

Opinnäytetyö (AMK)

Tieto- ja viestintätekniikka

Kevät 2021

Mika Hartikainen

# TEKNOLOGIA- ASiantuntijana MOBIILILAAJAKAISTAVERKON KEHITYS- JA YLLÄPITOTIIMISSÄ

– päiväkirjaopinnäytetyö

Mika Hartikainen

# TEKNOLOGIA-ASiantuntijana MOBIILILAAJAKAISTAVERKON KEHITYS- JA YLLÄPITOTIIMISSÄ

- päiväkirjaopinnäytetyö

Tässä päiväkirjamuotoisessa opinnäytetyössä kuvataan tekijän työtehtäviä ja osaamisen kehittymistä teknologia-asiantuntijana mobiililaajakaistaverkon kehitys- ja ylläpitotiimin jäsenenä kansainvälisen verkko-operaattorin palveluksessa.

Ensin työssä esitellään tekijän asemaa työyhteisössä, keskeisimpiä vastuualueita sekä tärkeimpiä sidosryhmiä. Lisäksi käydään läpi seurantajaksoa edeltävän ajan tapahtumia.

Työn keskiössä on kymmenen viikkoa kestänyt seurantajakso, jossa kuvataan tekijän päivittäisiä työtehtäviä ja kehittymistä mobiililaajakaistaverkon asiantuntijana. Päivittäisen päiväkirjamerkintöjen ja viikottaisen yhteenvedon kautta seurataan tekijän matkaa mobiililaajakaistaverkon kehityksen ja uusimpien teknologioiden parissa.

Seurantajakson keskeisimmät aiheet ovat: (1) ymmärrys Evolved Packet Core -ydinverkon keskeisimmistä elementeistä ja toimintaperiaatteista, (2) siirtymävaihe kohti 5G-verkkoja ja niiden eroavaisuudet edeltäjiinsä verrattuna ja (3) tekijän tiimin työskentelytavat mobiililaajakaistaverkkojen ja tiimin vastuulla olevien muiden järjestelmien kehittämisessä ja ylläpidossa.

Lopuksi tekijän osaamisen tasoa ja kehittymistä pohditaan vertaamalla seurantajaksoa edeltäneeseen aikaan sekä tehdään yhteenveto päiväkirjaopinnäytetyön roolista oppimisen tukena. Lopputulemana todetaan päiväkirjamuotoisen opinnäytetyön auttaneen merkittävästi tekijän kehittymistä ja suositellaan vaihtoehtona kaikille loppuvaiheen opiskelijoille, jotka ovat päässeet jo työelämään.

## ASIASANAT:

3GPP, EPC, 5G, Matkaviestinverkot, Ydinverkko, Mobiililaajakaista, Päiväkirjaopinnäytetyö

Mika Hartikainen

# THE ROLE OF A TECHNOLOGY SPECIALIST IN A MOBILE BROADBAND NETWORK DEVELOPMENT AND MANAGEMENT TEAM

- a diary-based thesis

This diary-based thesis covers the author's responsibilities and professional growth as a technology specialist in a mobile broadband network development and management team while working for a international Internet service provider.

The thesis consists of four main chapters. Chapter 1 gives an introduction to the thesis and covers the reasoning behind opting to do a diary-based thesis. Chapter 2 is an overview of the author's position, duties, most significant stakeholders and professional competence prior to the weekly journaling phase. Chapter 3 contains the daily entries of a 10 week journaling phase and the weekly contemplation of progress made and concepts learned during each week. Finally, chapter 4 includes reflection on the benefits of the daily journaling as a tool for enhancing and expediting author's learning of new technologies and vast concepts in the field of telecommunication.

During the 10 week journaling phase, three concepts arose above the rest and became the focal point in the author's learning and professional growth: (1) understanding of the different elements and procedures of the Evolved Packet Core network, which has been the backbone of a mobile broadband network prior to 5G-technology, (2) the migration path towards the 5G Core network and its differences compared to its predecessor and (3) the author's team's approach to development and administration of the network and systems they are responsible for.

The main conclusion of this thesis is that the diary and its daily journal entries and reflection have significantly helped the author to acquire the knowledge and the know-how in order to perform the operational duties of a technology specialist while also accumulating sufficient expertise to contribute in the future development of mobile broadband networks in Finland.

## KEYWORDS:

3GPP, EPC, 5G Core, Packet Core, Core Network, Mobile Broadband, Diary-based thesis

# SISÄLTÖ

<b>KÄYTETYT LYHENTEET JA SANASTO</b>	<b>5</b>
<b>1 JOHDANTO</b>	<b>17</b>
<b>2 LÄHTÖTILANNE</b>	<b>18</b>
2.1 Nykyinen työtehtävä ja osaaminen	18
2.2 Sidosryhmät	19
2.3 Vuorovaikutus työpaikalla	21
<b>3 SEURANTAVIIKOT</b>	<b>23</b>
3.1 Seurantaviikko 1	24
3.2 Seurantaviikko 2	33
3.3 Seurantaviikko 3	41
3.4 Seurantaviikko 4	49
3.5 Seurantaviikko 5	57
3.6 Seurantaviikko 6	68
3.7 Seurantaviikko 7	75
3.8 Seurantaviikko 8	83
3.9 Seurantaviikko 9	91
3.10 Seurantaviikko 10	99
<b>4 POHDINTA JA LOPPUPÄÄTELMÄT</b>	<b>106</b>
<b>LÄHTEET</b>	<b>109</b>

## KÄYTETYT LYHENTEET JA SANASTO

2G	Toisen sukupolven radioverkkoteknologia, joka pohjautuu GSM-standardiin. (2 <sup>nd</sup> Generation).
3G	Kolmannen sukupolven radioverkkoteknologia, joka pohjautuu UMTS-standardiin. (3 <sup>rd</sup> Generation).
3GPP	Vuonna 1998 perustettu standardiorganisaatioiden ryhmä, joka työskentelee tuottaakseen standardisoituja mobiiliverkkoteknologioita ja -protokollia. Alkujaan perustettu 3G-tekniologian kehittämiseksi. (3 <sup>rd</sup> Generation Partnership Project).
3GPP2	Ryhmä standardiorganisaatioita, jotka keskittyvät Pohjois-Amerikan ja Aasian mobiiliverkkoteknologioiden kehittämiseen. Kehittivät 3G-tekniologian CDMA-pohjaisille mobiiliverkoille. (3 <sup>rd</sup> Generation Partnership Project 2).
4G / LTE	Neljännän sukupolven radioverkkoteknologia, joka perustuu pelkästään digitaaliselle pakettikytkentämenetelmälle. (4 <sup>th</sup> Generation / Long Term Evolution).
5G / NR	Viidennen sukupolven radioverkkoteknologia, joka mahdollistaa nopeammat mobiililaajakaistayhteydet, erittäin alhaisen viiveen ja äärimmäisen luotettavan verkon. (5 <sup>th</sup> Generation / New Radio).
5G NSA	5G-verkko, joka hyödyntää 5G-tekniologiaa radioverkossa (5G NR) käyttäen kuitenkin edelleen EPC-ydinverkkoa. 5G-tukiasemilla (gNodeB) pystytään tarjoamaan päätelaitteille nopeampia datayhteyksiä, mutta 5G-tukiasemat ovat edelleen linkitetty 4G-tukiasemiin (eNodeB) ja EPC-ydinverkkoon. (5 <sup>th</sup> Generation Non-Standalone).
5G SA	5G-verkko, joka hyödyntää 5G-tekniologiaa niin radioverkossa (5G NR) kuin ydinverkossakin (5GC). 5G SA -verkko pystyy hyödyntämään 5G-tekniologiaa kokonaisuudessaan ja tarjoamaan nopeammat mobiililaajakaistayhteydet, erittäin alhaisen viiveen ja äärimmäisen luotettavan verkon. (5 <sup>th</sup> Generation Standalone).
5GC	5G-radioverkkoja tukemaan kehitetty ydinverkko, joka koostuu verkkotoiminnoista ja loogisista rajapinnoista. Verkkotoiminnot keskustelevat keskenään käyttäen HTTP/2-protokollaa. (5G Core).
AAA	Menetelmä, jossa todennetaan, valtuutetaan ja tilastoidaan käyttäjä tietojärjestelmissä tai -verkoissa. Useimmiten käytetyt AAA-protokollat ovat RADIUS ja Diameter. (Authentication, Authorization and Accounting).

ABR	OSPF-reititysprotokollassa (Open Shortest Path First) käytetty loogisen alueen reunalla sijaitseva reititin, jossa määritellään, mitkä alueen sisäiset reitit välitetään alueen ulkopuolelle. (Area Border Router).
Active-Active	Korkean saatavuuden metodi, jossa kaksi elementtiä ovat yhtä aikaa aktiivisia ja palvelevat käyttäjiä tai muita elementtejä.
Active-Standby	Korkean saatavuuden metodi, jossa toinen kahdesta elementistä on aktiivinen ja toinen passiivinen. Mikäli aktiivinen elementti kokee toimintahäiriötä tai menettää kykynsä palvella asiakkaita tai muita elementtejä, elementit vaihtavat osia siten, että passiivisesta elementistä tulee aktiivinen.
Affiniteetti	Toiminne, joka sitoo työkuormat tai virtuaalikoneet tietyille suorittimille, noodeille tai elementeille klusterissa. (Affinity).
Agentti-sovellus	Sovelluksen osa, joka asennetaan monitoroitavalle tai etähallittavalle laitteelle tai noodille. Sen tarkoituksena on esimerkiksi kerätä ennalta määritettyjä tietoja laitteesta ja lähettää ne monitorointijärjestelmään, jossa eri agentti-sovelluksilta saadut tiedot voidaan koota yhteen. (Agent).
Aliverkkomaski	Aliverkkomaskilla erotetaan verkko- ja laiteosoitteet IP-osoitteesta. Esim. verkko 192.168.10.32, jossa on /30 aliverkkomaski (255.255.255.252) tarjoaa mahdollisia laiteosoitteita ainoastaan kaksi kappaletta, 192.168.10.33 ja 192.168.10.34. (Subnet mask).
AMF	5GC-ydinverkon verkkotoiminne, joka vastaa mm. NAS-signaaloinnista päätelaitteelle, päätelaitteen todentamisesta ja valtuutuksesta sekä mobiliteetista. EPC-ydinverkon MME-elementin toiminnallisuudet on 5GC-ydinverkossa jaettu AMF:n ja SMF:n kesken. (Access and Mobility Function).
Ansible	Työkalu, jolla voidaan automatisoida ja yhtenäistää etähallittavien laitteiden konfigurointia. Ei vaadi agentti-sovellusta vaan toimii SSH-yhteyden välityksellä.
APN	Yhteyspisteen nimi, jolla määritellään, mihin tietoverkkoon tai elementtiin kunkin päätelaitteen liikenne ohjataan. (Access Point Name).
ARP	Parametri, jolla määritellään päätelaitteen lähettämän signaalointiliikenteen prioriteetti datayhteyden muodostamisessa tai muokkaamisessa. Käyttää arvoja välillä 1–15 (4G) tai 1–3 (3G). (Allocation and Retention Priority).
CDMA	GSM:n kilpaileva teknologia, joka hyödyntää koodijakokanavointia, jossa päätelaitteilla on käytössään koko saatavilla oleva kaistanleveys ja ne erotellaan toisistaan yksilöivien koodien avulla. (Code Division Multiple Access).

CDR	Laskutustiketti, jolla verkkoelementit pitävät kirjaa käyttäjän datayhteyden datankäytöstä. (Charging Data Record).
CLI	Komentorivi eli tekstipohjainen käyttöliittymä, jolla voidaan asettaa komentoja tietokoneelle tai elementille. (Command Line Interface).
CSCF	Keskeinen elementti IMS-verkkoalueella, joka vastaa signaalointiliikenteestä päätelaitteen ja verkon elementtien välillä. Koostuu kolmesta loogisesta elementistä: I-CSCF, P-CSCF ja S-CSCF. (Call Session Control Function).
CUPS	Metodi, jolla pyritään erottelemaan ydinverkossa kulkeva signaali- ja dataliikenne toisistaan, jotta voidaan optimoida verkkoa keskittämällä signaalointiliikenne erillisille elementeille ja hyödyntää tehokkaampia elementtejä kasvavalle dataliikenteelle. (Control and User Plane Separation).
DHCP	Verkkoprotokolla, jonka avulla määritellään IP-osoitteita verkko- tai päätelaitteille. (Dynamic Host Configuration Protocol).
DNS	Nimipalvelin, joka kääntää verkkotunnuksia IP-osoitteiksi. Käytetään myös liikenteen ohjaukseen mobiililaajakaistaverkossa. (Domain Name System).
DoNAS	Tekniikka, jossa pieniä määriä dataa voidaan lähettää NAS-signaaloinnin yhteydessä. Käytetään IoT-laitteiden, kuten erilaisten antureiden kanssa. (Data over NAS).
DRA	IMS-verkkoalueen elementti, joka reitittää Diameter-protokollan liikennettä verkon elementtien välillä. (Diameter Routing Agent).
ECI	LTE-radioverkon yksilöivä solutieto, jolla tukiasemien palvelevat radioverkon solut erotetaan toisistaan. (E-UTRAN Cell Identifier).
eNB / eNodeB	LTE-radioverkon tukiasema, jonka kautta päätelaite (UE) liittyy ydinverkkoon. (Evolved Node B).
EN-DC	5G NSA -verkko. (E-UTRAN New Radio – Dual Connectivity).
Entitlement Server	Elementti, joka valtuuttaa Applen sekä eSIM-korttia käyttävät päätelaitteet.
EPC	Puhtaasti pakettipohjainen ydinverkko, jolla tarjotaan puhe- ja datapalveluita LTE-radioverkon alueen päätelaitteille. (Evolved Packet Core).
ePDG	EPC-ydinverkon elementti, jonka kautta päätelaitteet radioverkon ulkopuolelta voivat liittyä verkkoon. Esimerkkinä WLAN-verkossa olevat päätelaitteet, jotka soittavat tai vastaanottavat VoWifi-puhelun. (Evolved Packet Data Gateway).

eSIM	Elektroninen SIM-kortti, joka korvaa fyysisen SIM-kortin. Nykyisellään käytössä älykelloissa tai alypuhelimita toisen SIM-kortin korvaajana. (Electronic SIM).
FQDN	Täysin määritelty verkkotunnus, josta selviää elementin tarkka sijainti verkkotunnusjärjestelmässä. (Fully Qualified Domain Name).
Gbits/s	Datayhteyden nopeuden yksikkö. (Gigabits per second).
GBR	Parametri, jolla määritellään datayhteydelle taattu bittinopeus. Käytetään datayhteyksissä, kuten VoLTE-puheluissa, joissa halutaan välttää pakettien tippumiselta. (Guaranteed Bit Rate).
GDPR	EU:n yleinen tietosuoja-asetus. (General Data Protection Regulation).
gNodeB	5G-radioverkon tukiasema, jonka kautta päätelaite (UE) liittyy EPC- (5G NSA) tai 5GC-ydinverkkoon (5G SA). (New-generation Node B).
GPRS	Teknologia, joka aikanaan kehitettiin tarjoamaan pakettipohjaisia datayhteyksiä perinteiseen piirikytkentäiseen 2G-verkkoon. (General Packet Radio Service).
GSM	Radioverkkoteknologia, jossa hyödynnetään aikajakokanavointia, jossa päätelaitteille annetaan ennaltamääritelty osuus käytössä olevasta kaistanleveydestä ja vain tietyssä ajan hetkenä päätelaite voi lähettää tai vastaan ottaa liikennettä. (Global System for Mobile).
GTP	Protokolla, jolla luodaan tunneloituja datayhteyksiä EPC-ydinverkon elementtien välille. (GPRS Tunneling Protocol).
GUI	Graafinen käyttöliittymä. (Graphical User Interface).
GUTI	Yksilöivä tunnistus, jonka MME asettaa päätelaitteelle. Käytetään päätelaitteen yksilöimiseen signaalintiliikenteessä, jotta vältetään tarpeettomalta IMSI-tunnisteen käytöltä. (Globally Unique Temporary Identity).
HA	Korkea saatavuus. Toiminne, jolla varmistetaan palveluiden saatavuus myös tilanteissa, joissa yksi kulsterin työkuormia ajavista elementeistä tai noodeista on häiriötilassa, jolloin klusterin muut elementit ottavat automaattisesti työkuormat ajettavakseen. (High Availability).
HCI	IT-infrastruktuuri, jossa perinteisten elementtien ominaisuudet, kuten tallennustila, laskentateho ja verkkoyhteydet, on virtualisoitu yhden fyysisen laitteen päälle. (Hyper-converged Infrastructure).



Host-osoite	Laiteosoite, eli elementin tai tietokoneen IP-osoite. (Host address).
HSS	Kotirekisteri, josta löytyy käyttäjän eli tilaajan tiedot ja käytössä olevat palvelut. Tietokanta, josta muut verkon elementit ja toiminnot saavat ajantasaista tietoa käyttäjästä. (Home Subscriber Server).
HTTP/2	Paranneltu protokollaversio HTTP:stä. Käytetään mm. WWW-palvelinten välisessä liikenteessä. (Hypertext Transfer Protocol Version 2).
Hyppykone	Palvelin, jonka kautta käyttäjä pystyy muodostamaan yhteyden hänelle muutoin saavuttamattomissa olevaan verkkoon. (Jump server/host).
I-CSCF	IMS-verkkoalueen looginen elementti, joka ohjaa liikennettä oikealle S-CSCF:lle. (Interrogating CSCF).
IDLE	Tila, jossa päätelaite ei lähetä tai vastaanota dataa. Päätelaite siirtyy IDLE-tilaan, kun siihen kytketään virta tai lentotila kytketään pois käytöstä.
IMS	IMS-verkkoaluetta hyödynnetään video-, teksti-, tai muita media palveluita tarjottaessa käyttäjille tavalisten puhepalveluiden lisäksi. IMS on määritelty standardissa 3GPP TS 23.228. (IP Multimedia Core Network Subsystem).
IMSI	Yksilöivä tunniste käyttäjän tunnistamiseen mobiiliverkossa. Tunniste on talletettu käyttäjän SIM-kortille ja on yleisesti 15 merkkiä pitkä numerosarja, joka koostuu MCC:stä, MNC:stä ja MSIN:stä. (International Mobile Subscriber Identity).
IoT	Esineiden Internet. Esimerkiksi älykodin, teollisuuden tai terveydenhuollon mittareita ja antureita erilaisten laitteiden, esineiden ja tilojen monitorointiin automaattisella tiedonsiirroilla Internetin yli. (Internet of Things).
IP	Verkkoprotokolla, jonka avulla tietoliikennepaketit kuljetetaan pakettikytkentäisissä tietoverkoissa verkon käyttäjien, elementtien ja palvelinten välillä. (Internet Protocol).
IP/MPLS	Verkko-operaattoreiden käyttämä teknologia, joka mahdollistaa nopean tiedonsiirron toisistaan erillään olevien tietoverkkojen välillä. Teknologian avulla tietoverkkojen välillä olevien elementtien ei tarvitse tehdä reititystä, vaan tietoliikennepakettien kohde- ja lähtöverkko merkitään tunnuksella, jonka avulla keskittävät elementit pystyvät ohjaamaan liikennettä. (IP Multiprotocol Label Switching).
IPsec	Tietoliikenteen suojaamiseen ja salaamiseen käytetty teknologia. Käytetään mm. VPN-yhteyksien muodostamiseen. (IP Security).

IPv4 / IPv6	IP-osoitteiden versiot 4 ja 6. IPv4 koostuu 32 bitistä, esimerkiksi 192.168.1.1. IPv6 koostuu 128 bitistä, esimerkiksi 2001:db8:a0b:12f0::1. IP-osoite jaetaan verkko- ja laiteosoiteiksi aliverkkomaskilla, esim. 192.168.1.1 on laiteosoite, joka löytyy 192.168.1.0/24 verkosta. (IP version 4 / IP version 6).
IP-ylätunniste	Ylätunnisteessa määritellään tietoliikennepaketin kohde- ja lähtöosoite sekä muuta paketin kuljettamiseen tarvittavaa tietoja. (IP-Header).
Kapseli	Orkestrointialustan pienin yksikkö, looginen kokonaisuus, joka pitää sisällään yhden tai useamman kontin. (Pod).
Klusteri	Orkestrointialustan looginen kokonaisuus, joka hallitsee kapsелеita, kontteja tai noodeja. (Cluster).
Kontti	Looginen kokonaisuus, joka sisältää sovelluksen tai palvelun ja kaiken sen ajamiseen tai pystyttämiseen tarvittavat tiedot. Eristetty kokonaisuus toimii aina samalla tavalla, riippumatta alustasta, missä palvelua tai sovellusta ajetaan. (Container).
KPI	Mittari, jolla pystytään kuvaamaan toiminteen suorituksen tai palvelun tasoa. Voidaan käyttää esim. liiketoiminnan osa-alueiden, teknisten järjestelmien saavutettavuuden tai palvelutasojen mittaamiseen. (Key Performance Indicator).
LAAS	Arkkitehtuurimalli, jossa lokitiedostojen kerääminen, säilöminen ja hakeminen on keskitetty yhden palvelun alle riippumatta lokitiedostoja muodostavista laitteista, palveluista tai elementeistä. (Loggin as a Service).
Labraympäristö	Tuotantoympäristöä vastaava ympäristö, jossa voidaan testata uusia ominaisuuksia, teknologioita tai palveluita ennen kuin ne otetaan käyttöön asiakasliikennettä sisältävään tuotantoympäristöön.
Liityntäverkko	Tietoliikenneverkon osa, johon käyttäjät liittyvät pystyäkseen kommunikoidaan verkossa olevien palveluiden tai toisten käyttäjien kanssa. Radioverkko on mobiiliteknologian liityntäverkko. (Access network).
M2M	Laitteiden suoraa kommunikointia keskenään. (Machine-to-Machine).
Master-noodi	Hallinnoi työkuormia ja tietoliikennettä worker-noodien välillä. (Master Node).
MBR	Parametri, jolla määritellään kullekin datayhteydelle miniminopeus. Tällä varmistetaan datayhteyttä käyttävien sovellusten palvelunlaatu kaikissa tilanteissa. (Minimum Bit Rate).
MCC	Kansainvälisesti yksilöivä tunniste, jolla erotetaan verkko-operaattorit maittain toisistaan. (Mobile Country Code).

MME	EPC-ydinverkon keskittävä elementti, jonka kautta signalointiliikenne kulkee. Päätelaitteet rekisteröityvät MME:lle verkkoon liittyessään, jonka jälkeen MME viestii verkon muiden elementtien suuntaan datayhteyden avaamiseksi käyttäjän päätelaitteen ja esim. Internetin välille. (Mobility Management Entity).
MNC	Kansallisesti yksilöivä tunniste, jolla erotetaan maan sisällä toimivat verkko-operaattorit ja niiden verkot toisistaan. (Mobile Network Code).
Mobiliteetti	Toiminne, jossa päätelaite siirtyy tukiasemasta tai teknologiasta (esim. 5G:n ja 4G:n välillä) toiseen katkaisematta käyttäjän datayhteyttä. (Mobility).
MSIN	Verkko-operaattorikohtaisesti yksilöivä tunniste, jolla erotetaan yksittäisten käyttäjien SIM-kortit toisistaan. (Mobile Subscriber Identification Number).
MSISDN	Verkko-operaattorikohtaisesti yksilöivä tunniste, jota käytetään puheliikenteen ohjauksessa. Toisin sanoen matkapuhelimen SIM-kortin puhelinnumero. (Mobile Station International ISDN Number).
M-TMSI	MME-elementin allokoima, käyttäjän yksilöimiseen käytetty tunniste. M-TMSI:tä käytetään signalointiliikenteessä käyttäjän tunnistamiseen IMSI:n sijaan, mikäli mahdollista. (MME Temporary Mobile Subscriber Identity).
Multi-Threading	Tila, jossa tietokoneen tai elementin prosessori käsittelee samanaikaisesti useita sanomia.
NAPTR	DNS-palvelun rekisteri, jossa määritellään APN-kohtaisesti yksi tai useampi palveleva elementti. MME tekee DNS-kyseilyn tietyillä parametreilla ja saa vastauksena listauksen elementeistä, joihin signalointi- tai dataliikenne voidaan ohjata. (Name Authority Pointer).
NAS	Signalointiprotokolla, jota käytetään päätelaitteen (UE) ja MME-elementin välisessä keskustelussa. Tukiasemat välittävä NAS-signaalointia päätelaitteiden ja MME-elementtien välillä. (Non-Access Stratum).
NAT	Metodi, jolla IP-osoiteavaruus liitetään vastaamaan jotain toista IP-osoiteavaruutta eri puolilla verkon reitittävää elementtiä. Esimerkiksi tietty julkisen verkon IP-osoite vastaa jotain tiettyä yksityisen verkon IP-osoitetta. (Network Address Translation).
NB-IoT	Teknologia, jossa IoT-laitteille on varattu oma, kapea taajuusalue perinteisen mobiili liikenteen taajuusalueiden sisältä tai niiden suoja-alueilta. IoT-laitteiden lähettämät datamäärät

	ovat verrattain pieniä, mikä mahdollistaa tämän teknologian käytön. (Narrow-Band IoT).
NDA	Salassapitosopimus. (Non-Disclosure Agreement).
Noodi	Elementti tai solmukohta verkossa, kuten esimerkiksi tietokone tai reititin. (Node).
NRF	5GC-ydinverkon keskittävä verkkotoiminto, johon kaikki muut verkkotoiminnot rekisteröityvät. NRF pitää kirjaa verkon palveluista ja verkkotoiminnoista sekä niiden sijainneista. (Network Repository Function).
NSSF	5GC-ydinverkon verkkoviipaloinnista vastaava verkkotoiminto. (Network Slicing Selection Function).
O&M	Käyttö ja kunnossapito. Käytetään esimerkiksi noodien hallintaosoitteista tai -verkoista puhuttaessa. (Operations and Maintenance).
OCS	Elementti, joka vastaa käyttäjän datayhteyden laskutuksesta eli se pitää kirjaa käytetystä datamäärästä, ajasta ja tilaajan saldosta. (Online Charging System).
Orkestrointi	Tietotekniikan alalla termi tarkoittaa järjestelmien, elementtien tai työkuormien automaattista hallintaa, määrittelyä ja koordinoimista. (Orchestration).
PAM	Pääsynhallintajärjestelmä, jolla hallitaan käyttäjien pääsyä kriittisiin elementteihin ja järjestelmiin. Perustuu käyttäjärooleihin ja pääsytasoihin. (Privileged Access Management).
PCC	Toiminne, jolla hallitaan datayhteyksien QoS-tasoa sekä laskutusta palvelu- tai sessiopohjaisesti. (Policy and Charging Control).
PCRF	EPC-ydinverkon elementti, joka toimeenpanee PCC-toiminteen ominaisuuksia verkon datayhteyksille. PCRF keskustelee myös IMS-verkkoalueen suuntaan VoLTE-puheluiden ja OCS-elementin suuntaan laskutuksen mahdollistamiseksi. (Policy and Charging Rules Function).
P-CSCF	IMS-verkkoalueen looginen elementti, jonka kautta päätelaitteen lähtevä ja tuleva SIP-signaali liikenne kulkee. (Proxy CSCF).
PDN GW	Verkkoelementti, joka on vastuussa datayhteyden muodostamisesta ulkoisten tietoverkkojen (esim. Internet) ja käyttäjän päätelaitteen välille. Määrittää mm. päätelaitteen IP-osoitteen. (PDN Gateway).
PDN	Pakettipohjainen tietoverkko, kuten esimerkiksi Internet. (Packet Data Network).

Pingata / Ping	Yleinen työkalu, joka käyttää ICMP-protokollaa (Internet Control Message Protocol) selvittääkseen, onko kohde-elementti saavutettavissa. (Ping).
PLMN	Yleinen matkaviestinverkko. Käytetään myös nimitystä tunnistelle, jolla erotetaan eri verkko-operaattoreiden matkaviestinverkot toisistaan. Ko. tunniste koostuu MCC- ja MNC-tunnisteista. (Public Land Mobile Network).
Privaattiverkko	Yleisestä matkaviestinverkosta eriytetty verkko, joka yleensä rakennetaan jonkin teollisuusyrityksen, kampuksen tai sataman alueelle palvelemaan ko. alueen päätelaitteita. Privaattiverkolla taataan luotettavat datayhteydet ennaltamäärätyille päätelaitteille rakennettavan radioverkon peittoalueella. (Private LTE/5G Network).
QCI	Arvo välillä 1-9, joka määrittää datayhteydelle sallitun vasteaikaviiveen ja sallitun raja-arvon toimittamatta jääneille eli tippuneille datapaketeille datayhteyden aikana. (QoS Class Identifier).
QoS	Palvelunlaatu. Datayhteyksille asetetaan erilaisia parametreja, jotta saavutetaan haluttu palvelunlaatu. Palvelunlaatua voidaan mitata datayhteyden nopeudella, toimittamatta jääneiden datapakettien määrällä, vasteajalla ja palvelun saavutettavuudella. (Quality of Service).
RADIUS	AAA-protokolla, jolla hallitaan verkkoon pääsyä todentamalla ja valtuuttamalla käyttäjä, elementti tai päätelaite. (Remote Authentication Dial-In User Service).
RAM	Suorasaantimuisti eli elementin tai noodin keskusmuisti. (Random-Access Memory).
Redundanssi	Varmennus. Toiminteen tai elementin saavutettavuuden ja toimintakyvyn varmistaminen varaamalla useampi toisistaan riippumaton elementti tai resurssi. (Redundancy).
RNC	3G-radioverkon tukiasemia hallitseva elementti. (Radio Network Controller).
SAE	IP-pohjainen ydinverkon arkkitehtuurimalli, joka pystyy tuottamaan palveluita niin 2G-, 3G- kuin 4G-tekniikan elementeille ja päätelaitteille. SAE-arkkitehtuurin keskiössä on EPC-ydinverkko. (System Architecture Evolution).
SAEGW	EPC-ydinverkon elementti, joka yhdistää kaksi loogista elementtiä, SGW ja PDN GW. (SAE Gateway).
SBA	5G-ydinverkon keskiössä oleva arkkitehtuuri, jossa verkko-toiminnot tuottavat ja käyttävät palveluita datayhteyksien tuottamiseksi. SBA-arkkitehtuurin verkkotoiminnot viestivät

	keskenään loogisia rajapintoja hyödyntäen. (Service-Based Architecture).
SBI	Looginen rajapinta verkkotoimintojen väliseen viestintään. (Service-Based Interface).
S-CSCF	IMS-verkkoalueen CSCF:n looginen elementti, joka hallinnoi käyttäjän sessiota, SIP-signaalointia ja keskustelee HSS:n kanssa tilaajatietojen saamiseksi. (Serving CSCF).
SCTP	Protokolla, jota käytetään IMS-verkkoalueen SIP-signaaloinnissa. Protokolla käyttää redundanttisia reittejä, millä pyritään turvaamaan luotettava signaalointiliikenne eri elementtien välillä. (Stream Control Transmission Protocol).
Sessio	Istunto eli päätelaitteen ja kohde-elementin tai -verkon välille muodostettu datayhteys. (Session).
SFTP	Tiedostojen siirtoon elementtien tai palvelinten välillä käytetty protokolla, jossa elementtien tai palvelinten välinen yhteys muodostetaan salatun ja turvallisen SSH-protokollan yli. (Secure File Transfer Protocol).
SGSN	2G- ja 3G-verkon keskittävä elementti. Hoitaa mm. laskutusta, viestii päätelaitteen kanssa liityntäproseduurin aikana ja hallitsee mobiliteettiä eri radioverkkojen ja tukiasemien välillä. (Serving GPRS Support Node).
SGW	EPC-ydinverkon elementti, johon päätelaite verkkoon liittyessään ankkuroituu. SGW vastaanottaa tukiasemalta lähetettävän käyttäjän dataliikenteen ja ohjaa sen PDN GW:lle, josta liikenne ohjataan haluttuun PDN-verkkoon. Vastaavasti PDN GW:ltä tuleva käyttäjälle suunnattu dataliikenne ohjataan SGW:n kautta käyttäjän päätelaitetta palvelevalle tukiasemalle ja sieltä edelleen käyttäjän päätelaitteeseen. (Serving Gateway).
SIEM	Järjestelmä, joka kerää ja tallentaa lokitietoja verkon elementeilta sekä monitoroi elementtejä ja niiden tapahtumia. Tuottaa статистиikkaa lokitiedoista ja tapahtumista sekä tuottaa hälytyksiä haluttujen raja-arvojen ylittyessä esim. tietyntyyppisestä liikenteestä elementtien porteissa tai tapahtumista elementtien prosesseissa. Tietoturvan kannalta keskeinen järjestelmä. (Security Information and Event Manager).
SIM	Matkaviestinverkon päätelaitteeseen asetettava sirullinen kortti, jonne tallennetaan mm. tilaajan yksilöivä IMSI-tunniste. (Subscriber Identity Module).
Single-Threading	Tila, jossa tietokoneen tai elementin prosessori käsittelee vain yhtä sanomaa kerrallaan.

SIP	Matkaviestinverkossa tarjottujen puhe-, video- ja mediapalveluiden signaalintiliikenteessä käytetty protokolla. (Session Initiation Protocol).
SMF	5GC-ydinverkon verkkotoiminne, joka vastaa mm. käyttäjän päätelaitteen ja ydinverkon välisestä signaalintiliikenteestä, datayhteyden muodostuksesta UPF:n ja gNodeB:n välille sekä datayhteyden mobiliteetista. EPC-ydinverkon MME-elementin toiminnallisuudet on 5GC-ydinverkossa jaettu AMF:n ja SMF:n kesken. (Session Management Function).
SSC	Fyysisessä SAEGW-elementissä oleva komponentti. (System Status Card).
SSH	Salattu verkkoprotokolla, joka on tarkoitettu salattuun ja turvalliseen tiedonsiirtoon järjestelmien, noodien ja elementtien välillä. Yleisin käyttötarkoitus on ottaa yhteys etähallittavaan laitteeseen. (Secure Shell).
Sudo	Linux-pohjaisissa järjestelmissä oleva työkalu, jolla voidaan ajaa komentoja toisena käyttäjänä.
Syslog	Protokolla järjestelmän ja tapahtumien lokitietojen keräämiseen ja lähettämiseen. (System Logging Protocol).
TA	Looginen verkon osa-alue, joka sisältää ennaltamääriteltujen tukiasemien palvelevat solut. (Tracking Area).
TAI	Tunniste, jolla yksilöidään TA. (Tracking Area Identity).
TEID	Tunniste, jolla yksilöidään GTP-tunnelin päätepisteet. (Tunnel Endpoint Identifier).
TLS	Kryptograafisesti salattu tiedonsiirtoprotokolla. SSL-protokollan (Secure Sockets Layer) seuraaja. (Transport Layer Security).
UE	Päätelaite, jolla käyttäjä liittyy verkkoon. (User Equipment).
UPF	Verkkotoiminto, joka on vastuussa datayhteyden muodostamisesta ulkoisten tietoverkkojen (esim. Internet) ja käyttäjän päätelaitteen välille. UPF toimii myös datayhteyden ankkuripisteinä varmistaen session katkeamattomuuden ja mobiliteetin. (User Plane Function).
vCPU	Virtualisoitu suoritin. (Virtual Central Processing Unit).
Verkkotoiminto	Verkkotoiminnolla tarkoitetaan perinteistä verkkoelementtiä vastaava, virtualisoitu verkkolaite, kuten esimerkiksi reititin tai palomuuuri. Virtualisoidun verkkolaitteen toiminnallisuus vastaa perinteistä, fyysistä verkkoelementtiä, mutta työkuormaa ajetaankin yleisen palvelinraudan päällä tai esim. pilviympäristössä. (Network Function).

VoLTE	IP-pohjaisen 4G-verkon teknologia puhepalveluiden tuottamiseen. 4G-teknologia ei tue perinteisiä piirikytkentäisiä puheluita, joten puhelut toteutetaan liikennöimällä IP-pakettien päällä. (Voice over LTE).
Worker-noodi	Noodi, jonka tarkoituksena on ajaa työkuormia, kuten verkkotoimintoja, kapseleita, kontteja tai prosesseja, Master-noodin asettamien määritelmien mukaisesti. (Worker Node).
VoWifi	Teknologia, jossa puhelut toteutetaan liikennöimällä IP-pakettien päällä, kun liityntäverkkona on Wifi-verkko. Teknologialla pyritään parantamaan puheluiden palvelutasoa ja kuuluvuutta sisätiloissa, jonne perinteisen radioverkon kantavuus ei aina riitä, mutta joissa useimmiten on kiinteän laajakaistan WLAN-tai julkinen Wifi-verkko. (Voice over Wifi).
Välitystaulu	Verkkoelementin ominaisuus, jolla liikennettä ohjataan käyttäjille. (Forwarding table).
Ydinverkko	Ydinverkko yhdistää liityntäverkot ja niiden päätelaitteet toisiinsa tarjoten erilaisia palveluita, kuten puhe- ja datapalveluita. Ydinverkko mahdollistaa pääsyn myös ulkoisiin tietoverkkoihin, kuten Internet. (Core network).



# 1 JOHDANTO

Tässä päiväkirjaopinnäytetyössä raportoin teknologia-asiantuntijan työtehtäviäni erään kansainvälisen verkko-operaattorin mobiililaajakaistaverkon kehitys- ja ylläpitotiimin jäsenenä. Avaan päivittäisellä päiväkirjamerkinnöilläni työpäivieni sisältöä, kohtaamiani haasteita, käsiteltyjä aihealueita sekä omaa oppimistani ja kehittymistäni kohti syvällistä mobiililaajakaistaverkkojen asiantuntijuutta.

Tiimimme työskentelytapa on hyvin projektiorientoitunutta, mikä johtaa siihen, että iso osa työajasta kuluu erilaisissa asiakas-, suunnittelu- ja projektipalaverissa. Tämä tulee näkymään myös päiväkirjamerkinnöissäni, sillä iso osa oppimisestani ja kehittymisestääni tapahtuu juurikin näissä palaverissa. Tehtäväni näin työurani alkuvaiheessa on osallistua erilaisiin projekteihin ja muutostöihin, jotta voin seurata, miten käytännössä tiimini asiantuntijat hoitavat operatiivisia työtehtäviä ja kehittävät omalta osaltaan vastuualueellamme olevia ympäristöjä ja teknologioita. Kun tähän käytännön työn oheen yhdistetään teorian tiedon hankkiminen niin kirjallisuudesta ja standardeista kuin asiantuntijoiden järjestämistä oppitunneista sekä virallisista koulutuksista, mahdollistetaan asiantuntijuuteni kehittyminen riittävälle tasolle omatoimiseen projektityöskentelyyn.

Valitsin päiväkirjamuotoisen opinnäytetyön, koska uskoin sen parhaiten tukevan oppimistani ja työtehtävissäni kehittymistä. Uskon päivittäisten päiväkirjamerkintöjen kirjoittamisen ja viikottaisen yhteenvedon auttavan minua samalla sisäistämään paremmin oppimaani ja kertaamaan käsiteltyjä asioita. Lisäksi pystyn helposti palaamaan johonkin viikon aikana käsiteltyyn aiheeseen ja syventymään siihen enemmän tai tarkistamaan faktoja ja varmistamaan, että ymmärsin asian oikein. Päiväkirjamuotoinen opinnäytetyö tuntui luonnolliselta vaihtoehdolta tukemaan oppimistani.

Tämän opinnäytetyön lähdemateriaaleina toimii useita 3rd Generation Partnership Projectin mobiililaajakaistaverkon standardeja, kirjallisuusteoksia ja asiantuntijakollegoiden asiantuntemuksesta ammentamaani tietoa. 3GPP:n standardeista löytyy valtava määrä yksityiskohtaista tietoa mobiililaajakaistaverkon toiminnasta ja vaatimuksista. Kirjallisuuslähteikseni valikoitu kolme mobiililaajakaistaverkkoja käsittelevää teosta, joissa on laaja läpileikkaus mobiililaajakaistaverkon historiasta nykyhetken teknologioihin ja konsepteihin. Kaikissa teoksissa avataan mobiililaajakaistaverkon teknologioita ja konsepteja selkeään ja helposti ymmärrettävään muotoon, minkä jälkeen mainitaan 3GPP:n standardi, jossa kyseinen teknologia tai konsepti on määritelty tarkemmin.

## 2 LÄHTÖTILANNE

### 2.1 Nykyinen työtehtävä ja osaaminen

Aloitin nykyisessä työtehtävässäni teknologia-asiantuntijana tammikuussa 2021, työnantajani on kansainvälinen verkko-operaattori ja toimipisteeni sijaitsee Tampereella. Olen suorittanut tutkintooni kuuluvat opinnot kahdessa ja puolessa vuodessa, mikä osaltaan auttoi työpaikan saannissa näyttäen motivaatiota ja kykyä oppia uusia asioita nopeasti. Sekä minulle että esimiehelleni on ollut selvää alusta asti, ettei minulla ole varsinaista kokemusta mobiililaajakaistaverkoista, sillä en ole opintojeni aikana suorittanut niitä käsitteleviä opintokokonaisuuksia vaan keskittynyt enemmän kiinteän verkon teknologioihin. Tiimimme vastuualueella on kuitenkin myös kiinteän verkon ympäristöjä, mikä osaltaan helpottaa työtehtävieni omaksumista. Olen äärimmäisen kiitollinen mahdollisuudesta päästä opiskelemaan mobiililaajakaistaverkon teknologioita työnteon ohessa sekä mahdollisuudesta päästä mukaan 5G-verkon kehitykseen Suomessa.

