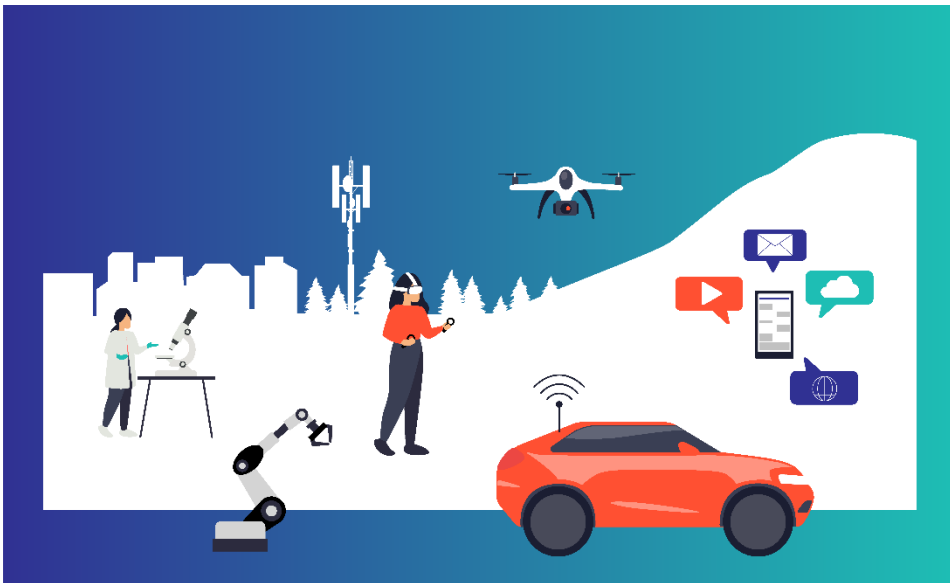


Ari Afflekt • Arja Kotkansalo • Emilia Launne • Joonas Alanko • Mika Uitto
• Petteri Maljamäki • Samuli Valkama • Tauno Tepsa

5G-teknologia ja sen hyödyt yrittäjille



Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



LAPIN LIITTO

Tekijät:

- Ari Afflekt, lehtori, Digitaaliset ratkaisut -osaamisryhmä, Lapin ammattikorkeakoulu
- Arja Kotkansalo, asiantuntija, Uudistuva teollisuus -osaamisryhmä, Lapin ammattikorkeakoulu
- Emilia Launne, asiantuntija, Älykäs rakennettu ympäristö -osaamisryhmä, Lapin ammattikorkeakoulu
- Joonas Alanko, asiantuntija,
- Mika Uitto, asiantuntija, Digitaaliset ratkaisut -osaamisryhmä, Lapin ammattikorkeakoulu
- Petteri Maljamäki, asiantuntija, Digitaaliset ratkaisut -osaamisryhmä, Lapin ammattikorkeakoulu
- Samuli Valkama, asiantuntija, Digitaaliset ratkaisut -osaamisryhmä, Lapin ammattikorkeakoulu
- Tauno Tepsa, lehtori, Digitaaliset ratkaisut -osaamisryhmä, Lapin ammattikorkeakoulu

Kansikuva: Emilia Launne ja Herttakaisa Herkkola

Metatiedot

Tyyppi: Monografia

Julkaisija: Lapin ammattikorkeakoulu Oy

Julkaisuvuosi: 2023

Sarja: Pohjoisen tekijät - Lapin ammattikorkeakoulun julkaisuja 27/2023

ISBN: 978-952-316-492-5 (pdf)

ISSN: 2954-1654 (verkkojulkaisu)

URL-linkki: <https://pohjoisenteijajat.fi/2023/08/28/5g-teknologia-ja-sen-hyodyt-yrittajille/>

Oikeudet: CC BY-SA 4.0

Kieli: suomi

Tiivistelmä

Viidennen sukupolven mobiiliverkkoteknologian tuomat hyödyt eivät ole helposti havaittavissa. Tässä teknologiakatsauksessa kuvataan 5G-teknologian tuomia hyötyjä ja haasteita sekä syitä pysyä mobiiliverkkoteknologian kehityksen mukana. Teoksessa avataan 5G-teknologian toimintaperiaatteita ja sen tuomia mahdollisuuksia lappilaisille yrityksille.

Teknologiakatsaus on osa Lapin ammattikorkeakoulun ja Ilmatieteen laitoksen Lapin 5G kiihdyttämö -hanketta, joka toteutetaan Lapin liiton myöntämällä EAKR- ja valtion rahoituksella. Hankkeen toimenpiteet ajoittuvat 1.8.2021-31.8.2023 väliselle ajalle.

Sisällys

1. JOHDANTO.....	4
2. 5G-TEKNOLOGIA.....	6
2.1. Radioliityntäverkko	6
2.2. 5G Core eli ydinverkko	6
2.3. Verkon viipalointi	7
2.4. Reunalaskenta	8
2.5. Virtualisointi.....	9
3. EROT MUIHIN VERKKOIHIN	10
3.1. Aikaisemmat matkapuhelingueneraatiot	10
3.2. 3G-verkon alasajo	11
3.3. 5G-verkko verrattuna 4G LTE –verkkoon Tiivistetysti	12
3.4. 6G-teknologia valmisteilla.....	14
3.5. Valokuitu ja yksityisverkot	15
4. UUSIA MAHDOLLISUUKSIA LAPPILAISILLE YRITTÄJILLE	16
4.1. 5G kuuluvuusalue Lapissa	16
4.2. Miten hyödyntää 5G-verkkoa	19
4.3. 5G-verkon perustaminen.....	20
4.4. 5G-privaattiverkon asentaminen	22
5. YHTEENVETO	24
LÄHTEET	26

1. Johdanto

Viidennen sukupolven mobiiliverkkoteknologia (5G) on uusin mobiiliverkoista. Uuden verkon tuomat hyödyt eivät ole helposti havaittavissa ja sen ympärille kehitettävät uudet tuotteet ja liiketoimintamahdollisuudet tulisi saattaa toimijoille tietoon, jotta pysytään teknologiaratkaisuiden osalta kärkipäässä niin Suomessa kuin Lapissa.

Matkapuhelinverkkoja nimitetään yleisesti sukupolven mukaan. Jokaisen uuden sukupolven myötä luotettavuus ja siirtonopeus ovat kasvaneet. Kuitenkin nopeuden ja laadun parantamiseksi on jouduttu kasvattamaan taajuutta, ja tämän vuoksi signaalin kantama on pienentynyt. Tämä on puolestaan johtanut tukiasemien määrän lisäämiseen. 5G-teknologia tarjoaa nopeampia tiedonsiirtonopeuksia, pienempää latenssia ja suurempaa joustavuutta kuin edeltäjänsä. Suurempi tiedonsiirtonopeus mahdollistaa peruskäyttäjän näkökulmasta viiveettömän ja laadukkaamman pelaamisen, etätyöskentelyn ja suoratoistopalveluiden käytön. Siksi matkapuhelinoperaattoreiden 5G-tukiasemien, loppukäyttäjän päätelaitteiden ja matkapuhelinliittymien määrän voimakas kasvu tulee jatkumaan expansiivisesti tulevaisuudessa.

Uuden sukupolven mobiiliverkkojen käyttöönoton hidasteena on ollut huoli sen aiheuttaman radiotaajuisten sähkömagneettisten säteilyn haitallisuudesta. Ihmisille merkittävin sähkömagneettisen säteilyn lähde on lähellä kehoa pidettävät päätelaitteet, kuten matkapuhelimet. Suomen säteilyturvakeskuksen mukaan 5G-verkkojen lähettämä säteily vastaa teholtaan aiempien sukupolvien verkkoja. Matkaviestinverkkojen säteilyturvallisuuden varmistamiseksi säteilylainsäädännössä on määritelty altistuksen raja-arvot, jotka perustuvat parhaaseen tieteelliseen näyttöön. Säädäntö kattaa nykyiset ja tulevat 5G-verkon taajuudet. Raja-arvot suojaavat ihmisiä niin lyhyt- kuin pitkäaikaisenkin altistumisen terveysvaikutuksilta. (Säteilyturvakeskus STUK.)

Tällä hetkellä tehdään jo koulutus- ja kehittämisverkoston kautta kansallista 5G-yhteistyötä. Verkostossa on mukana kaikki teollisuuden kärkiyritykset sekä yliopistot ja ammattikorkeakoulut. Kansallinen tahtotila on lisätä 5G-teknologian hyödyntämistä sekä julkisella että yksityisellä sektorilla. Lapissa 5G-teknologiaa voidaan soveltaa laajasti

kaikilla tärkeillä toimialoilla kuten matkailussa, teollisuudessa, kylmä- ja talviteknologiassa, biotaloudessa ja terveystaloudessa. Laajaa käyttöönottoa varten lappilaiset yritykset tarvitsevat lisää tietoa 5G-tekniikasta.

Lapin 5G kiihdyttämö -hankkeella tavoitteena on tuoda 5G-tekniikan hyödyntäminen lappilaisten yritysten ulottuville. Hankkeen on rahoittanut Lapin liitto Euroopan aluekehitysrahastosta. Hanke toteutetaan yhteistyössä Lapin ammattikorkeakoulun ja Ilmatieteen laitoksen kanssa vuosina 2021-2023 osana Lapin maakunnan reagointia koronapandemiasta toipumiseen ja yritysten digitalisaatioasteen nostamiseen. Hankkeen toimenpiteet tähtäävät yritysten aktivointiin laajasti erilaisilla yleisillä ja kohdennetuilla tilaisuuksilla sekä sparrauksella. Lappiin tuotetaan konkreettisia esimerkkejä 5G-tekniikan hyödyntämisestä pilottien avulla. Lisäksi hankkeella pyritään luomaan verkostoja kansallisesti ja kansainvälisesti sekä koostaa tekniikakatsaus.