Toimin siis asiantuntijatiimissä, joka koostuu yhdeksästä muusta asiantuntijasta ja meidän esimiehestämme. Tiimimme päävastuualueena on mobiililaajakaistaverkon kehitys ja operointi Suomessa. Tämän lisäksi vastaamme kiinteän laajakaistan ja kaapelimodeemien DHCP-palvelinten kehityksestä ja ylläpidosta. Olemme mukana monissa erilaisissa projekteissa, jotka liittyvät joko olemassa olevan verkon kehittämiseen, uusiin asiakkuuksiin tai 5GC-ydinverkon suunnitteluun, kehitykseen ja operointiin. Tämän lisäksi toimimme tarvittaessa asiantuntijoina muiden osastojen projekteissa tai yhteistyössä viranomaisten kanssa. Työtehtäviimme kuuluu myös vianselvitys haastavimmissa vikatilanteissa. Operatiiviseen toimintaan kuuluu myös päivystysvuorot eli osa tiimimme asiantuntijoista toimii päivystäjinä vuoroviikoin ja ovat näin hälytysvalmiudessa valmiina reagoimaan erilaisiin verkon ongelmatilanteisiin tai mahdollisiin virka-apupyyntöihin 24 tuntia vuorokaudessa vuoden jokaisena päivänä.

Ottaen huomioon vähäisen osaamiseni mobiililaajakaistaverkojen toiminnasta ensisijaisena työtehtäväni voidaan pitää perehtyminen ja asiantuntijuuden kartuttaminen nykyisten mobiililaajakaistaverkkojen toiminnasta ja 5GC-ydinverkon kehityksestä. Tämän opinnäytetyön keskeisenä tavoitteena on tukea oppimisprosessiani nykyisessä työtehtävässäni. Tavoitteenani on dokumentoinnin, reflektoinnin ja käytännön tekemisen avulla

saada riittävä käsitys mobiililaajakaistaverkkojen toiminnasta pystyäkseni toimimaan asiantuntijana asiakas- ja kehitysprojekteissa tämän kevään aikana.

## 2.2 Sidosryhmät

Työtehtävieni puolesta olen tekemisissä niin sisäisten kuin ulkoistenkin sidosryhmien kanssa viikoittain. Työskentelemässäni organisaatiossa on lukuisia eri tulosyksiköitä, osastoja ja tiimejä, joiden kanssa tiimimme tekee yhteistyötä, mikäli osaamistamme tarvitaan. Käsittelen seuraavaksi kuitenkin vain toimintamme kannalta tärkeimpiä sidosryhmiä.

### **Sisäiset sidosryhmät**

Kuvassa 1 näkyvät tärkeimmät sisäiset sidosryhmäni. Sisäisiin sidosryhmiin luonnollisesti kuuluu oman tiimini asiantuntijat ja esimieheni. Olemme yhteydessä päivittäin virtuaalisten palaverien ja sisäisen viestintäsovelluksen kautta. Viikon aikana tiimillämme on vähintään kolme yhteistä palaveria: maanantain operatiivisen palaverin yhteydessä käsittelemme viikon työtehtäviä ja tapahtumia, keskiviikkoisin keskitymme ajankohtaisuuksiin 15 minuutin palaverin verran sekä perjantaisen kehityspalaverin yhteydessä käsittelemme isossa kuvassa tapahtuvia muutoksia verkossa tai toimintatavoissamme.

Mobiiliverkon puheliikenteen operoinnista ja kehityksestä vastaava tiimi on ehkä lähin sidosryhmämme, sillä luonnollisesti teemme paljon yhteistyötä ja verkosta löytyy muutamia keskittäviä elementtejä, jotka palvelevat sekä puhe- että dataliikennettä.

Lisäksi on vielä konesali- ja pilviosasto sekä yrityksen IT-osasto, joiden kanssa olemme usein viikoittain tekemisissä yhteisten projektien kautta.

Laadunvalvonta ja muutoshallinta ovat myös äärimmäisen tärkeitä sidosryhmiä, sillä luonnollisesti kehitystyötä tehdessä haluamme varmistua työmme laadusta, jotta voimme tarjota asiakkaillemme laadukkaita palveluita ja ylläpitää toimintavarmaa ja tehokasta verkkoa. Tämän lisäksi haluamme varmistua, että verkkoon tehtävät muutokset ovat hallittuja ja tarkoin dokumentoituja, jotta voimme välttyä ongelmatilanteilta sekä laadun ja palvelukyvyyden heikkenemiseltä. Sidosryhmäyhteistyö näkyy mm. perjantaisin pidettävänä laatupalaverina, jossa käsitellään viikon aikana tehdyt muutokset ja palvelulaatumittarit.



Kuva 1. Sisäiset sidosryhmät.

### Ulkoiset sidosryhmät

Teemme myös paljon yhteistyötä lukuisten ulkoisten sidosryhmien kanssa, mutta kuvassa 2 on niistä tärkeimmät.

Laitetoimittajat ovat yksi tärkeimmistä sidosryhmistämme. Teemme heidän kanssaan lukuisia projekteja, joissa suunnittelemme uusien teknologioiden implementointia nykyiseen verkkoomme sekä teemme tukipyyntöjä heille nykyisellään meidän operoitavana olevista verkkoelementeistä. Nykyisessä pandemiatilanteessa laitetoimittajien kanssa käydyt palaverit ovat käytännössä täysin virtuaalisia. Lisäksi tietysti osallistumme myös uusien potentiaalisten laite- ja sovellustoimittajien järjestämiin esittelytilaisuuksiin ja arvioimme heidän tarjoamien verkkolaitteiden, palvelujen tai sovelluksien hyötyä meidän verkollemme ja tiimillemme.

Tämän lisäksi teemme yhteistyötä erilaisten alihankkijoiden kanssa, jotka ovat vastuussa esimerkiksi viankorjaukseen tai laiteasennuksiin liittyvistä asioista.

Merkittävät sidosryhmät meidän tiimillemme ovat myös viranomaiset ja toiset verkko-operaattorit. Viranomaisten kanssa tekemämme yhteistyö koostuu pääsääntöisesti virka-apu- ja asiantuntijatehtävistä. Toisten operaattoreiden kanssa teemme luonnollisesti tiivistä yhteistyötä esimerkiksi verkkovierailun (engl. roaming) mahdollistamiseksi. Kumppanioperaattorin liittymiä käyttävien päätelaitteiden on luonnollisesti pystyttävä liittymään myös meidän verkkoomme ja riippuen operaattorikohtaisista sopimuksista tämä saattaa vaatia konfiguraatiomuutoksia meidän verkkolaitteisiimme.

Viimeisenä muttei vähäisimpänä sidosryhmänä ovat tietenkin asiakkaat. Tähän kategoriaan voidaan liittää niin kuluttaja- kuin yritysasiakkaat. Teemme jatkuvasti yhteistyötä erilaisten yritysten kanssa ja toki myös kuluttaja-asiakkaiden käyttämä mobiilidata on meidän tiimimme mahdollistamaa. Ylätasolla ylläpidämme ja toteutamme mobiililaajakaistaverkon toimintaa Suomessa asiakkaidemme käyttöön, mutta käytännössä yhteistyö saattaa olla myös asiantuntijana toimimista vikatilanteiden ratkaisemisessa, mikäli vikatilannetta ei pystytä ratkaisemaan alemmalla tasolla.



Kuva 2. Ulkoiset sidosryhmät.

### 2.3 Vuorovaikutus työpaikalla

Hyvät vuorovaikutustaidot ovat äärimmäisen tärkeitä teknologia-asiantuntijan työtehtävissä. Työarki koostuu monista projektipalavereista ja kehitystyöstä, joissa tehokas ja

täsmällinen kommunikointi on hyvin tärkeää. Käsiteltävistä asioista ja teknologiasta täytyy pystyä kommunikoimaan tavalla, jolla tarvittava tieto ja olennaiset asiat saadaan välitettyä yhteistyökumppaneille ja kollegoille ottaen samalla huomioon, etteivät kaikki välttämättä ole tietoisia jonkun tietyn järjestelmän tai teknologian syvällisestä toiminnasta ja yksityiskohdista.

Pääsääntöinen työskentelykieli on suomi, mutta tehdessämme yhteistyötä laitetoimittajien, asiakkaiden tai muiden operaattoreiden kanssa, usein työskentelykielenä on englanti. Yhteistyöprojekteissa pääsääntöisesti käytetään englantia, jotta varmistutaan, että kaikki ymmärtävät käsiteltävänä olevat asiat. Mikäli töitä tehdään yrityksen sisällä, useimmiten kielenä käytetään suomea, jotta voidaan tehokkaammin kommunikoida tarkalleen, mitä ollaan tekemässä, sillä vierasta kieltä käytettäessä yksityiskohdat saattavat jäädä taka-alalle ja väärinymmärrysten mahdollisuus luonnollisesti hieman kasvaa.

Koen omaamani hyvät vuorovaikutustaidot ja pystyn kommunikoimaan työtehtävissäni sujuvasti niin suomeksi kuin englanniksi. Vuorovaikutustaitojen merkitys kasvaa entisestään nykyisessä pandemiatilanteessa, jossa kaikki palaverit pidetään virtuaalisesti ja asiat on pystyttävä kommunikoimaan tehokkaasti ja selkeästi myös tietokoneen ruudun välityksellä. Itselleni eivät virtuaaliset palaverit eikä etätyö yleisestikään ei ole haaste vaan näen ne enemmänkin mahdollisuutena, jotka tuovat joustavuutta tyypilliseen toimistoympäristöön ja palaverikäytäntöihin.

### 3 SEURANTAVIIKOT

Tässä luvussa tulen raportoimaan päivä- ja viikkotasolla oman oppimiseni edistymistä sekä työskentelyä mobiililaajakaistaverkon kehitys- ja ylläpitotiimin jäsenenä. Pysin seurantaviikkojen aikana kuvaamaan työpäivieni tapahtumia mahdollisimman tarkasti, kirjaamaan ylös käsiteltyjä asioita ja pohtimaan sekä analysoimaan omaa osaamistani viikkojen kuluessa. Seurantaviikon päätteeksi kokoon viikon teemoja ja käsiteltyjä asioita yhteenvedoksi, jonka yhteydessä myös reflektoin oppimaani tai käsittelen viikon aikana esiinnousseita toimintatapoja tai teknologioita. Seurantaviikkojen tarkoituksena on tukea oppimistani ja perehtymistäni teknologia-asiantuntijan työtehtäviin ja käsitellä aihealueita, joihin olen viikon aikana perehtynyt.

Aloitin nykyisessä työtehtävässäni jo tammikuussa, mutta aloitin seurantaviikkojen kirjaamisen ja tämän opinnäytetyön työstämisen vasta helmikuussa. Halusin käyttää ensimmäiset viikot työpaikkaan, lähimpiin kollegoihin, käytäntöihin ja organisaatioon tutustumiseen. Seuraavissa kappaleissa kuvaan lyhyen yhteenvedon seurantaviikkoja edeltäneeltä ajalta.

Heti ensimmäisenä työpäivänäni esimieheni otti minut mukaan maanantaiseen operatiiviseen palaveriin, jossa esittelin itseni kollegoilleni. Esittelykierroksen jälkeen jatkettiin eteenpäin palaverin agendan mukaisesti. Huomasin hypänneeni täysin uuteen maailmaan, sillä ensimmäisen palaverin jälkeen muistivihkoni ensimmäiset sivut olivat jo täynnä lyhenteitä, joita en ymmärtänyt ja mieleeni heränneitä kysymyksiä, joihin halusin vastauksia. Otinkin tavakseni kantaa muistivihkoa aina mukanani, ja mikäli vastaan tuli aihealueita tai termejä, jotka eivät olleet minulle ennestään tuttuja, otin ne ylös ja kävin muistiinpanojani myöhemmin läpi ohjaajani kanssa. Esimieheni oli osoittanut minulle ohjaajan, joka tulisi omien työtehtäviensä ohessa perehdyttämään minut työtehtävien, toimintatapojen ja myöhemmässä vaiheessa eri mobiililaajakaistaverkon teknologioiden pariin sekä koordinoimaan yhdessä muiden asiantuntijoiden kanssa minun perehdyttämiseni etenemistä.

Ensimmäinen viikko kului tutustuessani organisaation rakenteeseen, työvälineisiin sekä käytännön asioihin, kuten työterveyteen sekä lounas- ja työsuhte-etuihin. Suoritin myös muutamia uusille työntekijöille suunnattuja verkkokursseja, jotka käsittelivät lähinnä yrityksen arvoja ja toimintatapoja, GDPR:n perusteita sekä työhyvinvointia nykyisessä etätyötilanteessa.

Seuraavalla viikolla sain jo oppitunteja mobiililaajakaistaverkkojen keskeisiin elementteihin sekä verkon analysointi- ja monitorointijärjestelmien toimintaan. Etenimme vähitellen kohti teknisempiä aiheita ja aloin jo hieman hahmottamaan, mitä kaikkea mobiililaajakaistaverkko vaatii toimiakseen. Sain esimieheltäni kirjan, joka käsittelee EPC-ydinverkkoa ja 4G-teknologiaa. Kirja on ”EPC and 4G Packet Networks” ja sen on kirjoittanut Magnus Olsson yhdessä neljän muun asiantuntijan kanssa vuonna 2012. Tarkoitukseni oli kerryttää teorian tietoa ko. kirjaa lukemalla, minkä jälkeen pääsisin testiympäristöihin käsiksi, jolloin pystyisin käytännössä näkemään ja testaamaan oppimiani konsepteja.

### 3.1 Seurantaviikko 1

#### **Maanantai 1.2.2021**

Päivä alkoi tavalliseen tapaan koneen käynnistelyllä ja sähköpostien lukemisella. Viikonlopun aikana oli tullut muutamia viestejä, jotka olivat lähinnä ilmoituksia kollegojen laittamista viesteistä töistä lähdettyäni perjantaina ja viikonlopun aikaisista verkon monitorointijärjestelmän hälytyksistä. Sähköpostien lukemisen jälkeen päätin hoitaa viime viikolta jääneen erään tunnustenhakuprosessin loppuun. Minun täytyi vain ensin allekirjoittaa NDA-sopimus eräälle toimijalle ennen kuin oikeudet järjestelmiin voitaisiin minulle myöntää. Allekirjoitin sopimuksen, skannasin sen ja lähetin eteenpäin sähköpostilla turvallisuus- ja sopimusasioista vastaavalle osastolle. Tämän jälkeen pääsin tekemään käyttöoikeustilausta käyttäen yrityksen sisäistä tilausjärjestelmää. Tilauslomakkeen täyttämässä tuli vastaan muutamia ongelmia, sillä en tiennyt miten laajat käyttöoikeudet tarvitsen tehtävieni suorittamiseen. Kysyin tähän apua ohjaajaltani, jonka avulla sain tilauksen lähetettyä eteenpäin esimiehelleni hyväksyttäväksi.

Seuraavaksi lähdin hakemaan kupin kahvia ja valmistautumaan pian alkavaan viikoittaiseen tiimipalaveriin, jossa käsitellään edellisellä viikolla valmistuneita ja tällä viikolla työn alla olevia operatiivisia asioita, vikatilanteita sekä verkon kehittämis- ja ylläpitoprojekteja. Palaverissa käydään myös läpi ajankohtaisia, työarkeen liittyviä asioita. Tällä kertaa mm. muistutettiin edellisen kuun työtuntien kirjaamisesta ja hyväksymisestä työajanseuranta-järjestelmään sekä muistutettiin tulevan keskiviikon kuukausittaisesta osastoinfosta. Oma roolini viikoittaisessa tiimipalaverissa on vielä verrattain vähäinen, sillä osaamiseni käsiteltävänä oleviin teknologioihin on vielä kovin vähäistä. Tarkoitukseni näissä palavereissa on kuunnella ja imeä mahdollisimman paljon tietoa, jotta pystyisin kuitenkin



ajan tasalla siitä, mitä kollegani kulloinkin tekevät. Tämä edesauttaa oppimistani antamalla hieman konkreettista kosketuspintaa teorian vastapainona. Tästä hyvänä esimerkkinä on edellisellä viikolla suoritettu keskeisen SAEGW-verkkoelementin SSC-kortin vaihto. SAEGW-elementti on verkkolaitetoimittajan ratkaisu, jossa yhdessä laitteessa toimii kaksi mobiiliverkon keskeistä loogista elementtiä, SGW ja PDN GW. Viallisen kortin vaihtaminen uuteen ei kuitenkaan ratkaissut ongelmaa, sillä laite näytti edelleen korttia viallisena. Kollegani jatkoi ongelman selvittämistä ja teki aiheesta tukipyynnön verkkolaitetoimittajalle ja niinpä kyseinen vikatilanne jäi odottamaan jatkotoimenpiteitä. Tässä oli hyvä esimerkki siitä, millaisia asioita tiimipalaverissa käydään läpi ja lisäksi tämä oli ensimmäinen vikatilanne, jonka työstämisessä olin myös itse konkreettisesti mukana. Pääsin nimittäin itse suorittamaan ko. SSC-kortin vaihtoprosessin, ohjaajani valvonnassa.

Palaverin jälkeen kävimme läpi ohjaajani kanssa vielä muutamia palaverissa käsiteltyjä asioita. Yksi näistä oli verkkolaitteiden syslog-datan kerääminen keskitettyyn SIEM-palveluun ja tässä prosessissa esiintyneisiin ongelmiin. Datan keräämisessä ja läpikäymisessä ilmenneet ongelmat johtuivat osaksi siitä, että mobiiliteknologian verkkolaitteiden syslog-data ei ole systemaattisesti formatoitua eikä käytössä olevaan SIEM-järjestelmään ole luotu logiikkaa eri muodossa tulevan datan lukemiseen tai yhdenmukaistamiseen. Tämän kyseisen ongelman selvitys jatkuu toisella osastolla.

Seuraavaksi kävin tarkastamassa ja hyväksymässä edeltävän kuun työtunnit työajanseurantajärjestelmässä. Vielä ennen lounaalle lähtöäni kävin läpi palaverin aikana tekemiäni muistiinpanoja.

Lounaan jälkeen keskityin teorian opiskeluun lukemalla EPC-ydinverkkoa ja 4G-tekniologiaa käsittelevää kirjaa. Halusin keskittyä tällä kertaa lähinnä SGW- ja PDN GW -elementtien toimintaan. Lähinnä siksi, että ohjaajani oli sopinut muutaman kollegani kanssa kyseisten elementtien ympärille oppitunnin pidettäväksi tällä viikolla. Halusin valmistautua tähän oppituntiin keräämällä mahdollisimman paljon tietoa aiheesta etukäteen, jotta saisin enemmän irti oppitunnista sekä osaisin esittää aiheesta täsmennyksiä. Luin kirjasta kappaleita, jotka käsittelivät eri verkkoelementtien, kuten eNodeB:n, MME:n, SGW:n, PDN GW:n ja PCRF:n toimintaa, rajapintoja sekä kommunikointia keskenään. Sain myös paremman käsityksen protokollista, kuten GTPv1 ja GTPv2, joiden välityksellä käyttäjädata ja signaali kulkee. Protokollat erottaa toisistaan niiden perässä olevasta tunnisteesta: v1 viittaa protokollan ensimmäiseen versioon, jota käytettiin 2G- ja 3G-verkoissa ja v2 viittaa puolestaan toiseen versioon, joka on käytössä 4G-verkoissa.

## Tiistai 2.2.2021

Tänään oli etäpäivä. Pääsääntöisestihän tällä hetkellä vallitsevan COVID-19-tilanteen takia työpäivät vietetään etänä kotitoimistolla. Meidän yrityksessä on vahva etätyösuositus eikä siis toimistolle ole asiaa, mikäli työskentely onnistuu etänä. Yrityksessä on kuitenkin onneksi jo pitkät etätyöperinteet, joten valmiudet ja käytännöt ovat hyvällä tasolla ja ne auttavat tukemaan etätyössä jaksamista. Minua ei etätyöskentely haittaa, mutta toisaalta onhan se hieman haasteellista aloittaa uudessa työpaikassa näin etäaikana, kun ei pääse kollegoihin tutustumaan samalla tavalla kuin toimistolla ollessa.

Aamun ensimmäiset tunnit kuluvat dokumentaatiota lukiessa. Lähinnä tutkin eilisessä tiimipalaverissa esiinostettuja asioita, joita on lähdetty jo edistämään. Huomasin myös sähköpostiin tulleesta ilmoituksesta, että eilinen käyttäjäoikeustilaus on mennyt läpi ja sain tunnukset järjestelmään kirjautumista varten. Tallensin nämä tunnushallintasovelukseen.

Tänään on muutama palaveri enemmän kuin eilen. Ensimmäiseksi klo 10 alkaa palaveri, jonka agendana on muodostaa päivystysporukalle viikoittainen palaverikäytäntö, jossa käydään viikon tapahtumia, esimerkkihäilytyksiä, ohjeistuksia ja toimenpiteitä läpi. Taavoitteena on myös mm. luoda ja päivittää päivystäjän avuksi dokumentaatiota eri ympäristöistä ja teknologioista, jotta häilytyksen tullessa pystytään toimimaan ja aloittamaan vianselvitys, vaikkei kyseinen teknologia tai verkkoelementti olisi juuri kyseisen henkilön vastuualuetta. Mielestäni tämä tulee olemaan hyvä käytäntö, sillä kaikki saavat varmasti lisää tietoa ja oppia uusista asioista, käytännöt selkeytyvät ja yhtenäistyvät sekä järjestelmädokumentaatio paranee.

Tämän jälkeen heti perään oli verkkolaitetoimittajan tukipalaveri, jossa käsiteltiin eri verkkolaitteiden tukitoimia, kuten ohjelmistopäivityksiä, elementtien siirtämistä pilveen ja vikatikettejä eli tukipyyntöjä erilaisista vikatilanteista.

Lounaan jälkeen käytin hieman aikaa tutustuessani laitetoimittajan tuotetarjoamaan ja toteutukseen 5GC-ydinverkkoon liittyen. Latasin esittelytiedoston koneelleni ja katsoin noin tunnin verran heidän perehdytysvideomateriaaliaan aiheeseen liittyen. Tämä auttoi minua saamaan hieman paremmin kiinni 5GC-ydinverkkoon liittyvästä terminologiasta ja konsepteista, joista olen palavereissa kuullut puhuttavan.

Iltapäivästä olin mukana kuulolla kaapelimodeemeja palvelevan DHCP-ympäristön palaverissa, jossa suunniteltiin ympäristön päivittämistä ja modernisointia. Palaverissa

päätettiin tilata konesali- ja pilviosastolta resurssit ja verkot uuden virtuaalikoneen luomiseksi, josta tehtäisiin tiimillemme raportointi- ja monitorointikone. Palaverin aikana lähinnä suunniteltiin tarvittavat verkot ja resurssit sekä päivitettiin ympäristön verkkokuva.

Päivän viimeisen palaverin jälkeen testailin saamiani tunnuksia muutamalle testiympäristön verkkolaitteelle ja loin pikavalinnat SSH-yhteyden muodostamiseksi testielementeille.

### **Keskiviikko 3.2.2021**

Työpäivän alussa huomasin monitorointi- ja analytiikkajärjestelmän lähettämän automaattisen viestin, joka kertoi uudesta piikkiliikenne-ennätyksestä. Tämä tarkoitti, että viimeisen 24 tunnin aikaikkunan sisällä liikennemäärä, jota kuvataan yksiköllä gigabittejä sekunnissa (Gbit/s), ylitti edeltävän ennätyksen. Tämän innoittamana lähdin tutkimaan ensimmäistä kertaa myös omatoimisesti kyseistä järjestelmää ja erilaisia kaavioita ja mitaustuloksia, joita järjestelmä monitoroi. Samalla tuli testattua myös omat tunnukseni kyseiseen järjestelmään. Järjestelmästä löytyy mm. keskeisten verkkoelementtien liikennemäärä- ja protokollakaavioita, joista pystyy hyvin selkeästi lukemaan pidemmän aikavälin trendejä, kuten esimerkiksi päätelaitteiden verkkoon liittymisen onnistuvuuden tasoa.

Pian tämän jälkeen alkoikin toinen viikoittainen tiimipalaveri, jossa käydään läpi ajankohtaisia asioita. Tällä kertaa keskustelua syntyi äskenmainitusta liikennemääräpiikistä sekä tulevasta perjantain kehityspalaverista ja sen agendasta. Tämän palaverin jälkeen hyppättiin suoraan kuukausittaiseen osastoinfoon, jossa käsiteltiin uutta organisaatiomuutosta ja sen vaikutusta oman osastomme toimintaan.

Tämän jälkeen jatkoin tutustumista SAEGW-verkkoelementtiin, sillä maanantaina mainitsemani oppitunti kyseisestä laitteesta oli suunniteltu tälle päivälle lounaan jälkeen.

SAEGW-oppitunnilla käsiteltiin verkkoelementin toiminnallisuuksia, vastuualueita liikenteen mahdollistamisessa sekä linkityksiä ja kommunikointia toisten verkkoelementtien kanssa. Olin ennen oppituntia perehtynyt tiimimme dokumentaatioon kyseisestä verkkoelementistä, mikä auttoi jäsentämään ja sisäistämään tietoa oppitunnin aikana. Kuten maanantaina jo totesin, SAEGW muodostuu kahdesta loogisesti erilaisesta elementistä, SGW ja PDN GW. Näillä kahdella loogisella elementillä on omat tehtävänsä: SGW keskustelelee päätelaitteen kanssa radioverkon teknologioita hyödyntäen ja PDN GW

keskustelee muiden tietoverkkojen, kuten Internetin, suuntaan hyödyntäen IP/MPLS-tekniologiaa. SAEGW keskustelee myös muiden elementtien, kuten PCRF:n, OCS:n, HSS:n, SGSN:n, MME:n ja AAA-palvelimen kanssa. Tämän lisäksi SAEGW tekee tarvittavia muutoksia mm. käyttäjän datayhteyden nopeuteen, QoS arvoihin, saatavilla oleviin verkkoihin sekä hoitaa CDR-laskutustikettien kirjaamisen. Sain oppitunnilta myös hyviä vinkkejä, miten lähteä tutustumaan testiympäristöön sekä laitetoimittajan omaan dokumentaatioon SAEGW-elementistä.

Ilmapäivällä olin mukana viikoittaisessa osastopalaverissa, jossa käsitellään koko osaston laajuisesti meneillään olevia projekteja ja muutostöitä. Tämän palaverin tarkoituksena on saada tekijöille kokonaiskuvaa siitä, mitä osastolla tapahtuu ja miten eri tiimien tekemiset vaikuttavat oman tiimin projekteihin ja vastaavasti toisinpäin. Lisäksi käynnistetään uusia projekteja, joihin resursoidaan tekijöitä tilanteesta riippuen myös yli tiimirajojen.

Lopun ilmapäivästä käytin SAEGW:n dokumentaation lukemiseen ja tutkin testiympäristöä tekemällä muutamia yksinkertaisia tulostuksia ja tarkastelin laitteen konfiguraatioita.

#### **Torstai 4.2.2021**

Työpäivä alkoi käynnillä työterveyshuollossa. Tälle päivälle oli varattu työhöntulotarkastus, jonka pääasiallisena tarkoituksena on varmistaa työntekijän sopivuus terveydentilansa puolesta hänelle osoitettuihin työtehtäviin. Lisäksi katsotaan työntekijän yleinen terveydentila ja kerrotaan saatavilla olevista työterveyshuollon palveluista.

Päästyäni takaisin toimistolle kertosin ja jäsensin eilisen SAEGW-oppitunnin aikana saatua tietoa. Kävin läpi muistiinpanojani ja kertosin vielä järjestelmädokumentaatiota. Seuraavaksi pidimme ohjaajani kanssa palaverin, jossa kävimme läpi tiimimme hallinnassa olevien ympäristöjen verkkokuvia. Lisäksi katsoimme vielä eiliseen oppituntiin liittyen SAEGW-elementin eri toiminnallisuuden jaottelua ja miten liikennettä ohjataan SGW- ja PDN GW -elementtien välillä käyttäen DNS-palvelua ja APN:ää. APN on yhteyspiste, jota vaihtamalla käyttäjän liikenne voidaan ohjata eri tietoverkkoihin, kuten esimerkiksi Internetiin tai jonkun yrityksen sisäiseen verkkoon, tai sillä voidaan määritellä, mitä PDN GW -laitetta käyttäjän yhteys hyödyntää. APN:ää käytetään liikenteenohjaukseen mm. VoLTE-puheluissa, privaattiverkoissa ja NB-IoT-verkossa. VoLTE-puheluissa puheluliikenne ohjataan LTE-verkosta IMS-verkkoalueen kautta puhelun vastaanottajan verkkoon. IMS-verkkoalue antaa operaattoreille mahdollisuuden tarjota asiakkailleen

multimediapalveluita, kuten puhe- ja videopalveluita, tekstiviestejä ja datayhteyksiä (3GPP TS 23.228, 26). Privaattiverkolla tarkoitetaan esimerkiksi jonkun yrityksen teollisuusalueelle rakennettua omaa radioverkkoa, jossa voidaan määritellä päätelaitteiden keskustelevan keskenään alueen omassa verkossa eikä operaattorin julkisessa verkossa. NB-IoT-verkko on operaattorin lisensoiduista taajuusalueesta lohkottu erillinen taajuusalue, jossa IoT-laitteet voivat liikennöidä.

Ilmapäivällä oli muutama pienempi palaveri, jossa käsiteltiin yksittäistä vikatilannetta asiakkaan laitteen kanssa 3G-verkossa ja toisessa taas operatiivista muutosta liittyen DNS-liikenteen NAT-käännöksiin.

Vikatilanteessa oli kysymys asiakkaan päätelaitteen ja RNC-elementin välillä kulkevien datapakettien tippumisesta, mikäli päätelaite on siirtynyt IDLE-tilaan eli se ei vastaanota eikä lähetä dataa. Tällöin yhteyden uudelleen avaaminen kestää epätavallisen kauan. Tämä aiheuttaa palvelutason laskun, mikä ei ole asiakkaan kannalta suvaittavaa. Ongelmaan löydettiin jo väliaikainen ratkaisu: liittymä siirrettiin väliaikaisesti toimimaan 2G-verkkoon, jossa ongelmaa ei ilmene. Ongelman juurisyy on vielä selvittämättä, joten tilannetta lähdetään ratkaisemaan keräämällä päätelaitteen ja tukiaseman välistä signaalintiliikenteen lokitietoja muutaman päivän ajan. Kun on saatu selville, mistä ongelma johtuu, voidaan alkaa tutkia, voidaanko esimerkiksi tukiaseman tai päätelaitteen parametreja muuttamalla vaikuttaa IDLE-tilaan siirtymisprosessiin tavalla, joka estäisi datapakettien tippumisen.

DNS-liikenteen NAT-käännöksiin liittyvässä palaverissa todettiin, että tahtotilana olisi saada vapautettua lisää IP-osoitteita tietyltä osoitealueelta SAEGW-elementtien käyttöön. DNS-liikenteen ajaminen NAT-käännöksiä tekevän laitteen läpi vapauttaa IP-osoitteita uudelleenkäytettäväksi, sillä samoja IP-osoitteita voidaan uudelleenkäyttää eri SAEGW-laitteilla. Tämän toimenpiteen seurauksena NAT-käännöksistä kerättävien lokitietojen arvellaan lisääntyvän huomattavasti ja saattaa olla, että laitteen, jolle lokitiedot kerätään, tallennus- ja tiedonsiirtokapasiteetti eivät tämän hetkiselällä laitekonfiguraatiolla tule riittämään. Tästä syystä asiasta luodaan muutoshallintatiketti, joka hyväksytetään muutoshallinnan koordinaattorilla ja tämän lisäksi varataan resursseja monitoroimaan lokitietojen määrän kasvua sekä mahdollisesti lisätä tallennuskapasiteettia.

**Perjantai 5.2.2021**

Tänään pääsin osallistumaan viikoittaiseen laadunhallinnan palaveriin, jossa käsitellään eri osastojen tapahtumia ja vastuualueita mittaavien mittareiden tasoa. Tässä palaverissa nostetaan esille ongelmatilanteita, joilla on ollut asiakasvaikutusta sekä havainnoidaan eri teknologioiden palvelutasoja. On mielenkiintoista päästä kuulemaan toisten osastojen arjesta ja laajentamaan omaa kokonaiskuvaa yrityksen eri toiminnoista sekä lisäksi saamaan tietoa erilaisista häiriötilanteista ja niiden ratkaisuprosesseista sekä vaikutuksista yli osasto rajojen.

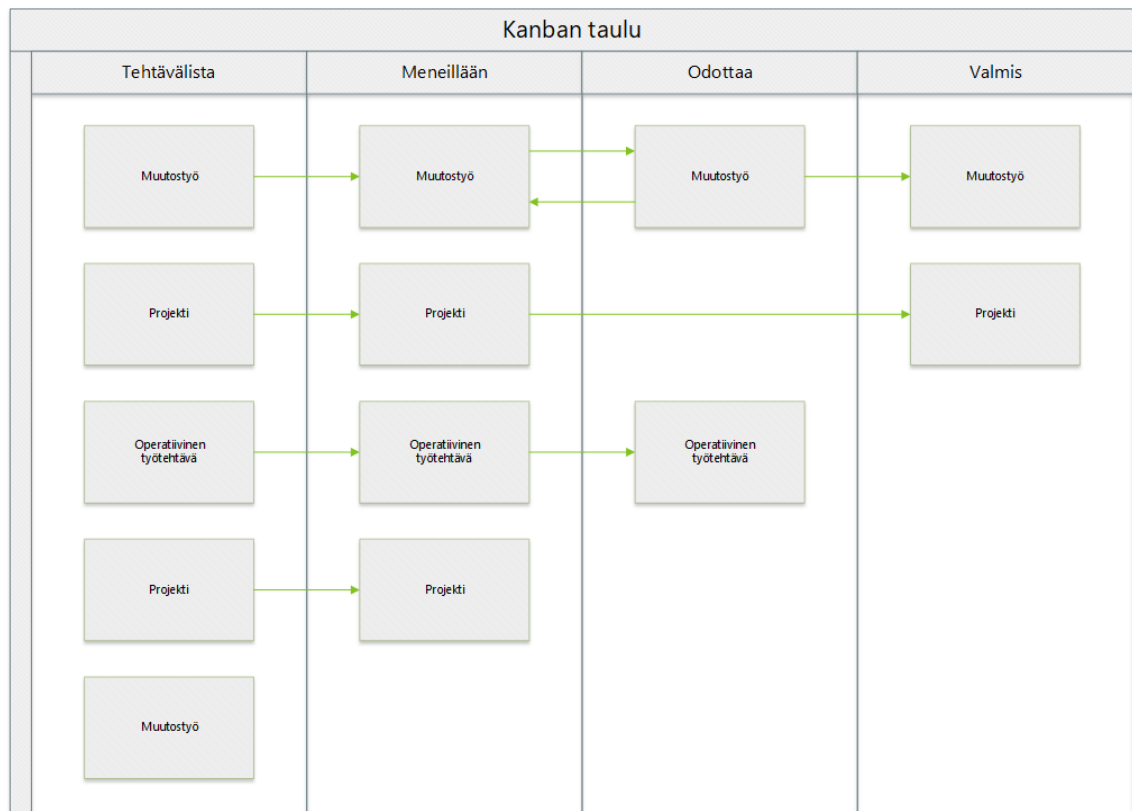
Ennen seuraavaa palaveria kirjasin itselleni ylös aihealueita, joihin haluaisin perehtyä ensi viikolla. Aihealueiksi valitsin mm. IMS-verkkoalueen, APN-valinnat SAEGW:llä sekä PCRF-verkkoelementin.

Seuraavaksi vuorossa oli verkkolaitetoimittajan tukipalaveri, jossa käytiin avonaisia tikettejä eli tukipyyntöjä läpi ja päivitettiin ajantasaista tietoa osallistujien kesken. Tässä palaverissa käsiteltiin lähinnä sellaisia asioita, joista minulla ei vielä ole mitään käsitystä. Ainoa minua suoraan koskettava asia oli, kun varmistuttiin, että minulle luodut tunnukset verkkolaitetoimittajan dokumentaatioon ja tiketöintijärjestelmään toimivat.

Lounaan jälkeen oli meidän tiimin kehityspalaveri. Tässä palaverissa yleensä käsitellään isoimpia muutoksia, joita on meneillään verkossa tai projekteja, joiden edistymistä on hyvä käydä läpi koko tiimin kesken, sillä kaikki tiimin jäsenet eivät ole kaikissa projekteissa mukana. Tällä taataan, että kaikki tiimin jäsenet ovat suurimmaksi osaksi tietoisia siitä, mitä tiimin sisällä tapahtuu ja missä kaikessa toiminnassa ollaan mukana. Tämä on äärimmäisen tärkeää mm. tilanteissa, joissa ollaan itse tekemässä jotain muutoksia ja testejä verkossa, niin pystytään ajattelemaan kokonaiskuvan kannalta hieman laajemmin ja ottamaan huomioon oman muutostyön tai testien vaikutukset toisten tiimiläisten tekemiseen. Lisäksi käsitellään koko tiimiä tai arkista työntekoa yleisesti koskevia asioita, kuten tiimin ja koko osastotason toimintatapoja ja tavoitteita.

Tänään keskustelu lähinnä pyöri työnteon ja projektien johtamis- ja dokumentointialustan tuleviin muutoksiin. Muutoksilla halutaan pilkkoa tekemistä vielä entuudestaan pienempiin, yksinkertaisempiin palasiin, jotta projekteja on helpompi hallita, ja toisaalta nähdään paremmin kokonaiskuvaa siitä, millaisia toimenpiteitä täytyy lyhyellä aikavälillä tehdä, jotta saavutetaan pidemmän aikavälin tavoitteet. Osastollamme on käytössä Jira-tehtävienhallinta-alusta, jossa kuvataan osaston toimintaa, projekteja ja muutostöitä.

Työtehtävistä luodaan "kortteja" Kanban-taululle. Taululla olevia kortteja siirretään tilanteen mukaan sopivaan kohtaan (Kuva 3.).



Kuva 3. Kanban-taulun kortit.

Tehtävälästä olevat kortit ovat vielä aloittamatta, Meneillään-osioissa olevia kortteja työestetään tällä hetkellä, Odottaa-tilaan siirretään kortit, jotka odottavat toimenpiteitä toisilta osastoilta tai odottavat jonkin muun työtehtävän valmistumista ja Valmis-sarakkeella olevat kortit käsitellään aina joka maanantai yhteisessä tiimipalaverissa, jonka jälkeen valmistuneet kortit arkistoidaan. Käyttämämme Kanban-tilaus perustuu Ohno Taiichin (Monden & Ohno 2011) kehittämään Kanban-systeemiin, jolla hallitaan ja ohjataan tuotantoprosesseja.

Iltapäivän käytin viikon tapahtumien, palavereiden ja opittujen asioiden yhteenvetämiseen ja dokumentointiin. Yhteenvedossa pystyn analysoimaan viikon tapahtumia, kirjamaan ylös tärkeimpiä asioita, mikä auttaa sisäistämään opittua tietoa. Seuraava viikko on helppo aloittaa, kun maanantaina käyttää lyhyen hetken palauttaen edellisen viikon tapahtumia mieleen. Tämä auttaa myös pääsemään heti aamusta alkaen tehokkaasti kohti uuden työviikon haasteita.

## Yhteenveto ja reflektointi

Muutaman viikon jälkeen viikoittaiset palaverikäytännöt ovat alkaneet selkeytyä minulle ja olen oppinut aikatauluttamaan tekemistäni hieman paremmin. Palaverit jäsentävät työpäivän aikataulun ja niiden väliin jäävä aika on osattava käyttää tehokkaasti, jotta asioita ja työtehtäviä saadaan edistettyä. Olen pyrkinyt omaksumaan itselleni työskentelytavan, jossa pilkon käytettävissä olevan ajan 15 tai 30 minuutin ajanjaksoiksi, joita on helppo sijoitella palaverien väliin. Näissä ajanjaksoissa on aina yksi asia, johon keskityn, on se sitten dokumentaation lukeminen, tiedonhaku, kahvi- tai lounastauko, dokumentaation kirjoittaminen tai jonkin yksittäisen työtehtävän tekeminen. Ajan pilkkominen pieniin osiin tuntuu helpottavan työntekoa ja lisäävän keskittymistä. Tätä työskentelyvapaa voidaan verrata Pomodoro-menetelmään (Cirillo 2018), jonka Francesco Cirillio kehitti 1980-luvun lopulla.