Tässä tekniikakatsauksessa kuvataan 5G-tekniikan tuomia hyötyjä ja haasteita sekä syitä pysyä mobiiliverkkotekniikan kehityksen mukana. Teoksessa avataan 5G-tekniikan toimintaperiaatteita ja sen tuomia mahdollisuuksia lappilaisille yrityksille.

2. 5G-teknologia

5G-teknologian tuomat hyödyt ovat selviä, mutta 5G:n mahdollistava verkkoarkkitehtuuri jää monelta peruskäyttäjältä pimentoon. Tässä osiossa kerrotaan 5G-verkkoarkkitehtuurin avaintekijöistä ja niiden merkittävyydestä nopeampaan ja luotettavampaan verkkoyhteyteen.

2.1. RADIOLIITYNTÄVERKKO

5G-verkkoarkkitehtuurin ytimessä on RAN (Radio Access Network), joka yhdistää käyttäjän laitteen runkoverkkoon langattomilla radiosignaaleilla. RAN koostuu tukiasemista, antennista ja muista laitteista, jotka lähettävät ja vastaanottavat signaaleja.

5G käyttää useita taajuuksia. Pääosin 5G-verkko on toteutettu suomessa 3,5 gigahertsin taajuusalueella (n78) ja 700 megahertsin (n28) taajuusalueella kuuluvuuden takaamiseksi. Suomessa millimetritaajuinen 5G-verkko toimii 26 gigahertsin taajuusalueella (n258), jonka kuuluvuusalue on suhteellisen pieni korkean taajuuden takia. Matalilla taajuuksilla on parempi kantama, mutta pienempi tiedonsiirtokapasiteetti kuin korkea taajuuksilla ja toisinpäin.

2.2. 5G CORE ELI YDINVERKKO

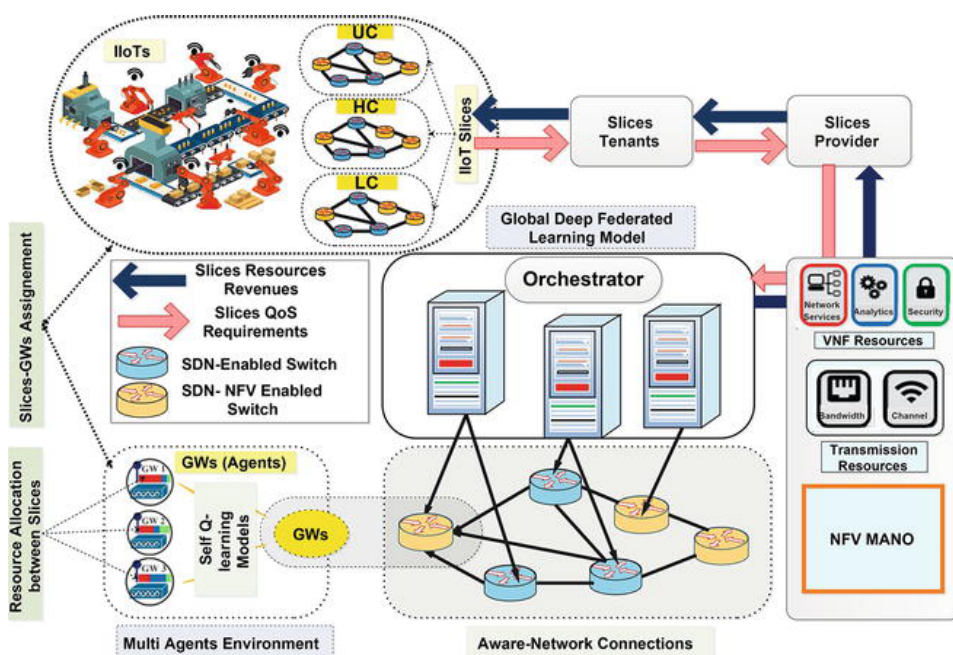
Ydinverkko vastaa tiedonkulun hallinnasta verkon eri osien välillä. Ydinverkko koostuu useista osakomponenteista, mukaan lukien 5G Core (5GC), joka on uusi, erityisesti 5G:tä varten suunniteltu arkkitehtuuri, ja 5G Radio Access Network (5G RAN).

5G NSA verkko vaatii 4G-verkon signalointia varten. 5G SA ei tarvitse enää 4G-verkkoa, vaan se hoidetaan 5G Coren kautta. 4G-verkon EPC-network (Evolved Packet Core) alettiin käyttämään 5G NSA verkon kanssa, jotta 5G saataisiin nopeasti käyttöön. SA ei ollut valmis samaan aikaan kuin NSA, koska SA vaatii laajoja teknisiä uudistuksia. NSA tulee jatkossakin toimimaan SA:n rinnalla. 5GC sisältää useita verkkotoimintoja, kuten User Plane Function (UPF), Access and Mobility Management Function (AMF) ja Session Management Function (SMF). Nämä toiminnot yhdessä hallitsevat tietovirtaa ja varmistavat, että jokaisen käyttäjän laite on yhdistetty oikeaan verkko-osaan.