Viikon aikana opin monista tärkeistä asioista paljon uutta. Tällaisia olivat mm. verkkolaitetoimittajan kanssa pidettävät tukipalaverit, erilaiset verkkoelementtien ja -liikenteen monitorointi- ja analysointijärjestelmät, tiimimme päivystystoiminta ja SAEGW:n merkitys ydinverkon toiminnassa ja sen erilaiset ominaisuudet. Tapani perehtyä opeteltavaan aiheeseen etukäteen lukemalla dokumentaatiota, kirjallisuutta tai katsomalla aiheeseen liittyviä videoita, auttaa minua sisäistämään uutta asiaa paljon tehokkaammin. Mitä useammalla eri tavalla saan tietoa jostain aiheesta, sitä tehokkaampaa oppiminen on. Haluankin tulevana viikkoina vielä enemmän hyödyntää erilaisia tiedon lähteitä uuden oppimisessa.

Viikon aikana käsiteltiin myös aiheita, jotka ovat minulle jo ennestään ainakin jossain määrin tuttuja, kuten etätyöskentelykäytännöt ja Kanban-aulun hyödyntäminen työtehtävien hallinnassa ja dokumentoinnissa. Näitä asioita on kuitenkin hyvä kerrata, sillä esimerkiksi etätyökäytännöt ja mm. työergonomia ovat äärimmäisen tärkeitä asioita työssä jaksamisen ja työn tehokkuuden kannalta. Olen itse huomannut, että tehdessäni etätöitä, en tule pitäneeksi niin usein taukoa työnteosta kuin toimistolla ollessani. Tämä ehkä johtuu toimistoympäristön suuremmasta ärsykemäärästä. Ärsykkeet omaltaosaltaan muistuttavat, että olisi ehkä hyvä hetki pitää pieni tauko, vaihtaa työskentelyasentoa tai vaikka siirtyä työpisteeltä neuvotteluhuoneeseen. Kävely kahviautomaatille tai työskentelyasennon vaihtaminen seisoma-asentoon ovat itsessään pieniä toimia, mutta saattavat virkistää ja parantaa samalla työn tehokkuutta. Haluan kiinnittää näihin asioihin enemmän huomiota jatkossa.



### 3.2 Seurantaviikko 2

#### **Maanantai 8.2.2021**

Maanantaiseen tapaan aloitin päivän tutkimalla viikonlopun aikaisia verkon monitorointijärjestelmän generoimia ilmoituksia tai häiriöviestejä. Jo perjantaina alkanut ongelma, jossa virtualisoitujen kiinteän verkon RADIUS-elementtien vasteajat olivat pidentyneet 60 prosentilla, jatkui edelleen viikonlopun yli kollegani suorittamista virtuaalikoneiden uudelleen käynnistyksistä huolimatta. Tätä asiaa lähdettiin selvittämään virtuaalikoneiden ympäristöstä vastaavan konesali- ja pilviosaston kanssa.

Seuraavaksi vuorossa oli maanantainen tiimipalaveri, jossa käsiteltiin viime viikon aikana valmistuneet työtehtävät ja korjatut vikatilanteet sekä otettiin katsaus alkavaan viikkoon tulevien työtehtävien ja muutostöiden osalta. Palaverissa käsiteltiin yhteisesti myös minun perehdytykseen liittyviä asioita, kuten millaisten teknologioiden parista seuraavaksi pidettäisiin oppitunteja, olisiko joitain työtehtäviä tai projekteja, joissa voisin olla mukana sekä tulevista 5GC-koulutuksista ja niihin valmistautumisesta. Keskustelun päätteeksi sovittiin, että tällä viikolla keskityn PCRF-elementtiin, josta keskiviikkona pidetään oppitunti sekä saan eräältä kollegalta 5GC-ydinverkko käsittelevän kirjan, johon voin alkaa perehtyä. Tämä kuulostaa itselleni ehkä hieman haastavalta, sillä onhan käsitykseni vielä EPC-ydinverkostakin melko alkuvaiheessa, mutta otan mielelläni haasteen vastaan. Haluan myös ymmärtää 5G-teknologiaa ja siitä käytäviä keskusteluja sekä päästä mukaan projekteihin kuuntelemaan ja imemään mahdollisimman paljon tietoa aiheen ympäriltä. Täytyy vain muistaa, että mikäli jossain vaiheessa alkaa tuntua, että tietoa tulee liian paljon ja olisi parempi keskittyä ensin EPC-verkon ymmärtämiseen, tulee asia nostaa esiin ohjaajani ja esimieheni kanssa.

Lounaan jälkeen lähdin selvittämään, olisiko koulun puolesta tarjotuilla lukuoikeuksilla pääsyä tiimipalaverissa esiinnousseeseen 5GC-ydinverkkoa käsittelevään kirjaan. Mikäli digitaalista versiota kirjasta ei ole saatavilla, kollegani täytyisi tuoda kyseinen kirja toimistolle, josta voisin sen sitten noutaa. Kävi kuitenkin onneksi ilmi, että koulun puolesta saan lukuoikeuden kyseiseen kirjaan, joten sain sen itselleni käyttöön digitaalisena versiona. Kyseessä oleva kirja on ”5G Core Networks – Powering digitalisation”, joka on Stefan Rommerin teos vuodelta 2019.

Ilmapäivästä oli seuraava palaveri liittyen viime viikkoiseen DNS-liikenteen NAT-käännösten ohituksen poistamiseen. Palaverissa katsottiin, että millä konfiguraatiomuutoksilla pystytään tuo ohituksen poisto tekemään. Lisäksi keskusteltiin muutoksen hyväksyttämistä muutoshallinnan koordinaattorilla sekä verkon arkkitehteillä. Mikäli esteitä tai muutoksia ei tule, niin alustavasti muutoksen aikatauluksi sovittiin kuluvan viikon keskiviikkoamu. Muutospäivänä NAT-lokien määrää seurataan kolmen tunnin sykleillä muutospäivän ajan. Tällä tavoin saadaan käsitys riittääkö NAT-käännöksiä tekevän laitteen resurssit kestäämään tämän muutoksen.

## Tiistai 9.2.2021

Aamu alkoi aikaisella palaverilla liittyen DNS-liikenteen NAT-käännösten ohituksen poistoon. Palaverissa olivat mukana kaksi verkon pääarkkitehtia, joiden mielipidettä muutostyölle haettiin. He näyttivät muutokselle vihreää valoa, sillä pitkällä aikavälillä muutos tulee tukemaan verkon ja verkkoelementtien hajauttamista laajemmalle alueelle maantieteellisesti sekä IPv6-protokollaan siirtymistä IPv4-protokollan sijaan. Muutostyö hyväksytetään vielä muutoshallinnan koordinaattorilla ja keskiviikkoamulla muutos aloitetaan.

Seuraavaksi alkoi osastotason palaveri, jossa käytiin läpi yrityksen uutta strategiaa ja sen jalkauttamista käytäntöön tulevaisuudessa.

Ennen lounasta oli palaveri, jossa käytiin verkkolaitetoimittajan kanssa yhdessä läpi, millaisia ominaisuuksia toimittajan 5G-verkkoinfrastruktuurin hallintaan toteutetulla järjestelmällä on. He esittelivät meille käyttöliittymää, jolla voidaan hallita virtuaalisia konealeja, joissa on omat virtuaalikoneet eri osastojen tarpeisiin, ja tämän lisäksi käytiin läpi CLI-näkymää ympäristöä hallinnoiviin noodeihin. He esittelivät mm. Kubernetes-alustan hallintaa ja avasivat heidän implementaatiotaan HCI-toteutuksella tehtyyn ympäristöönsä. HCI-toteutuksen hyviä puolia ovat mm. yksinkertaisempi, vähemmän lattiapinta-alaa vaativa fyysinen infra sekä konfiguroitavien elementtien pienempi määrä ympäristön pystytyksessä, sillä tallennuskapasiteetti, laskentateho ja verkkoyhteydet eri noodien välillä on hoidettu jo sovellustasolla eikä niitä tarvitse konfiguroida, kuten perinteisessä toteutuksessa, jossa kyseiset toiminnot ovat omina elementteinään konesalissa.

Lounaan jälkeen strategiapalaveri jatkui ja jälkimmäisessä osiossa käsiteltiin konkreettisia toimenpiteitä tälle vuodelle, jotka vievät yritystä kohti pidemmän ajan strategiatavoitteita.

Ilmapäivällä osallistuin päivystyspalaveriin, jonka aiheena oli käydä läpi kaikki verkkoelementit ja järjestelmät, joihin päivystäjällä täytyy olla pääsy. Palaverissa todettiin, että ensin käydään järjestelmällisesti kaikki verkkoelementit ja operatiivisesti tärkeät järjestelmät läpi ja dokumentoidaan niiden O&M-osoitteet ja muut tarvittavat ohjeet sisäänkirjautumiseen. Jaettiin myös selkeät osa-alueet, että kuka dokumentoi minkäkin järjestelmän. Osoitteet ja ohjeet tullaan dokumentoidaan yhteiseen järjestelmädokumentaatioon. Tämän jälkeen seuraavalla viikolla testataan, että kullakin päivystäjällä on pääsy kaikkiin järjestelmiin. Lisäksi keskusteltiin kuluneen viikon päivystystapahtumista. Viikko oli ollut hiljainen lukuun ottamatta edeltävänä yönä tullutta kahta hälytystä, jotka liittyivät ulkomaanoperaattoreiden DNS- ja PDN GW -järjestelmien ongelmiin. Nämä tosin eivät vaatineet päivystäjältä muita toimenpiteitä kuin hälytyksen juurisyyn selvittäminen ja hälytyksen kuittaaminen.

Loppupäivästä tutustuin uuteen kirjaan, jonka löysin erään verkkokurssin oheismateriaaleista. Tutkin kirjaa hieman tarkemmin ja huomasin, että koulun puolesta minulla on siihenkin lukuoikeudet. Latasin siis kirjan digitaalisen version itselleni ja aloin selailla sen sisältöä. Kirja antaa hyvää perustietoa mobiiliverkkojen kehityksestä ja eri teknologioiden vaiheista. Kyseinen kirja on "From GSM to LTE-Advanced Pro and 5G : An Introduction to Mobile Networks and Mobile Broadband" ja sen on kirjoittanut Martin Sauter vuonna 2017.

## **Keskiviikko 10.2.2021**

Päivä alkoi tänään jo aamukuudelta, sillä koitti DNS-liikenteen NAT-käännösten ohituksen poiston muutospäivä. Liityin virtuaalikokoukseen kolleegoiden kanssa ja kävimme vielä läpi tulevan muutoksen askelmerkit. Muutoshallinnan esimies oli hyväksynyt tehtävän muutoksen ja pääsimme aloittamaan aikataulussa. Kollegani tekivät konfiguraatiomuutokset yhdelle NAT-käännöksistä vastaavalle laitteelle, jonka jälkeen asiakkaiden DNS-liikenne alkoi kulkemaan laitteen läpi ja sille tehtiin NAT-käännökset. Seurasimme tilannetta noin tunnin emmekä huomanneet mitään merkittäviä muutoksia meidän seurannassa olevissa laitteissa tai palvelutasoissa. Liikenne näytti kulkevan normaalisti, laitteet eivät näyttäneet ylikuormittuvan eikä muutakaan poikkeavaa ollut havaittavissa. Ilmoitimme oman osiomme muutoksesta olevan valmis. Tästä eteenpäin, aina ensi viikkoon asti, NAT-käännöksiä lokitietoja keräävän laitteen toimintaa seurataan, jotta varmistetaan siitä, etteivät sen käytettävissä olevat resurssit ylity. Mikäli ongelmia ei ensi viikkoon

mennessä ilmene, jatketaan muutostyön seuraavaan vaiheeseen, jossa samainen konfiguraatiomuutos tehdään kolmelle muulle laitteelle. Oli mielenkiintoista päästä seuraamaan muutosprosessia vierestä, enkä malta odottaa, että oma osaamiseni on riittävällä tasolla, jotta voin itsekin osallistua konkreettisella tasolla verkon muutostöihin.

Seuraavaksi jatkoin tutustumista eilen löytämäni Sauterin kirjaan. Selasin kirjan sisältöä saadakseni käsityksen, mihin osioihin minun kannattaisi kiinnittää enemmän huomioita. Voin jo tässä kohtaa todeta, että kirja tarjoaa todella kattavan läpi leikkauksen eri mobiiliteknologioiden vaiheisiin ja ominaisuuksiin.

Ennen yhdeksää meillä oli keskiviikkoinen lyhyt tiimipalaveri, jossa keskustellaan ajan-kohtaisista asioista ja nostetaan esille viikon tapahtumia. Tänäpäin keskusteltiin aamuisesta muutotyöstä, jossa olin ollut mukana.

Halusin valmistautua ennen lounasta pidettävään PCRF-oppituntiin lukemalla hieman lisää elementin toiminnasta ja ominaisuuksista. Tiesin, että PCRF liittyy jotenkin parametrien ja sääntöjen määrittelyyn käyttäjän datayhteydelle sekä laskutuksen hoitoon. Oppitunnin tarkoitus oli antaa yleiskuvaa elementin toiminnasta sekä avata tarkemmin, miten kyseinen elementti on implementoitu juuri meidän verkomme.

PCRF hallinnoi, mihin palveluihin käyttäjän datayhteydellä on pääsy tai millaisia palveluita liittymälle on asetettu. Tämän lisäksi se myös määrittää oikeat QoS-parametrit datayhteydelle sekä ”käskyttää” PDN GW -elementtiä implementoimaan rajoituksia tai jopa estoja käyttäjän datayhteydelle. QoS parametrejä ovat QCI, ARP, GBR ja MBR. QCI määrittää käyttäjän datayhteyden laadun vasteajan viiveenä ja tiputettujen datapakettien sallittuna määränä. ARP taas määrittää signaalintiliikenteen priorisointia: mitä korkeampi ARP arvo, sitä korkeampi prioriteetti. GBR ja MBR määrittävät datayhteydelle taatun bittimäärän per sekunti ja minimi bittimäärän per sekunti. (Olsson ym. 2012, 190–192.)

PCRF:llä on käytännössä kolme käyttötapausta, joista ensimmäinen on perinteisissä mobiililiittymissä tapahtuva verkkovierailuliikenne. Verkkovierailulla tarkoitetaan tilannetta, jossa ulkomaalaisen operaattorin asiakas käyttää meidän verkkkoa ollessaan Suomessa tai vastaavasti tilannetta, jossa meidän asiakas käyttää ulkomaalaisen operaattorin verkkkoa vieraillessaan toisessa maassa. Verkkovierailutilanteissa PDN GW aktivoi datayhteydelle Gx-rajapinnan PCRF-elementille, joka määrittää yhteydelle oikeanlaiset parametrit ja lähettää käskyn PDN GW:lle laskutuksen käynnistämiseksi. Verkkovierailuyhteyksille käynnistetään aina laskutus, toisin kuin kotimaisille dataliittymille, jotta

voidaan pitää kirjaa ulkomaalaisen liittymän käyttämästä datamäärästä meidän verkossamme ja laskuttaa tästä edelleen ulkomaalaista operaattoria.

Toinen käyttötapa on prepaid-liittymät. Näille datayhteyksille PCRF määrittää ostetun prepaid-paketin mukaiset nopeudet, lähettää parametrit PDN GW:lle ja antaa komennon käynnistää laskutus. OCS on elementti, joka pitää kirjaa datayhteyden läpi kulkevasta liikennemäärästä, ajasta ja datayhteyden tapahtumista sekä ilmoittaa PCRF:lle, mikäli prepaid-paketin datankäyttömäärä on tullut täyteen. Tällöin PCRF tekee tarvittavat parametrimuutokset, jotka se edelleen välittää PDN GW:lle, jotta liittymän nopeusvoidaan laskea erittäin alhaiseksi tai vaihtoehtoisesti estää Internet-yhteys siihen asti, kunnes liittymälle on ladattu lisää saldoa.

Kolmas käyttötapa on VoLTE-puhelut. Näissä IMS-verkkoalueelta tulee tieto PCRF:lle Rx-rajapinnan kautta, minkä jälkeen PCRF yhdistää oikean datayhteyden PDN GW:llä ja IMS-liikenteen. Tämä tapahtuu UE:n IP-osoitteen perusteella.

Lounaan jälkeen olin seuraamassa, kun ohjaajani ja eräs kollegani testasivat uutta ominaisuutta, jossa on tarkoituksena pystyä DNS-kyselyn vastauksella vaikuttamaan MME:n tekemään SAEGW:n valintaan 5G-kyvykkään päätelaitteen yhteydenmuodotuksessa. Tämä ominaisuus tosin on vielä vasta kehitteillä ja liittyy olennaisesti 5G-verkon ominaisuuksiin, jossa on tarkoituksena taata käyttäjälle mobiliteetti 4G- ja 5G-verkon välillä. Mobiliteetilla tarkoitetaan ominaisuutta, jossa päätelaite siirtyy kahden eri teknologiaa käyttävän radioverkon välillä ilman, että käyttäjän datayhteys katkeaa.

Ilmapäivällä oli jälleen keskiviikkoinen osastopalaveri, jossa käytiin läpi valmistuneet, alkavat ja meneillään olevat projektit tai muutostyöt.

Loppupäivästä osallistuin myös kaapelimodeemeja palvelevan DHCP-ympätistön palaveriin, jossa keskusteltiin vanhan DHCP-ympäristön yliheittämisestä uuteen ympäristöön. Todettiin, että varataan ensiviikolle suunnittelupalaveri, jossa käydään läpi suunnitelma ja askelmerkit yliheittoprosessille.

Päivän lopuksi vielä otimme ohjaajani kanssa lyhyen palaverin, jossa keskusteltiin viikon tapahtumista ja tekemisistä. Alkuviikko on ollut hyvin kiireistä, joten yhteinen aika ohjaajani kanssa on jäänyt hieman vähemmälle. Keskustelimme myös tulevien viikkojen aihealueista, joihin minun kannattaisi keskittyä ja järjestettävistä oppitunteja. Sovimme ensiviikolle oppitunnit ePDG- ja AAA-elementeistä.

**Torstai 11.2.2021**

Aamupäivällä jatkoin PCRF-elementtiin tutustumista, sillä se vaikutti eilisen oppitunnin perusteella todella mielenkiintoiselta ja halusin ymmärtää sen toimintaperiaatteita vielä syvällisemmin.

Osallistuin myös koko tuotantotason infotilaisuuteen, jossa käsiteltiin viime vuoden tuloista ja tavoitteiden onnistumista tuotannon osalta sekä uutta strategiaa kuluvalle vuodelle. Parin viikon takainen organisaatiomuutos aiheutti sen, että minun osastoni siirtyi toiseen, täysin uuteen tulosityksikköön. Tämän uuden tulosityksikön strategiainfotilaisuus kesti lounaasta aina myöhälle iltapäivään, joten tämä päivä meni pitkälti strategian sisäistämiseen. Infotilaisuudessa käsiteltiin konkreettisemmin uuden strategian askelmerkkejä tulevien vuosien ja vielä tarkemmin tämän vuoden osalta. Oli hyvä saada konkreettisia esimerkkejä siitä, miten strategiaa aiotaan toteuttaa ja mitä eri osastoilla tullaan tekemään tavoitteiden saavuttamiseksi. Positiivisena jäi myös mieleen yrityksen tarjoama lounas ja näin etäilyn aikakautena, oli vielä mukavampaa tilata kotiinkuljetuksella lounas kotiovelle työnantajan tarjoamana.

Iltapäivän loppuksi oli vielä potentiaalisen sovellustoimittajan palaveri ja demo 5GC-verkon testaus- ja simulaatiojärjestelmästä, joka oli mielestäni äärettömän mielenkiintoinen. Esitys oli todella kattava ja omaan silmääni järjestelmä vaikutti todella pätevältä ja se tulisi tukemaan myös tulevaisuudessa automaatiota ja integrointia moniin muihin käytössä oleviin sovelluksiin ja järjestelmiin.

**Perjantai 12.2.2021**

Tänään perehdyin lisää PCRF-elementin toimintaan lukemalla kirjallisuutta aiheesta. Ymmärrykseni elementin roolista verkossa ja sen toiminnasta suhteessa muihin elementteihin vahvistui.

PCRF:n päätehtävä on hoitaa PCC:tä eli tehdä päätöksiä liittyen käyttäjätietojen määrään, liittymien nopeuteen, UE:n oikeudesta päästä mm. Internetiin ja määrittää datayhteyksille oikeanlaiset kaistanleveydet ja verkon resurssit tilanteesta riippuen. PCRF keskustelee prepaid-liittymien laskutuksesta ja rajoituksesta OCS:n kanssa Sy-rajapinnan avulla. Käyttäjätietoihin liittyviä tietoja PCRF hakee HLR- ja HSS-elementtien jakamasta UDR-tietokannasta. Tämän lisäksi mm. VoLTE-puheluissa PCRF keskustelee IMS:n

suuntaan Rx-rajapinnan yli P-CSCF:n kanssa. Aiemmin mainittu PDN GW:n käskyttäminen tapahtuu Gx-rajapintaa käyttäen, jossa vastaanottava looginen elementti on PCEF, jonka tehtävä on ottaa käyttöön PCRF:n määrittämät parametrimuutokset. Myös PCEF:n laskema tieto käytetystä datamäärästä lähetetään PCRF:lle Gx-rajapinnan kautta. (Olsson ym. 2012, 202–204.)

Verkkolaitetoimittajan tukipalaverissa käytiin läpi avoinna olevia tukipyyntöjä ja niiden edistymistä. Yhtenä uutena asiana palaverissa nostettiin esille aiemmin mainitsemani syslog-datan kerääminen keskitettyyn SIEM-järjestelmään ja miten verkkoelementeistä tuleva data ei ole selkeästi formatoitua. Asiasta luodaan tukipyyntö, jossa lähdetään selvittämään voidaanko laitekohtaisesti muokata syslog-datan keräystä ja onko mahdollisesti ohjelmistopäivitysten yhteydessä tulossa muutoksia kyseisiin toiminnallisuuksiin eri verkkoelementeissä.

Kehityspalaverissa kävimme läpi meidän tiimin meneillään olevia ja tulevia projekteja seuraavan puolen vuoden ajalta. Lähinnä ajatuksena oli saada kaikille selkeytettyä kokonaiskuvaa siitä, kuka on missäkin projektissa mukana, millä aikataululla mikäkin projekti on suunniteltu saavan valmiiksi ja mihin kaikkiin projekteihin täytyy alkaa valmistautua lähitulevaisuudessa. 5GC-ydinverkon kehitys on isossa roolissa tänä vuonna ja se näkyy myös erilaisissa projekteissa. Itseäni kiinnostaa myös kovasti tulevaisuuden privaattiverkkoprojektit, joissa luodaan jonkun yrityksen omalle tuotanto- tai teollisuusalueelle oma yksityinen radioverkko, joka linkitetään meidän EPC- tai 5GC-ydinverkkoon. Näitä projekteja on jo muutamia tehty, mutta luultavasti tulevaisuudessa näiden kysyntä kasvaa yhä enemmän.

Illtapäivällä oli vielä konesali- ja pilviosaston järjestämä palaveri, jossa esiteltiin osaston toimintamalleja ja meneillään olevia projekteja. Tämä lähinnä siksi, että konesali- ja pilviosastosta tuli organisaatiomuutoksessa toinen osasto meidän osastomme rinnalle uuteen tulosityksikköön. Oli mielenkiintoista saada läpileikkaus kyseiseen osastoon ja sen toimintaan, sillä yhteistyötä osastojemme välillä tulee olemaan tulevaisuudessa vielä jopa enemmän kuin ennen.

## **Yhteenveto ja reflektointi**

Tällä viikolla pääsin mukaan ensimmäiseen muutostyöhön työsuhteeni aikana. Oli hienoa päästä kyseiseen DNS-liikenteen NAT-käännösten ohituksen poisto -muutostyöhön

heti alusta asti mukaan. Näin olin heti tilanteen tasalla ja tiesin koko ajan, mistä on kysymys. Sain kokonaiskuvan muutoksesta aina lähtötilanteen ongelmista ja haasteista muutoksen vaatimiin toimenpiteisiin ja siitä aiheutuviin kerrannaisvaikutuksiin ja niiden monitorointiin saakka. Oli mielenkiintoista olla mukana, kun muutostyön valmistelut etenivät ja eri osastojen asiantuntijoilta haettiin apua ja hyväksyntää muutokselle. Perjantaina kävi ilmi, että muutostyön aikataulua voidaan todennäköisesti joutua hidastamaan, sillä pelätty resurssitarve NAT-käännösten lokitietoa keräävällä laitteella ylittää tämän hetken kapasiteetin, mikä puolestaan aiheuttaa lisähankintoja. Tästä huolimatta muutosta voidaan kuitenkin vielä tämä viikko jatkaa sovitun aikataulun mukaisesti. Tästä sain hyvää oppia. Perusteellisellakaan valmistelulla ei välttämättä voida välttyä aikataulumuutoksilta tai tilanteiden muuttumiselta muutostöiden ja projektien aikana. Usein vain käy niin, että muutostyön tai projektin aikana ilmenee jotain, joka muuttaa alkuperäistä suunnitelmaa hyvin radikaalisti. Siksi on tärkeää hoitaa valmisteluprosessi huolella, jotta tällaisia tilanteita pystytään mahdollisuuksien mukaan välttämään ja mikäli sellaisia kuitenkin tulee eteen, niistä pystytään toipumaan ja muuttamaan suunnitelmaa tarvittaessa muutostyön tai projektin jatkuvuuden takaamiseksi.

Viikon aikana tuli myös PCRF-elementti tutuksi, niin itsenäisen opiskelun kuin oppitunninkin puolesta. Elementti osoittautui hyvin mielenkiintoiseksi ja haluaisin oppia siitä vielä paljon enemmän. Tämä johtune PCRF:n monista rajapinnoista muihin elementteihin ja se omalla monimutkaisuudellaan kiehtoo minua. Sen kyky määritellä, rajoittaa ja käskyttaa muita elementtejä ja datayhteyksiä on syynä siihen, miksi sen konfigurointi on ajoittain hankalaa. Muutoksia tehdessä täytyy olla ymmärrystä monista eri protokollista ja rajapinnoista, joiden avulla PCRF keskustelee muiden elementtien suuntaan, jotta pysyy ottaen huomioon kaikki käytössä olevat toiminnallisuudet ja määrittymiset ja olemaan rikkomatta niitä konfiguroidessaan jotain uutta.

Viikon aikana palaverissa otettiin puheeksi myös tulevat 5GC-koulutukset. Näihin liittyen myös minun täytyisi perehtyä 5GC-ydinverkon toimintaan ja tärkeimpiin elementteihin ennen kyseisiä koulutuksia, jotta ne olisivat minulle mahdollisimman hyödyllisiä. Sain ladattua itselleni 5G-verkkoja ja teknologiaa käsittelevän kirjan, johon on tarkoitus perehtyä tulevana viikkoina. Olen innoissani päästessäni tutustumaan uuteen teknologiaan, mutta haasteena tässä tulee olemaan rajallinen tietämykseni EPC:stä ja 4G-teknologiasta ja nyt tarvitsisi myös samaan aikaa alkaa opettelemaan uutta ja alati kehittyvää 5G-teknologiaa. Haasteen otan toki mielelläni vastaan ja olen kiitollinen saadessani mahdollisuuden päästä oppimaan uutta teknologiaa kehityksen aallon harjalla, mutta vain aika



näyttää, miten nopeasti pystyn omaksumaan uutta tietoa ja vastaamaan minulle asetettuun haasteeseen.

### 3.3 Seurantaviikko 3

#### **Maanantai 15.2.2021**

Viikoittaisessa tiimipalaverissa oli paljon läpi käytyjä asioita, joten tahti oli hieman tavallista ripeämpi. Näin ollen kaikkiin asioihin ei ehditty pureutua kovinkaan syvällisesti, lähinnä ilmoitusluontoisesti käytiin läpi, mitä asioita on valmistunut viimeisen viikon aikana. Keskustelua oli myös talvilomista ja niiden vaikutuksista työlliställä oleviin asioihin sekä tulevasta 5GC-koulutuksesta. Käytiin myös läpi minun perehdytyksen edistymistä, millaisiin asioihin olen keskittynyt ja mitä on tällä viikolla tiedossa. Tällä viikolla keskiviikolle on varattu taas yksi oppitunti lisää: aiheena AAA-palvelimen rooli verkossa ja uusi verkkoelementti ePDG. Tunnen AAA:n toimintaperiaatteen ja olen yksinkertaisen käyttäjätunnistuksen myös muutaman kerran konfiguroinut labraympäristössä, joten siinä mielessä AAA on minulle tutumpi näistä kahdesta. Muutaman kerran olen törmännyt ePDG-elementtiin dokumentaatioissa ja kirjallisuudessa, joten tiedän sen liittyvän VoWifi-puheluihin. Minun täytyy perehtyä näihin vielä hieman lisää ennen oppituntia.

Iltapäivälle oli sovittu suunnittelupalaveri kaapelimodeemeja palvelevan DHCP-ympäristön yliheitolle vanhasta pilviympäristöstä uudempaan instanssiin. Yliheitto on varsin kompleksinen, sillä toteutukselle on käytännössä kolme vaihtoehtoa: (1) yliheitetään koko ympäristö kerralla uuteen pilviinstanssiin ja riskeerataan ympäristön kaatuminen, (2) luodaan ympäristöstä kopio uuteen pilviinstanssiin, mikä tarkoittaa koko ympäristön suunnittelua uudelleen IP-osoitteiden osalta ja niiden manuaalista konfigurointia verkkolaitteisiin tai (3) luodaan ympäristöstä kopio uuteen pilviinstanssiin samoilla IP-osoitteilla, mutta konfiguroidaan ABR-reitittimille reitit DHCP-palvelimien suuntaan host-osoitteilla eli käyttäen /32 aliverkkomaskia, jolloin liikenne ohjautuisi uuteen ympäristöön tarkimman reitin perusteella eli reititin käyttäisi tarkinta sen tiedossa olevaa reittitietoa. Käytännössä mikään kolmesta vaihtoehdosta ei ole kovinkaan helppo implementoida. Ohjaajani, jonka oli tarkoitus osallistua palaveriin minun ja kollegamme kanssa, oli kiireinen, joten päädyimme siirtämään suunnittelupalaverin myöhempään ajankohtaan tälle viikolle.

**Tiistai 16.2.2021**

Aamulla päätin perehtyä huomisen oppitunnin aiheisiin eli AAA- ja ePDG-elementteihin. Elementtien roolit ja vastuualueet verkon toiminnan kannalta ovat minulle olleet tähän asti vielä hieman epäselviä ja toivonkin huomisen oppitunnin valaisevan asiaa enemmän. Tähän astisen ymmärryksen mukaan AAA-palvelinta käytetään käyttäjän tunnistamiseen ja verkon pääsynhallintaan SIM-kortilla sijaitsevan IMSI-tunnisteen ja MME-elementin antavan GUTI-tunnisteen avulla. Tämä ilmeisesti kuitenkin koskee vain 3GPP-standardin ulkopuolisia liityntäverkon tekniikoita, kuten CDMA, Wifi ja kiinteät laajakaistayhteydet. Näissä tapauksissa AAA-palvelin tunnistaa ja oikeuttaa käyttäjän päästämään liittymään EPC-ydinverkkoon, mikä tapahtuu ePDG-elementin välityksellä. Tähän liittyvänä poikkeuksena on vielä Applen päätelaitteet ja uudet, digitaaliset SIM-kortit eli eSIM-kortit, jotka on määriteltävä päätelaitetasolla käyttämään erillistä verkkoelementtiä nimeltään Entitlement Server.

Aamupäivällä osallistuin 5GC-ydinverkon projektipalaveriin. Projekti alkaa olemaan lopusuoralla, jonka takia käytiin keskustelua viimeisen osion aloitusaikataulusta. Projekti kokonaisuutena on jäänyt minulle hieman epäselväksi, sillä en ole ehtinyt perehtyä 5GC-ydinverkkoon vielä juurikaan. On kuitenkin hyvä, että pääsen osallistumaan tällaisiin projektipalaveriin, jotta saan hieman käsitystä meneillään olevista projekteista ja kunhan pääsen tutustumaan 5GC-ydinverkkoon paremmin, niin pystyn yhdistämään teorian ja käytännön huomattavasti helpommin.

Lisäksi tiistaiseen tapaan pidettiin päivystysvastaavien viikoittainen palaveri. Viikon aikana ei ollut ilmennyt suurempia tapahtumia, viikonloppuista hätäpaikannusta lukuun ottamatta. Palaverissa käytiin läpi viime viikolla sovittu dokumentaation päivitys ja keskusteltiin seuraavan viikon aiheista. Hankaluuksia tuottaa seuraavien viikkojen talvilomat eri paikkakunnilla sekä maaliskuun alussa alkavat 5GC-koulutukset. Sovimme, että päivystyspalaverit järjestetään normaaliin tapaan, vaikkakin vajaalla miehityksellä.

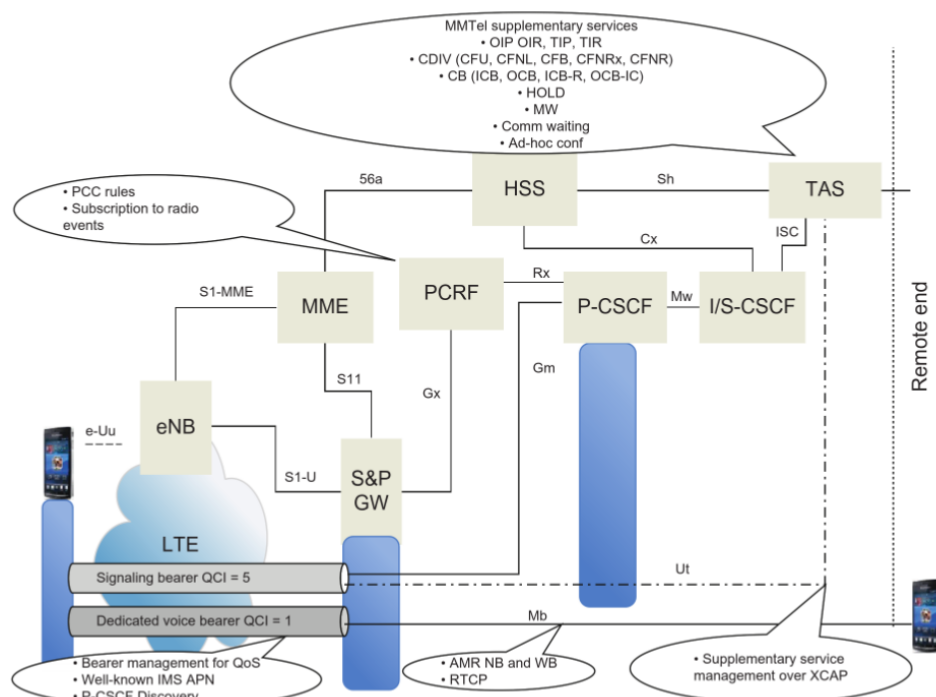
Lounaan jälkeen pidettiin ohjaajani järjestämä automaatiotestauksen infotilaisuus. Tilaisuudessa esiteltiin testausmahdollisuuksia testauslaboratoriossa ja -ympäristöissä Jenkins-automaatiotestausalustalla. Mahdollisia testiskenaarioita meidän vastuualueisiin liittyen voisivat olla vaikka hand-over eli esimerkiksi käyttäjän liikkumassa päätelaitteen yhteyden siirtäminen tukiasemasta tai radiotekniikasta toiseen, testilaitteella puhelun tai tekstiviestien vastaanottaminen 5G-verkossa, tukiasemilta tulevan signaalin vaimentaminen, jolla simuloidaan käyttäjän liikkumista kauemmaksi tukiasemasta sekä päätelaitteen

siirtymistä sallittujen APN:ien välillä. Mielestäni tilaisuudessa saatiin hyvää infoa testausmahdollisuuksista ja automatisoidut testit helpottaisivat kehitystyötä. Ainoana miinuksena ympäristössä on manuaalisen konfiguraation määrä, jota täytyisi alkuun tehdä, jotta ympäristöstä pystyttäisiin muokkaamaan meidän testiskenaarioita palveleva. Tähän tarvitaan kuitenkin jokin verran työtunteja ja Jenkins-ympäristön sekä ohjelmoinnin osaamista.

Iltapäivällä päätin tarkentaa itselleni, mitä kaikkea VoLTE-puheluiden muodostamisessa tapahtuu ja miten ne toimivat, sillä tämä osa-alue oli jäänyt itselleni hieman hämärän peittoon toistaiseksi. Halusin myöskin selventää tämän itselleni siitä syystä, että todennäköisesti huomisen ePDG- ja AAA-oppitunnin yhteydessä tullaan puhumaan VoWifi-puheluista, joista en vielä tiedä oikeastaan yhtään mitään. Toivoin, että ehkä VoLTE-puheluiden ymmärtäminen helpottaa hahmottamaan myös VoWifi-puheluiden toimintaa.

VoLTE-puheluissa ääni kulkee verkossa IP-paketteina ja tämän mahdollistaa IMS-verkkoalue. IMS-verkkoalueen tärkeimpinä elementteinä VoLTE-puheluissa ovat P-CSCF, S-CSCF ja I-CSCF sekä EPC-ydinverkon HSS-elementti. P-CSCF huolehtii päätelaitteen ja S-CSCF:n välisestä signalointiliikenteestä, pääsynhallinnasta ja QoS:n määrittelystä. S-CSCF puolestaan toimii IMS-verkkoalueen keskittävänä elementtinä. Se keskustelelee HSS:n kanssa käyttäjätietojen hallintaa varten ja huolehtii SIP-sessioista. I-CSCF vastaanottaa ulkopuolisista verkoista tulevat SIP-pyynnöt ja yhdessä HSS:n kanssa valitsee sopivan S-CSCF:n SIP-session muodostusta varten. (Olsson ym. 2012, 285–286.)

Lukiessani VoLTE-puheluista tajusin nopeasti, että tämä kyseinen aihe on paljon laajempi kuin olin entuudestaan ajatellut ja tarvitsisin ohjaajani tai muiden asiantuntijoiden apua sen ymmärtämisessä. Kuvassa 4 näkyy VoLTE-arkkitehtuurin tärkeimmät elementit. Päätin huomenna keskustella ohjaajani kanssa tästä lisää.



Kuva 4. VoLTE-arkkitehtuuri (Olsson ym. 2012, 290).

## Keskiviikko 17.2.2021

AAA- ja ePDG-elementtien oppitunnilla käytiin läpi meidän verkon implementaatiota kyseisiin elementteihin, missä tilanteissa ne tulevat mukaan ja mitkä niiden roolit ovat. Käytännössä meidän verkossa VoWifi-puheluiden hallinta ja toteutus hoidetaan näiden elementtien toimesta. Käyttäjän päätelaite muodostaa IPsec-tunnelin ePDG-elementin kanssa, AAA todentaa käyttäjän ja sallii pääsyn EPC-ydinverkkoon. Tämän jälkeen ePDG muodostaa yhteyden PDN GW:hin S6b-rajapinnan kautta, mikä vastaa VoLTE:n ollessa käytössä SGW:n ja PDN GW:n välistä yhteyttä S5- tai S8-rajapinnalla. HSS:llä on tieto, mikä PDN GW käyttäjän datayhteydellä on käytössä. Tätä tietoa tarvitaan mikäli käyttäjän päätelaite liikkuu VoWifi:n ja VoLTE:n välillä, sillä meneillään oleva puhelu ei saa katketa siirryttäessä teknologiasta toiseen. Mikäli ollaan vaihtamassa teknologiaa puhelun aikana, AAA kysyy HSS:ltä käytössä olevaa PDN GW:tä, jolloin tiedetään ottaa yhteys ePDG:ltä tai SGW:ltä oikeaan kohteeseen puhelun jatkuvuuden varmistamiseksi. Aktiivisen puhelun siirtäminen Wifi-verkosta LTE-verkkoon tai toiseen suuntaan on mahdollista, koska ePDG pystyy toimimaan MME-elementin tavoin ja ja proseduuria voidaan pitää samana kuin LTE-verkon sisällä tapahtuvat tilanteet, joissa päätelaitteen käyttämät MME tai SGW joudutaan vaihtamaan toiseen (Sauter 2017, 372).

Meidän verkon AAA-elementti koostuu neljästä osasta: SC1, SC2, PL3 ja PL4. SC1 ja SC2 huolehtivat signaalintiliikenteestä ja PL3 sekä PL4 puolestaan dataliikenteestä. Toinen kahdesta SC:stä ja PL:stä ovat aina varalla ja toinen aktiivinen redundanssin varmistamiseksi. Elementit sijaitsevat kolmella eri virtuaalikoneella, joille on konfiguroitu HA eli korkean saatavuuden toiminne, joten mikäli yksi virtuaalikoneista lopettaa toimintansa, kaksi muuta pystyvät ajamaan kolmannen virtuaalikoneen vastuulla olevat työkuormat, kunnes se saadaan takaisin toimintakuntoiseksi. Lisäksi AAA-elementti käyttää Diameter-protokollaa, joka on minulle tutummasta Radius-protokollasta päivitetympi versio.

Lounaan jälkeen pidettiin alihankkijan edustajien kanssa palaveri, jossa käytiin läpi heille luotu työkalu, jolla he pystyvät omatoimisesti lisäämään kaapelimodeemien DHCP-palvelimien osoiteavaruuksiin uusia aliverkkoja. Tarve tälle on syntynyt aiemmin käytössä olleesta toimintatavasta, jossa meidän tiimi on monitoroinut IP-osoiteavaruuksia ja tarpeen vaatiessa lisännyt niihin on manuaalisesti uusia aliverkkoja palvelemaan kasvaneita asiakasmääriä. Vaikkakin monitorointi on ollut automatisoitua jo pidemmän aikaa, tällä uudella työkalulla pystytään poistamaan meidän tiimin osuus turhana välikätenä koko prosessista, sillä nyt alihankkijan työntekijät pystyvät itse lisäämään tarvittavia aliverkkoja osoiteavaruuksiin. Käytännössä työkalu oli yksinkertainen CLI:ltä ajettava komentosarja, joka luo uuden aliverkon kaapelimodeemien DHCP-palvelimille tiettyyn osoiteavaruuteen.

Illtapäivällä oli viikoittainen osastopalaveri, joka tällä viikolla jäi melko lyhyeksi valmistuneiden projektien tai muutostöiden puuttumisen takia. Muutamasta keskeneräisestä projektista tai muutostyöstä keskusteltiin ja tämän lisäksi käytiin vielä läpi tulevia Jira- ja Kanban-muutoksia, jotka on tarkoitus ottaa käyttöön muutaman viikon kuluttua. Ainoa merkittävä muutos on se, että projekteja aletaan pilkkoa entistä pienempiin osiin, jotta niiden etenemistä on helpompaa seurata ja hallita.

## **Torstai 18.2.2021**

Tänään pääsin laittamaan testipuhelimen tilaukseen. Uskon, että testipuhelin tulee merkittävästi kiihdyttämään oppimistani, sillä pääsen sen avulla tutkimaan päätelaitteen ja ydinverkkojen välistä liikennettä. Tämä tulee tarpeeseen, sillä haluan päästä näkemään, miltä elementtien välinen viestintä ja valintojen tekeminen, kuten APN:n vaihto, tulee käytännössä näyttämään keskittävillä elementeillä. Testipuhelimen lisäksi luonnollisesti

tarvitsen siihen myös testiliittymän. Tämä johtuu siitä syystä, että teletunnistetietojen käsittely on sallittu ainoastaan hyvin tarkkaan määriteltyjen säädöksen mukaan eikä esimerkiksi oman henkilökohtaisen tai työliittymän tietoja voi käsitellä tai edes tarkastella vapaasti. Teletunnistetietojen käsittelystä on säädetty laissa (Laki sähköisen viestinnän palveluista 7.11.2014/917). Testiliittymän tietoja taas voi käsitellä, ja tutkia elementtien välistä viestintää, sillä se on tarkoitettu puhtaasti kehitystyöhön.

Tänään ilmeni myös ongelmia tiketöintijärjestelmässä, johon eilen tilasin käyttätunnukset. Järjestelmästä otetaan käsittelyyn korkeimman tason vikailmoituksia liittyen verkon ongelmatilanteisiin. Ilmeni, että järjestelmän käyttöliittymä syystä tai toisesta kaatuu käyttäjän vaihtaessaan salasanaansa. Uudelleenkirjautuminen ei tämän jälkeen onnistu käyttäjän vanhalla eikä uudella salasanalla. Tein asiasta vikailmoituksen, jossa kuvailin mahdollisimman tarkasti ilmenneen ongelman ja liitin mukaan myös kuvan järjestelmän antamasta virheilmoituksesta. Mielestäni vikailmoitusten täyttämisen tulee olla huolellinen, jotta tiketin käsittelijä saa mahdollisimman hyvät lähtötiedot asian ratkaisemiseksi ja pystytään välttymään ”sähköpostitennikseltä”, jossa käsittelijä yrittää saada lisätietoja ilmoittajalta. Mielestäni on hyvä käyttää ylimääräinen kymmenen minuuttia vikailmoituksen huolelliseen täyttämiseen, jotta mahdollistetaan tiketin käsittely heti ensimmäisessä kontaktipisteessä. Vikailmoituksen täyttämisen jälkeen pyysin vielä käyttäjänhallinnasta itselleni uuden salasanan, jotta pääsen kirjautumaan sisään järjestelmään sillä välin, kun häiriöilmoitustani käsitellään.

Illtapäivästä perehdyin VoLTE-teknologiaan lukemalla lisää teoriaa. Haluan ymmärtää tätä teknologiaa siksi, että yhä suurempi osa puheluista nykyään kulkee LTE-verkossa ja tulevaisuudessa kaikki puheliikenne halutaan siirtää IP-pohjaiseksi, jolloin voidaan luopua jo vanhentuneesta 3G-teknologiasta käytännössä kokonaan.

## **Perjantai 19.2.2021**

Aamupäivällä edistin eilen tekemääni tiketöintijärjestelmän vikailmoitusta. Vikailmoituksen käsittelevä otti minuun yhteyttä, keskustelimme ongelmasta, jonka jälkeen hän esitti korjausehdotuksensa. Hän resetoi salasanani, jonka jälkeen pystyin kirjautumaan järjestelmään ja vaihtamaan salasanani onnistuneesti. Hän kertoi vielä, mistä ongelma oli todennäköisesti johtunut, jonka jälkeen totesimme, että vikailmoitus voidaan sulkea ongelman ratkettua.

Sain myös sähköpostiini tiedon verkon monitorointi- ja vianetsintätyökalun käyttäjäoikeuksien hyväksynnästä ja kirjautumistiedoista. Kokeiltuani tunnuksia totesin, etteivät ne toimi ja päädyin tekemään reklamaation käyttäjäoikeustilaukseen. Käyttäjätunnukseni vaikuttaisi vain jääneen aktivoimatta.

Seuraavaksi oli verkkolaitetoimittajan tukipalaveri, jossa mm. saatiin päivitettyä tietoa viime viikon agendalla olleesta verkkoelementtien syslog-datan keräämisestä keskitettyyn SIEM-järjestelmään ja tässä esiintyvistä verkkolaittekohtaisista ongelmista. Nyt oli tullut ilmi, että noin puolessa olemassa olevista verkkoelementtien ohjelmistoversioista on toiminnallisuus syslog-datan järkevään formatointiin ja keräämiseen, mutta selvitys jatkuu edelleen muiden elementtien osalta. Lisäksi keskustelua herättivät myös eräiden sekä testi- että tuotantoympäristön elementtien sertifikaattien umpeutuminen ja epäselvyydet hallinnointivastuussa. Joitain sertifikaatteja tullaan uusimaan tämän kuun aikana, mutta selvitys siitä, kenen vastuulla minkäkin elementtikokonaisuuden sertifikaattien hallinta on, jatkuu edelleen.

Perjantaisessa kehityspalaverissa keskusteltiin tulevasta 5GC-ydinverkon koulutusviikosta maaliskuun alussa. Lisäksi asialistalla oli myös keskustelua verkkolaitetoimittajan demoista ja käyttöliittymistä, joita viimeisen kahden viikon aikana meidän tiimille on esitelty. Myöskin keskusteltiin konesali- ja pilviosaston muuttuneista tai lisääntyneistä vastuualueista ja tämän vaikutuksesta meidän tiimin työskentelyyn. Tulevaisuudessa myös täytynee osa meidän tiimin työntekijöistä resursoida pilviympäristöjen ylläpitoon ainakin jossain määrin.

Iltapäivän päätteeksi kävimme ohjaajani kanssa läpi edellä mainittua tiketöintijärjestelmää, jonne olin viimeinkin saanut toimivat tunnuksat. Sain hyvän yleiskuvan siitä, millaisia toimintatapoja tikettien käsittelyssä meidän tiimillä on käytössä, ja millaisia ovat yleisimmät meidän työjonoon tulevat tiketit. Pääasiallisesti tiketit ovat joko tukipyyntöjä häiriöilmoituksiin alemman tason teknisiltä osajilta tai tilausmuotoisia pyyntöjä, joissa pyydetään esimerkiksi lisäämään uusia aliverkkoja tai IP-osoiteavaruuksia joihinkin tiettyihin APN:iin. Meidän tiimin käsiteltäväksi tulevat tiketit ovat usein todella haastavia, joten minun tämän hetken osaamisellani en vielä itse pysty omatoimisesti tiketöintijärjestelmästä ottamaan tikettejä käsiteltäväksi. Olen kuitenkin innoissani päästessäni tutkimaan avoinna olevia tikettejä ja päihkäilemään niihin mahdollisia vastauksia. Ajatuksenani on perehtyä tiketillä ilmoitettuun vikatilanteeseen, tutkia kirjallisuudesta siihen liittyviä elementtejä ja ominaisuuksia ja mahdollisesti kirjailla teoria, jolla voitaisiin selittää esiintyvä ongelmantilanne. Tämän jälkeen kysyisin neuvoa muilta asiantuntijoilta tai ohjaajaltani

tiketin ratkaisemiseksi tai sen edistämiseksi. Tällä tavoin toimiessani saan yhdistettyä oppimaani teoriaa käytännön tekemiseen ja sitä kautta syvennettyä osaamistani.

Lisäksi sain tänään ilmoituksen, että testipuhelimeni ja -liittymäni on laitettu postitukseen. Ensi viikolla pääsen siis vielä paremmin konkreettiseen tekemiseen kiinni testaamaalla, monitoroimaalla ja analysoimalla testiliittymäni toimintaa verkossa. Olen innoissani, sillä vihdoinkin pääsen konkretian kautta näkemään, miten teoriassa oppimani asiat oikeasti toteutuvat käytännössä.

### **Yhteenveto ja reflektointi**

Tällä viikolla oli vähän palavereja viikkopalaverien lisäksi, mikä auttoi minua paneutumaan enemmän muutamaa tiettyyn asiakokonaisuuteen, sillä ei tarvinnut keskittyä niin moneen erilaiseen uuteen asiaan viikon mittaan. Siitä huolimatta viikko meni ohitse todella nopeasti. Minusta tuntuu, että jos en kirjoittaisi tätä päiväkirjaa, huomattavasti pienempi osa käsitellyistä asioista jäisi minulle mieleen. Koen, että asioiden kirjoittaminen ylös selkeään ja ymmärrettävään muotoon auttaa myös minua itseäni ymmärtämään käsittelemäni asiat syvällisemmin.

Viikon mieleenpainuvimmat asiat olivat ehkä DHCP-ympäristön migraatio ja VoLTE-puheluiden toimintaan perehtyminen.

DHCP-ympäristön migraatio uuteen pilvi-instanssiin on hankala projekti ihan siitäkin syystä, että mikään vaihtoehto tai lähestymiskulma ei oikeastaan ole helppo tapa toteuttaa kyseinen työ. Kaikissa vaihtoehdoissa on omat huonot puolensa. Tietenkään ei olisi järkevää yliheittää koko tuotanto-ympäristöä kerralla uudelle alustalle, sillä ympäristö on niin laaja ettei voida taata kaikkien elementtien toimintaa siirron aikana tai sen jälkeen. Myöskään uuden ympäristön luominen sekä IP-osoitteiden suunnittelu ja konfigurointi manuaalisesti ei ole ajankäytöllisesti ja työmäärällisesti kovinkaan tehokasta, mutta tällä tavoin voitaisiin taata palvelun katkeamattomuus. Alkuperäinen ympäristö palvelisi siihen asti kunnes uusi ympäristö on valmiina vastaanottamaan liikenteen. Tässä isoin työmäärä koituu verkossa olevien elementtien määrästä. Reitit vanhaan DHCP-ympäristöön tulisi manuaalisesti käydä muuttamassa uusiin. Kolmas vaihtoehto kuulostaa kaikista helpoimmalta toteuttaa. Siinä lisättäisiin liikenteen keskittävälle reitittimille reitit uuteen ympäristöön hyödyntämällä tarkkoja host-osoitteita, jolloin DHCP-ympäristö voitaisiin sellaisenaan kopioida uuteen pilvi-instanssiin ja reitittimillä vain ohjata liikenne



oikeaan paikkaan. Tämän jälkeen vanha ympäristö voitaisiin ajaa alas. Ei kuitenkaan ole varmuutta, että toimisiko tämä muutos halutulla tavalla, joten skenaariota tulee testata hallitussa testiympäristössä ennen muutostyötä. Aiheesta pidetään suunnittelupalaveri tulevien viikkojen aikana, jolloin päätös muutostyön toteutustavasta tulisi saada tehtyä.

Viikon aikana saamani yleiskuva VoLTE-puheluiden toiminnasta laajeni lukiessani teoriaa aiheesta. Konseptina VoLTE-puhelut ovat kuitenkin niin laajat, että koen tarvitsevani lisää perehdytystä ennen kuin ymmärrän täysin niiden toiminnan. Seuraavat katkelmat lukemastani EPC- ja 4G-verkkoja käsittelevästä kirjasta alustavat mielestäni hyvin VoLTE-puheluiden toimintaperiaatetta.

Vanhemmissa mobiiliteknologioissa, kuten GSM, WCDMA ja CDMA, on ollut kaksi osaa: piiriyhteyksinen verkko puheliikenteelle ja IP-paketteihin pohjautuva verkko dataliikenteelle. Toisin kuin edeltäjissään, LTE:ssä ei ole piiriyhteyksistä puheliikenteen verkkoa ollenkaan. Tämä on johtanut siihen, että puhepalveluiden tuottamiseksi on täytynyt kehittää oma ratkaisu, ydinverkon IP Multimedia Subsystem eli IMS-verkkoalue, joka mahdollistaa VoLTE-puheluiden soittamisen ja vastaanottamisen sekä yhdistää LTE-verkon ja vanhemman teknologian piiriyhteyksiset puheverkot toisiinsa. Toinen vaihtoehto, jolla puhelut voidaan mahdollistaa LTE-verkossa, on yksinkertaisesti käyttää 3G- tai 2G-verkkoa puheliikenteelle ja LTE-verkkoa dataliikenteelle. (Olsson ym. 2012, 89–90.)

IMS-verkkoaluetta hyödynnettäessä käyttäjille voidaan tarjota video-, teksti- tai muita mediapalveluita tavallisten puhepalveluiden lisäksi kasvattamaan asiakkaan palveluitaan saamaa arvoa ja käyttäjäkokemusta. Lisäksi käyttäjän puhelut voidaan tarvittaessa siirtää käyttämään 3G- tai 2G-verkkoa, mikäli LTE-verkon kuuluvuus heikkenee ilman puhelun katkeamista. (Olsson ym. 2012, 90.)

### 3.4 Seurantaviikko 4

#### **Maanantai 22.2.2021**

Maanantaiseen tapaan aamulla oli meidän tiimipalaveri, jossa käytiin viikon aikana valmistuneet työt ja katsottiin, mitä tulevalle viikolle tullaan tekemään. Lisäksi käsiteltiin DNS-liikenteen NAT-käännösten ohituksen poisto -muutostyössä ilmenneitä ongelmia. Ilmeisesti muutostyön kohteena olleilla elementeillä oli eriävät konfiguraatiot aiempiin laitteisiin verrattuna. Tämä johti liikenteen pysähtymiseen, kun NAT-käännösten ohitus

poistettiin. Ongelma huomattiin muutaman minuutin kuluessa ja tehdyt muutokset poistettiin ja alkuperäinen konfiguraatio palautettiin elementeille. Ongelman juurisyitä selvitettiin ja sen löytyessä, muutostyö pystyttiin suorittamaan loppuun saman päivän iltana. Keskustelua nousi myös liikenteen pysähtymisen mukana tulleelta asiakasvaikutuksesta, sillä asiakkaiden datayhteydet katkesivat muutaman minuutin ajaksi. Näihin luokitui myös yritysliittymiä, jonka takia asiaa nostettiin esille entistä enemmän.

Tänään halusin perehtyä enemmän 5GC-ydinverkkoon, sillä iltapäivästä olisi meidän tiimin kesken palaveri, jossa käsiteltäisiin verkon tärkeimpiä elementtejä, niiden keskeisiä ominaisuuksia ja etäyhteyksien ottamista elementteihin. Tämän palaverin tarkoituksena on hieman alustaa parin viikon päästä alkavaa 5GC-koulutusta, jossa syvennytään eri elementtien toimintaan, konfiguraatioon ja ylläpitoon. 5GC-ydinverkko on minulle vielä hieman vierasta teknologiaa, mutta sain tämän päivän aikana peruskäsityksen siitä, millaisia elementtejä verkossa on sekä siitä, mitkä elementit hoitavat mitään, EPC-ydinverkon puolelta minulle jo tuttuja tehtäviä. Palaveri myös nauhoitettiin, jotta tällä viikolla talvilomaansa viettävät kollegani pystyvät myös käymään samat asiat läpi ennen koulutusviikkoa.

Iltapäivällä sain viime viikolla tilaamani testipuhelimen ja testiliittymän SIM-kortin. Käytin iltapäivän testipuhelimen esivalmisteluun, päivityksien asentamiseen ja tarpeellisten sovellusten lataamiseen. Testasin myös muutamia komentoja Termux CLI -sovelluksen avulla. Näitä olivat esimerkiksi nslookup, dig ja iperf3. Latasin myös ohjaajani antaman testauskomentosarjan puhelimeen ja yritin ajaa sitä Termux-sovelluksella, mutta komentosarja ei toiminut halutulla tavalla. Päätin, että jatkan testipuhelimen kanssa painimista huomenna ja yritän saada komentosarjan toimimaan. Lisäksi sovimme ohjaajani kanssa, että otamme yhteisen palaverin huomenna, jossa käymme yhdessä läpi testipuhelimen käyttöön liittyviä asioita.

## **Tiistai 23.2.2021**

Verkkolaitetoimittajan kanssa pidetyssä 5GC-ydinverkon projektipalaverissa käytiin läpi projektin etenemistä ja mitä asioita työlistalta vielä löytyy ennen kuin projekti saadaan päätökseen. Aikataulullisesti projektissa pitäisi olla jäljellä enää joitain loppuvaiheen testauksia. Tänään kuitenkin kävi ilmi, että verkkolaitetoimittajan edustajat eivät ole ymmärtäneet, mitä kaikkea projektin aikana on tarkoitus saada testattua ja varmennettua. He ovat toteuttaneet mobiliteetin eli käyttäjän yhteyden siirtämisen verkkotekniikasta toiseen

katkaisematta yhteyttä, ainoastaan 4G-verkosta 5G-verkkoon, mutta eivät ollenkaan toiseen suuntaan. Tämä aiheuttaisi mm. sen, että käyttäjän yhteys ei pysty siirtymään 5G-verkosta 4G-verkkoon VoLTE-puhelun ajaksi vaan yhteys katkeasi. Tämä epäkohta tuotiin palaverissa meidän tiimin toimesta vahvasti esiin. Keskustelun jälkeen todettiin, että kehitystä jatketaan vielä, jotta voidaan varmistaa kaksisuuntainen mobiliteetti 4G-verkon ja 5G-verkon välillä.

Palaverin jälkeen ryhdyin tutkimaan eilistä testauskomentosarjaa, jota en eilen saanut toimimaan. Kävin ensin komentosarjan läpi ja varmistin, ettei sieltä löytynyt mitään syntaksi- tai logiikkavirheitä. Yritin ajaa komentosarjan uudelleen eikä se vielääkään toiminut haluamallani tavalla. Lähdin tarkastelemaan komentoriville tulostuneita virheilmoituksia ja nopeasti huomasinkin, että virheet johtuvat tekstin muotoilusta ja rivinvaihdosta komentosarjan sisällä. Tutkin Internetistä vastaavia esimerkkitapauksia ja nopeasti löysin ratkaisun ongelmaan: kopioidessani ja muokatessani komentosarjaa tietokoneellani, olin tallentanut tiedoston käyttäen Windowsin tekstimuotoilua, joka ei luonnollisesti sovi yhteen Linux-pohjaisen Termux-sovelluksen kanssa. Muokkasin komentosarjan tekstimuotoilun UNIX-muotoon ja ajoin komentosarjan uudelleen. Tämän jälkeen kaikki toimi kuten pitikin ja sovellus sai suoritettua komentosarjan ongelmitta.

Seuraavaksi olisin osallistunut päivystyspalaveriin, mutta se peruttiin tältä viikolta osallistujien talvilomien ja ruuhkautuneen työtilanteen takia.

Seuraavaksi pidettiin meidän tiimin kesken palaveri, jonka aiheena oli syslog-datan vieminen keskitettyyn SIEM-ympäristöön. Ideana oli lyödä suunnitelma lukkoon: miten projektia lähdetään edistämään ja mitä kaikkea pitää ottaa huomioon projektin aikana. Nykyään käytössä oleva järjestelmä, joka suodattaa verkkoelementtien tuottamaa syslog-dataa, ollaan ajamassa alas jossain vaiheessa. Palaverissa päätettiin, että katsotaan nykyiset verkkoelementit läpi ja varmistetaan niiden kyky lähettää syslog-dataa ja viettään ko. data vielä toistaiseksi nykyiseen ympäristöön. Tämän jälkeen lähdetään selvittämään, mikä taho alkaa edistää uuden ympäristön käyttöönottoprojektia, joka mahdollisesti toteutetaan konesali- ja pilviosaston ylläpitämällä LAAS-ympäristöllä. Tämän ympäristön resurssikapasiteetti ja operointivastuu täytyy kuitenkin ensin selvittää, jotta voidaan todeta, pystytäänkö meidän operoitavana olevien verkkoelementtien syslog-datan tallentamaan ja arkistoimaan ko. ympäristössä.

Ilmapäivällä keskityin lukemaan 5GC-ydinverkkoa käsittelevää kirjaa. Halusin saada parempaa käsitystä verkon elementeistä, sillä niiden nimitykset ja jaottelu loogisiin elementteihin eroaa merkittävästi EPC-ydinverkosta. Sain myös sähköpostiini kutsut 5GC-

verkkokursseille, jotka on tarkoitus suorittaa ennen maaliskuun alussa olevia 5GC-koulutuksia. Ajattelin suorittaa ensimmäisen verkkokurssin huomisen tai torstain aikana.

### **Keskiviikko 24.2.2021**

Keskiviikkoaamuisin pidettävässä 15 minuutin palaverissa yleensä käsitellään ajankohtaisia asioita koko tiimin kesken, keskustellaan resurssien keskittämisestä johonkin tiettyyn tekemiseen tai suunnitellaan perjantaisen kehityspalaverin agenda. Tällä kertaa käsiteltiin maanantaisen huoltokatkon aiheuttamia ongelmia halintaverkossa ja kaapelimodeemien DHCP-palvelimien toiminnassa. Ongelmatilanteen juurisyy on vielä kateissa ja sitä tullaan lähiviikkoina vielä etsimään, mutta ongelmana oli huoltokatkon yhteydessä tehdyt erään verkkolaitteen modernisointi ja muut pienemmät verkon muutostyöt, jotka johtivat kaapelimodeemien DHCP-palvelimien vikatilaan, jossa asiakkaiden modeemit eivät pystyneet uusimaan IP-osoitevarauksiaan. Tämä kaikki johti siihen, että kaapelimodeemeja alkoi tippua verkosta, kunnes vikaan löydettiin korjaava ratkaisu. Asiaa käsitellään tulevaisuudessa vielä tarkemmin, mutta tässä palaverissa haluttiin tarkentaa kaikille kokonaiskuva yön tapahtumista ja mitä korjaavia toimenpiteitä tehtiin, jotta tilanne oltiin saatu hallintaan.

Palaverin ja lounaan välisen ajan käytin 5GC-verkkokurssiin. Muutaman viikon kuluttua alkavan 5GC-ydinverkon koulutuksen esivaatimuksena on suorittaa verkkokurssi, jossa luodaan pohjatietoa uusista verkkoelementeistä ja niiden toiminnasta.

Lounaan jälkeen osallistuin ohjaajani järjestämään oppituntiin, jonka aiheena oli jälleen uusi verkkoelementti nimeltään Entitlement Server. Entitlement Server palvelee Applen laitteita, kuten älypuhelimia ja -kelloja, hoitaen niiden valtuutuksen, todennuksen AAA-palvelimen suuntaan ja asettaa laitteille tarvittaessa erilaisia konfigurointeja. Apple vaatii ainoana päätelaittevalmistajana, että laitteet tulee valtuuttaa erillisen verkkoelementin kautta ja siksi tämä elementti koskee vain iOS-pohjaisia päätelaitteita.

Seuraavaksi katsottiin yhdessä ohjaajani kanssa monitorointi- ja valvontajärjestelmän ominaisuuksia läpi ja luotiin testiliittymääni varten hakuasetuksiin mallipohja, jolla pystyn tutkimaan oman testipuhelimeni kommunikointia verkon keskittävien elementtien kanssa. Kävimme läpi, miten pystyn hakemaan IMSI- ja MSISDN-tunnisteita hyödyntäen päätelaitteeni ja eri verkkoelementtien välisiä signaalintiviestejä. Nyt vihdoin pääsen

itse tutkimaan ja oppimaan käytännössä, millaista viestintää päätelaitteen ja verkon välillä kulkee.

Ilmapäivällä osallistuin vielä viikoittaiseen osastopalaveriin, jossa käytiin läpi valmistuneita ja käynnissä olevia projekteja.

### **Torstai 25.2.2021**

Keskiviikon ja torstain välisenä yönä pääsin osallistumaan DNS-liikenteen NAT-käännösten ohituksen poistoon. Oli mielenkiintoista olla mukana seuraamassa muutostyötä ja analysoimassa sen mahdollisia vaikutuksia verkkoon. Muutostyö aloitettiin klo 23.30 ja aluksi käytiin läpi, mitä muutostyössä tullaan tekemään ja mille elementeille konfiguraatiomuutokset tehdään. Tämän jälkeen minä otin testipuhelimen esille. Olin jo aiemmin edellisenä päivänä luonut muutostyön testausta varten uuden APN:n. Aktivoin ko. APN:n puhelimesta ja laitoin verkon monitorointi- ja analysointijärjestelmästä analyysin käyntiin, joka tutkii testipuhelimeni ja verkon elementtien välistä liikennettä. Tarkoitukseni oli seurata, analyysia ja havainnoida mahdollisia muutoksia verkon liikenteessä. Muutostyön aikana tarkastelin ilmeneekö käyttäjälle katkosta dataliikenteeseen, testasin tätä pingaamalla Googlen DNS-palvelinta. Muutostyön aikana käyttäjälle ei ilmennyt katkoksia eli kaikki sujui kuten pitikin. Hetkellisesti näytti, että jostain syystä IPv6-liikenne ei toimisi muutostyössä tehtyjen konfiguraatiomuutosten jälkeen. Syy tälle kuitenkin huomattiin varsin nopeasti eikä oikeaa vaikutusta asiakasliikenteelle ollut: vika johtui omani ja ohjaajani testipuhelimen APN määrittelyistä, joissa IPv6-liikennettä ei ollut sallittu.

Muutostyön jälkeen minulle valkeni, että minun olisi pitänyt pingata yrityksemme julkista DNS-palvelinta. Tämä siksi, että olisin nähnyt muutostyön aiheuttaman yhteyskatkoksen DNS-palvelimelle. Kun DNS-liikenteen NAT-käännösten ohitus poistettiin käytöstä, keskittävien reitittimien täytyi selvittää uusi reitti DNS-palvelimelle ja tästä aiheutui noin 11 sekunnin katkos DNS-liikenteeseen, mutta tällä ei ollut mitään varsinaista asiakasvaikutusta. Eli asiakkaiden datayhteys ei olisi missään vaiheessa kuulunutkaan katketa enkä näin ollen olisi edes voinut huomata katkosta, sillä pingasin väärää DNS-palvelinta. Lyhyt katkos yrityksen julkiselle DNS-palvelimelle lyhyt katkos oli siis odotettavissa.

Muutaman tunnin yöunien jälkeen tutkin aamupäivällä vielä uudelleen yöllisen muutostyön aikaista liikennettä takautuvasti testipuhelimeni ja verkon keskittävien elementtien välillä. Löysin liikennelokista mielenkiintoisia kohtia, joihin päätin tulevaisuudessa

paneutua enemmän. Oli mielenkiintoista löytää liikennelokista jo oppimiani termejä, parametreja sekä tiettyjä keskusteluproseduureja esimerkiksi SGW- ja PDN GW-elementtien välillä.

Suoritin tänään loppuun 5GC-verkkokurssin. Verkkokurssilla käsiteltiin laitetoimittajan tuotteen ominaisuuksia ja miten 5G-standardissa esitelty vaatimukset ja toiminnot ovat toteutettu kyseisen laitetoimittajan 5GC-verkkoratkaisussa. Lisäksi annettiin esimerkki konttipohjaisen teknologian ”itsensä parantamisesta”, jolla tarkoitetaan tilannetta, jossa yksi konttialusta kaatuu tai lopettaa muuten optimaalisen toimintansa ja järjestelmä automaattisesti havaitsee virheellisen toiminnan, sammuttaa epäkunnossa olevan konttialustan ja luo tilalle uuden käyttäen aiemmin määriteltyä mallipohjaa ja parametreja. Kurssimateriaali oli mielenkiintoista, mutta melko paljon oli asioita, jotka eivät näin ensimmäisellä kerralla täysin avautuneet minulle. Kurssi kuitenkin antaa hyvän pohjan tulevaan koulutukseen, jossa varmasti asioita käsitellään syvällisemmin.

### **Perjantai 26.2.2021**

Perjantai-aiamuna kävimme ohjaajani kanssa hieman tarkemmin keskiviikon ja torstain välisenä yönä tehtyä muutostyötä. Kävimme läpi, mitä muutoksessa oltiin tehty, mille laitteille konfiguraatio muutokset oltiin tehty, miten muutos näkyi verkossa tai liikenteessä muutoksen teko hetkellä ja miten liikenne tulee kulkemaan verkossa tehdyn muutoksen jälkeen. Kävimme myös läpi tekemiäni testejä muutoksen aikana. Muutoksen jälkeen minulle ei ollut täysin selvää, miksi en nähnyt monitorointijärjestelmässä muutoksen teko hetkellä minkäänlaista poikkeavaa liikennettä. Ohjaajani kanssa keskusteltuani minulle selveni, ettei minun kuulunutkaan nähdä mitään poikkeavaa siinä osassa verkkoa, jota minä monitoroin muutoksen teko hetkellä, sillä kaikki toimi niin kuin oli suunniteltu. Mikäli jotain olisi mennyt pieleen tai tehty konfiguraatio ei olisi tuottanut haluttua lopputulosta, silloin olisin mitä todennäköisemmin havainnut joitain muutoksia liikenteessä. Tämä läpikäynti auttoi minua paremmin hahmottamaan, mihin verkon osioon minulla oli muutoshetkellä näkyvyys ja miten muutos oikeasti vaikutti liikenteen kulkuun verkossa. Tästä on hyvä ottaa oppia ensi viikon muutostyöhön, jossa tehdään samat toimenpiteet toiseen osioon verkkoa. Pääsen myös tähän muutostyöhön mukaan ja varmastikin saan siitä enemmän oppia ymmärtäessäni nyt paremmin, millaisten muutosten tai poikkeamien ilmenemistä minun tulee tarkkailla.

Seuraavaksi oli laitetoimittajan tukipalaveri, jossa keskusteltiin avoimena olevista tukipyynnöistä ja projektien etenemisestä. Palaverin tehokkuutta laski huomattavasti se, että osa työntekijöistä niin meidän kuin laitetoimittajankin puolelta olivat hiihtolomalla. Sama tilanne toistunee myös ensi viikolla.

Lounaan jälkeen oli meidän tiimin kehityspalaveri, johon vieraaksi oli saapunut yksi verkon pääarkkitehdeista. Hän tuli kertomaan omista projekteistaan ja tulevaisuuden suunnitelmista, joilla on myös vaikutusta meidän tiimimme toimintaan niin nykyhetkessä kuin myös tulevaisuudessa. Mielestäni käsitellyt asiat olivat äärimmäisen mielenkiintoista ja esimerkiksi privaattiverkot ovat sellainen tekemisen osa-alue, joka tulee tulevaisuudessa kasvamaan runsaasti, ja minusta olisi kiintoisaa päästä mukaan näihin tuleviin hankkeisiin. Oli myös mukava kuulla ja nähdä suunnitelmia ylemmältä taholta suunnittelun näkökulmasta, sillä siellä tehdyt päätökset ja suunnitelmat vaikuttavat merkittävästi meidän tiimin tekemiseen lähinnä antaen suuntaa kehittämiselle ja projekteille.

Illtapäivästä osallistuin konesali- ja pilviosaston pitämään palaveriin, jossa käytiin läpi ja esiteltiin kahta heidän projektiaan, jotka ovat nyt loppusuoralla. Tämä läpikäynnin ja projektien esittelyn toimintatapa on mielestäni erittäin hyvä. Sillä saadaan välitettyä laajemmalle asiantuntijaryhmälle tietoa siitä, mitä toisella osastolla juuri näiden projektien kanssa on tehty ja saatu aikaan. Ensimmäiseksi esiteltiin projektia, jossa Ansiblea hyödyntämällä automatisoitiin virtuaalikoneen luominen pilviympäristöön, varattiin ympäristön IP-osoiteavaruudesta vapaa IP-osoite kyseiselle virtuaalikoneelle ja muokattiin kyseistä virtuaalikonetta annettujen parametrien mukaan kulloistakin käyttötarkoitusta vastaavaksi sekä asetettiin varattu IP-osoite ko. virtuaalikoneelle. Tämän jälkeen esiteltiin erilaisten lokitietojen graafiseen esittämiseen suunniteltua verkkosivupohjaista alustaa, jota asiantuntijat voivat hyödyntää erilaisten tietojen keräämiseen verkkolaitteilta ja datan selkeään esittämiseen. Esitykset olivat mielestäni todella selkeitä ja niitä oli helppo seurata. Myöskin aiheet olivat mielenkiintoisia. Aion jatkossakin osallistua näihin tilaisuuksiin, joissa käsitellään vastaavia aiheita ja projektien aikaansaannoksia.

Päivän lopuksi kävimme ohjaajani kanssa ensi viikon aikataulua ja askelmerkkejä läpi. Tämä lähinnä siksi, että hän on ensi viikon talvilomalla, kuten myös esimieheni ja muutama muukin tiimimme jäsen. Kävimme läpi, mihin asioihin minun tulisi paneutua ensi viikolla, keneltä voin tarvittaessa pyytää apua ja muita yleisiä asioita. Sovimme, että paneudun kirjallisuuden ja testipuhelimeni sekä verkon monitorointijärjestelmän avulla proseduriin, jossa päätelaite ottaa yhteyden tukiasemaan ja liittyy verkkoon. Käyn läpi milaista liikennettä päätelaitteen ja verkon välillä tapahtuu ja mitä tämä liikenne pitää

sisällään. Lisäksi perehdyn myös prosessiin, jolla käyttäjälle avataan datayhteys esimerkiksi Internetiin tai muihin tietoverkkoihin.

## **Yhteenveto ja reflektointi**

Alkuviikosta saamani testipuhelin lisäsi entisestään motivaatiotani opiskella ja perehtyä tarkemmin siihen, miten päätelaite ja verkko keskustelevat keskenään. Mielestäni oli hyvä, että minulle tarjottiin mahdollisuus hankkia itselleni oma testipuhelin. Toinen mahdollinen vaihtoehto harjoitteluun ja testaamiseen olisi ollut käyttää testauslaboratoriota, jossa on 5G-kyvykäs testipuhelin, jota voidaan hallita etäyhteyden avulla. Puhelimella ajetaan erialisia testejä ja samalla säädetään testauslaboratoriossa olevia vaimentimia, joiden avulla tilaan voidaan luoda usean eri taajuusalueen radioverkoja. Testauslaboratoriossa tehdään jatkuvasti paljon muutakin testausta liittyen 5G-tekniikan kehitystyöhön, joten vapaan testausajan löytäminen testauslaboratorion ajanvarausjärjestelmästä olisi ollut hankalaa minun opetteluun ja testauskäyttöön. Oman testipuhelimen ansiosta minulla on paljon vapaammat kädet käytännön opetteluun ja testaamiseen. Oli myös hienoa, että mainittuani testipuhelimen saapumisesta, sain heti ohjaajaltani vinkkejä ja ohjeita testaukseen tarvittaviin sovelluksiin ja asetuksiin.

DNS-liikenteen NAT-käännösten ohituksen poisto -muutostyö on ollut näkyvä osa minunkin tekemistäni jo muutaman viikon ajan. Olen päässyt osallistumaan suunnittelupalavereihin, joissa asiaa on käyty läpi monen eri tahon osalta. Tälläkin viikolla asia oli vahvasti esillä, sillä maanantaille ajoitettu muutostyön kolmas osa jouduttiin siirtämään verkkolaitteiden konfiguraatioerojen aiheuttaman vikatilanteen takia ja myöhemmin siirtämään uudelleen erään toisen muutostyön aiheuttamien ongelmatilanteiden takia. Kun muutostyötä päästiin viimeinkin keskiviikon ja torstain välisenä yönä jatkamaan, pääsin itsekin osallistumaan ja seuraamaan vierestä muutostyön etenemistä. Tämän lisäksi pääsin myös testaamaan muutostyön vaikutuksia niin asiakasnäkymään kuin verkon liikenteeseenkin, sillä minulla oli nyt käytössäni testipuhelin ja pääsy verkon monitorointi- ja analysointijärjestelmään. Tästä kokemuksesta viisastuneena saan todennäköisesti enemmän irti ensiviikon muutostyön toisesta osasta, johon pääsen myös osallistumaan.

Verkon monitorointi- ja analysointijärjestelmään tällä viikolla saamani perehdytys tulee edistämään oppimistani merkittävästi. Pystyn tulevaisuudessa tutkimaan hyvinkin yksityiskohtaisella tasolla, millaista viestintää esimerkiksi testipuhelimeni ja MME:n välillä tapahtuu. Ensiviikolla tarkoitukseni on ensin teoriatasolla perehtyä proseduriin, jolla



päätelaite liittyy verkkoon ja muodostaa datayhteyden. Tämän jälkeen käyn samaa asiaa läpi analysointijärjestelmän avulla, josta pystyn pakettitasolla seuraamaan päätelaitteen viestintää verkossa ja tällä tavoin toivottavasti saan muodostettua itselleni vahvan ymmärryksen siitä, mitä kaikkea tuohon prosessiin kuuluu. Varmasti eteen tulee muitakin asioita, joita on hyvä lähteä tutkimaan käytännössä, mutta verkkoon liittyminen on hyvin perustavan laatuinen prosessi, josta on hyvä lähteä alkuun.

Tulevaisuuden näkymien läpikäyminen verkkoarkkitehdin johdolla laajensi käsitystäni verkon kehittämisen tavoitteista ja konkreettisista projekteista, joilla verkkoa tullaan lähivuosien aikana kehittämään. Esimerkiksi pilveistyminen, privaattiverkot ja reunalaskenta tulevat olemaan isossa roolissa tulevaisuudessa ja koen olevani onnekas päästessäni seuraamaan teknologian ja verkkojen kehittymistä Suomessa näin aitiopaikalta. Kunhan osaamiseni kasvaa ja kehittyy, pääsen itsekin osallistumaan merkittäviin kehityshankkeisiin ja projekteihin. Joka tapauksessa se, että tulevaisuudessa pääsen työskentelemään näin laajan verkon operoinnin ja kehityksen parissa on jo itsessään äärimmäisen motivoivaa ja kiehtovaa. Mielestäni olen edistynyt opiskelussani hyvin ja minulla on nyt jo melko selkeä kokonaiskuva siitä, miten EPC-ydinverkko ylätasolla toimii, mitä keskeisiä elementtejä verkosta löytyy, mitkä niiden tehtävät ja vastuut on ja lisäksi, mitä tarvitaan siihen, että käyttäjää voidaan palvella niin puhe- kuin datapalveluillakin. Seuraavaksi minun täytyy syventää osaamistani, keskittyä yhä yksityiskohtaisemmin eri elementtien toimintaan ja päästä käytännön kautta oppimaan lisää. Tietysti myös 5GC-kurssien myötä osaamiseni tulee laajentumaan 5GC-ydinverkon osalta.

### 3.5 Seurantaviikko 5

#### **Maanantai 1.3.2021**

Aamulla huomasin sähköpostiini ilmestyneen viestin, jossa kollegani kertoi luoneensa minulle tunnukset tuotantoverkon PCRF-elementtiin. Lähdinkin heti testaamaan tunnusten toimivuuden, jotta pystyin kuittaamaan hänelle tunnusten toimivan. Tulevaisuudessa pystyn ottamaan hoitaakseni tilauspyyntöjä ulkomaalaisilta operaattoreilta, joissa pyydetään lisäämään kyseisen operaattorin IP-aliverkkoja, SGSN-elementtien IP-osoitteita tai PLMN-tunnisteita PCRF-elementin konfiguraatioon. Tällä mahdollistetaan kyseisen operaattorin asiakkaiden pääsy meidän verkkoomme ja mobiililaajakaistan käyttö päätelaitteissaan heidän ollessaan Suomessa.

Seuraavaksi maanantaiseen tapaan pidettiin operatiivisia asioita käsittelevä palaveri. Palaveri oli tavallista lyhyempi, sillä osa tiimiläisistä on hiihtolomalla eikä tämän takia kaikkia asioita otettu käsittelyyn. Palaverin jälkeen sovin erään kollegani kanssa, että hän pitää minulle tällä viikolla lyhyen oppitunnin ePDG-elementtiin, sen toimintaan meidän verkossa ja sen kytköksistä toisiin verkon elementteihin.