Fyysisesti ydinverkon runkoyhteydet sijaitsevat yleensä teiden tai muiden väylien varsilla. Ne liittävät ydinverkot, solmupisteet sekä kaupunkien siirtoverkot toisiinsa. Ydinverkon kautta yhdistetään myös valtiot, maanosat ja eri operaattoreiden verkot, joiden välillä data liikkuu yhdysliikennepisteiden sekä solmupisteiden eli nielujen kautta. Ydinverkossa datanopeus voi tarpeen tullen olla jopa 400 gigatavua sekunnissa. (Halonen, 2022.)

2.3. VERKON VIIPALOINTI

Verkon viipaloinnin mahdollistavat ohjelmallisesti määritetyt verkot (SDN), jossa verkon hallinta ja data on eriytetty joustavuuden lisäämiseksi ja verkkotoimintojen virtualisointi (NFV).



Kuva 1. Esimerkki verkon viipalointiarkkitehtuurista

Kuvassa 1 on esitetty yksi verkon mahdollinen viipalointiarkkitehtuuri. 5G verkon viipalointi mahdollistaa yrityksen oman verkkoliikenteen eriyttämiseen muusta verkkoliikenteestä. Verkon viipalointi mahdollisuus on yksi merkittävimmistä 5G:n tuomista hyödyistä. Viipaloidun verkon ominaisuudet optimoidaan siten, että ne sopivat mahdollisimman hyvin haluttuun käyttötarkoitukseen.

Aikaisemmissa mobiiliverkoissa kaista on jaettu kaikkien muiden saman tukiaseman käyttäjien kanssa, mutta nyt tietyille asiakkaalle, sovellukselle tai liikennetyypille voidaan varata oma kiinteä siivu mobiiliverkossa, siirtoverkoissa ja runkoverkoissa sekä käyttää asiakaskohtaista laitteistoa. Yritykset pystyvät viipaloinnin ansiosta toteuttamaan mobiiliverkolla liiketoiminta- ja viivekriittisiä palveluita joustavasti ja erittäin korkealla tietoturvasallalla. Esimerkiksi paljon kaistaa vaativa sisältö esimerkiksi videot sijoitetaan omalle kaistalle, jotta saavutetaan tarvittava laatu. Toisaalta rahaliikenteeseen liittyvä data ja IoT-laitteet voidaan haluta sijoittaa omaan verkkoon rajaamaan tietoturvauhkia. Näin voidaan taata, että data pysyy yrityksen omissa it-järjestelmissä, eikä kierrä lainkaan operaattorin verkossa.

Lisäksi toimitiloihin ja niiden välille ei tulevaisuudessa, kun 5G-verkko on tarpeeksi kattava, välttämättä tarvitse rakentaa monimutkaisia kiinteitä tietoliikenneyhteyksiä, vaan viipalointiratkaisuilla niitä voi tehdä valtakunnallisen 5G-infrastruktuurin päälle. Kun käyttäjä on varannut itselleen viipaloidun yhteyden, sen koko kapasiteetti on aina saatavilla. Viipaleen käytön loppuessa, sen varaama tukiasemakapasiteetti annetaan kaikille muille 5G verkon käyttäjille normaalikäyttöön. Luonnollisesti viipaleille varattu kapasiteetti riippuu kysynnästä ja tukiaseman suorituskyvystä. Verkkoa viipaloidaan joustavasti kysynnän mukaan. Muille kuin viipaloidun verkon käyttäjille varataan riittävä kapasiteetti.

2.4. REUNALASKENTA

5G-verkot tukevat myös reunalaskentaa, joka mahdollistaa tietojen käsittelyn ja tallennuksen lähempänä loppukäyttäjän laitetta. Reunalaskentaa tehdään käyttämällä reunal palvelimia ja pilvipohjaisia sovelluksia, jotka voivat käsitellä ja analysoida dataa reaaliajassa. Reunalaskenta voi vähentää merkittävästi viivettä ja parantaa vasteaikoja käsittelemällä dataa verkon reunalla sen sijaan, että se lähetettäisiin ydinverkkoon asti. Tämä on erityisen tärkeää sovelluksissa, jotka vaativat reaaliaikaista tietojenkäsittelyä, kuten autonomiset ajoneuvot tai etäkirurgia. Käytännössä reuna voi olla esimerkiksi älypuhelin, matkapuhelintukiasema, IoT-laite tai itseohjautuva auto. Reunalaskenta säästää kaistanleveyttä runkoverkossa, josta voi tulevaisuudessa tulla hyvinkin ruuhkainen ilman reunalaskentaa johtuen kasvavasta IoT-laitteiden määrästä. Data pysyy myös paremmin suojassa, koska sitä siirrellään vähemmän.

Termi Edge AI tarkoittaa reunalaskennan ja koneoppimisalgoritmien hyödyntämistä yhdessä. tarjoaa useita etuja perinteisiin pilvipohjaisiin

tekoälyjärjestelmiin verrattuna, mukaan lukien pienempi latenssi, paremmat vasteajat ja kyky toimia ympäristöissä, joissa on rajoitettu verkkoyhteys. Edge AI voi mullistaa useita toimialoja mahdollistamalla älykkään päätöksenteon verkon reunalla, parantamalla tehokkuutta ja mahdollistamalla uusia käyttötapauksia.