Tarkoituksenani on tällä viikolla perehtyä mm. verkkokuvien ja dokumentaation tekemisen pariin. Tätä varten viime perjantaina tilasin itselleni lisenssin Microsoft Visio -sovellukseen. Tänään sähköpostiini tuli kuittaus tilauksen hyväksymisestä ja pääsin asentamaan sovelluksen työkoneelleni. Asennuksen valmistuttua tutkin käyttöliittymää ja sovelluksesta löytyviä verkkoelementtejä sekä verkkolevyiltä löytyviä dokumentteja ja verkkokuvia. Myöhemmin tällä viikolla minun on tarkoitus harjoitella verkkokuvien piirtämistä ja yrittää kuvata muutaman elementin toimintaa tähän opinnäytetyöhön. Tämä toimii hyvänä harjoitteena Visio käyttöön, mutta varmasti myös edesauttaa oppimistani ja asioiden sisäistämistä.

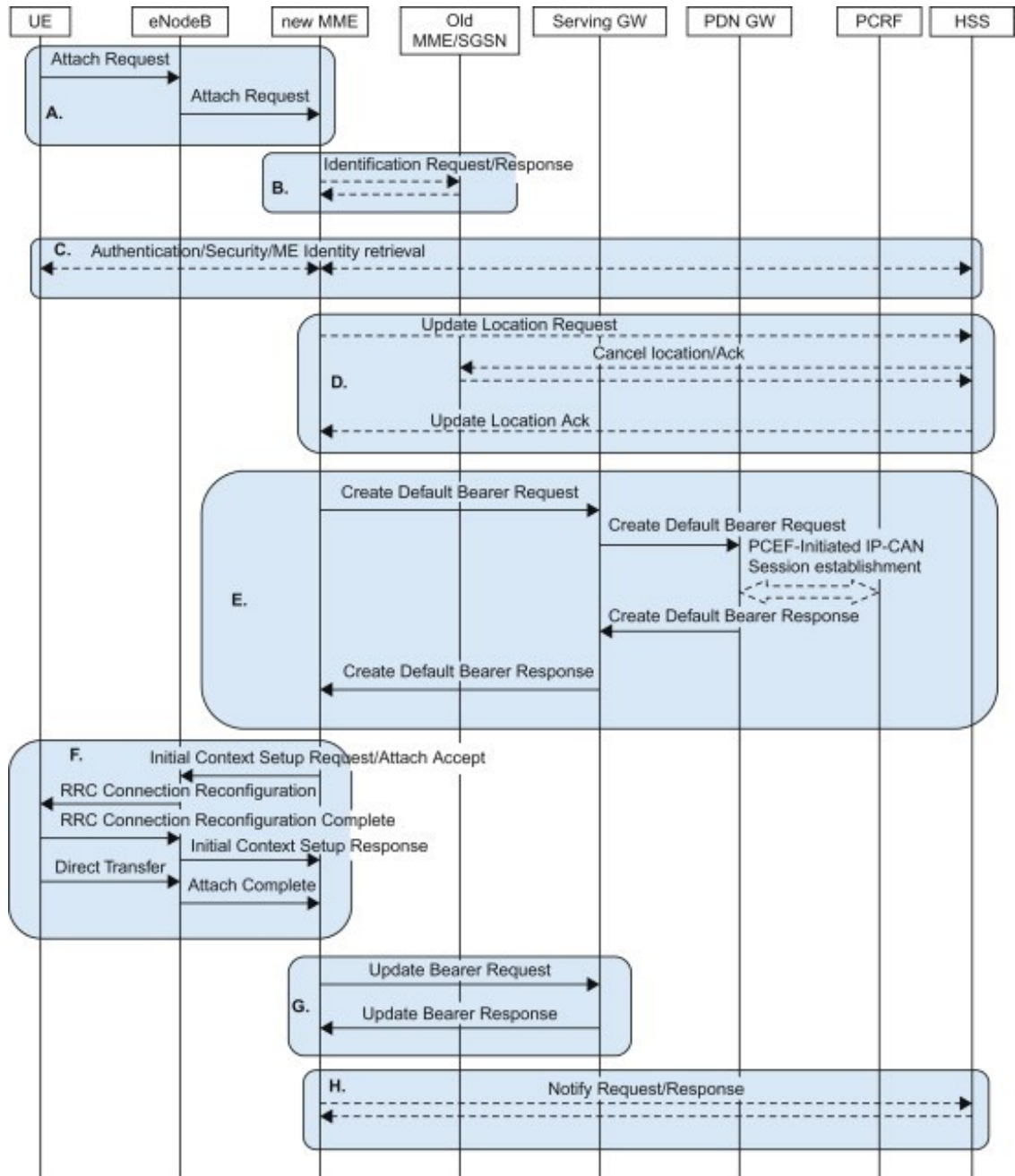
Ilmapäivällä perehdyin päätelaitteen liittymisproseduuriin, jolla tarkoitetaan toimintojen sarjaa päätelaitteen liittyessä verkkoon ja siinä tapahtuvaa päätelaitteen ja ydinverkon keskittävien elementtien välistä viestintää. Proseduuri aloitetaan, kun päätelaite käynnistetään tai se poistuu lentotilasta.

Päätelaitteen liittyminen verkkoon voidaan jakaa kahdeksaan kohtaan (Kuva 5.), joilla kuvataan tarvittavien elementtien välistä viestintää. Nämä kohdat ovat:

1. Päätelaite (UE) lähettää tukiasemalle (eNB) AR-viestin (engl. Attach Request), joka sisältää tietoja, kuten MCC-, MNC- ja M-TMSI- tai IMSI-tunnisteet. Tukiasema välittää viestin siinä mainitulle MME:lle, mikäli yhteys sinne löytyy. Muussa tapauksessa tukiasema valitsee uuden MME:n ja välittää viestin sille.
2. Mikäli uusi MME valittiin, MME tarkistaa käyttäjän tiedot aiemmalta MME:ltä.
3. MME todentaa päätelaitteen Diameter-protokollalla vertaamalla sen lähettämiä tietoja HSS:n tietokannassa oleviin kyseisen tilaajan tietoihin. Mikäli päätelaitteen tiedot ovat yhteneväiset HSS:n tietojen kanssa, päätelaite voidaan liittää verkkoon. MME lähettää tarvittavat parametrit päätelaitteelle liikenteen salaamiseksi ja kysyy päätelaitteelta parametreja, kuten haluttu APN, TAI- ja PLMN-tunnisteet sekä päätelaitteen käyttöönsä haluamia palveluita.
4. Mikäli uusi MME valittiin aiemmin, se pyytää HSS:ää päivittämään tiedot omaan tietokantaansa sekä lähettämään vanhalle MME:lle pyynnön kyseisen

päätelaitteen tietojen poistamiseksi vanhalta MME:ltä. HSS kuittaa uudelle MME:lle, kun tiedot on päivitetty.

5. MME valitsee käytettävät SGW:n ja PDN GW:n ja pyytää niiden muodostamaan datayhteyden päätelaitteen käyttöön. PDN GW varmistaa tarvittavat parametrit PCRF:ltä ja datayhteys avataan SGW:n ja PDN GW:n välille.
6. MME ilmoittaa päätelaitteelle verkkoon liittymisestä ja pyytää eNB:tä avaamaan datayhteyden tukiaseman ja päätelaitteen välille. Tukiasema ilmoittaa MME:lle, kun datayhteys on avattu.
7. MME kertoo SGW:lle käyttäjän datayhteyden TEID-tunnisteen eNB:llä, jonka avulla SGW pystyy lähettämään datapaketit oikean tukiaseman kautta päätelaitteelle.
8. Mikäli valittu PDN GW eroaa HSS:n tietokannan tilaajatiedoissa mainitusta, MME lähettää ilmoituksen muutoksesta HSS:lle. (Olsson ym. 2012, 497–499.)



Kuva 5. Proseduri, jossa päätelaite liittyy verkkoon (Olsson ym. 2012, 498).

### Tiistai 2.3.2021

5GC-ydinverkon projektipalaverissa keskusteltiin siitä, miten viime viikolla keskusteluun nousseen 5G- ja 4G-verkon välinen mobiliteetti oli saatu testattua onnistuneesti, ja voidaan todeta, että ko. toiminnallisuus löytyy tällä hetkellä verkosta. Testauksen aikana pystyttiin todentamaan IDLE-mobiliteetti eli päätelaitteen siirtyminen verkkojen välillä

tilassa, jossa se ei vastaanota tai lähetä dataa, sekä VoLTE-FB eli päätelaite pystyy siirtymään 5G-verkosta 4G-verkkoon VoLTE-puhelun ajaksi. Tämän lisäksi keskusteltiin häiriöilmoitusten kulkeutumisessa 5GC-ydinverkon elementeiltä verkon monitorointijärjestelmälle on ilmennyt ongelmia. Tämän asian tutkintaa jatketaan, kunnes häiriöilmoitukset saadaan tulemaan perille tai vaihtoehtoinen ratkaisu keksitään. Projektin edistymistä hidastaa myöskin meneillään olevat hiihtolomat.

Lomien takia myös päivystyspalaverista puuttui muutama osallistuja, joten täysimittaista palaveria ei tänään pidetty. Osallistujien kesken käytiin kuitenkin läpi, mitä viikonaikana oli tapahtunut päivystysvastaavan osalta. Mitään suurempia tapahtumia ei ollut ilmennyt eikä agendalla ollut muita asioita, joten päätettiin palata töiden pariin.

Lounaan jälkeen käytiin muutaman tunnin kerraten vielä proseduuria, jossa päätelaite liittyy verkkoon. Tarkoitukseni on aikataulujen puitteissa havainnoida tätä proseduuria testipuhelimellani ja verkon analysointijärjestelmällä huomisen tai viimeistään torstain aikana. Lisäksi valmistauduin tämän yön DNS NAT -muutostyöhön kertaamalla viime viikon tapahtumia ja luomalla omaan testipuhelimeeni uudet APN:t tämän muutokset testausta varten.

Seuraavaksi alkoi palaveri, johon osallistui meidän tiimin asiantuntijoiden lisäksi konesali- ja pilviosaston asiantuntijoita. Palaverin tarkoituksena oli keskustella pian alkavasta projektista, jossa meidän tiimin hallinnassa olevat kaapelimodeemien ja kiinteän laajakaistan DHCP-palvelimet tullaan migroimaan uuteen pilvi-instanssiin. Tähän projektiin tarvitaan resursseja myös konesali- ja pilviosastolta, mikä tulee osaltaan myös hidastamaan projektin aloittamista osastolla vallitsevan resurssivajeen takia. Palaverissa keskusteltiin myös tarvittavista laiteresursseista virtuaalikoneiden luontiin uuteen pilvi-instanssiin. Kävimme läpi ympäristöjen migraatiosuunnitelman, jossa virtuaalikoneita tullaan muutama kerrallaan kopioimaan uuteen ympäristöön ja reittejä näille virtuaalikoneille tullaan mainostamaan keskittävillä reitittimillä host-osoitteilla eli /32 aliverkkomaskeilla. Todettiin myös, että muutosta tehdessä täytyy ottaa huomioon keskittävien reitittimien reittipainotukset ja varmistaa, että liikenne ohjataan oikein kohti uutta ympäristöä. Palaverin päätteeksi sovittiin, että kunhan konesali- ja pilviosaston resurssipula helpottaa, projekti voidaan aloittaa. Tällä välin meidän tiimistä projektiin osallistuvat asiantuntijat suunnittelevat tarkemmat askelmerkit projektin etenemiselle ja laskelmoivat tarvittavat laiteresurssit virtuaalikoneille.

Juuri ennen työpäivän loppumista saimme ilmoituksen asiantuntijoilta, jotka tarkkailevat NAT-liikenteen lokitietoja keräävän laitteen resurssien riittävyyttä DNS NAT -muutostyön

aikana. He kertoivat lokitietoja keräävän laitteen lähettävän suuren määrän virheviestejä. Tutkittuaan asiaa he olivat todenneet, että NAT-liikennettä tulee niin paljon ettei laite pysty käsittelemään kaikkia paketteja. Osa paketeista ohjataan ylivuotojonoon, jota ei myöskään pystytä purkamaan tarpeeksi nopeasti vaan paketteja tippuu eikä näin ollen kaikkia NAT-käännösten lokitietoja saada talteen. Tämä ongelmatilanne johti tämän illan muutostyön peruuntumiseen. Tilanteen kehittymistä seurataan ja asiantuntijat jatkavat ongelman selvittämistä.

### **Keskiviikko 3.3.2021**

Tämän aamun viikoittaisessa tiimimme tilannekatsauksessa keskusteltiin lähinnä eilisen iltapäivän tapahtumista, jossa DNS NAT -muutostyö jouduttiin laittamaan jäihin. Keskustelua nousi mm. siitä, että eilinen ongelmatilanne oli huomattu vasta meidän asiantuntijan huomautettua asiasta. Vasta tämän jälkeen NAT-lokeista vastaavat asiantuntijat aktivoituivat ja alkoivat selvittää tilannetta. Muutostyötä suunniteltaessa oltiin sovittu, että NAT-lokien määrää tulee tarkkailla koko projektin ajan eikä näin selvästikkään oltu tehty. Totesimme myös, että muutostyö tulee olemaan jäissä mahdollisesti ensi viikkoon. Näin annetaan asiantuntijoille aikaa selvittää ongelman juurisyy ja etsiä siihen ratkaisu.

Seuraavaksi pidettiin kuukausittainen osastoinfo, jossa meidän uuden tulosityksikön HR-päällikkö oli esittäytymässä ja kertomassa mm. uudistuneista koronarajoituksista, vuosilomista sekä koulutusmahdollisuuksista.

Ennen lounasta pidimme muutaman asiantuntijan kanssa palaverin liittyen eilen käynnistettyyn kaapelimodeemien ja kiinteän laajakaistan DHCP-palvelimien migraatioprojektiin. Tässä palaverissa oli tarkoitus laskelmoida tarvittavat resurssit uuden pilviympäristön virtuaalikoneille, suunnitella migraatioprojektia kokonaisuutena sekä keskustella testausympäristön rakentamisesta ennen varsinaisen migraation aloitusta. Keskustelun aikana tuli ilmi, että tarvitsemme jonkinlaisen testausmenetelmän, jolla pystymme testaamaan virtuaalikoneiden maksimaalisen kuormansietokyvyn. Käytännössä tarvitsemme tavan testata suurella määrällä asiakkaita, miten hyvin virtuaalikoneet pystyvät palvelemaan sekä kaapelimodeemeja että kiinteän laajakaistan modeemeja niiden pyytäessä IP-osoitteita DHCP-palvelimilta. Kaapelimodeemien IP-osoitepyynnöt ovat raskeampia siitä syystä, että kyselyiden yhteydessä DHCP-palvelimen täytyy suorittaa MySQL-tietokantakysely, jolla varmistetaan modeemin MAC-osoite tietokannasta ja valtuutetaan se. Tämä lisää resussitarvetta ja täytyy ottaa huomioon testauksessa sekä

pilviympäristön resurssivaroituksessa. Lupasin ottaa selvää millaisia mahdollisia testaus-ohjelmistoja olisi saatavilla, jotka sopisivat tähän käyttötarkoitukseen.

Lounaan jälkeen kollegani piti minulle oppitunnin ePDG-elementtiin, jossa käsiteltiin hie-  
man syvällisemmin elementin toimintaa ja miten se on linkitetty muihin elementteihin  
meidän verkossa. Oppitunti oli antoisa ja sain syvällisemmän käsityksen elementin teh-  
tävästä EPC-ydinverkossa. Kävimme läpi, miten ja millä rajapinnoilla ePDG keskustelee  
DRA:n, AAA:n, HSS:n ja SAEGW:n kanssa. DRA toimii eräänlaisen välikkappaleena vies-  
tittäessä HSS:n ja AAA:n suuntaan. SWm rajapintaa käytetään viestittäessä DRA:lle,  
SWx rajapintaa AAA:lle ja HSS:lle sekä s2b rajapintaa keskusteltaessa SAEGW:n  
kanssa. IPsec-tunneli muodostetaan käyttäjän päätelaitteen ja ePDG:n kanssa, mihin  
tarvittavat salausavaimet haetaan AAA:lta ja käyttäjän tilaajatiedot taas HSS:ltä. Kun  
käyttäjä on saatu todennettua ja IPsec-tunneli muodostettua, ePDG viestii SAEGW:n  
kanssa, jossa PDN GW muodostaa datayhteyden ePDG:n ja IMS-verkkoalueen P-  
CSCF:n suuntaan puhelujen mahdollistamiseksi.

Iltapäivällä osallistuin vielä viikoittaiseen osastopalaveriin, jossa käsiteltiin valmistuneet,  
keskeneneräiset ja odottavat projektit. Hiihtolomien aiheuttama asiantuntijoiden vähyys oli  
huomattavissa myös tässä palaverissa.

### **Torstai 4.3.2021**

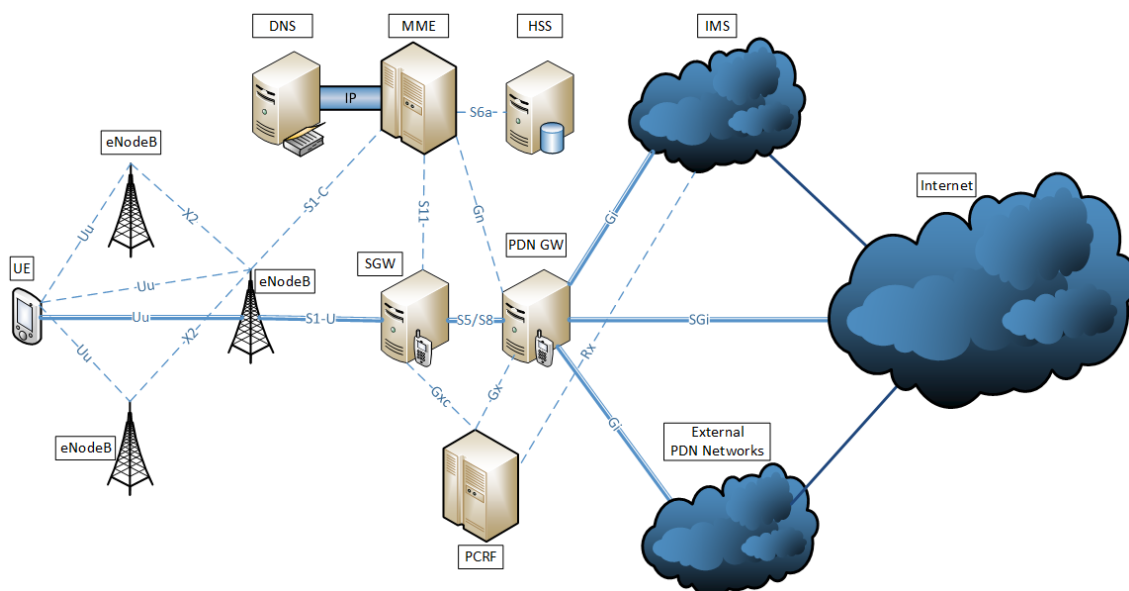
Yöllinen muutostyö osoittautui helpommaksi kuin sen edeltäjät, ja muutos sujui täysin  
ongelmitta. Toisin kuin viime viikkoisessa muutostyössä, tässä DNS-palvelin vastasi pin-  
geihin koko ajan tiputtamatta yhtäkään pakettia. Tilanne pysyi muuttumattomana, kun  
uusi konfiguraatio ajettiin kummallekin reitittimelle yksi toisensa jälkeen.

Torstaiaamuisin järjestetään virtuaalinen aamukahvihetki, jossa esitellään uusia tekno-  
logiota, järjestelmiä, toimintatapoja tai jotain muuta ajankohtaista. Nämä aamukahvihet-  
ket on suunnattu koko henkilöstölle ja ideana on, että voi tulla kuuntelemaan infoa kul-  
loisestakin aiheesta muiden töiden ohella tai vaikka kahvitauolla. Tänään pääsin itse en-  
simmäistä kertaa osallistumaan tähän hetkeen ihan kahvikupin kanssa. Aiheena oli yri-  
tyksemme toiminta kansallisissa kyberturvallisuusyhteisöissä ja infoa myös yrityksemme  
sisäisestä kyberturvallisuusyhteisöstä. Yhteisöt pyrkivät lisäämään tietoisuutta tietotur-  
vauhista ja tarjoamaan tukea yksilön taitojen kehittämiseen kyberturvan parissa.

Infotilaisuus oli mielenkiintoinen ja toivon pääseväni osallistumaan näihin tilaisuuksiin useamminkin.

Seuraavaksi yrityksen toimitusjohtaja piti koko yrityksen laajuisen infotilaisuuden, jossa käsiteltiin ajankohtaisia asioita. Yksi käsitellyistä aiheista oli koronapandemian tilanne. Koronarajoitukset kovenivat yrityksessämme kansallisten suositusten mukaisesti. Maaliskuun alussa palattiin maksimaalisen etätyön malliin eli toimistotiloissa ei työskennellä ellei ole äärimmäistä tarvetta. Mikäli toimistolla pitää työskennellä, tulee työntekijän varata itselleen työpiste ennen työpäivän alkua ja ensisijaisesti työskennellä yhden hengen työhuoneissa. Mielestäni on hyvä, että yrityksemme suhtautuu tarvittavalla vakavuudella epidemian hallintaan.

Lounaan jälkeen perehdyin Vision käyttöön. Tutkin verkkodokumentaatioita lyötääkseni esimerkkejä tiimimme tyylistä ja tavasta piirtää verkkokuvia ja käytetyistä elementtisymboleista. Käytin tähän melko paljon aikaa, sillä halusin hyötyä tästä sekä dokumentaatioharjoituksena kuin myös oppimani tiedon jäsentämisen harjoituksena. Piirtäessäni eri elementtejä ja niiden välisiä rajapintoja, pyrin löytämään oikeat rajapinnat ja elementit ulkomuististani niin pitkälle kuin mahdollista. Muistin kaikki piirrokseen (Kuva 6.) tarvitsevani elementit ja suurimman osan niiden rajapinnoista. Mielestäni tämä oli hyvä harjoitus, joka myös näytti minulle sen, miten hyvin olin oikeasti sisäistänyt asiat. Tulen varmasti tekemään vastaavia harjoitteita tulevaisuudessakin.



Kuva 6. Ylätason kuvaus EPC-ydinverkosta.



Iltapäivästä tutkin verkon monitorointi- ja analysointijärjestelmällä oman testipuhelimeni ja verkon testiympäristön elementtien välistä viestintää.

### **Perjantai 5.3.2021**

Käytin aamun ensitunnit verkkokurssiin 5GC-ydinverkoista. Ensi viikolla osallistun tiimini kanssa 5GC-koulutukseen ja vaikkakin olen saanut vasta pintaraapaisun siihen, mitä elementtejä ja toiminnallisuuksia 5GC-ydinverkosta löytyy, minusta tuntuu, että tietoni ovat vielä kovin rajalliset. Lähinnä itseäni huolestuttaa se, miten paljon ensi viikon kurssista saan irti, sillä pohjatietoni ovat vielä verrattain vähäiset. Aion tänään käydä verkkokurssin materiaalia vielä enemmän läpi ja yrittää saada laajennettua ymmärrystäni, jotta pystyisin hyödyntämään ensi viikon koulutuksen mahdollisimman hyvin.

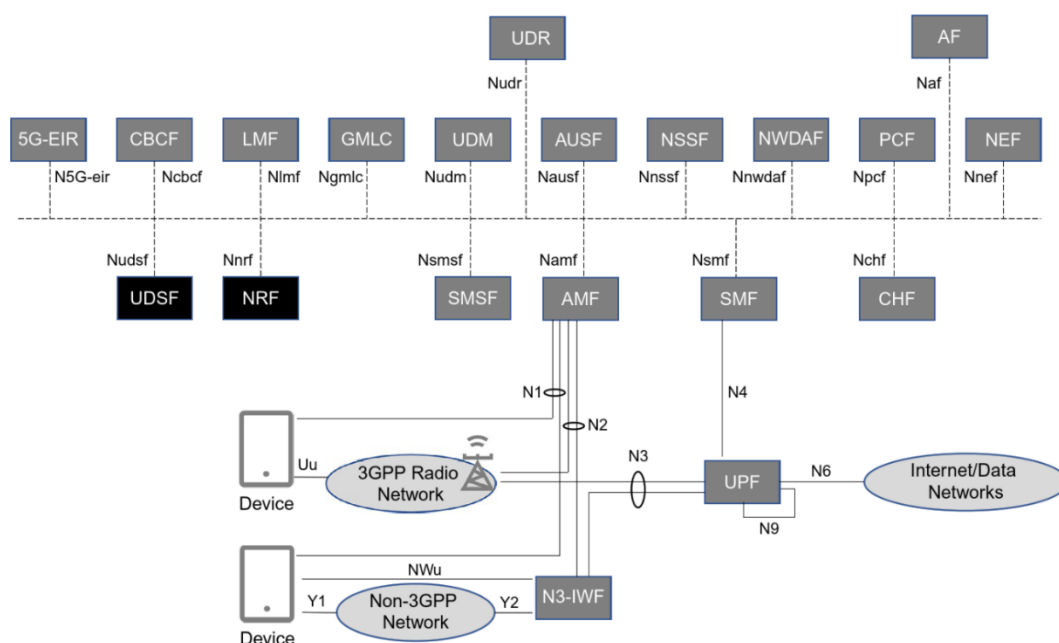
Laitetoimittajan tukipalaverissa ei kovinkaan moni käsittelyssä oleva asia tai tukipyyntö ollut edistynyt. Uusia asioita nostettiin tänään myös esille, joista ehkä mielenkiintoisin oli tällä viikolla esiin noussut mahdollinen järjestelmävikä MME-elementissä. Vika ilmenee siten, että erään ulkomaalaisen operaattorin liittymät eivät toimi meidän verkossa, koska heidän liittymiään käyttävät päätelaitteet eivät lähetä DNS-kyselyssä S5-rajapinnan arvoa ollenkaan. Tämä ei sinänsä pitäisi olla ongelma, koska verkkovierailussa SGW:n ja PDN GW:n välillä käytetään aina S8-rajapintaa, joka kyselyssä on kyllä määritelty. Ongelma kuitenkin ilmenee siinä, että ilmeisesti MME ei suostu valitsemaan PDN GW:tä käyttäjän datayhteydelle, jos DNS-kyselyssä ei ole mainittu S5-rajapinnan arvoa. Tämä johtaa siihen, että kyseisen kumppanioperaattorin liittymät eivät saa avattua datayhteyttä meidän verkossa. Asiaa tutkitaan vielä tiimissämme sisäisesti ensi viikon aikana, mutta asia nostettiin esille, jotta laitetoimittajan asiantuntijat voivat ennalta varautua todennäköisesti ensi viikolla tulevaan uuteen tukipyyntöön asian tiimoilta.

Kehityspalaverissa käytin läpi vain ajankohtaisia, sillä tällä viikolla selkeää agenda ei ollut osan asiantuntijoista ollessa lomalla. Lähinnä keskusteltiin viikon tapahtumista, ensi viikon 5GC-koulutuksesta ja tämän kevään projektien laajuudesta ja aikataulutuksesta. Palaverin aikana sain viestin, jossa pyydettiin asiantuntija-apua yritysliittymän IP-ongelmiin. Nostin asian esille palaverissa ja yhdessä lähdettiin selvittämään, mistä asiassa on kysymys. Lähdimme tulkitsemaan vikailmoituksen sisältöä. Tilanne oli sellainen, että asiakas käyttää mobiilireititintä siltaavana eli välittää meiltä saavansa IP-osoitteen reitittimen takana olevalle palomuurille. Tilanteessa, jossa mobiilireitittimelle on määritelty oletus-APN, asiakkaan palomuuuri saa IP-osoitteen kuten kuuluukin. Ongelma ilmenee,

kun asiakas haluaa käyttää APN:n, jolloin asiakkaalle provisoidaan kiinteä IP-osoite. Tässä tilanteessa, palomuuuri ei saa IP-osoitetta meidän DHCP-palvelimelta. Asiantuntijamme osasivat muutamassa minuutissa sanoa, että ongelma johtuneen asiakkaan datayhteyden RADIUS-todentamisen epäonnistumisesta, sillä käyttäjän liittymää ei oltu konfiguroitu RADIUS-palvelimelle. Kollegani otti asian hoitaakseen, jotta liittymän konfigurointi saadaan menemään eteenpäin prosessin mukaisesti. Ilmeisesti liittymän tilausvaiheessa oltiin prosessissa oikaistu ja näin ollen RADIUS-provisiointi oli jäänyt liittymälle tekemättä.

Konesali- ja pilviosaston järjestämässä palaverissa oli tänään aiheena yritysasiakkaiden tyytyväisyys. Palaverissa käytiin läpi hyviä näkökulmia ja ideoita aiheen ympäriltä. Mielestäni oli hyvä saada läpileikkaus siitä, millä eri tavoin muutostyöt ja viestintä voivat vaikuttaa asiakaskokemukseen ja tyytyväisyyteen. Vaikkakin aihe ei oikeastaan liity meidän tiimin tekemiseen juurikaan, oli silti mielenkiintoista olla kuuntelemassa, millaisten haasteiden parissa viereisellä osastolla painitaan.

Iltapäivän lopuksi perehdyin vielä 5GC-ydinverkkoihin verkkokurssin materiaalin ja kirjallisuuden avulla ja pyrin tekemään itselleni muistiinpanoja tärkeimmistä asioista ensi viikon koulutusta silmällä pitäen. Sekä verkkokurssin että kirjallisuuden perusteella ehkä tärkein asia, joka ensin täytyy ymmärtää on, millä tavoin 5GC-ydinverkko eroaa EPC-ydinverkosta. Suurin ero näiden kahden välillä on, miten verkon elementit keskustelevat keskenään. 5GC-ydinverkossa on käytössä SBA eli palvelukeskeinen arkkitehtuuri, joka on hyvin kuvattuna lukemassani 5GC-ydinverkkoja käsittelevässä kirjassa (Kuva 7.). Yhdenäisillä viivoilla kuvatut rajapinnat ovat perinteisiä verkkoelementtien välisiä yhteyksiä (engl. Point-to-Point) ja katkoviivoilla havainnollistetaan palveluiden välisiä loogisia SBI-rajapintoja. Kuvassa on myös nähtävissä AMF-elementti, johon ensi viikon koulutus tulee keskittymään.



Kuva 7. Palvelukeskeinen arkkitehtuuri 5GC-ydinverkossa (Rommer ym. 2019, 20).

## Yhteenveto ja reflektointi

Tällä viikolla käytin aikaa oppimieni asioiden kertaamiseen käymällä läpi omia muistiinpanojani ja aiempien seurantaviikkojen kirjauksia. Koen hyötyväni päiväkirjapohjaisesta raportointi tavasta, sillä joutuessani kirjaamaan oppimani asiat selkeästi ylös, joudun oikeasti prosessoimaan saamaani tietoa ja pyrkiä ymmärtämään, mistä oikeasti on kysymys. Tämä asioiden selittäminen ja avaaminen kirjalliseen muotoon auttaa minua oppimaan ja muistamaan käsittelemiäni aiheita.

Keskityin myöskin verkkodokumenttaation lukemiseen ja Visiolla verkkokuvien piirtämisen opetteluun. Tämä oli mielestäni hyvää harjoitusta ja jälleen kerran, auttoi jäsentämään oppimaani tietoa. Haluan tehdä lisää verkkokuvia myös tulevaisuudessa, ehkäpä voisin tehdä 5GC-ydinverkosta vastaavan ylätason kuvauksen kuin tällä viikolla tein EPC-ydinverkosta. Tämä tukisi myös ensi viikon koulutusta ja yleisesti oppimistani 5GC-ydinverkoista.

Lupauduin myös tällä viikolla etsimään erilaisia vaihtoehtoja tulevan DHCP-ympäristön rasiustestaukseen uudessa pilvi-instanssissa. Muutaman kollegani kanssa palaverissa käytiin erilaisia vaihtoehtoja läpi ja minun on tarkoitus tutustua niihin syvemmin ja luonnostella rasiustestä. Testissä tulisi käydä ainakin seuraavat käyttötarkoitukset läpi:

korkean saatavuuden malli (High Availability), kahden noodin ympäristö, jossa toisen noodin tila on aktiivinen ja toinen on valmiustilassa (Active-Standby), kahden noodin ympäristö, jossa molemmat noodit ovat aktiivisia (Active-Active), suorittimen tila, jossa sanomia käsitellään yksi kerrallaan (single-threading) ja suorittimen tila, jossa useampia sanomia käsitellään samanaikaisesti (multi-threading). Testissä tulisi myös pystyä simuloimaan noin 100 000 modeemin aiheuttaman DHCP-pyyntöjen kuorma, jotta pystytään varmistumaan virtuaalikoneille varattujen resurssien riittävydestä.

Pääsin myös tutkimaan syvällisemmin päätelaitteen liittymistä verkkoon meidän verkon analysointi- ja monitorointijärjestelmällä, josta pystyin näkemään yksityiskohtaisen signaalintiliikenteen päätelaitteen ja MME:n välillä. Tutkimalla näitä viestejä pääsin käytännössä näkemään, mitä parametreja ja tietoja signaloinnissa välitetään ja pystyin vertaamaan niitä lukemaani teoriaan. Nyt ymmärrän paremmin, mitä päätelaitteen ja MME:n välisessä viestinvaihdossa tapahtuu ja missä järjestyksessä kysytään tai lähetetään mitään tietoa.

### 3.6 Seurantaviikko 6

#### **Maanantai 8.3.2021**

Ryhmäpalaverissa käsiteltiin vain muutama tämän viikon kannalta tärkeimmät operatiiviset asiat, sillä koko asiantuntijatiimimme osallistuu tällä viikolla 5GC-koulutukseen. Koulutuksen järjestää erään verkkolaitetoimittajan kouluttaja ja se pidetään luonnollisesti vallitsevan koronapandemian takia virtuaalisen konferenssipuhelun välityksellä. Koulutus tulee kestämään koko viikon, mikä vaikuttaa osaltaan myös siihen, että omalta osaltani tämän viikon työtehtävät jäävät melko vähäisiksi, mutta oppimista tapahtuu varmasti paljonkin. Täytyy kuitenkin muistaa, että koulutuksen järjestäjänä on yksi verkkolaitetoimittajistamme, joten koulutuksessa tullaan käsittelemään heidän tuotteistukselleen ja järjestelmilleen ominaisia yksityiskohtia ja konsepteja, mikä taas tarkoittaa sitä, etten voi sellaisia asioita kuvata tässä opinnäytetyössäni kovinkaan tarkasti. Tulen siis anonymisoimaan kaikki arkaluontoiset ja salassapidettävät asiat. Tulen kirjoittamaan käsitellyistä aiheista yleisluontoisesti ja hyvin pitkälti pohjautuen teoriaan ja ylatason konsepteihin pureutumatta liikaa yksityiskohtiin tai miten elementit ja järjestelmät ovat tässä tapauksessa implementoitu.

Ryhmäpalaverin aikana kävi ilmi, että koulutuskutsussa ilmoitetun koulutuksen alkamisajankohdan kanssa on tullut aikavyöhykkeistä johtuvaa epäselvyyttä ja kouluttajamme odottaa jo konferenssipuhelussa saapumistamme. Päätimme kehityspalaverin normaalia aikaisemmin ja siirryimme konferenssipuheluun. Ensitöiksemme selvitimme epäselvyyden ja sovimme yhteisesti uuden aloitusajan seuraaville päiville.

Koulutuksen aluksi käsiteltiin käytännön asioita, kuten kurssiaikataulua ja agenda. Käytännön asioiden jälkeen lähdettiin kahlaamaan koulutusmateriaalia läpi.

Aamupäivällä käsiteltiin konttiteknologian hyödyttämistä 5GC-ydinverkossa ja siihen liittyviä konsepteja. Sain hyvän läpileikkauksen siihen, miten konttien orkestrointi on toteutettu kyseisen verkkolaitetoimittajan ympäristössä. Kävimme myös läpi operointitasolta master- ja worker-noodien toimintaa sekä worker-noodien sisältä löytyviä kapseleita ja kontteja ja konttien sisältä löytyviä palveluinstansseja.

Seuraavaksi käsitelimme termejä, kuten affiniteetti ja itsekorjausprosessi. Itsekorjausprosessilla tarkoitetaan prosessia, jossa worker-noodien tai konttien kokiessa jonkinlaisia toimintaongelmia, uudet vastaavat noodit tai kontit luodaan automaattisesti korvaamaan vialliset versiot tai siirretään kontit toimivalle worker-noodille. Worker-noodien ja konttien ominaisuudet ja resurssitarpeet on määritelty orkestrointitasolla yaml-tiedostoissa, joita hyödyntämällä toimivat noodit tai kontit voidaan luoda korvaamaan virheilevät noodit tai kontit.

Lounaan jälkeen kävimme läpi syvällisemmin, miten AMF käsittelee tilaajia ja erottaa ne toisistaan voidakseen ohjata liikennettä oikeisiin paikkoihin. Indeksointia käytetään käyttäjien erotteluun ja välitystaulua käytetään liikenteen ohjaamiseen oikeille tilaajille.

Seuravaksi perehdyimme kapseleihin, joista AMF-elementti muodostuu. Niitä ovat mobiliteetti-, välitys- ja SCTP-kapselit. Näiden kapseleiden tehtävä on pitää kirjaa päätelaitteen liikkeistä tukiasemien välillä ja ohjata käyttäjien liikennettä kulkemaan oikean SMF:n kautta. Lisäksi kävimme läpi eri rajapinta-tyyppejä, joita AMF:stä löytyy. Tyyppejä on kolme: SCTP-pohjaiset, muut kuin SCTP-pohjaiset sekä SBI-rajapinnat.

Iltapäivällä kävimme vielä läpi, miten AMF-elementille konfiguroidaan uusia rajapintoja ja palveluita. Lisäksi tutkimme elementin sisältä löytyviä lokitiedostoja.

## Tiistai 9.3.2021

5GC-koulutus jatkuu ja aamulla lähdetään liikenteeseen tarkastelemalla komentoja, joilla voidaan tarkistaa AMF-elementtiin kuuluvien kapseleiden sovellus- ja laitteistoversioita sekä tilatietoja ja rooleja elementin sisällä. Lisäksi käytiin läpi vinkkejä konfiguraatiomuutosten tekemiseen ja käytettävissä olevien komentojen listaukseen.

Lounaan jälkeen keskityimme, miten AMF:ssä on määritelty N2-rajapinnan instanssit ja profiilit, joilla eri tukiasemat yhdistyvät kyseiseen elementtiin. Tulevaisuudessa saattaa tulla tarvetta määritellä useampia profiileja, mikäli halutaan erotella tukiasemia esimerkiksi maantieteellisten tai laitetoimittajien perusteella.

Seuraavaksi kävimme läpi, miten TLS voidaan aktivoida käyttöön 5GC-ydinverkon sisäisiin rajapintoihin. TLS vaatii sertifikaattien asentamisen verkon elementeille ja sertifikaattien ylläpitämiselle tarvitaan erillinen prosessi, jotta ne pysyvät voimassa ja liikenne kulkee rajapinnoissa. TLS vaatii myös, että verkon konfiguroinnissa käytetään FQDN:iä, pelkät IPv4-osoitteet eivät riitä. Tämä tarkoittaa, että myös DNS-konfiguraatio täytyy olla kunnossa AMF:ssä, jotta liikenne kulkee eri elementtien välillä.

Illtapäivällä kävimme läpi vian selvitykseen ja -korjaukseen liittyviä konsepteja ja komentoja. Katsoimme, miten elementistä saadaan listattua aktiivisena olevat hälytykset ja viat. On tärkeää pitää mielessä, halutaanko etsiä tietoa orkestrointitasolta vai syvempää kapseleiden ja konttien sisältä. Kävimme myös läpi, miten AMF-elementin käyttäjienhallinta on toteutettu ja miten käyttäjiä pystytään lisäämään, muokkaamaan ja poistamaan. Koulutuksen yhteydessä huomasin, ettei minulla ollut vielä oikeuksia päästä orkestrointitasoon CLI:hin käsiksi, joten pyysin kollegaani lisäämään julkisen SSH-avaimeni kyseisen elementin tiedostohakemistoon. Loin siis ensin SSH-avainparin, joka muodostuu yksityisestä ja julkisesta avaimesta, jonka jälkeen annoin julkisen avaimen kollegalleni, joka lisäsi sen kohde-elementin tiedostohakemistoon. Tällä tavoin en tarvitse salasanaa muodostaessani SSH-yhteyden kyseiseen elementtiin, vaan kirjautuminen tapahtuu avainpareja käyttämällä.

## Keskiviikko 10.3.2021

Aamulla ennen koulutuksen alkamista pidimme viikottaisen tiimipalaverin, jossa lyhyesti jaettiin ajatuksia kurssin etenemisestä ja laadusta tähän mennessä sekä kävimme läpi

muutamat ajankohtaiset asiat. Tämän jälkeen siirryimme konferenssipuheluun, jossa kouluttajamme jo odottikin ja pääsimme aloittamaan koulutuksen tämän päivän osalta.