2.5. VIRTUALISOINTI

5G-virtualisointi on lähestymistapa, joka sisältää verkkotoimintojen virtualisoinnin 5G-verkkojen käyttöönotossa. Tämän lähestymistavan avulla verkko-operaattorit voivat erottaa ohjelmistot taustalla olevista laitteistoista ja luoda virtualisoituja verkkotoimintoja (VNF), joita voidaan hallita ja ottaa käyttöön itsenäisesti. Perinteisessä tukiasemassa on ollut erilliset laitteistot esim. palomuurille, kytkimelle ja reitittimelle. Jokainen näistä on ollut oma laitteensa ja teho piti mitoittaa suurimman tarpeen mukaan. Myös ylläpito piti suorittaa erikseen jokaiselle laitteelle, oli valmistajakohtaista ja saattoi vaatia fyysisen liittymän laitteeseen. Virtualisoinnissa kaikki komponentit toteutetaan ohjelmallisesti samalla laitteistolla. Näin eri komponenttien vaatimia tehoresursseja voidaan paremmin säätää vastaamaan kulloistakin tarvetta. Myös ylläpito on helpompaa ja voidaan toteuttaa yleensä etäyhteydellä.

5G-virtualisoinnin käyttö tarjoaa lukuisia etuja, kuten paremman verkon suorituskyvyn, paremman luotettavuuden, pienemmät käyttökustannukset ja mahdollisuuden tukea uusia käyttötapauksia ja sovelluksia. Tämä tekniikka hyödyntää ohjelmiston määrittämää verkkoa (SDN) ja verkkotoimintojen virtualisointia (NFV), mikä mahdollistaa tehokkaan ja joustavan verkonhallinnan, suuremmat nopeudet ja pienemmän viiveen. 5G-virtualisoinnin käyttöönotto on ratkaisevan tärkeää, jotta verkko-operaattorit voivat hyödyntää 5G-verkkojen koko potentiaalia ja luoda uusia liiketoimintamahdollisuuksia. Verkko-operaattorit voivat nopeasti ja helposti ottaa käyttöön uusia palveluita ja sovelluksia ilman kalliita laitteistopäivityksiä. Virtualisointi parantaa myös verkon skaalautuvuutta, jolloin verkko pystyy käsittelemään suuremman määrän käyttäjiä ja laitteita.

3. Erot muihin verkkoihin

Tässä osiossa kerrotaan 5G-verkon eroista aikaisempien sukupolvien verkkoihin, 3G verkon alasarjon syistä ja tulevaisuuden 6G verkosta.

3.1. AIKAISEMMAT MATKAPUHELINGENERAATIOT

Nykyisistä matkapuhelinverkkojen teknologioista merkittävin on 4G ja toistaiseksi on vielä käytössä 3G ja 2G generaatiot. Vanhemmat matkapuhelin generaatiot, kuten 3G (HSPA) tai 2G (EDGE ja GPRS) eivät tarjoa riittävän nopeaa, laadukasta tai kattavaa tiedonsiirtoyhteyttä nykypäivän tarpeisiin.

Matkapuhelinverkkojen lisäksi radiotaajuinen tiedonsiirto voidaan toteuttaa myös muilla teknologioilla, kuten LoRa tai LoRaWAN verkoilla (Long Range Wide Area Network). Yleisesti näistä teknologioista käytetään nimitystä LPWA (Low Power, Wide Area). Muut radioverkkoteknologiat kuin matkapuhelinverkot, käyttävät yleensä 802.11 standardin mukaista tiedonsiirtoprotokollaa. Lisäksi käytössä on ns. "vapaita" ISM (industrial, Scientific and Medical applications) radiotaajuuksia. Nämä taajuudet on tarkoitettu lähinnä muuhun kuin varsinaiseen tiedonsiirtoon. ISM taajuuksilla on mahdollista toteuttaa esimerkiksi IoT (Internet of Things) -ratkaisuja. LPWA -verkkojen käyttö rajoittuu lähinnä pienitehoisiin ja pienen tiedonsiirtokapasiteetin ratkaisuihin, kuten IoT-verkkoihin. Näiden verkkojen ongelmana on Roaming eli verkonvaihto tukiasemien välillä. Suomessa mm. Digita Oy tarjoaa maanlaajuista LoRaWAN verkkoa (Digita).

4G eli Suomessa käytännössä LTE teknologia tuo nopean tiedonsiirron mahdollisuuden käytännössä lähes koko suomen maantieteelliselle alueelle. 4G 100M (100Mbit/s) nopeudella sen kattavuus eli kuuluvuus ja peittoalue on kaikkien kolmen matkapuhelinoperaattorin yhteisenä palveluna tarjolla lähes kaikkialla. Suurimmat yhtenäiset alueet, joilla 4G ei ole saavutettavissa ovat Lapin erämaiset alueet, joilla kiinteä asutus on hyvin harvaa. Viidennen (5G) ja neljännen (4G) sukupolven verkkoteknologiat toimivat tulevaisuudessa rinnakkain. 5G on kehittänyt 4G:n palvelukapasiteettia, jolloin verkosta on monilta osin tullut talouden keskeinen infrastruktuuri ja mahdollistaja (King, 2019). 5G ei ole tullut vielä korvaamaan 4G:tä, vaan se tarjoaa tehokkaampaa verkkoinfrastruktuuria

tietyillä alueilla. 5G:n etu verrattuna 4 on nopeampi ja vakaampi tiedonsiirto ja pienemmät viiveet tukiaseman ja päätelaitteen välillä.

Useissa mobiililaitteissa voi olla kaksi tai useampi liittymä. Jokainen matkaviestinliittymä tarvitsee tilaajan tunnistusmoduulin eli SIM-kortin (Subscriber Identify Module). Samassa operaattorin SIM-kortissa voi olla tunnistautuminen useampaan matkapuhelingueneraatioon eli 5G-yhteys ei vaadi erillistä SIM-korttia. SIM-kortti voi olla myös elektroninen, jos käytetty päätelaite tukee kyseistä vaihtoehtoa ja operaattorilla on kyseinen palvelu käytössä. Kotitalouksissa ja yrityksissä käytetään Wifi-yhteyden liityntäpisteenä myös 4G tai 5G reitittimiä, joissa on asiaankuuluva liittymä eli käytännössä SIM-kortti. Monet IoT-laitteet tukevat myös 4G- tai 5G-tekniologiaa.

5G:tä ei ole voinut rakentaa ilman kansainvälisesti hyväksytyjä standardeja ja yhteisymmärrystä siitä, mitä 5G yleensä tarkoittaa. Asia eteni, kun vuonna 2018 Portugalissa järjestetyssä RAN:n yleiskokouksessaan 3GPP-organisaatio hyväksyi Lissabonissa ensimmäisen vaiheen 5G-radorajapinnan teknisen spesifikaation (Non-Standalone, NSA). (Uusiteknologia, 2018.) 5G standardoinnista vastuussa oleva 3GPP (3rd Generation Partnership Project) on usean standardointijärjestön yhteistyöorganisaatio. Mukana yhteistyöorganisaatioissa ovat telekommunkaatioalan standardointiorganisaatiot ARIB, CCSA, ETSI, ATIS, TTA, TSDSI ja TTC. 3GPP käyttää rinnakkaisten julkaisujen (releases) tapaa, joka tarjoaa kehittäjille vakaan alustan ominaisuuksien toteuttamiseen tiettyyn versioon ja mahdollistaa uusien toimintojen lisäämisen seuraaviin julkaisuihin.

5G standardilla voi olla joko avoin (open), jäädytetty (valmis, frozen) tai suljettu (ei aktiivinen, closed) status. Vaikka versio (release) 5G-spesifikaatiosta on jäädytetty, kestää vielä jonkin aikaa, ennen kuin vastaava implementointiohjeistus on täysin valmis, ja loputkin tekniset detaljit on viimeistelty 5G järjestelmien toimittajien puolelta.

3.2. 3G-VERKON ALASAJO

DNA, Elisa ja Telia ajavat 3G-verkkonsa alas vaiheittain vuoden 2023 aikana. Kolmannen sukupolven 3G-verkko on ollut toiminnassa noin 20 vuoden ajan ja 2023 loppuun mennessä se poistuu kokonaan käytöstä. Kun 3G-verkko lakkaa toimimasta, siirtyvät verkon laitteet käyttämään 2G-verkkoa ja useita taajuuksia vapautuu modernimpien verkkojen käyttöön.

3G-verkkojen alasajo tapahtuu pääasiassa kohtuullisen vaivattomasti, sillä verkkoa käyttävät laitteet ovat pääasiassa jo vanhoja, monet jopa käyttökänsä päässä. Tietynlaisten laitteiden käyttäjille voi aiheutua ongelmia, kun esimerkiksi jotkut valvonta- ja riistakamerat voivat edelleen toimia kolmannen sukupolven verkossa. Modernit laitteet ovat kuitenkin pääasiassa siirtyneet jo 4G-verkkojen käyttöön ja palveluntarjoajat ovat luvanneet, että 3G-verkkojen alasajon jälkeen 4G-verkkojen kapasiteettia tullaan laajentamaan ja katvealueet pienenevät.

Kolmannen sukupolven verkot ajetaan alas pääasiassa kaistan vapauttamisen ja ylläpidon kulujen vähentämisen vuoksi. Kolmannen sukupolven verkot vievät tilaa moderneilta verkoilta, vaikka niitä ei enää juurikaan käytetä. Vanhojen verkkojen ylläpitäminen on myös tarpeeton kulu niiden käyttöön nähden ja uudet verkot ovat huomattavasti vanhentunutta verkkoa energiatehokkaampia.