Tänään käsittelimme järjestelmää, joka on vastuussa AMF-elementin monitoroinnista ja raportoinnista. Järjestelmä luo 15 minuutin välein tilatietoraportteja elementin toiminnasta ja lähettää ne erilliselle SFTP-palvelimelle, josta tietoja voidaan hakea tai välittää eteenpäin. Raportit lähetetään automaattisesti ulkoiselle SFTP-palvelimelle, jotta voidaan taata tietojen koskemattomuus.

Kävimme myös läpi, mitä tulee ottaa huomioon, kun AMF-elementistä otetaan varmuuskopioita sekä vikaantuneen elementin palauttamista varmuuskopiota hyödyntämällä. Lisäksi tarkastelimme, millaisia tietoja AMF säilöö sisäisessä tietokannassaan ja tietoja, mitä se lähettää ulkoiseen tietokantaan. Kävimme myös läpi, miten näihin tietoihin pääsee käsiksi. AMF-elementin lokit ja tiedostot voidaan jakaa kahteen osaan, arkaluontoiisiin ja ei-arkaluontoiisiin tietoihin. Arkaluontoiset tiedot käsittelevät mm. tilaajatietoja ja ei-arkaluontoiset tiedot taas järjestelmään itseensä liittyviä tietoja. Ei-arkaluontoiisiin tietoihin pääsee helpoiten käsiksi käyttämällä selainpohjaista käyttöliittymää, jossa lokien ja tietojen lukeminen on todella helppoa. Arkaluontoiisiin tietoihin taas päästään käsiksi komentoriviltä ja SFTP-palvelinta käyttämällä.

Tutustuimme myös hieman tarkemmin prosessiin, jossa järjestelmä huomaa viallisen worker-noodin, kapselin tai kontin ja aloittaa toimenpiteet viallisen korjaamiseksi uudella vastaavalla noodilla, kapselilla tai kontilla. Kuten eilen käytiin läpi, tässä käytetään yaml-tiedostoja, mutta tänään katsoimme prosessin etenemistä hieman syvällisemmin. Lounaan jälkeen jatkoimme lokitietojen tarkastelua.

Ilmapäivällä tehtiin testejä hyödyntäen 5G-kyvykästä päätelaitetta ja AMF:n ominaisuuksiin kuuluvaa päätelaitteen seurantaa eli analysoitiin päätelaitteen ja AMF:n välisiä signaalintiviestejä ja niitä tietoja, joita päätelaite ja AMF vaihtavat keskenään liittymisproseduurin aikana. Testejä tehdessämme havaitsimme kuitenkin puutteita AMF:n ominaisuuksissa. Analyysistä puuttui kokonaisuudessaan HTTP/2-viestintä AMF:n rajapinnoilta. Tästä tulemme tekemään verkkolaitetoimittajalle tukipyynnön, sillä meidän täytyy ehdottomasti päästä näkemään tämä kyseinen liikenne ennen kuin AMF-elementti on millään tavalla valmis käyttöön otettavaksi.

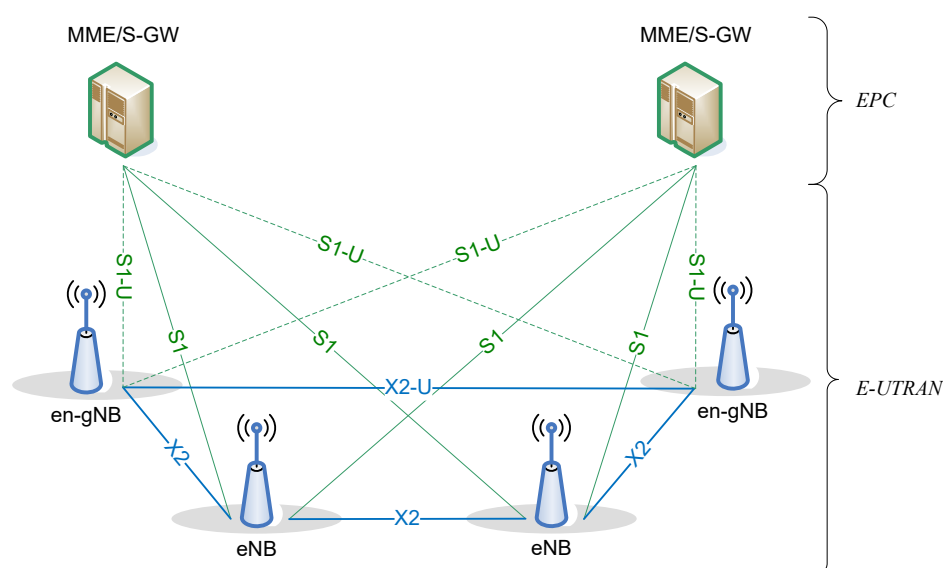
Ilmapäivän päätteeksi pääsin luomaan itselleni tunnukset AMF-elementtiin.

**Torstai 11.3.2021**

Aamupäivällä koulutuksessa keskityttiin vielä varmuuskopioiden ja niiden pohjalta tehtävien palautusten suorittamiseen. Lisäksi käsiteltiin elementin sisäisiä proseduureja ylikuormitusilanteissa ja niistä palautumiseen tarvittavia toimenpiteitä, joita elementti pysyy tiettyyn pisteeseen asti myös itse omatoimisesti tekemään.

Ilmapäivällä perehdyimme noodeja, kapseleita ja kontteja monitoroiviin antureihin ja niiden konfigurointiin. Lisäksi käsitelimme AMF:n toimintaa tilanteessa, jossa IoT-laite käyttää DoNAS-teknologiaa. Kyseessä on siis tilanne, jossa IoT-laite, esimerkiksi jokin mittausanturi, lähettää kerran päivässä yhden minuutin ajan dataa johonkin ulkoiselle palvelimelle ja muun ajan vuorokaudesta laite on IDLE-tilassa. Tässä tapauksessa lähetettävän datan määrä on niin pieni, että se voidaan kuljettaa NAS-signaaloinnin yhteydessä, jolloin PWG:n täytyy joko poistaa (päätelaitteelle tuleva liikenne) datapaketeista tai lisätä (päätelaitteelta lähtevä liikenne) niihin IP-ylätunnisteet.

Lisäksi keskustelimme 5G-teknologian käyttöönottoon liittyvistä vaihtoehdoista, jotka on standardisoitu 5G-standardeissa. Esimerkkinä näistä vaihtoehdoista käsiteltiin 5G NSA-verkkoa. Standardissa (3GPP TS 37.340) tätä kuvataan vaihtoehdolla numero 3, joka koostuu EPC-ydinverkosta ja 4G-tukiasemista sekä uusista 5G-tukiasemista, jotka tarvitsevat ankkuripisteen 4G-tukiasemasta pystyäkseen siirtämään käyttäjien dataa päätelaitteen ja ydinverkon välillä. Tämä kuvassa 8 esitelty vaihtoehto on yleisin lähestymistapa, jolla verkko-operaattorit lähtevät toteuttamaan 5G-verkkojen pystytystä.



Kuva 8. EN-DC verkko eli 5G NSA (3GPP TS 37.340, 8).



Iltpäivän päätteeksi katsoimme vielä kaavioita, joissa käydään yksityiskohtaisesti läpi, mitä signaalintiliikennettä kulkee päätelaitteen, tukiasemien ja verkon elementtien välillä tilanteessa, jossa päätelaite liikkuu tukiaseman kantaman ulkopuolelle ja kiinnittyy seuraavaan tukiasemaan.

### **Perjantai 12.3.2021**

Tänään kävimme läpi erilaisia hälytyksiä, joita AMF pystyy raportoimaan. Käsittelimme lähinnä gNodeB-, TA- ja NRF-hälytyksiä. Keskityimme komentoihin, joilla hälytyksistä saadaan lisätietoa vianetsintään erilaisissa tilanteissa. Lisäksi keskustelimme ominaisuudesta, jolla 5G NSA -kyvykäs päätelaite pystytään verkkoon liittymisen yhteydessä ohjaamaan käyttämään sellaista SAE GW -elementtiä, joka pystyy myös palvelemaan käyttäjää päätelaitteen siirryttyä 5G-verkon kantaman alueelle. Keskustelussa kävi ilmi, että aiheen ympärillä tekemämme testaukset ovat mitä todennäköisimmin epäonnistuneet, koska olemme tehneet DNS-muutoksia ainoastaan PGW-elementille ja muutokset täytynee tehdä myös SGW-elementille.

Kurssi päättyi hieman etuajassa. Meidän ei tarvinnut käsitellä aivan kaikkea kurssin sisältöön kuuluvaa materiaalia, sillä nämä asiat olivat meidän tiimin asiantuntijoille jo tuttuja, joten pystyimme hyppäämään niiden yli.

Perjantaisessa kehityspalaverissamme käsittelimme kuluneen viikon kurssia ja sen tarjoamia oppeja. Yleisesti ottaen asiantuntijamme eivät olleet kovinkaan tyytyväisiä kyseiseen kurssiin, mikä johtui suurimmaksi osaksi kouluttajan opetustyylistä ja siitä, että kurssin aiheet eivät olleet kovin hyvin suunniteltu meidän tiimin tasoisille asiantuntijoille vaan enemmänkin laitetoimittajan sisäisille asiantuntijoille.

Iltpäivällä kävin läpi viikon ajalta kertyneitä muistiinpanoja ja kokosin niitä yhteen. Kurssi oli kokonaisuutena mielestäni kovin hajanainen, ja vaikka opinkin paljon uutta viikon aikana, oppimani asiat olivat kovin yksittäisiä ja kapeita otantoja useista eri aiheista enkä oikein saanut muodostettua minkäänlaista kokonaiskuvaa siitä, mitä kaikkea AMF:n vastuulla on ja miten ko. elementin toimintaan voidaan vaikuttaa konfiguraatiota muuttamalla.

Viikosta jäi ehkä parhaiten käteen orkestrointialustan implementointi ja klusterin ope-  
rinti. Sain mielestäni hyvän käsityksen, miten klusteri toimii, millaisia ovat master- ja

worker-noodien tehtävät ja miten worker-noodien sisällä olevat kapselit, kontit ja palveluinstanssit liittyvät toisiinsa sekä miten niihin pääsee käsiksi.

Iltapäivästä osallistuin konesali- ja pilviosaston järjestämään palaveriin, jossa meidän esimiehemme oli esittelemässä tiimimme toimintaa. Jatkoin muistiinpanojeni jäsentelyä ja puhtaaksi kirjoittamista palaverin aikana, sillä moni käsitelty asia on minulle luonnollisesti jo tuttua. Oli silti mukava päästä kuuntelemaan esitystä ja saada itsellekin kerrattua kokonaiskuvaa meidän tiimin vastuualueista sekä miten EPC- ja 5GC-ydinverkot toimivat ja niihin kuuluvista elementeistä.

### **Yhteenveto ja reflektointi**

Tällä viikolla normaalit työrutiinit, kuten viikoittaiset palaverit, jäivät vähemmälle, sillä päivät kuluivat pitkälti 5GC-koulutuksen parissa. Maanantaina sain hyvän peruskäsityksen orkestrointitason implementoinnista ja klusterin operoinnista, mutta se olikin aika pitkälti ainut kokonaisuus, joka minulle jäi viikosta käteen. Kokonaisuutena tämän viikon koulutus oli sekava: opin paljon uusia, yksittäisiä asioita, mutten onnistunut linkittämään niitä yhteen mitenkään, jotta olisin saanut muodostettua yhtenäisen kokonaisuuden siitä, millainen elementti AMF oikeastaan on. Minun täytyy tulevaisuudessa perehtyä paremmin esimerkiksi kirjallisuuden avulla ko. elementtiin, jotta pystyn täydentämään aukkoja ymmärryksessäni. Tietysti on mahdollista, että olisin saanut viikosta enemmän irti, jos pohjatietoni 5GC-ydinverkosta olisi ollut paremmalla tasolla, mutta kuullessani muiden tiimiläisten samankaltaisia ajatuksia kurssin laadusta uskon, että tässä kohtaa oli enemmänkin kyse kouluttajan opetustyylistä ja materiaalien epäselvyydestä.

Minulla on kuitenkin hyvät muistiinpanot tämän viikon aikana käsitellyistä asioista, joten uskoisin, että kunhan perehdyn 5GC-ydinverkon ja AMF:n toimintaan omatoimisesti lukemalla kirjallisuutta ja dokumentaatioita, saan muodostettua hyvän kuvan AMF:n toiminnasta. Lisäksi muutamien viikkojen kuluttua on tulossa toinen, SMF-elementtiä käsittelevä koulutus, joten uskon, että tulen saamaan enemmän irti siitä koulutuksesta. Minulla on muutama viikko aikaa perehtyä ennen ko. koulutusta, joten uskon, että saan täydennettyä puuttuvat tiedot siihen mennessä ja ymmärrän hieman paremmin kokonaisuudessaan AMF:n toimintaa. Meidän tiimillämme on tarkoitus koostaa yhdessä palautetta kouluttajalle ja ohjata seuraavan koulutuksen aihealueita hieman paremmin meille sopivammaksi.

### 3.7 Seurantaviikko 7

#### **Maanantai 15.3.2021**

Aamuisessa operatiivisessa palaverissa käytiin läpi kahden edeltävän viikon aikana valmistuneita asioita, sillä viime viikkoisessa operatiivisessa palaverissa ehdittiin käsitellä vain kaikkein kriittisimmät asiat, jonka jälkeen täytyi kiiruhtaa kurssille. Tällä viikolla osallistumme myös toiseen 5GC-koulutukseen, mutta toisin kuin edellisellä viikolla, tämän viikon koulutus kestää vain kolme päivää. Se on mielestäni sopivampi pituus tällaisille koulutuksille monestakin syystä. Ensinnäkin kolmepäiväiseen koulutukseen on huomattavasti helpompi keskittyä täydellä teholla ja ottaa koulutuksesta mahdollisimman paljon irti. Koen, että viime viikkoisessa viiden päivän koulutuksessa käsiteltäviä asioita olisi voinut tiivistää, ja koulutuksen runkoa selkeyttämällä koulutuksesta olisi helposti saanut koostettua tiiviimmän kokonaisuuden. Toisena syynä on luonnollisesti se, että viisi päivää on melko pitkä aika pitää kokonainen tiimi asiantuntijoita sitoutettuna täysipäiväisesti koulutukseen, mikä tarkoittaa, että resurssit normaaliin työtehtäviin jäävät melko vähäiksi ainakin teoriassa. Tämä tietysti luo kerrannaisvaikutuksia siten, että asiantuntijat joutuvat viikon aikana koulutuksen yhteydessä keskittymään myös normaalien työtehtävien hoitamiseen, mikä toisaalta vie keskittymistä pois koulutuksesta.

Operatiivisessa palaverissa myös puihin viime viikon kurssin sisältöä ja laatua. Sovimme, että koostamme kouluttajalle palautetta ja korjausehdotuksia SMF-koulutusta varten, jonka hänen on tarkoitus pitää muutaman viikon kuluttua. Tarkoituksenamme on yrittää typistää kyseistä kurssia päivällä tai parilla ja yrittää keskittyä vain olennaisimpiin aihealueisiin.

Iltapäivällä suoritin verkkokurssin, jonka tarkoituksena on toimia ennakkomateriaalina huomenna alkavalle 5GC-koulutukselle. Tällä viikolla käsitellään kahta 5GC-ydinverkon keskeistä verkkotoimintoa, NRF ja NSSF. Lyhyenä pohjatietona voidaan sanoa, että 5GC-ydinverkko koostuu muutamasta perinteisemmästä verkkoelementistä ja suuresta määrästä erilaisia verkkotoimintoja, jotka tapauksesta riippuen joko tuottavat palveluita, kuten tilaajatietojen hallinta tai verkkoviipaleiden hallinta, tai käyttävät toisten verkkotoimintojen tuottamia palveluita. NRF toimii ohjaavana verkkotoimintona 5GC-ydinverkossa kertomalla muille verkkotoiminnoille, mistä IP-osoitteesta tietyt palvelut tai verkkotoiminnot löytyvät ja mitä salausavaimia palveluiden aktivointiin tarvitaan. Jokaisen verkkotoiminnon täytyy olla rekisteröitynyt NRF:lle, jotta verkkotoiminnot voivat keskustella

keskenään ja palveluita voidaan ottaa käyttöön. NSSF puolestaan hoitaa verkkoviipaintia. Eli se määrittelee, mitä verkkoviipaletta kukin päätelaite käyttää kussakin APN:ssä kullakin ajan hetkellä. NSSF kertoo AMF:lle, mitkä verkkoviipaleet ovat sallittuja ja päätelaitteen käytettävissä, tai että liikenne täytyy ohjata kulkemaan toisen AMF:n kautta. Verkkokurssimateriaali käsitteli lähinnä pohjatietoa kyseisen laitetoimittajan ratkaisusta, jolla NRF- ja NSSF-verkkotoiminnot on implementoitu yhteen elementtiin sekä yleistä tietoa orkestrointialustasta, jonka päällä ko. verkkotoimintoja ajetaan.

## **Tiistai 16.3.2021**

Toinen 5GC-koulutus alkoi tänään. Tällä kurssilla oli eri kouluttaja kuin viime viikkoisella, ja heti aluksi kyllä huomasi, että tällä kouluttajalla on ihan erilainen ote koulutusten vetämiseen. Hän esitteli aluksi kurssin aihealueet, aikataulut ja käytännön asiat hyvin selkeästi, minkä jälkeen hän lähti määrätietoisesti käymään ensimmäistä aiheita läpi. Tarkoituksena oli pitää teoriaosuudet aihealueista aamupäivällä ja lounaan jälkeen siirryttäisiin käytännön harjoitteisiin. Mielestäni tämä kuulosti oikein hyvältä, koska viime viikolla tuli huomattua, että viisi päivää kestänyt kurssi, joka koostui pääasiassa vain teoriasta, oli itselle todella puuduttavaa. Mielestäni on hyvä päästä testiympäristöön konfiguroimaan teoriaosuudessa käsiteltyjä asioita, tällä tavoin teoria linkittyy heti käytännön oppimiseen ja sitä kautta asiat jäävät ainakin omalla kohdallani huomattavasti paremmin mieleen.

Teoriaosuuden aluksi käsiteltiin verkkolaitetoimittajan ratkaisua elementtiin, jossa yhdistyvät NRF- ja NSSF -verkkotoiminnot. Kävimme läpi, mitä kaikkea ko. elementin sisältä löytyy ja miten se on toteutettu hyödyntämällä pilvinatiivia konttitekniologiaa. Kävimme läpi, miten noodeille päästään käsiksi, minkä IP-osoitteen takaa löytyy orkestrointiklusteria ohjaava noodi sekä noodi, jonka kautta NRF- ja NSSF-verkkotoimintoja pääsee konfiguroimaan. Lisäksi käsitelimme CLI-komentoja liittyen käyttäjänhallintaan, häilytyksien ja KPI-arvojen tutkimiseen sekä lokitietojen koostamiseen. Lisäksi kävimme läpi graafista käyttöliittymää, jolla päästään käsiksi näihin samoihin tietoihin. Tämän jälkeen katsoimme, miten ajetaan perustason testejä ympäristölle, minkä avulla voidaan varmentaa, että ympäristö toimii halutulla tavalla. Vielä lopuksi käsitelimme, miten ympäristöstä voidaan ottaa varmuuskopioita ja miten ympäristö palautetaan otetuista varmuuskopioista sekä miten eri 5G-standardeissa määritellyt palvelut keskustelevat keskenään verkkotoimintojen sisällä ja toistensa välillä. Mielestäni käsiteltävät aiheet olivat mielenkiintoisia ja tarkoituksenmukaisia, jotta kurssin osallistujat saivat hyvät perustiedot

verkkolaitetoimittajan ratkaisusta ja miten he ovat ottaneet huomioon 5G-standardeissa määritellyt ominaisuudet. Seuraavaksi pidimme lounas tauon, jonka jälkeen siirryttiin käytännön harjoitteiden pariin.

Käytännön harjoittelussa tarkoituksena oli käydä läpi teoriassa käsiteltyjä asioita komentoriviä ja graafista käyttöliittymää hyödyntäen. Kouluttaja antoi meille dokumentin täynnä tehtäviä ja kysymyksiä, joihin vastaukset tuli löytää verkkolaitetoimittajan dokumentoinista ja verkkotoimintojen konfiguraatioista. Harjoitteissa käytiin läpi käyttäjätunnusten luontia, hälytysten tarkastelua, KPI-arvojen seuraamista ja erilaisten testien tekemistä. Lisäksi oli muutama tehtävä, joissa täytyi konfiguroida jokin tietty verkkotoiminnon ominaisuus uudelleen uusilla parametreilla. Itse päätin dokumentoida tehtävien vastauksia ottamalla kuvakaappauksia komentoriviltä tai GUI:sta ja korostamalla kyseisistä kuvista vastaukset kysymyksiin. Tämä oli mielestäni tehokas tapa ja lisäksi tällä tavoin pystyi myös näyttämään, mistä oli tiedon löytänyt. Päivän lopuksi kouluttaja teki yhteenvedon päivän aiheista ja vastasi (meille heränneisiin) kysymyksiin.

### **Keskiviikko 17.3.2021**

5GC-ydinverkon NRF- ja NSSF -verkkotoimintojen koulutuspäivä numero kaksi. Tänään ohjelmassa on kaikkien suurin kokonaisuus eli NRF-verkkotoiminnon ominaisuudet, toiminta ja konfigurointi. Ennen koulutuksen alkua pidämme kuitenkin keskiviikkoiseen tapaan tiimin kesken palaverin, jossa käydään ajankohtaiset asiat viikolta läpi. Tänään lähinnä keskustelimme koulutuksen erosta viime viikkoiseen verrattuna. Kaikki tuntuivat olevan samoilla linjoilla siitä, että tämän viikon kouluttaja oli huomattavasti viime viikoista asiantuntevampi ja häneltä saa myös hyvin vastauksia esitettyihin kysymyksiin.

Teoria osuudessa keskityttiin tänään siis NRF:ään. Kävimme läpi NRF-verkkotoiminnon peruskonfiguraatiot ja -toiminteet. NRF:n tehtävänä on toimia keskittävänä toimintona 5GC-ydinverkon SBA-arkkitehtuurissa palvelemalla muita verkkotoimintoja mm. pitämällä kirjaa kaikkien palvelujen käyttämisestä IP-osoitteista ja hallinnoimalla, mitä palvelua mikäkin datayhteys käyttää. NRF:stä löytyy hallinnointipalvelu, jonka tehtävä on pitää kirjaa NRF:lle rekisteröityneistä verkkotoiminnoista ja informoida toisia verkkotoimintoja mahdollisista muutoksista. NRF:stä löytyy myös palvelu, jonka tehtävä on tiedustella verkon muilta NRF:iltä palveluita, jotka ovat rekisteröityneet ko. NRF:iin. Lisäksi NRF:ssä voidaan määritellä, mitkä palvelut saavat käyttää mitään NRF:ään rekisteröityneitä toisia palveluja. Lisäksi NRF:stä löytyy vielä todentamispalvelu, joka tarjoaa verkkotoiminnoille

tietoturvallisen tavan hallinnoida niitä verkkoelementtejä ja palveluita, jotka pääsevät käyttämään tiettyjä palveluja.

Lounaan jälkeen siirryimme taas käytännön harjoitteiden pariin. Tehtävien kautta kävimme läpi, miten hierarkinen implementointi useammasta NRF:stä verkossa saadaan konfiguroitua. Tämän jälkeen oli luonnollista myös saada käsitys, miten maantieteellisesti kahdennettu implementointi voidaan konfiguroida. Tätä hyödyntäen verkko voidaan jakaa maantieteellisesti eri osiin, jonka jälkeen tietyillä alueilla ovat tietyt NRF:t ja niiden välillä redundanssi. Seuraavaksi edessä oli verkkoviipaloinnin sekä tila- ja palvelukyselyiden konfigurointia. Kävimme myös läpi, miten voidaan hallita NRF:n paikallista muistia, jossa säilötään tietoja rekisteröityneistä palveluista sekä miten konfiguroidaan salausavainparit palveluiden todentamista varten. Lopuksi peilasimme vielä verkkolaitetoimittajan ratkaisussa löytyviä NRF:n palveluita 5G-standardissa määritellyihin palveluihin.

### **Torstai 18.3.2021**

Viimeisen koulutuspäivän teoriaosuuden aiheena olivat NRF Agent ja NSSF -verkkotoiminnot. NRF Agent pitää sisällään jokaista NRF:n tuottamaa palvelua vastaavan agenttisolvelluksen, jonka tehtävä on suorittaa kyseiselle palvelulle tarpeellisia tehtäviä NRF:n ja palvelua tarvitsevan verkkofunktion puolesta. NRF Agent toimii tietynlaisena välikätenä eri verkkotoimintojen ja NRF:n välillä niin, että NRF Agentin sisällä olevat agenttisolvellukset hoitavat keskustelun NRF:n suuntaan, jonka jälkeen tarvittavat tiedot välitetään oikeille verkkotoiminnoille, ja mikäli verkkotoiminnon täytyy saada tai lähettää jotain tietoa NRF:lle, se tapahtuu viestimällä NRF Agentin kautta. Tällä tavoin vähennetään verkkotoimintojen kuormaa, sillä niiden ei tarvitse ylläpitää keskustelua NRF:n kanssa. NRF Agentin tehtävä on myös toimia kuormantasaajana verkkokonfiguraatiossa, jossa on käytössä useampi NRF.

Toinen käsiteltävä verkkotoiminto tämän päivän teoriaosuudessa oli NSSF. NSSF huolehtii verkkoviipaloinnista, oikean AMF:n valinnasta kyseiselle verkkoviipaleelle ja päätelaitteelle sallittujen verkkoviipaleiden uudelleen konfiguroinnista. NSSF pitää kirjaa kaikista verkkoon konfiguroiduista verkkoviipaleista sekä siitä, mihin verkkoviipaleisiin milloinkin verkkoon rekisteröityneellä päätelaitteella on pääsyoikeus. Päätelaitteen liittyessä verkkoon AMF tiedustele NSSF:ltä päätelaitteelle sallittuja verkkoviipaleita. Mikäli on tarvetta, NSSF kertoo AMF:lle, että liikenne tulee ohjata kulkemaan toisen AMF:n kautta, sillä tuo kyseinen AMF hallitsee liikennettä tietyn verkkoviipaleen alueella, jota päätelaite

haluaa käyttää. Verkkoviipaleita ei tulla hyödyntämään ainakaan suuressa mittakavassa ihan lähitulevaisuudessa, sillä kyseinen teknologia on vielä kehitysvaiheessa eivätkä kovinkaan monet operaattorit ole vielä tuomassa kyseistä ominaisuutta operoihinsa verkkoihin. On kuitenkin mielestäni tärkeää ymmärtää kyseisen verkkotoiminnon toimintaa, jotta tulevaisuudessa sille voidaan kehittää erilaisia käyttötarkoituksia ja sitä kautta ottaa se osaksi operaattoreiden verkkoja. Uskoisin, että verkkoviipaloinnille tulee olemaan enemmänkin tarvetta yrityskehitysten privaattiverkkojen tuottamisessa kuin perinteisten kuluttaja-asiakkaiden käyttämässä verkossa.

Lounaan jälkeen NRF Agent ja NSSF -verkkotoimintojen toimintaan perehdyttiin jälleen käytännön harjoitteiden kautta. NRF Agent on hyvin yksinkertainen verkkotoiminto, joten siitä koulutaja oli tuottanut vain yhden tehtävän. Käytännössä tehtävänä oli konfiguroida uusi agentti-sovellus tietyillä määrittelyillä ja määrittellä vapaa valintainen palvelu, mitä kyseinen agentti-sovellus tukee. Tämän jälkeen siirryimme määrittelemään NSSF-verkkotoiminnon maantieteellistä redundanssia ja todentamista luomalla salausavainparit ja määrittelemällä, mitkä palvelut vaativat kyseisten avainparien käyttöä. Tämän jälkeen pääsimme luomaan uuden verkkoviipaleen ja opimme myös, miten jokin PLMN sallitaan tietyille verkkoviipaleelle. Lisäksi kävimme läpi, miten avainparien käyttö voidaan määrittellä verkkoviipalekohtaiseksi. Lopuksi katsoimme myös, miten 5G-standardeissa määritellyt NRF Agentin ja NSSF:n tuottamat palvelut on määriteltävä kyseisen verkkolaitetoimittajan ratkaisussa. Viimeisenä tehtävänä teimme vielä tiistaina väliin jätetyn tehtävän, jossa otimme koko elementistä varmuuskopion.

Päivän päätteeksi kävimme vielä kouluttajan kanssa läpi viikon aikana opittuja asioita, millaista palautetta meillä oli antaa kurssin sisällöstä tai kouluttajan opetustyylistä sekä lopuksi hän vielä vastaili meidän esittämiin kysymyksiin, jotka koskivat viikon aikana käsiteltyjen verkkotoimintojen toimintaa yleisellä tasolla sekä myös liittyen juuri kyseisen verkkolaitetoimittajan elementtiin ja ympäristöön. Mielestäni koulutus oli kokonaisuutena todella onnistunut ja koen, että opin kolmen päivän aikana todella paljon uutta. Kurssi oli myös todella hyvin jäsennelty selkeisiin osakokonaisuuksiin ja käytännön tehtävien tekeminen teoriaosuuksien jälkeen oli mielestäni oiva tapa saada opitut asiat jäämään tehokkaasti mieleen. Tämän viikon jälkeen voin sanoa, että minulla on kohtalaisen hyvä käsitys NRF- ja NSSF-verkkotoimintoista sekä juuri kyseisen verkkolaitetoimittajan ratkaisusta. Osaaminen tulee kasvamaan tulevaisuudessa, kun saan enemmän käytännön kokemusta kyseisten verkkotoimintojen operoinnista, mutta tämän viikon kurssi antoi hyvät pohjatiedot, joilla lähteä eteenpäin.

**Perjantai 19.3.2021**

Tänä aamuna halusin käyttää jonkin verran aikaa muistiinpanojen, joita olin koulutuksen aikana tehnyt, läpikäymiseen ja puhtaaksi kirjoittamiseen. Pysin muodostamaan selkeän kuvan itselleni siitä, mitä asioita olin oppinut viikon aikana ja mitä vastuualueita kullakin käsitellyllä verkkotoiminnolla on 5GC-ydinverkon kokonaiskuvan kannalta. Kävin myös läpi käytännön harjoitteita viikon ajalta. Olin dokumentoinut omat vastaukseni selkeästi kuvakaappauksia hyödyntämällä, joten aiheiden läpikäyminen oli helppoa. Koen, että voin tulevaisuudessakin hyötyä tuosta dokumentista, jossa on vastaukset kurssiharjoituksiin, joten oli hyvä, että olin panostanut vastausten selkeyteen ja dokumentin luettavuuteen. Kävin myös läpi ajatuksiani koulutuksen laadusta, jotta voisin antaa kurssipalautetta kouluttajalle viikon päätteeksi. Koulutus on nyt tältä viikolta ohi ja meidän tiimimme palaa taas normaalin työnteon pariin.

Verkkolaitetoimittajan tukipalaverissa käsitelimme avoinna olevia tukipyyntöjä, jotka eivät olleet kovinkaan paljon edenneet viimeisen kahden viikon aikana, sillä emme olleet pystyneet näitä tukipalavereita pitämään koulutuksien viedessä lähes kaiken ajan. Nyt kuitenkin muutamaa tukipyyntöä saatiin edistettyä jokin verran. Lisäksi keskustelua nousi eräästä tukipyyntöstä, jonka asiantuntijamme oli jo jonkin aikaa sitten laittanut viireille. Tukipyyntö liittyy meidän EPC-ydinverkkomme elementtien päivitysten ja versionhallinnan organisoimiseen. Tilanne tällä hetkellä on se, että elementtejä päivitetään yksi kerrallaan ja esimerkiksi tukipyyntöjä tehdessä täytyy aina olla varmistettuna ongelmaan liittyvien elementtien kokoonpanot ja järjestelmäversiot. Tähän tilanteeseen haluttaisiin saada muutos. Toivottu ratkaisu olisi se, että otettaisiin käyttöön eräänlaiset ydinverkon ”tuotepaketit”, jotka pitäisivät sisällään verkkolaitetoimittajan elementtikohtaiset järjestelmäversiotasot, jotka on verkkolaitetoimittajan puolesta testattu yhteensopiviksi. Näin olleen verkon päivitysten ja versionhallinnan organisointi helpottuisi, kun voitaisiin sanoa, että tällä hetkellä verkko on tasolla X ja seuraavien päivitysten yhteydessä se nostetaan tasolle Y. Tätä asiaa lähdetään viemään verkkolaitetoimittajan puolelta eteenpäin, jotta tällaiset tuotepaketit saadaan käyttöön. Tulevaisuudessa asiaan tullaan palaamaan seuraavaksi varmaankin siten, että täytyy miettiä, miten nykytilanteesta pystytään siirtymään haluttuun tulevaisuuden tilaan. Tässä eräs ratkaisu voisi olla, että verkko päivitetään kahdessa osassa. Silloin voitaisiin sanoa, että nämä tietyt elementit ovat tasolla X ja loput elementit tuodaan samalle tuotepakettitasolle seuraavan kolmen kuukauden kuluessa.



Lounaan jälkeen pidimme perjantaiseen tapaan kehityspalaverin, jossa tällä kertaa pääsimme onnittelemaan erästä tiimimme jäsentä 25 vuoden työurasta yrityksessämme. Mielestäni tuo on kunnioitettava saavutus ja vielä parempaa tässä on se, että nyt tällä hetkellä tiimissämme on ymmärtääkseni neljä asiantuntijaa, jotka ovat olleet yrityksen palveluksessa yli 25 vuotta. Tämä tietysti kertoo, miten hyvä työnantaja yrityksemme on ollut ja on omiaan myös motivoimaan minua näin työurani alkutaipaleella. Olen jo tässä muutaman kuukauden aikana ehtinyt huomata sen, että tässä työssä tulee riittämään haasteita ja uutta opeteltavaa moneksi vuodeksi eteenpäin. Voin kuvitella myös itseni, mikäli vain mahdollista, luomassa pitkän uran tämän yrityksen palveluksessa ja pidän ajatuksesta, että olisin vielä viiden vuoden kuluttua asiantuntijana tässä samaisessa tiimissä.

Kehityspalaverissa kävimme myös läpi kuluneen viikon koulutuksen laatua ja käsiteltyjä aihealueita. Kaikkien mielestä koulutus oli onnistunut ja taso aivan eri luokkaa verrattaessa edelliseen koulutukseen. Sovimme valmistautuvamme tulevaan koulutukseen antamalla palautetta ja toiveitamme kouluttajalle, jotta hän voisi räätälöidä kurssimateriaalia meille sopivaksi. Seuraavaan koulutukseen on kuitenkin vielä muutama viikko aikaa. Kävimme palaverissa myös läpi muutaman verkkolaitetoimittajan kanssa käynnissä olevia neuvotteluita, jotka liittyvät olennaisesti meidän tiimin työskentelyyn sekä yrityksemme verkkojen kehitykseen ja operointiin.

Illepäivällä osallistuin ohjaajani ja erään kollegani kanssa palaveriin, jonka tarkoituksena oli käydä minun kanssani läpi, miten uusia virtuaalikoneita luodaan nykyisiin pilvi-instansseihin ja miten niitä konfiguroidaan automaattisesti. Tässä läpikäynnin yhteydessä luodaan toiselle osastolle testausta varten virtuaalikone, jolla täytyy olla pääsy sisäiseen verkkoomme, mutta se ei tarvitse pääsyä Internetin suuntaan.

Kollegani näytti, miten valmiin mallipohjan avulla luodaan virtuaalikone käytössämme olevaan pilvi-instanssiin. Mallipohjassa on valmiiksi määriteltä, minne virtuaalikone luodaan, paljonko resursseja sille annetaan (virtuaalisuorittimien, keskusmuistin ja levytilan määrä), mikä käyttöjärjestelmä virtuaalikoneelle asennetaan ja mitä verkkoja sen verkkokortit voivat käyttää. Tämän lisäksi mallipohjassa määritellään komentosarja, jonka virtuaalikone ajaa käynnistyessään. Tällä komentosarjalla taas konfiguroidaan virtuaalikoneelle käyttäjä, luodaan SSH-avainpari, jolla käyttäjä pääsee ottamaan etäyhteyden virtuaalikoneeseen, määritellään verkkokorttien IP-osoitteet ja asennetaan muutama tärkeä sovellus valmiiksi. Virtuaalikoneen luominen ja alustaminen muutamaa komentosarjaa käyttäen on todella helppoa ja säästää melkoisesti aikaa. Lisäksi prosessi on helposti

monistettavissa, jolloin samanlaisia virtuaalikoneita voidaan luoda useita samanaikaisesti.

## **Yhteenveto ja reflektointi**

Takanani on nyt kaksi peräkkäistä koulutusviikkoa, jälkimmäinen hieman lyhyempi kuin ensimmäinen. Molempiin koulutuksiin kuului kolmen tunnin verkkokoulutus, jossa käsiteltiin kyseisen verkkolaitetoimittajan ratkaisua ja alustettiin koulutuksessa käsiteltäviä konsepteja. Mielestäni nämä verkkokoulutukset auttavat saamaan varsinaisesta kouluttajan vetämästä koulutuksesta enemmän irti ja tukevat varsin hyvin oppimista. Lisäksi voin todeta, että ainakin henkilökohtaisesti pidän huomattavasti enemmän kolmen päivän kuin viiden päivän koulutuksista. Koen oppimisen olevan tehokkaampaa, kun koulutus on tiiviimpi kokonaisuus, ja mikäli aihealueen laajuus vaatisi lisää koulutuspäiviä, mielestäni silloin koulutus pitäisi jakaa kahteen pienempään kokonaisuuteen.

Tämän viikon koulutus antoi minulle paljon. Ymmärrän NRF- ja NSSF-verkkotoimintojen roolit 5GC-ydinverkossa suhteessa muihin verkkotoimintoihin sekä ymmärrän niiden sisäisistä palveluista, konfiguroinnista ja operoinnista. Koulutukseen kuuluneet käytännön harjoitteet antoivat minulle taidot, joilla pystyn etsimään mahdollisia ongelmia verkkotoimintojen konfiguraatioista sekä laajentamaan niiden olemassa olevaa konfiguraatioita tarvittaessa. Dokumentaation, laboratoriotestailujen ja käytännön kokemuksen avulla tulen kehittymään yhä enemmän tämän verkkolaitetoimittajan ratkaisun operoinnissa tulevaisuudessa. Mielestäni oli hyvä, että kouluttajallamme oli syvää osaamista ei vain tämän verkkolaitetoimittajan ratkaisusta vaan 5GC-ydinverkon sekä NRF- ja NSSF-verkkotoimintojen toiminnasta yleisellä, standardisoidulla tasolla. Tämän ansiosta saimme myös vastauksia ihan perustavaa laatua oleviin kysymyksiin liittyen esimerkiksi EPC- ja 5GC-ydinverkkojen yhteisoperointiin.

Koulutusviikkojen jälkeen oli mukavaa palata normaalin työnteon rytmiin. Koulutukset ovat toki tärkeä osa työtämme ja tällä alalla toimiessa tulee olla valmis jatkuvasti kehittämään itseään ja oppimaan uutta, mutta samaan aikaan normaalin työnteon arjen askareet on myös hoidettava. Viikoittaiset verkkolaitetoimittajan tukipalaverit ovat mm. jääneet parin viikon ajalta pitämättä, mikä on johtanut siihen, että monikaan tukipyyntö ei ole edistynyt tai ehdotettuja ratkaisuja ei ole ehditty testaamaan. Ehkä myös tästä syystä viisipäiväiset koulutukset ovat liian pitkiä, sillä ne sitovat asiantuntijoita koko työviikoksi ja varsinkin tilanteissa, joissa kokonainen tiimi osallistuu koulutukseen samanaikaisesti.

### 3.8 Seurantaviikko 8

#### **Maanantai 22.3.2021**

Operatiivisessa palaverissa käsiteltiin taas viikon aikana valmistuneet Kanban-taulun kortit. Kortteja ei ollut viimeisen viikon aikana valmistunut mitenkään erityisen paljon 5GC-koulutuksesta johtuen. Palaverissa keskusteltiin muutoshallinnan haasteista ensimmäisellä vuosineljänneksellä. Verkkoon tehtyjen muutosten yhteydessä on ilmennyt ennakoitua enemmän ongelmatilanteita ja näistä on seurannut myös asiakasvaikutusta. Pääsääntöisestihän isommat muutostyöt tehdään hiljaisen liikenteen aikaan eli käytännössä katsoen yöllä, mutta tehdyt muutostyöt ovat olleet isoja ja niiden aikana on ilmennyt useita ennalta-arvaamattomia ongelmia, jotka ovat siten johtaneet isompaan asiakasvaikutukseen kuin oli aiemmin arvioitu. Isot ongelmatilanteet käydään yhteisesti läpi usean osaston kesken ja tietysti mahdollisimman nopealla aikataululla ongelmatilanteen sattuessa. Tällä pyritään oppimaan virheistä mahdollisimman paljon ja samalla tunnistamaan ongelmaan johtaneet juurisyyt.