Vanhat laitteet siirtyvät automaattisesti käyttämään 2G-verkkoa, jolloin niillä ei enää pääse internettiin ja on mahdollista, että esimerkiksi puhelujen laatu heikkenee. Palveluntarjoajat ovat suositelleet laitteiden päivittämistä 4G- tai 5G-verkkoja tukeviin malleihin. (Line Carrier, 2022.)

3.3. 5G-VERKKO VERRATTUNA 4G LTE –VERKKOON TIIVISTETYSTI

Nopeus ja kapasiteetti

5G tarjoaa huomattavasti korkeammat tiedonsiirtonopeudet ja kapasiteetin verrattuna LTE:hen. Vaikka LTE voi tarjota latausnopeuksia jopa 100 Mbps (megabittiä sekunnissa) reaali maailman olosuhteissa, 5G voi saavuttaa nopeuksia, jotka vaihtelevat 100 Mbps:stä useisiin gigabittia sekunnissa. Tämä tarkoittaa nopeampia latauksia ja sujuvampaa suoratoistoa.

Viive

5G:llä on paljon alhaisempi viive kuin LTE:llä. Viive tarkoittaa aikaa pyynnön lähettämisen ja vastauksen saamisen välillä. 5G:n viive voi olla jopa 1 millisekunti, mikä on ihanteellista sovelluksille, jotka vaativat reaaliaikaista vasteaikaa, kuten online-pelaaminen, autonomiset ajoneuvot ja etäleikkaus. 4G LTE:llä viive on tyypillisesti noin 10 millisekuntia.

Verkon kapasiteetti

5G on suunniteltu käsittelemään huomattavasti suurempi määrä samanaikaisesti yhteydessä olevia laitteita yksikköaluetta kohti verrattuna LTE:hen. Tämä parannettu verkon kapasiteetti on tärkeää kasvavan määrän Internet of Things (IoT) -laitteiden, älykaupunkien ja muiden yhteydessä olevien järjestelmien kannalta.

Spektritehokkuus

5G on spektritehokkaampi kuin LTE, mikä tarkoittaa, että se voi lähettää enemmän dataa käyttämällä samaa määrää taajuuskaistaa. Tämä tehokkuus saavutetaan edistyneiden teknologioiden, kuten Massive MIMO (Multiple Input Multiple Output) ja säteenmuodostuksen, avulla, jotka mahdollistavat 5G-verkkojen tehokkaamman tiedonsiirron.

Taajuuskaistojen käyttö

Vaikka LTE toimii pääasiassa alle 6 GHz:n taajuuskaistoilla, 5G käyttää sekä alle 6 GHz:n taajuuskaistoja että korkeampia millimetriaaltoalueen taajuuskaistoja. Millimetriaaltoalueen taajuuskaistat tarjoavat uskomattoman korkeita tiedonsiirtonopeuksia, mutta niillä on lyhyempi kantama ja ne voivat helposti estyä esteiden takia. Alle 6 GHz:n taajuudet tarjoavat laajemman kattavuuden ja paremman läpäisykyvyn esteiden läpi.

Verkon arkkitehtuuri

5G tuo mukanaan uuden verkon arkkitehtuurin, jota kutsutaan "5G Coreksi" tai "5GC:ksi". Se perustuu joustavampaan ja modulaariseen suunnitteluun verrattuna LTE-verkon arkkitehtuuriin. Se mahdollistaa verkon viipaloinnin, jossa verkko voidaan jakaa useisiin virtuaaliverkkoihin, jotka on räätälöity tiettyihin käyttötapauksiin, varmistaen tehokkaan resurssien jaon ja optimoidun suorituskyvyn.

5G verkon kantama

5G-verkon kantama on yleensä pienempi kuin 4G-verkossa, ja tämä johtuu useista tekijöistä, kuten käytetyistä taajuuksista ja verkkoinfrastruktuurista. Yksi syy 5G verkon lyhyempään kantamaan on se, että 5G-verkko käyttää korkeampia taajuuksia, kuten millimetriaaltoja (mmWave, 24-40GHz) tai alle 6 GHz taajuuksia (sub-6 GHz), jotka yleensä

vaimentuvat nopeammin esteiden, kuten seinien tai puiden, vaikutuksesta. Millimetriaallot erityisesti ovat herkempiä heikentymiselle esteiden kanssa. Suomessa operaattorit rakentavat 5G verkkoa 3.5GHz ja 700MHz taajuuksia käyttäen. 700MHz 5G verkon teoreettinen kantama on jopa 10 km.

5G Energiatehokkuus

5G-verkossa liikkuva data kuluttaa entistä vähemmän energiaa, eli sähkön kulutus on pienempää datamäärään suhteutettuna. Sähkönkulutus kyllä lisääntyy, mutta se johtuu mobiilidatan käytön kasvusta.