Operatiivisessa palaverissa keskusteltiin myös DHCP-ympäristön projektista, joka on tällä hetkellä vielä valmisteluvaiheessa. Projektissa siis migroidaan vanhat kaapelimoдемien ja kiinteän laajakaistan DHCP-palvelimet uudelle pilvi-instanssille ja minun on tarkoitus olla myös tässä projektissa mukana. Valmisteluvaiheessa kuitenkin täytyy vielä pystyttää labraympäristö, jonne olemassa oleva ympäristö voidaan replikoida eli kahdentaa, ja tämän jälkeen labraympäristöä vasten voidaan ajaa erilaisia testejä, joiden tarkoituksen on varmistaa ympäristön kuormansietokyky sekä paras operointimalli, Active-Active vai Active-Standby. Labraympäristön pystytys on viivästynyt konesali- ja pilviosaston resurssipulan vuoksi, mutta on odotettavissa, että labraympäristö saadaan tällä viikolla pystyyn.

Päätin lähteä tarkemmin perehtymään käytössämme olevaan DHCP-ympäristöön sekä työkaluun, jolla ympäristön kuormansietokykyä voidaan testata. Onneksi DHCP-ympäristöstä löytyy kattava dokumentointi ja testaustyökalusta löytyy hyvin tietoa.

Lounaan jälkeen osallistuin palaveriin, jossa käsiteltiin SAEGW-elementtien käytössä olevien IP-osoiteavaruuksien laajentamista. Tämä liittyy läheisesti aiemmin tehtyihin DNS NAT -muutostöihin ja on projektin seuraava vaihe. Verkossamme on tällä hetkellä kaksi vanhempaa SAEGW-elementtiä, jotka eivät välttämättä kestä kasvavaa

liikennekuormaa, mikäli niille ohjattaisiin mahdollisessa toimintahäiriötilanteessa vikaantuneen SAEGW:n liikenne. Vaikkakin DNS NAT -muutostyön ansioista jokaisella SAEGW-elementillä on nyt huomattavasti enemmän IP-osoitteita käytettävänään häiriötilanteissa kasvavan liikennemäärän ylläpitämiseksi, vanhempien elementtien verkkolaitetoimittajan asettamien käyttäjälisenssimäärät tulisivat kuitenkin ylittymään, mikä johtaisi elementtien kyvyttömyyteen palvella asiakkaiden datayhteyksiä. Yksi esitetyistä ratkaisuksista tähän olisi muodostaa SAEGW-elementeistä loogisia kokonaisuuksia siten, että yksi elementti muodostaisi yhden kokonaisuuden, jolle voitaisiin asettaa maantieteellisesti oma palvelualue. Tässä tilanteessa SAEGW-elementillä olisi määritelty prioriteetti kyseiselle palvelualueelle ja muiden palvelualueiden liikenne tulisi kyseiselle elementille alemmalla prioriteetillä. Tällä tavoin yhden elementin pettäessä voidaan liikenne jakaa tasaisesti kaikkien muiden SAEGW-elementtien kesken ja näin pysyttäisiin myös vanhempien elementtien lisenssirajoitusten sisällä.

Lisäksi keskusteltiin toimenpiteistä, joilla laajennettu IP-osoiteavaruus voidaan ottaa käyttöön. Sovittiin, että uusi IP-osoiteavaruus sallitaan kaikilla SAEGW-elementeillä ja vanha otetaan pois käytöstä. Tällä tavoin vältetään työläältä migraatioprosessilta vaan annetaan käyttäjien uusien yhteyksien pikkuhiljaa alkaa käyttämään uutta osoiteavaruutta ja luopua vanhasta itsestään. Lisäksi keskustelimme DNS-parametrusta, jonka arvoa muuttamalla liikennettä voidaan painottaa tietylle elementille. Tätä ei kuitenkaan vielä päätetty ottaa käyttöön.

Seuraavaksi täytin omalta osaltani erään viranomaisen minusta teettämän turvallisuus selvityksen, joka mahdollistaa minulle pääsyn kyseisen viranomaisen tiloihin ja tietojärjestelmiin. Tämä on ihan normaali käytäntö, jolla vain halutaan varmistua asiantuntijan luotettavuudesta ja mahdollistaa yhteistyö kyseisen viranomaisen kanssa. Lisäksi prosessiin kuuluu myös NDA:n allekirjoitus.

Päivän päätteeksi tiedustelin kollegaltani kaapelimodeemien DHCP-labraympäristön tilannetta ja millä aikataululla hän oli ajatellut ympäristön pystyttää. Sovimme, että mikäli konesali- ja pilviosasto saa toimitettua tarvittavat pilviympäristön resurssit ja luotuva labraympäristön käyttämät verkot tämän viikon aikana, menen hänen avukseen pystyttämään ympäristöä.

**Tiistai 23.3.2021**

Tänään pidettiin 5GC-projektipalaveri muutaman viikon tauon jälkeen. Keskustelua nousi viime viikkoisista 5GC-koulutuksista ja palautteista. Koulutuksen järjestäjille on myös verkkolaitetoimittajan puolelta viestitty ja koulutusta pyritään parantamaan muuttaman viikon päästä alkavaan SMF-verkkotoiminnon koulutukseen mennessä. Lisäksi keskusteltiin projektin loppuvaiheen tärkeimmistä tavoitteista, jotka tulisi saattaa loppuun. Isoimpana näistä on TLS:n aktivointi ympäristössä siten, että liikennettä pystytään edelleen monitoroimaan. Tämän työstäminen on ollut tauolla koulutuksien ajan.

Viikoittaista päivystyspalaveriakaan ei ole pystytty järjestämään viime viikkojen aikana. Tänään kuitenkin saimme palaverin pidettyä ja siellä keskusteltiin mm., miten tärkeä palaveri on tiedon jakamisen ja oppimisen kannalta. Palaverikäytännön jatkaminen sai suurta kannatusta. Esille ei noussut mitään isoja hälytystapahtumia, mutta keskustelua toki oli yleisesti hälytystapahtumien tavallista suuremmasta määrästä. Tämä selittynee kin monitorointi- ja hälytysjärjestelmiin tehdyillä muutostöillä.

Ennen lounasta päätin vielä laittaa vireille käyttäjätunnushakemuksen kaapelimodeemi DHCP-ympäristöön, jotta pääsen avustamaan kollegaani labraympäristön pystyttämässä. Hakemusta tehdessäni huomasin, että ohjeistus hakemuksen täyttämiseen oli vanhentunut ja tilaus tehtiin nykyään hieman eri tavalla. Tein tilauksen uudistetulla tavalla ja dokumentoin tilausprosessin. Tämän jälkeen korvasin vanhentuneen tilausohjeen uudella. Ensin kuitenkin päätin ottaa varmuuskopion vanhasta ohjeistuksesta, sillä mikäli tilausprosessissa menisi jotain pieleen, voisin palauttaa vanhan ohjeistuksen dokumentaatioon.

Lounaan jälkeen olin kuulolla yrityksen sisäisessä palkintogaalassa. Tilaisuudessa palkittiin innovaatiokilpailun viisi parasta innovaatiota ja jaettiin muutama kunniamaininta. Kilpailu oli ensimmäinne lajiaan yrityksessämme ja sen tarkoituksena oli edistää ja motivoida työntekijöiden kykyä luoda uusia toimintamalleja, sovelluksia, teknologioita yms. Tilaisuudessa oli myös puhujavieras arvostetusta yliopistosta kertomassa innovaatioiden tärkeydestä ja miten innovaatiot saadaan muunnettua menestyksekkäiksi yrityksiksi.

Illtapäivällä osallistuin strategiahetkeen, jossa kävimme läpi vuoden alussa julkaistuun strategiaan kuuluvia tavoitteita, miten olemme tähän mennessä onnistuneet tavoitteiden saavuttamisessa sekä sitä, missä asioissa täytyy parantaa, jotta saavutamme tavoitteet aikataulussa.

Päivän päätteeksi koostin vielä kaaviot sisäisistä ja ulkoisista sidosryhmistämme. Nämä kaaviot löytyvät tämän dokumentin alkupäästä.

### **Keskiviikko 24.3.2021**

Keskiviikon ajankohtaispalaverissa käsitelimme isossa kuvassa meidän tiimimme projekteja, jotka ovat valmistuneet, valmistumassa tai vaativat aikataulun uudelleen arviointia. Nämä projektit esiteltäisiin iltapäivän osastopalaverissa, joten päätimme käyttää tämän palaverin niiden valmisteluun. Kävimme myös muita ajankohtaisia asioita läpi kuluvalta viikolta.

Seuraavaksi pidimme palaverin, jossa kävimme läpi kaapelimodeemien DHCP-palvelimien ympäristön ylläpitoon ja vikatilanteisiin liittyviä asioita. Kävimme läpi, miten ympäristön konfiguraatioon voidaan tehdä muutoksia API-rajapinnan kautta ja tässä prosessissa huomioon otettavia asioita. Mikäli ei käytetä oikeita komentoja konfiguraatiota muuttaessa, konfiguraatiomuutokset eivät jää pysyviksi vaan poistuvat ympäristön uudelleenkäynnistyksen yhteydessä ja tällöin ympäristö palaa vanhaan konfiguraatioon. Lisäksi keskustelimme labraympäristön pystytyksen viivästymisestä konesali- ja pilviosaston resurssipulan vuoksi. Suunnittelimme, että kunhan ympäristö saadaan pystyyn, siellä täytynee rasiustestien lisäksi ajaa erilaisia API-rajapinnan testejä sekä asentaa GUI, jolla ympäristön hallinta helpottuu. GUI vaatii toimiakseen agentti-sovelluksen, jonka vuoksi sitä ei ole lähdetty työstämään tuotannossa olevalla ympäristöllä. Odotan innolla, että voimme aloittaa labraympäristön rakentamisen ja pääsisin mukaan ajamaan rasitus- ja API-testejä.

Lounaan jälkeen pidimme ohjaajani kanssa yhteisen palaverin, jonka tarkoituksena oli käydä läpi minun perehdyttämisen ja oppimiseni edistymistä. Tämän jälkeen pidimme myös oppitunnin DNS:stä, joka on äärimmäisen keskeisessä roolissa koko verkkomme ja mobiililaajakaistan toimintaa ajatellen. DNS:n avulla ohjataan liikennettä hallitusti tietyille verkkoelementeille tietyissä tilanteissa ja tähän ohjaukseen voidaan vaikuttaa muuttamalla DNS-kyselyiden vastauksissa annettuja parametreja. Lisäksi pystytään määrittelemään ehtoja, joiden perusteella DNS-vastauksia pystytään muokkaamaan riippuen siitä, miltä verkkoelementiltä kyselyt tulevat. Kävimme läpi GUI:ta, jolla päästään käsiksi DNS-konfiguraatioon ja ohjaajani myös avasi minulle hieman DNS:n toimintaa koko operoimassamme verkossa käyttäen hyväksi ylätasen verkkokuvia.

Viikoittaisessa osastopalaverissa meidän tiimimme esitteli muutamaakin eri projektia liittyen 5G SA -ympäristön kehitykseen. Suurin osa ajasta kuitenkin kului uuden toimintamallin läpikäyntiin. Uudistetussa toimintamallissa projekteja ja työntekoa halutaan pilkkoa entistä pienempiin osakokonaisuuksiin tekemisen selkeyttämiseksi ja projektien aikatauluttamiseksi sekä toisaalta linkittää pienempiä projekteja ylätasoon suurempiin linjauksiin ja tavoitteisiin. Tällä tavoin saadaan lisättyä työnteon läpinäkyvyyttä sekä pystytään näkemään kokonaiskuvaa paremmin. Tässä mallissa yksittäisen työntekijänkin on helpompi hahmottaa, miten jokin työtehtävä tai pienempi projekti linkittyy ison kuvan strategiaan päämääriin ja tavoitteisiin.

### **Torstai 25.3.2021**

Olin tänään aamulla jälleen kuulolla aamukahvin lomassa infotilaisuudessa, jossa käsiteltiin yrityksessämme tehtävää ilmastotyötä ja sen vihreitä arvoja. Tilaisuudessa käsiteltiin mielenkiintoisia näkökulmia ilmastomuutoksen vastaisiin toimiin ja mm., miten työnantaja haluaa tukea työntekijöitä tekemään ympäristöystävällisiä tekoja ja valintoja niin työ- kuin vapaa-aikanakin. Mielestäni on mahtavaa nähdä työnantajan viestivän näin selkeästi vihreistä arvoista ja ilmastomuutoksen vastaisesta työstä. Tämä tilaisuus myös linkittyi oleellisesti tulevana lauantaina pidettävään Earth Hour -tapahtumaan, joka on WWF:n järjestämä maailmanlaajuinen ilmastotapahtuma. Tapahtumassa ihmiset ja yritykset eripuolilla maailmaa ilmaisevat huolensa ilmastomuutoksesta sammuttamalla valonsa tunniksi maaliskuun viimeisenä lauantaina.

Aamupäivällä keskityin vastuullamme olevien DHCP-palvelimien ympäristön ominaisuuksien ja kyvykkyyksien tutkintaan. Käytössämme olevan ympäristön ominaisuuksiin kuuluvat korkean saatavuuden konfiguraatio ja tietokanta tuki, mikä tarkoittaa sitä, että useiden eri DHCP-palvelimien konfiguraatiota voidaan keskitetysti hallita tietokantaa hyödyntäen. Kun konfiguraatio on talletettuna tietokantaan, uutta DHCP-palvelinta pystytettäessä tai tehtäessä konfiguraatiomuutoksia olemassa olevien palvelinten konfiguraatioihin, palvelimet konfiguroimaan noutamaan konfiguraatitiedostot tietokannasta ja asettamaan ne työmuistiinsa, jossa ne otetaan käyttöön. Tietokannassa olevaan konfiguraation muuttuessa, kaikkien DHCP-palvelinten konfiguraatio muuttuu automaattisesti, mikä helpottaa suunnattomasti monen palvelimen hallintaa ja ylläpitoa. Lisäksi uusia DHCP-palvelimia voidaan vaivattomasti pystyttää, koska ne hakevat ajantasaisen konfiguraation automaattisesti tietokannasta. Käytössämme oleva ympäristö tukee

monia eri Linux-pohjaisia käyttöjärjestelmiä ja tunnetuimpia tietokantoja, kuten MySQL/MariaDB, PostgreSQL, Cassandra jne.

Ilmeisesti tilausprosessissa on jonkinlaista ongelmaa, sillä tiistaina tilaamani kaapelimodeemien DHCP-palvelinten ympäristön käyttöoikeuksien tilaus oli hylätty. Lähdin selvittämään asiaa, reklamoin tilauksen tiketointijärjestelmästä ja lisäsin tarvittavia lisätietoja käyttöoikeuksien luontia varten. Ilmeisesti tilauslomakkeesta puuttuu kohta, jossa voidaan määritellä, mille palvelimille käyttöoikeudet kohdistuvat ja ilman tätä määritystä ei käyttöoikeuksia pystytty luomaan. Dokumentoin tässä esille nousseet tilausprosessin lisävaatimukset ja päivitin tilausprosessin ohjeistusta dokumentaatioomme.

Illepäivästä olin jälleen kuuntelemassa strategiainfoa, jossa jatkettiin tavoitteissa onnistumisen seuraamista tällä kertaa datan keräyksestä ja analytiikasta vastaavan osaston toimesta. Info oli mielenkiintoista kuunneltavaa ja varsinkin suunnitelmat uusien KPI-mittareiden kehittämisestä, joilla on tarkoituksena mitata käyttäjien kokemaa palvelunlaatua ihan uudella tavalla.

### **Perjantai 26.3.2021**

Heti aamulla osallistuin strategiainfoon, jossa tällä kertaa käytiin läpi meidän tulostyöskönnösvastuulla olevia tavoitteita ja niiden toteutumista tähän asti. Tällaiset infotilaisuudet ovat omiaan avaamaan yksittäiselle työntekijälle omien työtehtävien tärkeyttä isomassa kuvassa ja sitä, miten jokainen työntekijä omalla panoksellaan voi vaikuttaa yrityksen strategiassa määriteltyjen tavoitteiden saavuttamiseen. Tämän päivän strategiainfo oli vielä erityisen mielenkiintoinen, sillä se käsitteli aiheita, joihin meidän tiimin tekeminen myös vahvasti kohdistuu.

Seuraavaksi lähdin selvittämään, minkä takia käyttöoikeuspyyntöni kaapelimodeemien DHCP-palvelinten ympäristöön oli jälleen hylätty. Muutaman sähköpostin jälkeen selvisi, että tilausjärjestelmässä oli virhe ja käyttöoikeuspyynnöt lähtivät väärälle henkilölle vahvistettavaksi. Asia tullaan korjaamaan, mutta tämä tarkoittaa sitä, että en tule saamaan käyttöoikeutta ko. ympäristöön ainakaan tällä viikolla. Toivottavasti asia saadaan eteenpäin ensi viikon alusta.

Ennen lounasta perehdyin kaapelimodeemien DHCP-palvelinten ympäristössä käytössä olevaan tietokantaan ja sen operointiin. Haluan perehtyä ympäristön eri elementteihin etukäteen, jotta minulla on paremmat edellytykset auttaa labraympäristön pystytyksessä,



kunhan käyttöoikeuteni vain ensin saadaan kuntoon. Ympäristössä on käytössä yleinen relaatiotietokanta, jonka operointiin löytyy valtavasti tietoa Internetistä. Kunhan pääsen ympäristöön kiinni, saan muodostettua itselleni paremman kuvan millainen ko. käytössä oleva tietokanta on. Jostain syystä tietokantaa ei ole dokumentoitu kovinkaan hyvin tai sitten en ole vielä päässyt käsiksi ko. dokumentaatioon. Tässä voisi olla myös kehityskohta, johon voisin myöhemmin tarttua.

Perjantaisessa kehityspalaverissa keskusteltiin tulevasta organisaatiomuutoksesta, joka on siis johdannainen vuoden alussa tapahtuneesta muutoksesta, jossa nykyinen tulosityksikkömme muodostettiin. On ihan luonnollista, että organisaatiossa tapahtuu vielä muutoksia, sillä alkuvuoden muutoksessa yhteen tulosityksikköön siirrettiin kokonainen oma tulosityksikkönsä sekä meidän osastomme. On sanomattakin selvää, että organisaatio on tällä hetkellä epätasapainossa ja on kaikkien etujen mukaista, että organisaatio järjestetään uudelleen.

Kehityspalaverissa keskusteltiin myös siitä, että mikä olisi paras lähestymistapa uusien IP-osoiteavaruuksien laajentamiseen SAEGW-elementeille. Päädyimme siihen tulokseen, että loogisella APN:llä tullaan kontrolloidusti ohjaamaan liikennettä käyttämään uusia IP-osoitteita. Tätä tullaan jatkamaan noin viikon ajan, jonka jälkeen jäljelle jääneet datayhteydet tullaan yliheittämään vanhasta osoiteavaruudesta uuteen. Tämän lisäksi liikennettä tullaan painottamaan DNS-vastauksien parametrimuutoksilla niin, että vanhimille SAEGW-elementeille tullaan ohjaamaan muita vähemmän liikennettä pienemmän kapasiteetin takia.

Kehityspalaverissa kävimme myös kootusti tiiminä läpi ajatuksia eräästä 5GC-ydinverkkoon liittyneestä projektista, joka on saatu päätökseen. Tiimissämme on ollut tapana isompien projektien jälkeen koota ajatuksia yhteen, jotta voidaan oppia, missä asioissa ollaan onnistuttu ja missä on parantamisen varaa. Kävimme ensin projektin vaihe vaiheelta läpi ja kaikki saivat kommentoida projektin etenemistä ja eteen tulleita ongelma-kohtia. Esimerkiksi projektipäällikkö sai kehuja hyvin hoidetusta työstä ja kommunikaatiosta: eri osapuolten välillä tiedonvälitys sujui hyvin koko projektin ajan. Kehitettävää taas löytyi projektin aihealueen rajaamisesta ja verkkolaitetoimittajan tavasta työskennellä. Kehityspalaverissa nousi esille myös tahtotila siitä, että tiiminä pystyisimme siirtymään käyttäjätunnus-salasana-kirjautumisesta salausavainparien käyttöön SSH-yhteyksien muodostamisessa etähallittaville elementeille. Asia on ollut esillä useasti aiemminkin, mutta mitään konkreettisia toimia asian eteen ei olla vielä otettu. Minä päätin ottaa asian itselleni selvitykseen ja tarkoituksenani on laatia ja dokumentoida suunnitelma, miten

koko tiimi pystyisi mahdollisimman yksinkertaisesti siirtymään salausavaimien käyttöön ja miten salausavaimia tulisi jatkoa hallitsemaan ja ylläpitämään. Mielestäni tämä on hyvin mielenkiintoinen projekti ja lähdän innolla kehittämään tähän ratkaisua.

Ilmapäivällä osallistuin konesali- ja pilviosaston järjestämään palaveriin, jossa tällä kertaa esiteltiin, miten PAM-järjestelmää voidaan hyödyntää käyttäjä- ja pääsynhallinnan automatisoinnissa. PAM-järjestelmä perustuu roolipohjaiseen käyttäjä- ja pääsynhallintaan ja se hyödyntää sertifikaatteja käyttäjien todentamisessa tavallisten käyttäjätunnusten ja salasanojen sijaan. Esittelyssä oleva järjestelmä vaikutti oikein pätevältä ja helpolta käyttää. Järjestelmällä voidaan luoda yksittäiselle käyttäjälle automaattisesti vanheneva salausavainpari, jolla käyttäjä pystyy ottamaan etäyhteyden virtuaalikoneelle, mikäli hänelle on myönnetty riittävät oikeudet. Käyttäjän muodostaessa etäyhteyden, avainpari luodaan ja tallennetaan kohde-elementin tiedostohakemistoon. Tällä tavoin käyttäjän ei tarvitse missään kohdalla syöttää käyttäjätunnusta ja salasanaa, mutta voidaan varmistua siitä, että käyttäjä on juuri se, kuka hän väittää olevansa ja kyseisellä käyttäjällä on riittävät oikeudet etäyhteyden muodostamiseksi. Esitys oli oikein mielenkiintoinen, mutta harmikseni jouduin poistumaan toiseen palaveriin ennen sen loppumista. Onneksi esitys kuitenkin tallennettiin ja voin palata siihen takaisin, kun löytyy sopiva hetki.

Siirryin pitämään palaveria ohjaajani kanssa, jossa tarkoituksenamme on käydä läpi verkon monitorointi- ja analysointijärjestelmää, jota voin hyödyntää oman testiliittymäni kanssa. Olemme jo aiemmin perehtyneet lyhyesti tämän järjestelmän käyttöön ja olen sitä päässyt jo itsekin testailemaan, mutta halusin, että käymme vielä hieman syvällisemmin asiaa läpi. Tämä aihealue on niin laaja, ettei millään voi käydä kaikkea läpi yhden oppitunnin aikana, joten etenemme pienin askelin. Tämänkin oppitunnin aikana opin paljon. Opin, miten paikantaa päätelaitteen käyttämä tukiasema hyödyntämällä ECI-tunnistetta ja erillisen järjestelmän tukiasemakarttaa.

## **Yhteenveto ja reflektointi**

Viikon jälkeen jäi harmittamaan, että kaapelimodeemien DHCP-palvelinten labraympäristöä ei päästy vieläkaan pystyttämään konesali- ja pilviosaston resurssipulan takia. Haluaisin kovasti päästä testaamaan aiemmin läpikäytyjä mallipohjia virtuaalikoneiden luontiin ja alustamiseen ja sen jälkeen tietysti rasis- ja API-testauksen pariin. Asiaa yritetään nyt edistää monenkin tahon toimesta, joten toivottavasti ensiviikon aikana pääsisin jo labraympäristöön käsiksi. Tässä tietysti vielä oman ongelmansa tuo tämän

viikkoiset ongelmat käyttöoikeuksien tilauksessa ko. ympäristöön. Prosessissa on ilmeisesti hieman isompaakin vikaa, mikä aiheuttaa sen, että tilauksella haettava käyttöoikeudet menevät hyväksyttäväksi väärälle taholle. Toivottavasti tämäkin saadaan korjattua ensiviikon aikana.

Eniten tältä viikolta jäi käteen ohjaajani pitämästä DNS-oppitunnista, jossa käsiteltiin ylätasolla DNS:n toimintaa ja laajuutta koko organisaation näkökulmasta sekä miten DNS-kyselyillä voidaan vaikuttaa liikenteen ohjaukseen EPC-ydinverkon elementtitasolla. DNS-kyselyillä ja NAPTR-rekisterillä voidaan vaikuttaa MME:n tekemään SGW:n ja PGW:n valintaan ja tätä ominaisuutta voidaan käyttää mm. liikenteen ohjaamiseen haluttujen noodien kautta. Päätin, että tulen perehtymään tähän aiheeseen hieman syvällisemmin vielä tulevina viikkoina.

Tällä viikolla tuli myös paljon informaatiota liittyen yrityksen strategian jalkautukseen ja sekä lyhyen että pidemmän ajan tavoitteissa onnistumiseen. Lisäksi ilmastotyöhön liittyvät asiat olivat vahvasti esillä yrityksen intranetissä, sillä tällä viikolla oli yrityksen järjestämä ilmastoviikko, joka huipentui lauantaina WWF:n järjestämään maailmanlaajuiseen Earth Hour -tapahtumaan. Oli mielenkiintoista kuulla yrityksen tekemästä ilmastotyöstä ja vihreistä arvoista.

Perjantaina järjestetty esitys PAM-järjestelmästä jäi itselleni hyvin mieleen. Järjestelmä todellakin yksinkertaistaa käyttäjä- ja pääsynhallintaa varsinkin näin kookkaassa organisaatiossa, jossa erilaisia järjestelmiä ja etäyhteyksillä hallittavia laitteita ja elementtejä on todella paljon. Toivonkin, että jossain vaiheessa tulevaisuudessa otetaan käyttöön koko organisaation yhteinen PAM-järjestelmä, jolla voidaan roolipohjaisesti hallita käyttäjätunnuksia ja pääsyoikeuksia. Järjestelmän avulla saataisiin myös käyttäjäoikeustilauksia automatisoitua ja poistuisi tarve hyväksyttää tilaukset esimiehellä tai jostain tietystä ympäristöstä vastaavalla henkilöllä.

### 3.9 Seurantaviikko 9

#### **Maanantai 29.3.2021**

Aloitin maanantai päivän kirjaamalla tiimimme Kanban-taululle ensimmäisen ainoastaan minun vastuullani olevan kortin. Ideana on tutkia ja dokumentoida, miten saamme kollektiivisesti yksinkertaistettua ja helpotettua käyttäjätunnuksien hallintaa sekä

etäyhteyksien muodostamista suurelle määrälle erilaisia noodeja ja verkkoelementtejä. Ajatuksenani on ensin testailla, miten käyttäjätunnus-salasana-kirjautumisesta pystyttäisiin luopumaan käyttämällä SSH-avaimia. Eräs eteen tuleva haaste on myös tilanteet, joissa halutaan ottaa etäyhteys johonkin noodiin, mutta se on mahdollista vain ottamalla ensin yhteys hyppykoneelle, jolta löytyy reitti kohde-elementille. Tässä tilanteessa täytyy pystyä lukemaan käyttäjän yksityinen SSH-avain hyppykoneen yli omalta työkoneelta ilman, että sitä tallennetaan hyppykoneen tiedostohakemistoon. Tiedän tämän oleman mahdollista, mutta täytyy tutkia, miten ko. konfiguroidaan käyttämäämme SSH-sovellukseen.

Operatiivisessa palaverissa valmistuneiden korttien jälkeen käytiin läpi alkamassa olevat ja tulevat työtehtävät liittyen käynnissä oleviin projekteihin tai yleisiin operatiivisiin tehtäviin. Esittelin myös oman korttini SSH-avainpareista. Olin ajatellut, että käyttäisin viikon testaukseen ja dokumentointiin sekä tehtävien toimenpiteiden suunnitteluun, jonka jälkeen hyväksyttäisin suunnitelman muulla tiimillä. Tämän jälkeen käyttäisin viikosta kahden toimenpiteiden implementointiin. Ajatuksenani on saada muutokset toteutettua huh-tikuun loppuun mennessä, mutta tämä luonnollisesti riippuu laajuudesta, jolla muutokset otetaan käyttöön sekä mahdollisista eteentulevista haasteista.

Operatiivisessa palaverissa myös keskusteltiin Kanban-taulun hyödyllisyydestä nykyisellään meidän tiimin työnohjauksessa. Esimiehemme otti asian esille ja ilmaisi, että nykyisellään taulu ei palvele työnohjausta niin hyvin kuin olisi mahdollista. Tämä johtunee siitä, että tällä hetkellä asiantuntijamme tekevät paljon töitä, jotka eivät näy taululla. Tämä taas johtunee siitä, että kortteja ei yksinkertaisesti kirjata tehdyistä työtehtävistä tai työtehtävät ovat sellaisia, joita ei ylipäätään ohjata ko. taululla. Asiantuntijat ehkä kokevat taulun ylläpitämisen ylimääräisenä työnä, joka vie aikaa ja resursseja itse työtehtäviltä. Keskusteltiin myös siitä, onko tällainen Kanban-taulu ylipäätään sopiva työnohjausmalli meidän tiimin kaltaisille työtehtäville, jotka vaihtelevat hyvinkin paljon ja vaativat hyvin syvää osaamista jostain tietystä osa-alueesta. Meidän tiimissämme jokaisella asiantuntijalla on luonnollisesti omat vahvuusalueensa ja myös sellaiset alueet, joista tiedetään perusasiat eikä niiden kanssa tehdä töitä päivittäin tai edes viikoittain. Olen kuitenkin itse sitä mieltä, että tällainen Kanban-taulu on erittäin hyvä tapa työnohjauksessa. Se tarjoaa näkyvyyttä käynnissä oleviin projekteihin ja mitä kukakin on tekemässä työviikon aikana. Toimiakseen taulua täytyy vain päivittää aktiivisesti ja tehdä kortteja mahdollisimman monista työtehtävistä. Tällä tavoin taulu oikeasti vastaa todellisuutta. Koen, että

ongelma korjaantuisi asiantuntijoiden aktivoituessa taulun täyttämiseen. Siitä tulisi tehdä päivittäinen ja viikoittainen rutiini.

Ennen lounasta osallistuin työpalaveriin, jossa suunniteltiin huomista testaushetkeä. Tarkoituksena on testata uutta DNS-parametria, jolla pyritään ohjaamaan 5G NSA -kyvykkäät päätelaitteet verkkoon liittyessään ankkuroitumaan oikealle SAW GW:lle, vaikka päätelaite ei olisi vielä 5G-verkon alueella vaan liittyisin LTE-verkkoon. Tällä tavoin päätelaitteen datayhteys ei katkea, kun se siirtyy aikanaan 5G-verkkoon. Huomenna kollegamme ottaa 5G-kyvykkään päätelaitteen mukaansa ja lähtee testauslaboratorioon, jolloin me voimme tehdä tarvittavia muutoksia EPC-ydinverkon elementteihin ominaisuuden testaamiseksi ja toiminnan varmistamiseksi. Perinteisen testauslaboratorion ja etähallittavan päätelaitteen käyttö ei ollut mahdollista, sillä testauskalenteri oli täynnä varauksia emmekä saaneet siis testausaikaa. Kävimme palaverissa läpi, millaisia testejä haluamme tehdä ja mitä muutoksia DNS-kyselyihin tullaan tekemään ominaisuuden testaamiseksi.

Iltapäivällä kävimme tiimin kanssa yhteisesti läpi tämän hetkisen 5GC-ympäristön käyttäjätunnushallintaa ja mitä toimenpiteitä ympäristölle täytyy tehdä ennen tuotantoon viemistä. Tämän tiimoilta sovitaan myös verkkolaitetoimittajan kanssa yhteispalaveri, jossa he luovuttavat käyttäjänhallinnan meidän vastuulle.

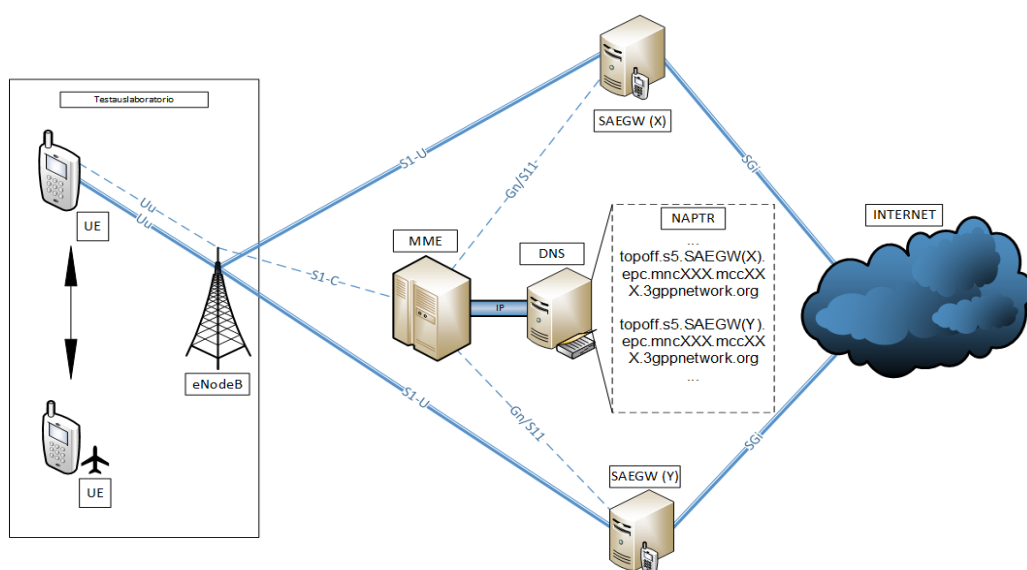
## **Tiistai 30.3.2021**

5GC-projekti on tullut päätökseensä tämän hetkisessä muodossaan ja tänään oli projektin viimeinen palaveri. Kävimme läpi, miten projektiympäristön kanssa tullaan jatkamaan, miten saamme tukea ympäristöön liittyen ja mitä projektin tavoitteita jäi saavuttamatta sekä miten niiden kanssa edetään. Esimerkiksi TLS:n aktivointia ympäristöön ei ikinä ehditty testaamaan verkkolaitetoimittajan resurssipulan takia. Tämä tosin on välttämätön ominaisuus ja niinpä sen testaaminen siirrettiin projektin toiseen vaiheeseen, mikäli ympäristön laajentamista jatketaan saman verkkolaitetoimittajan kanssa.

Päivystyspalaverissa ei ollut tälle viikolle erillistä agendaa, mutta käsitelimme viime viikon hälytystapahtumia ja niihin johtaneita tilanteita. Lisäksi päätimme, että ensi viikolla tulemme käymään läpi vastuualueellamme olevan kiinteän laajakaistan ja kaapelimodeemien DHCP-palvelinympäristöt. Tarkoituksena on käydä mahdollisia vikatilanteita ja niissä tehtäviä toimenpiteitä läpi. Dokumentaatiosta löytyy paljoltikin informaatiota asian

tiimoilta, mutta osa päivystysrinkiläisistä eivät ole niin syvällisesti perehtyneet DHCP-ympäristöihin, joten on hyvä käydä asiaa yhdessä läpi. Lisäksi tilaisuus tullaan nauhoittamaan, jotta poissaolevat pystyvät myöhemmin käymään samat asiat läpi.

Seuraavaksi aloimme testaamaan 5G-kyvykkään päätelaitteen ohjaamista halutulle verkkoelementille DNS:n NAPTR-rekisterin parametreja muuttamalla (Kuva 9.). Kollegamme oli päässyt testauslaboratorioon ja aloimme valmistella testausta. Päätelaite asetettiin lentotilaan, jolloin se ei ole yhdistettynä verkkoon. Tämän jälkeen halutut parametrimuutokset ajettiin DNS:ään ja aloitettiin testit. Eli päätelaitetta siirrettiin lentotilasta pois ja hetken kuluttua takaisin lentotilaan. Tällä tavoin pyistymme verkon monitorointityökalusta hakemaan päätelaitteen IMSI-tunnisteella verkon liikennettä ja tarkkailemaan, mihin SAEGW-elementtiin laite ankkuroituu. Määrittelimme DNS:n NAPTR-rekisterin parametreihin, että haluamme ohjata liikenteen SAEGW (X) -elementtiin. Seurasimme päätelaitteen tekemiä perättäisiä verkkoon liittymisiä jonkin aikaa ja totesimme, että päätelaite toistuvasti ankkuroituu haluttuun SAEGW (X) -elementtiin ollessaan LTE-verkossa. Tämän jälkeen halusimme testata käyttäytykö päätelaite samalla tavalla myös 3G-verkossa. Kollegamme teki muutoksen päätelaitteen asetuksista rajoittaen käytetyn verkon vain 3G:ksi. Tämän jälkeen testejä jatkettiin samaan malliin. Tarkasteltuani verkon liikennettä huomasin, että päätelaite oli ankkuroitunut SAEGW (Y) -elementille, eri SAEGW-elementille kuin aiemmin. Lisäksi kollegani huomasi, että MME:llä oli konfiguraatiovirhe, jota lähdettiin myös selvittämään. Päätelaitteen palattua takaisin LTE-verkkoon, parametrimuutokset alkoivat taas toimia ja päätelaite ankkuroitui toistuvasti haluttuun SAEGW (X) -elementtiin.



Kuva 9. 5G-kyvykkään päätelaitteen testausskenaario.

Havaintojen jälkeen lähdettiin selvittämään konfiguraatiovirhettä ja tekemään vielä lisää muutoksia DNS:n NATPR-rekisteriin. Halusimme selvittää, mikäli tehdyt parametrimuutokset olisivat päällä kaikille muille SAEGW:ille ja MME:n konfiguraatiossa määriteltäisiin ettei parametrimuutoksia oteta huomioon SAEGW:n valinnassa, valikoituisiko ankkuripiste satunnaanvaraisesti niin kuin halutaan, vai valikoituisiko ankkuripisteeksi se SAEGW, jonka NAPTR-rekisteriin ei oltu muutoksia ajettu sisään. Tämä tarkoittaisi, että parametrimuutokset eivät vielä toimi halutulla tavalla. Lisätestauksien myötä kävi ilmi, että tilanne oli juuri tuo jälkimmäinen. Juurisyytä MME:n tekemälle valinnalle ei vielä selvinnyt, mutta asiaa tullaan tutkimaan lisää, jonka jälkeen varataan uusi testausaika. Mielestäni tämä testaussessio oli todella mielenkiintoinen ja oli mukava olla mukana, kun pääsin itsekin tutkimaan verkon liikennettä ja tarkastelemaan SAEGW:n valintaa.

### **Keskiviikko 31.3.2021**

Aamun tiimipalaverissa käytiin läpi keskeneräisiä projekteja ja miten niitä tullaan edistämään seuraavan viikon aikana, kun osa asiantuntijoista lomailee pääsiäispyhien ympärillä. Sovimme iltapäivällä pidettävästä ylimääräisestä palaverista, jossa yhdessä katsotaan vielä tarkemmat askelmerkit tiettyjen projektien osalta.

Seuraavaksi osallistuin koko yrityksen henkilöstölle suunnattuun, toimitusjohtajan pitämään infotilaisuuteen. Agendalla oli muutokset koronatilanteessa Suomessa sekä ulkomailla ja niiden vaikutukset toimintatapoihin yrityksen sisällä, työhyvinvointi jatkuvassa etätyötilanteessa sekä muut ajankohtaiset asiat. Tällaisia infotilaisuuksia järjestetään aina muutaman viikon välein ja mielestäni tämä tapa luo läpinäkyvyyttä ja luottamusta, kun tietoa välitetään koko organisaation läpi avoimen keskustelun kautta.

Lounaan jälkeen kävimme ohjaajani kanssa taas muutamia ajankohtaisia asioita läpi liittyen työtehtäviini ja osaamiseni kehittämiseen. Palaverin aikana laitoimme tukipyynnön minun käyttöoikeuksien luomisesta pilviympäristöihin, joita tullaan tarvitsemaan mm. tulevan kaapelimodeemien DHCP-palvelinten labraympäristön pystyttämisessä. Lisäksi keskustelimme mahdollisesta työpalaverista ensi viikolle, jossa testattaisiin jälleen DNS:n NATPR-rekisterin parametrimuutoksia 5G-kyvykkään päätelaitteen ankkuripisteen manipuloinnissa. Testaus vaatisi tällä kertaa matkustamista toiselle paikkakunnalle, jossa testauslaboratorio sijaitsee, sillä paikkakunnalla asuva asiantuntijamme lomailee ensi viikolla sekä etäkäyttöinen päätelaite toisessa laboratoriossa ei tällä hetkellä tue tarvitsemiamme 5G-ominaisuuksia. Olisi mielenkiintoista päästä näkemään ko.

testauslaboratorio ihan paikanpäältä, mutta vallitsevassa koronatilanteessa lienee parempi, että osallistun testaukseen etäyhteyksien välityksellä.

Ilmapäivällä pidimme tiimin kesken palaverin, jossa käytiin läpi tulevan viikon tehtäviä. Osa asiantuntijoista lomailee, joten meidät muut perehdytettiin avoinna oleviin projekteihin ja työtehtäviin, jota täytyy saada edistettyä ensi viikon aikana. Yksi tällainen projekti on mm. uuden UPF-verkkoelementin käyttöönoton valmistelu ja testaus. Tarkoituksena on saada vielä viimeisimpiä testejä käytyä läpi, jotta elementin tuotantokäyttöönotto voidaan aloittaa. Tarkoituksena on pidemmän aikavälin kuluessa alkaa hiljalleen siirtää asiakasliikennettä ko. elementtiin, jolloin voidaan testata elementin toimivuus tuotantoverkossa mahdollisimman turvallisesti ja vähäisellä asiakasvaikutuksella, mikäli jotain poikkeavaa havaitaan.

Viikoittaisessa osastopalaverissa jälleen käsiteltiin päättyneitä ja alkavia projekteja, mutta osallistujia määrä oli tavallisuudesta poiketen suhteellisen pieni johtuen asiantuntijoiden pääsiäislomista.

#### **Torstai 1.4.2021**

Perinteisessä torstaiaamun infotilaisuudessa esiteltiin tänään uudistettuja tietosuojakoulutuksia. Vuonna 2018 voimaan astunut GDPR-asetus on muuttanut melkoisesti monen asiakastietoja käsittelevän rekisterinpitäjän toimintatapoja ja suhtautumista tietosuojaan. Yrityksessämme tietosuojaan on aina suhtauduttu asian edellyttämällä vakavuudella, mikä on ymmärrettävää, sillä operaattorina emme käsittele vain asiakkaiden henkilötietoja vaan myös verkon välitystietoja, joita luonnollisesti koskee vielä astetta tarkemmat rajoitukset. Verkon välitystietojen käsittelystä säädetään laissa, jossa määritellään välitystieto sellaiseksi tiedoksi, jota tarvitaan viestin välittämiseksi lähettäjältä vastaanottajalle, viestimiseen käytetystä tukiasemasta, päätelaitteen käyttäjästä sekä viestin lähtöksen alkamisajankohta, viestimisen ajallinen kesto ja lähetyspaikka (Laki sähköisen viestinnän palveluista 7.11.2014/917, 1 luku 3 § kohta 40).

Aamun infotilaisuuden jälkeen päätin suorittaa muutaman uudistuneen tietosuojakoulutuksen. Koulutukset olivat noin 15 minuuttia kestäviä informatiivisia verkkokoulutuksia sisältäen videoita ja tehtäviä. Koulutusten tarkoituksena on ylläpitää koko henkilöstön ymmärrystä tietosuojan tärkeydestä ja oikeista toimintatavoista. Koulutukset on uusittava vuosittain. Tällä tavoin voidaan varmistua siitä, että kaikki työntekijät ovat ajantasalla,



miten yrityksessä hoidetaan tietosuoja-asetuksen ja lain vaatimat velvoitteet henkilötietojen ja välitystietojen käsittelystä.

Aamupäivän jälkeen käytin käytännössä koko päivän SSH-avainten käyttöönottoprojektiin. Ensiksi listasin ylös, mitä ongelmia minun on ratkaistava, jotta SSH-avaimet voidaan ottaa käyttöön. Projektin ideanahan on myös helpottaa käyttöönottoa siten, ettei jokaisen asiantuntijan tarvitsisi itse käydä tekemässä mitään konfiguraatiomuutoksia jokaiselle elementille erikseen vaan muutokset saataisiin jotenkin kootusti vietyä eteenpäin. Lähdin työstämään projektia ajatuksella, että loisin ensin itselleni SSH-avainparin, jonka ottaisin käyttöön yhdellä testiympäristön elementillä, dokumentoisin prosessin ja suunnittelisin, miten avainparit voitaisiin ottaa kaikille asiantuntijoille ja jollekin tietylle osakokonaisuudelle elementtejä käyttöön, ainakin näin aluksi.

Ratkaisuja vaativia ongelmia ovat seuraavat:

- Miten SSH-avainpareja voidaan käyttää kirjautumisessa hyppykoneen takana olevaan elementtiin siten, ettei käyttäjän omaa yksityistä avainta tarvitse siirtää hyppykoneen tiedostohakemistoon?
- Miten luodaan komentosarja tai muulla tavalla automatisoidaan hyppykoneen kautta halutulle elementille yhdistäminen ilman, että käyttäjän tarvitsee kirjautua tai ottaa etäyhteyttä ensin hyppykoneelle ja sieltä vasta halutulle elementille?
- Miten pystyn luomaan jonkinlaisen valmiin ratkaisun tai paketin, jonka voin jakaa tiimin muille asiantuntijoille ja he voivat vain ottaa sen käyttöön ilman ylimääräisiä konfigurointeja?
- Miten rajataan, mille osalle elementeistä SSH-avainparit halutaan ottaa käyttöön?
- Miten salasanoista luopuminen vaikuttaa elementin operointiin, esimerkiksi sudo-moduulin käyttöön Linux-pohjaisilla elementeillä?

Löysin muutamia vaihtoehtoja, miten edellämainittuja ongelmia saadaan ratkaistua. Sain onnistuneesti todennettua itseni hyppykoneen takana olevalle elementille omalla koneellani olevalla yksityisellä avaimella ja tämän jälkeen lähdin kehittämään valmista jaettavaa pakettia tai ratkaisua, jonka voisin esitellä tiimin muille asiantuntijoille. Päätin jatkaa testailua ensi viikolla, jolloin myös tarkoitukseni on dokumentoida prosessi ja samalla tarkistaa vielä, että ratkaisuni onnistuvat toisellakin elementillä.

## Yhteenveto ja reflektointi

Oli todella mahtavaa päästä tällä viikolla aloittamaan ensimmäinen oma projekti, se nosti motivaationi aivan uudelle tasolle. On hienoa päästä itse tutkimaan, ratkaisemaan ongelmia ja tuottamaan jotain uutta, jota muutkin voivat hyödyntää päivittäisen työstä helpottamiseksi. Totta kai täytyy muistaa, että tämä projekti ei ole kovinkaan laaja tai edes erityisen haastava, puhutaan kuitenkin yksinkertaisesta SSH-avainparien hyödyntämisestä etäyhteyksien muodostamisessa, mutta tämä antaa tarvitsemaani vastapainoa jatkuvalla uuden opettelulle ja teoriakeskeiselle oppimiselle. Toki tässäkin projektissa on pähkinöitä purtavaksi esimerkiksi siinä, miten saan koottua sellaisen valmiin paketin, jonka muut asiantuntijat voivat vain ottaa käyttöön. Tällä tietysti tarkoitan sitä, että totta kai jokaisella on omat komentosarjat ja tapansa kirjautua elementeille eikä pitkään käytössä olleita tapoja ole helppo vaihtaa uuteen varsinkaan, jos uusi ratkaisu ei merkittävästi helpota ja selkeytä työtä. Tähän minun tuleekin siis panostaa, koska teknisesti ratkaisu ei ole maailmaa mullistava, mutta haluan sen myös parantavan käytettävyyttä ja varmistua siitä, että se on tietysti myös tietoturvallinen tapa toteuttaa pääsynhallintaa.

Ajatuksenani on luoda valmiiksi konfiguroitu setti etäyhteyssessioita, joiden avulla käyttäjät pystyvät helposti kirjautumaan haluamilleen elementeille ilman suuria muutoksia SSH-yhteyksiä hallitsevaan sovellukseensa. Minun ratkaisuni ja heidän käyttämät sessiot voisivat toimia samanaikaisesti yhdessä, jolloin siirtyminen vanhasta uuteen olisi porrastettua ja tehty mahdollisimman helpoksi.

Lisäksi tällä viikolla oli todella mielenkiintoista päästä mukaan 5G-kyvykkään päätelaitteen ohjauksen testaukseen. Sain yhä paremman käsityksen, miten DNS-parametreja muuttamalla voidaan vaikuttaa käytettävien elementtien valintaan ja sitä kautta liikenteen ohjaukseen. Erityisen tärkeää on pystyä ohjaamaan 5G NSA -kyvykkäät päätelaitteet ankkuroitumaan halutulle SAEGW:lle riippumatta käytettävästä radioverkosta. Tällä tavoin voidaan varmistaa, että käyttäjä pystyy aikanaan hyödyntämään 5GC-verkkoa ja 5G-tekniikan ominaisuuksia liikkuttaessaan 5G-radioverkon kantaman alueella. Mikäli tätä ohjausta ei saada tehtyä päätelaitteen liittyessä ensimmäistä kertaa verkkoon, päätelaite ei tule käyttämään 5GC-verkkoa, vaikka olisi 5G-radioverkon kantaman alueella, ja näin ollen asiakas ei pysty hyödyntämään palveluita ja ominaisuuksia, joista hän on laitteen ostamisella ja 5G-liittymän hankinnallaan maksanut.

### 3.10 Seurantaviikko 10

#### Tiistai 6.4.2021

Aloitin aamun päivittämällä Kanban-aulun SSH-avainpareja käsittelevää korttiani ajantasaemmaksi. Viime viikolla en ehtinyt edistää projektia halutulla tavalla, joten aiemmin suunnittelemani aikataulu tulee venymään. Tällä ei sinänsä ole suurta merkitystä, SSH-avainparien käyttöönotto ei millään tavalla vaikuta operatiiviseen työskentelyyn vaan tarkoituksena on lähinnä parantaa käytettävyyttä ja helpottaa työntekoa.

Tänään halusin panostaa SSH-projektin työstämiseen. Asetin itselleni tavoitteeksi löytää jonkinlainen ratkaisu, jolla pystytään kootusti siirtymään SSH-avainparien käyttöön useilla verkkoelementeillä ilman, että jokaisen asiantuntijan täytyisi erikseen käydä siirtämässä oma julkinen avain kohde-elementin tiedostohakemistoon eikä myöskään kenenkään yksittäisen asiantuntijan tarvitsisi tätä manuaalisesti käydä tekemässä. Lisäksi täytyy ottaa huomioon, että jokaisella asiantuntijalla on käytössäolevassa SSH-sessioita hallitsevassa sovelluksessa omat, heidän käyttöönsä räätälöityneet asetukset, joita on melkein mahdotonta lähteä yksitellen muokkaamaan SSH-avainparien käyttöön sopivaksi. Niinpä lähdin työstämään ratkaisua, jossa on valmiiksi määritelty tarvittavat asetukset, kuten sessiolle käytetty hyppykone ja SSH-avainten välitys hyppykoneen yli on sallittu. Tämän jälkeen lähdin miettimään, miten olisi järkevintä loogisesti erotella eri elementtiryhmit. Ideanani olisi, että yksittäisellä käyttäjällä olisi esimerkiksi kolme SSH-avainta käytössään: yksi testiympäristön ja labraympäristön elementeille, yksi puhtaasti EPC-elementeille ja yksi 5GC-elementeille.

Tällaisella jaottelulla pyritään vähentämään tietoturvariskejä, koska yksittäisellä avaimella pääsee käsiksi kuitenkin vain rajattuun määrään kriittisiä elementtejä ja toisaalta, mikäli käyttäjällä tulee jotain ongelmia yhden avaimen kanssa, hänellä mitä todennäköisemmin on kuitenkin vielä pääsy kahden muun alueen elementteihin. Lisäksi uudelle käyttäjälle voidaan tarvittaessa antaa pääsy ainoastaan testi- ja labraympäristön elementeille.

Suunnittelemani ratkaisun käyttöönottaminen vaatisi, että jokainen asiantuntija luo työkonellaan kolme SSH-avainparia, jonka jälkeen minä kokoaisin ympäristökohtaiset avainparit yhteen ja veisin ne oikeille elementeille. Tämän jälkeen asiantuntijat ottaisivat käyttöön minun heille lähettämän paketin, joka sisältää ennaltamääritellyt asetukset

etäyhteyksien muodostamista varten eri ympäristöjen elementeille. Heidän täytyisi käyttöönoton yhteydessä vain varmistaa, että yksityinen avain löydetään käyttäjän työkooneelta. Tämän jälkeen minun täytyy ratkaista, miten ympäristökohtaiset julkiset avaimet tallennettaisiin verkon elementeille niin, että niitä on tulevaisuudessa helppo hallita, lisätä ja poistaa sekä miten niiden siirtäminen eri elementeille saataisiin jotenkin automatisoitua tai vähintään vähennettyä manuaalisen työn määrää avainten viemisessä elementeille. Lähdin lähestymään asiaa siltä näkökulmalta, että tarvittaisiin keskitetty sijainti kohde-elementin tiedostohakemistosta, mihin käyttäjien julkiset avaimet voitaisiin tallentaa.

Tässä välissä osallistuin päivystyspalaveriin, jossa tarkoituksena oli käsitellä DHCP-ympäristöön liittyviä operatiivisia toimenpiteitä vikatilanteissa sekä myös yleisellä tasolla palautella kaikille mieleen ympäristön rakennetta. Tällä tähdätään siihen, että kaikilla päivystysrinkiin kuuluvilla olisi lähes samanlainen osaaminen ja ymmärrys käytössä olevista teknologioista ja arkkitehtuureista, vaikkei kaikkien elementtien ja ympäristöjen kanssa töitä tehtäisikään päivittäin. Poissaolojen takia päätimme kuitenkin siirtää läpikäyntiä muutamalla viikolla eteenpäin, jotta kaikki pääsisivät osallistumaan. Nyt kuitenkin päädyimme keskustelemaan viikon päivystystapahtumista ja niiden juurisyistä. Jälleen oli eräällä kumppanioperaattorilla vikaa omassa verkossaan, mikä oli sitten myös näkynyt meidän verkossa virheilynä. Tämän lisäksi viikolla ollut ulkomaan runkoverkon kuitutyö oli aiheuttanut ongelmatilanteen, jossa kahdennettu yhteys ei ollutkaan toiminut, mikä vuorostaan aiheutti sen, että erästä meidän hallitsemaa APN:ää käyttävät asiakkuudet eivät saaneet yhteyttä Internetiin. Vika saatiin kuitenkin melko nopeasti paikannettua ja korjattua.

Illtapäivästä jatkoin SSH-projektin parissa pakertamista. Tarkoituksenani siis on suunnitella keskitetty julkisten SSH-avainten hallinta jokaiselle verkon elementille. Helppoahan olisi luoda vain yksi käyttäjä, jonka tiedostohakemistoon kaikkien julkiset avaimet voitaisiin tallentaa ja näin etäyhteyden muodostaminen onnistuisi vaivatta. Tämä ei kuitenkaan ole soveltuva ratkaisu, sillä täytyy tietysti pystyä näyttämään toteen, että kuka käyttäjä on kirjautunut elementille ja mitä muutoksia siellä on tehty. Tämä näkyvyys katoaa täysin, mikäli käytetään yhteiskäyttötunnusta.

## Keskiviikko 7.4.2021

Keskiviikkoaamun tiimipalaverissa kävimme joitain ajankohtaisia asioita läpi, kuten projekteissa edistymistä ja mihin pitäisi tällä viikolla vielä painottaa resursseja. Osa tiimitämme lomailee tällä viikolla, joten osaksi myös siitä syystä ei mitään isompaa asiaa käsitelty tällä kertaa. Lähinnä vain operatiiviseen toimintaan liittyviä pikkuseikkoja.

Kuukausittaisessa osastoinfossa käsiteltiin organisaatiomuutosta, joka tänä keväänä otetaan käyttöön. Lopullisia päätöksiä uudesta organisaatiosta ei vielä ole vaan keskusteluja käydään vielä. Osaston esimiehemme kävi tämän hetken tilannetta läpi ja kertoi, miten keskusteluissa tullaan etenemään seuraavien viikkojen aikana. Lisäksi käytiin läpi tulevien vuosien suunnitelmia pilviympäristöihin ja konesaleihin kohdistuivista uudistuksista. Lisäksi otettiin katsaus erään privaattiverkkoprojektin edistymiseen.

Lounaan jälkeen lähdin työstämään taas SSH-projektia. Iltapäivään kuului paljon ideointia ja testausta. Sain kuitenkin muodostettua toimivan ratkaisun, jossa kohde-elementeille luodaan erillinen tiedostohakemisto, jonne kaikkien käyttäjien julkiset SSH-avaimet tallennetaan. Tämä vaatii kohde-elementin SSH-konfiguraation muuttamisen siten, että elementti osaa etsiä käyttäjien julkisia avaimia uudesta tiedostohakemistosta yrittäessään todentaa käyttäjiä. Lisäksi tiedostohakemiston käyttäjäoikeustasojen kanssa oli melkoisesti ongelmaa, mutta sain kuitenkin kehiteltyä sellaiset oikeustasot, joilla käyttäjillä ja SSH-prosessilla on oikeus päästä lukemaan tallennettuja SSH-avaimia, muttei kuitenkaan pysty muokkaamaan niitä. Tällä tavoin saataisiin kaikki julkiset avaimet siirrettyä yhteen paikkaan, eivätkä ne sijaitisi normaaliin tapaan jokaisen käyttäjän kotihakemistossa. Tämä helpottaa julkisten avainten hallinnointia, ja mikäli jossain vaiheessa tulee tarpeelliseksi sallia uudelle käyttäjälle pääsy kohde-elementille, tarvitsee hänen julkinen avain vain käydä liittämässä ko. tiedoston jatkoksi.

## Torstai 8.4.2021

Aamulla olin taas torstaiseen taapaan aamukahvin ohessa kuuntelemassa viikoittaista infotilaisuutta, jossa tällä kertaa aiheena oli uudistunut kuiturakentaminen. Aihe oli mielenkiintoinen ja esitykseen oli panostettu. Aihe herätti paljon keskustelua ja oli mukava kuulla eri ihmisten näkökulmia aiheeseen.

Aamupäivällä kävimme läpi yhdessä muutaman kollegani kanssa ohjaajani tekemiä testauksia liittyen 5G NSA -kyvykkään päätelaitteen ankkuroimiseen halutulle SAEGW:lle. Uutta ominaisuutta on nyt testattu jo useampaan otteeseen ja nyt on saatu muodostettua selkeä kuva siitä, millaisia konfiguraatiomuutoksia verkon elementeille tulee tehdä, jotta ominaisuus voidaan ottaa käyttöön tuotantoympäristössä. Ominaisuus tullaan ottamaan käyttöön koko verkkoon ja mikäli päätelaite ilmaisee olevansa 5G NSA -kyvykäs, se ohjataan ankkuroitumaan ennaltamääritylle SAEGW:lle. Mitä todennäköisemmin ominaisuutta ei tulla aktivoimaan vielä kumppanioperaattoreiden SIM-korteille verkkovierailutilanteissa, sillä joillakin ulkomaan operaattoreilla on vielä vaikeuksia saada ominaisuutta toimimaan tai ylipäätään implementoitua omaan verkkoonsa. Tämä luonnollisesti tarkoittaa sitä, että kumppanioperaattoreiden asiakkaita verkkovierailutilanteessa ei tulla ankkuroimaan näille tietyille SAEGW -elementeille, joten heidän liittyessään verkkoon 4G:n tai jopa 2G:n tai 3G:n alueella, heitä ei tulla ohjaamaan 5G-verkkoon, vaikka he liikkuisivat 5G:n kantaman alueelle.

Ilmapäivällä keskityin taas projektini pariin. Seuraavaksi päätin lähteä ratkaisemaan, miten saataisiin luotua yhteneväinen paketti, joka sisältäisi peruskonfiguraation SSH-sessioita hallitsevaan sovellukseen, jotta jokaisen asiantuntijan ei tarvitsisi lähteä kahlaamaan läpi ja konfiguroimaan jokaista olemassa olevaa sessiokonfiguraatiota omasta sovelluksesta SSH-avainparikirjautumisen kanssa yhteensopivaksi. Päätin luoda kootun konfiguraatiopaketin, jossa käytettäisiin jokaiseen etäyhteyden muodostamiseen tiettyä hyppykoneetta. SSH-avaimella käyttäjän todentaminen onnistuu myös hyppykoneen takana oleviin elementteihin, kunhan ominaisuus vain sallitaan konfiguraatiossa. Tämän jälkeen aloin muodostamaan loogisia kokonaisuuksia sessiokonfiguraatioista, joilla pystyttäisiin muokkaamaan montaa, keskenään samanlaista konfiguraatiota kerralla. Tämä helpottaisi asiantuntijoiden työtä ensimmäisellä käyttöönottokerralla, sillä heidän tarvitsi muokata ainoastaan kolmea konfiguraatiokokonaisuutta eikä kymmeniä erillisiä yhteyksiä yksi kerrallaan. Dokumentoin myös ohjeet, miten paketin konfiguraatioita tulisi muokata ja käyttää. Jokaisen asiantuntijan tulisi varmistua siitä, että heidän luomansa kolme SSH-avainparien yksityisavainta löytyisi heidän omalta työkoneeltaan oikeasta tiedostohakemistosta.

**Perjantai 9.4.2021**

Verkkolaitetoimittajan tukipalaverissa käsiteltiin jälleen avoimena olevia tuki- ja selvityspyyntöjä, joita tuntui olevan melkoisen paljon. Käsiteltävänä oli myös monia sellaisia selvityspyyntöjä, jotka ovat olleet avoinna ja työnalla jo useamman viikon, vanhimmat jopa kaksi kuukautta. Minusta tuntuu, että asiat edistyvät toisinaan kovin verkkaisesti, kun vain kerran viikossa asian perään kysellään. Tuntuu siltä, että kyseisen verkkolaitetoimittajan kanssa tehtäessä yhteistyötä, joutuu itse alati kyselemään työn edistymisen perään ja varmistelemaan, että asiaa edistetään. Tämä on tosin vain minun näkemykseni tämän hetkisestä tilanteesta ja voi hyvin olla, että kykenemättömyyteni nähdä kokonaiskuvaa vaikuttaa siihen, miltä tilanne minun silmin näyttää.

Kehityspalaverissa ei tällä viikolla ollut erityistä agendaä asiantuntijoiden ja esimiehen lomaillessa, mutta palaveri silti järjestettiin ja paikallaolijat pääsivät keskustelemaan viikon tapahtumista ja ensi viikolla järjestettävästä 5GC-ydinverkon SMF-elementin koulutuksesta.

Konesali- ja pilviosaston järjestämässä palaverissa käsiteltiin viihde- ja suoratoistopalveluiden NPS-arvoja. NPS toimii eräänlaisena asiakkaiden tyytyväisyysmittarina. NPS-kyselyllä pyritään kartoittamaan, miten moni asiakkaistamme suosittelee palveluitamme ystävilleen ja perheelleen. NPS ei suoraan toimi laatumittarina tai kerro muutenkaan koko totutta asiakastyytyväisyydestä, sillä siihen vaikuttavat niin monet muuttujat yksittäisen asiakkaan kohdalla, mutta pidemmän aikavälin keskiarvo antaa melko hyvän kuvan asiakkaiden kokonaisvaltaisesta tyytyväisyydestä yrityksen tuottamiin palveluihin.

Iltapäivällä pääsin jatkamaan taas SSH-projektiani. Tänään tarkoitukseni olisi luoda Ansible-pelikirja, jonka suorittamalla pystyisin helposti ottamaan yhteyden verkon elementteihin ja luomaan elementeille tiedostohakemistot, jonne asiantuntijoiden julkiset SSH-avaimet tallennettaisiin. Tarkoitukseni on vähentää manuaalisesti tehtävän työn määrää SSH-avainten hallinnassa niin siirtymävaiheessa kuin jatkossa niitä ylläpidettäessä. Päätin luoda Ansible-pelikirjan niin, että ensin määritellään, mille elementtiryhmälle tehdään muutoksia (testi- ja labraympäristö, EPC vai 5GC) ja sitten luodaan oikea tiedostohakemisto jokaiselle elementille. Tämän jälkeen siirretään kohde-elementille tiedosto, joka sisältää käyttäjien julkiset avaimet. Lopuksi muokataan kohde-elementin SSH-konfiguraatiota siten, että julkisia avaimia osataan etsiä oikeasta tiedostossa käyttäjien todentamisen yhteydessä.

Sain Ansible-pelikirjan toimimaan halutulla tavalla useiden testauksien ja pienten muutosten jälkeen. Tämä toimi myös loistavana harjoituksena Ansiblen käyttöön, sillä vaikka lähtökohtaisesti tiedän, miten sitä pystytään hyödyntämään monia eri laitteita konfiguroitaessa, käytännön kokemusta ei minulla ennen tätä ollut. Opin tämän projektin aikana jatkuvasti lisää.

Konfiguraatioita tutkiessani päädyin muokkaamaan Ansible-pelikirjaa niin, että loin jokaiselle käyttäjälle oman tiedostohakemiston, jonne julkiset SSH-avaimet tallennetaan. Tämä muutos johtui ihan siitä syystä, että on helpompaa poistaa käyttäjän tiedostohakemisto, joka sisältää julkisen SSH-avaimen, kuin lähteä poistamaan avainta yhdestä tiedostosta, jossa on kaikkien käyttäjien avaimet, mikäli halutaan joltain tietyltä käyttäjältä poistaa pääsyoikeudet kyseiselle elementille.

### **Yhteenveto ja reflektointi**

Tämä viikko kului pitkälti oman SSH-projektini työstämiseen. Opin viikon aikana paljon. Opin, miten SSH-prosessia pystytään manipuloimaan ja tekemään turvallisemmaksi sekä miten Ansiblea voidaan hyödyntää monien samanlaisten laitteiden tai elementtien konfiguroimisessa. Ansiblessa on myös sekin hyvä puoli, että ohjelma tarkistaa ensin, ovatko halutut muutokset jo olemassa kohde-elementillä. Mikäli haluttu konfiguraatio ja prosessin tila löytyy jo kohde-elementiltä, Ansible jättää operaation tekemättä. Tämä tarkoittaa sitä, että Ansible-pelikirjaa on todella helppo kokeilla ja tehdä tarvittavia muutoksia, koska pelikirjan toimivat osat voidaan jättää väliin ja alkaa suorittamaan suoraan seuraavaa operaatiota. Tällä myös vältetään muutoksien tai komentojen kahdentumista, joka saattaa toisissa tilanteissa aiheuttaa isoja ongelmia.

Haasteita projektin kanssa aiheuttivat SSH-prosessin vaatimukset tiedostojen ja tiedostohakemistojen Linux-pohjaisissa käyttöoikeuksissa. SSH-prosessi on suunniteltu niin, ettei se hyväksy todennuspyyntöjä, mikäli tiedostohakemistossa, jossa julkiset SSH-avaimet sijaitsevat, on liian laajat käyttöoikeudet. Tämä tuli huomattua vasta, kun olin ehtinyt jo tovin kyseenalaistamaan ymmärrystäni SSH-konfiguraatiosta, mutta loppujen lopuksi minulle kuitenkin selvisi, millä tasolla käyttöoikeudet tulee olla.

Lisäksi projektissa työllistivät valmiin etäyhteyspaketin suunnittelu ja Ansiblen käyttöön tutustuminen. Sain kuitenkin mielestäni toimivan ratkaisun aikaan ja opin samalla itse todella paljon. Tekeminen oli mieluista ja koen, että sain muodostettua ratkaisun, joka



on helppo ottaa käyttöön ja ratkaisun, joka palvelee haluttua lopputulosta, eli elementeille kirjautuminen helpottuu luovuttaessa käyttäjätunnus-salasana-yhdistelmästä sekä yksittäisen asiantuntijan tarvittavien salasanojen hallinnoiminen helpottuu tietoturvaa heikentämättä. Ratkaisussa verkko on jaettu kolmeen loogiseen osa-alueeseen, testi- ja lab-aympäristöihin, EPC-ydinverkon elementteihin ja 5GC-ydinverkon elementteihin. Lisäksi valmiissa etäyhteyspaketissa määritellään sessiokohtaisesti käytettävät avaimet ja hyppykoneet, joten kirjautuminen kohde-elementille tapahtuu vain aktivoimalla sessio. Lisäksi ratkaisussa on mukana dokumentoitu Ansible-pelikirja, jolla voidaan hallinnoida SSH-avaimia kohde-elementeillä mahdollisimman vähäisellä manuaalisella työllä.

Lisäksi tällä viikolla saatiin viimein ymmärrys 5G SA -kyvykkäiden päätelaitteiden ankurointipisteen manipulointiin. DNS-parametrien muutokset tullaan ottamaan käyttöön tuotantoympäristöön tulevien viikkojen aikana ja ominaisuus tullaan aktivoimaan lähtökohtaisesti vain omille asiakkaille. Tarvittaessa ominaisuus tullaan aktivoimaan myös kumppanioperaattoreiden asiakkaille verkkovierailua varten tilannekohtaisesti, jotta voidaan välttyä mahdollisilta ongelmatilanteilta, joissa kumppanioperaattorin omassa verkossa ominaisuutta ei vielä tueta, mikä puolestaan johtaa epäonnistuneisiin sessioiden muodostuksiin meidän verkossamme.

## 4 POHDINTA JA LOPPUPÄÄTELMÄT

Aloittaessani teknologia-asiantuntijana tammikuussa en ollut täysin varma, miten isoon haasteeseen olinkaan taas tarttunut. Jo opintojeni aikana tulin haalineeksi itselleni haasteita lähtiessäni opiskelemaan toisena lukuvuonnani jo kolmannen ja myöhemmin neljännen vuoden opintoja. Motivaationi ja kykyni oppia asioita nopeasti oli jälleen tuonut eteeni ehkä isoimman haasteen vielä tähän mennessä: hyppäsin tuntemattoman mobiililaajakaistan pariin haastamaan itseäni. Nyt näin reilun kolmen kuukauden jälkeen voin rehellisesti sanoa, että vaikka tämä työ ja jatkuva uuden oppiminen on toisinaan ollut kuormittavaa, olen todella tyytyväinen, miten paljon olen kehittynyt ja oppinut uutta verrattain lyhyessä ajassa. Olen samalla myös todella kiitollinen, että minulle tarjottiin tällaista mahdollisuutta.

Kuten todettua, minulla ei ollut entuudestaan juurikaan tietämystä mobiililaajakaistan teknologioista, sillä opinnoissani olin keskittynyt enemmän kiinteään verkkoon. Pystyin kuitenkin nopeasti omaksumaan, mitkä ovat mobiililaajakaistan perusteet, mistä elementteistä EPC-ydinverkko koostuu, mitkä ovat tärkeimmät elementtien väliset rajapinnat ja mitä protokollia ydinverkon elementit käyttävät viestiessään keskenään. Koen pystyväni seuraamaan palaverissa käytävää keskustelua ja ymmärtämään, miten keskustelussa oleva aihe liittyy tai vaikuttaa olemassa olevaan verkkoomme tai sen elementteihin, vaikka syvällinen, operatiivinen osaaminen minulta vielä puuttuukin. Mielestäni olen pystynyt tammikuussa asetettujen tavoitteiden ja suunnitelman mukaisesti perehtymään tiimimme vastuualueella oleviin teknologioihin ja koen jo osaavani itsenäisesti kuvailla mobiililaajakaistayhteyden kannalta vaadittavia elementtejä, proseduureja ja ominaisuuksia. Olen myös päässyt osallistumaan moniin projekteihin, kuten DHCP-palvelinympäristön migraatioon ja Entitlemen Server -elementin ohjelmistopäivitykseen ja migraatioon uuteen pilvi-instanssiin, ja jopa aloittanut itsekin oman, SSH-avainparien käyttöönottoa koskevan kehitysprojektini. Kokonaisuudessaan olen tyytyväinen edistymiseeni ja osaamiseni tasoon tähän mennessä, ja innolla lähdän syventämään ja kehittämään osaamistani lisää tulevien kuukausien aikana.

Asetin tämän päiväkirjan päätavoitteeksi oppimisprosessini tukemisen ja mielestäni tavoite on saavutettu ja ylitetty. Päivittäinen päiväkirjan kirjoittaminen ja viikon tapahtumien yhteenvetäminen ei ainoastaan auttanut muistamaan käsiteltyjä asioita paremmin vaan joutuessani avaamaan käsiteltyjä teknologioita ja aihealueita selkeään, helposti ymmärrettävään muotoon tulin itse sisäistäneeksi asioita aivan uudella tavalla. En usko, että

ilman oppimispäiväkirjan kirjoittamista osaamiseni olisi lähelläkään nykyistä tasoa. Uutta opeteltavaa asiaa on tullut eteen niin paljon ja asioiden kompleksisuuden lisääntyessä niiden käsittelyyn ja ymmärtämiseen tarvittava aika kasvaa, joten koen, että ainoastaan oppimispäiväkirjaa pitämällä olen pysynyt vauhdissa mukana. Kirjoittamisprosessin aikana tulin monesti miettineeksi, ovatko päiväkirjamerkintäni liian pitkiä, menettävätkö ne tehokkuuttaan tai palvelevatko ne enää alkuperäistä tarkoitustaan ollessaan näinkin pitkiä. Tulin kuitenkin siihen lopputulokseen, että päiväkirjamerkintöjen tarkoitushan on auttaa minua oppimaan ja omaksumaan uusia asioita, joten aiheiden perinpohjainen avaaminen ja selittäminen on tällöin tarkoituksenmukaista.

Päiväkirjamuotoisessa opinnäytetyössä täytyy olla erityisen tarkkana, ettei tule kirjoittaneeksi arkaluontoisista tai salassapidettävistä tiedoista, joita työnteon ohessa käsitellään jatkuvasti. Tasapainoilu yleispätevän kirjoitustyylin ja jonkin teknologian, järjestelmän tai ympäristön yksityiskohtaisen kuvaamisen välillä oli toisinaan haastavaa. Ylätasolla käytetyn järjestelmän tai verkon elementtien kuvaaminen on julkaisukelpoista, mutta ei aina välttämättä palvele oppimista ja aiheen sisäistämistä parhaalla mahdollisella tavalla, sillä tärkeitä yksityiskohtia luonnollisesti jätetään kertomatta. Tämä tarkoittaa vain sitä, että tarkempi ja yksityiskohtaisempi kuvaus ja muistiinpanojen tekeminen tulee tehdä jonnekin muualle. Itse käytin tässä hyödyksi muistivihkooni tekemiä erillisiä muistiinpanoja sekä itse piirtämiäni verkkokuvia. Mielestäni olen kuitenkin onnistunut tässä opinnäytetyössä kuvaamaan käsiteltyjä asioita tarpeeksi syvällisesti, jotta oppimiseni ja osaamiseni taso selkeästi näkyy tekstissä.

Päiväkirjaa kirjoittaessani jouduin aktiivisesti päivittäin panostamaan asioiden pohtimiseen, sisäistämiseen ja syvällisempään ymmärtämiseen: konseptit ja teknologiat on ymmärrettävä paljon syvällisemmällä tasolla, jos niistä on tuotettava laadukasta ja yksityiskohtaista tekstiä. Huomasin, että minun oikeasti kannattaa panostaa tulevaisuudessakin muistiinpanojen huolelliseen kirjaamiseen selkeään ja yksityiskohtaiseen muotoon. Niinpä tämän opinnäytetyön innoittamana tulen jatkamaan päiväkirjamuotoista dokumentoimista työtehtävistäni ja oppimistani asioista myös tulevaisuudessa. Tulen myös ehdottomasti suosittelemaan päiväkirjamuotoista opinnäytetyötä kaikille, jotka työskentelevät jo opiskelemaisensa alan töissä. Oman kokemukseni perusteella se on oivallinen tapa edistää oppimista ja kehittymistä oman alansa asiantuntijaksi.

Seurantaviikkojen aikana tulin omaksuneeksi tiimimme asiantuntijoiden tavan työskennellä ja kehittää olemassa olevia järjestelmiä ja teknologioita. Useimmiten kehitys lähtee liikkeelle tarpeesta, joka voi olla asiakas-, järjestelmä- tai tehokkuuslähtöistä. Tarpeen

ilmenemisen jälkeen se kirjoitetaan auki selkeästi ymmärrettävään muotoon, jotta tiedetään, missä tilanteessa tällä hetkellä ollaan ja mihin tilanteeseen halutaan pyrkiä. Tämän jälkeen tutkitaan mahdollisia ratkaisuja, joilla haluttuun lopputulokseen voitaisiin päästä. Kun vaihtoehtoisista ratkaisumalleista on valittu käyttökelpoisin vaihtoehto, ratkaisua lähdetään testaamaan. Testausta suoritetaan useasta eri näkökulmasta ja erilaisilla muuttujilla. Työtä pyritään dokumentoimaan mahdollisimman hyvin koko prosessin elinajan. Testauksesta saatuja tuloksia arvioidaan ja tehdään päätös ratkaisun käyttöönotosta. Jos testauksen tulokset ovat linjassa halutun päämäärän kanssa, ratkaisu voidaan ottaa käyttöön. Tarpeen vaatiessa palataan piirustuspöydän ääreen ja arvioidaan tilannetta uudelleen. Lopuksi valittu ratkaisu otetaan käyttöön ja muutoshallintaprosessin mukaisesti tehdyt muutokset dokumentoidaan ja niiden vaikutuksia seurataan, kunnes voidaan todeta, että haluttu lopputulos on saavutettu. Tietysti vikatilanteen ilmetessä tehdyt muutokset poistetaan ja palaudutaan alkuperäiseen tilaan ja aloitetaan ongelmanratkaisuprosessi uudelleen. Tämä toiminta tapa näkyi jo hyvin omassakin projektissani, jota pääsin seurantajakson loppupuolella työstämään.

Tätä opinnäytetyötä kirjoittaessani ja osaamiseni karttuessa heräsi samalla todellinen kiinnostus mobiililaajakaistaverkkoihin, ja se kasvaa päivä päivältä. Uusien teknologioiden ja koko alan jatkuva kehittyminen vaatii aktiivista seuraamista ja oppimista, mikä motivoi minua entisestään. Olen todella kiitollinen saadessani olla mukana mobiiliverkkojen kehityksessä ja päästessäni osallistumaan 5G-teknologian käyttöönottoon Suomessa. 5G-teknologian nopeampi ja kapasiteetiltaan suurempi mobiililaajakaistaverkko, IoT- ja M2M -laitteiden hyödyt sekä lyhyen vasteajan ja äärimmäisen luotettavan ja vakaan verkon ansiosta Suomi tulee näkymään kansainvälisilläkin markkinoilla äärimmäisen houkuttelevana ja teknologiaa edistävänä maana.

Tietoliikenneteknologia kehittyy todella nopeaa vauhtia ja jo tällä hetkellä ollaan hyvin kaukana 1980-luvun ensi askelista teknisessä mielessä, vaikkakin aikaa on kulunut kovin vähän. Tämä vain kertoo siitä, millaisia mahdollisuuksia alalla on tarjota tulevaisuudessa, ja siksi olen todella iloinen, että pääsen juuri tässä vaiheessa siirtymään työelämään ja osallistumaan alan kehittämiseen.

## LÄHTEET

3GPP TS 23.228. V16.6.0 (2020-12). Release 16, Stage 2. IP Multimedia Subsystem (IMS). Saatavilla [https://www.3gpp.org/ftp/Specs/archive/23\\_series/23.228/23228-g60.zip](https://www.3gpp.org/ftp/Specs/archive/23_series/23.228/23228-g60.zip). Viitattu 31.5.2021.

3GPP TS 37.340. V15.4.0 (2018-12). Release 15, Stage 2. Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) and NR; Multi-connectivity. Saatavilla [https://www.3gpp.org/ftp/Specs/archive/37\\_series/37.340/37340-f40.zip](https://www.3gpp.org/ftp/Specs/archive/37_series/37.340/37340-f40.zip). Viitattu 31.5.2021.

Cirillo, F. 2018. The Pomodoro Technique: The Life-Changing Time-Management System. New York: Random House. Saatavilla: Google Books. ISBN: 9780753548394 (sähköinen). Viitattu 20.3.2021.

Laki sähköisen viestinnän palveluista 7.11.2014/917. Saatavilla <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20140917>

Monden, Y. & Ohno, T. 2011. Toyota Production System : An Integrated Approach to Just-In-Time. Neljäs painos. Portland: Productivity Press. Saatavilla: ProQuest Ebook Central. ISBN: 9781466504516 (sähköinen). Viitattu 31.5.2021.

Olsson, M.; Sultana, S.; Rommer, S.; Frid, L. & Mulligan, C. 2012. EPC and 4G Packet Networks : Driving the Mobile Broadband Revolution. Toinen painos. San Diego: Elsevier Science & Technology. Saatavilla: ProQuest Ebook Central. ISBN: 9780123948298 (sähköinen). Viitattu: 30.4.2021.

Rommer, S.; Hedman, P.; Olsson, M.; Frid, L.; Sultana, S. & Mulligan, C. 2019. 5G Core Networks : Powering Digitalization. San Diego: Elsevier Science & Technology. Saatavilla: ProQuest Ebook Central. ISBN: 9780081030103 (sähköinen). Viitattu: 30.4.2021.

Sauter, M. 2017. From GSM to LTE-Advanced Pro And 5G : An Introduction to Mobile Networks and Mobile Broadband. Kolmas painos. Newark: John Wiley & Sons, Incorporated. Saatavilla: ProQuest Ebook Central. ISBN: 9781119346937 (sähköinen). Viitattu: 30.4.2021.