3.4. 6G-TEKNOLOGIA VALMISTEILLA

Matkapuhelingueneraatioiden seuraava sukupolvi 6G on tutkimuslaitosten ja yritysten toimesta valmisteilla. Toistaiseksi sen määrittely on keskeneräinen, mutta jo nyt on spekuloitu, että tulevissa teknologioissa käytetään suuremman kanavakapasiteetin saavuttamiseksi nykyisien taajuuksien lisäksi huomattavasti suurempia taajuuksia eli millimetriaaltoja (30 - 300GHz). Mahdollisesti myös terahertsitaajuuksia (300 - 3000GHz). 6G verkkojen odotetaan olevan nykyisiä vieläkin monipuolisempia ja käyttökohteina mahdollisesti virtuaalitodellisuus (VR) ja lisätty todellisuus (AR). Suomessa laitevalmistaja Nokian julkisilla www-sivuilla ennakoidaan 6G verkkojen kaupallisen käyttö voisi alkaa vuonna 2030. Teknologian käyttöönoton aikataulua ei voi vielä ennakoida tarkasti, koska standardointiaakaan ei ole vielä aloitettu. Nokian mukaan standardoinnin ensimmäinen vaihe todennäköisesti alkaa vuonna 2026 standardointijärjestöjen yhteistyöorganisaation (3GPP) toimesta.

Lapin AMK on yhteistyössä Oulun Yliopiston ja Luulajan teknillisen korkeakoulun mukana Arctic 6G –hankkeessa, jossa selvitetään tulevan 6G –verkon vaikutuksia maaseudulla ja harvaan asutuilla alueilla. Hanke on Interreg Aurora rahoitteinen ja Suomessa sen valvonnasta vastaa Lapin liitto. Projektin tavoitteina on kehittää energiatehokasta 6G teknologiaa syrjäisille alueille, kehittää menetelmiä verkon kattavuuden eriarvoisuuden arvioimiseen ja mittaamiseen, verkon suojaustoimintojen kehittäminen, verkkoon liitettävien IoT-laitteiden lokalisointimenetelmien kehittäminen ja ymmärryksen lisääminen alueen asukkaiden ja yhteisöjen yhteystarpeista. (Arctic 6G.)

3.5. VALOKUITU JA YKSITYISVERKOT

Toimiakseen 5G-verkot tarvitsevat valokuitua. Vaikka 5G on se yhteys, jolla kuluttaja saa internetin, niin 5G-asemiin se tulee valokuidun kautta. Voidaan siis ajatella, että yhteyden varmuuden ja nopeuden puolesta valokuitu on aina langatonta 5G-yhteyttä parempi. (Ziemann, 2019.)

Kuluttajan näkökulmasta kysymys on usein siinä, kummalla yhteydellä saadaan halvemmalla vakaampi ja tarpeeksi nopea yhteys. Ratkaisu on yleensä tapauskohtainen. 5G-verkkojen etuna on pääasiassa niiden ketteryys. Valokuitu on äärimmäisen nopea, mutta perinteinen langallinen tapa saada internet.

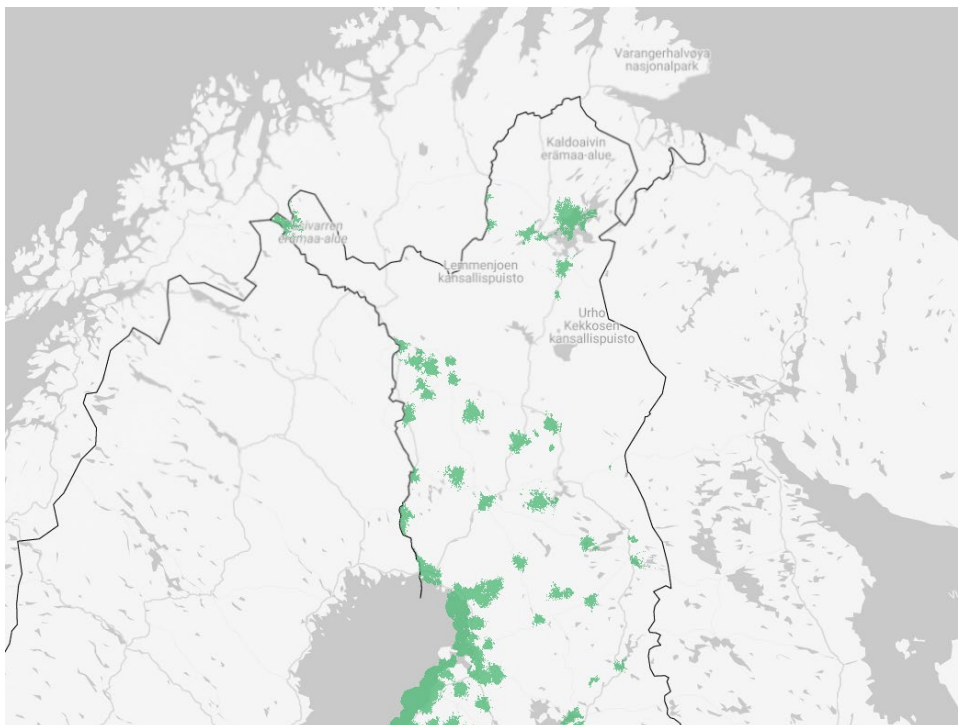
Yksityisverkko on yrityksen tai muun toimijan oma sisäinen 5G-verkko, joka yleensä skaalataan käyttötarpeisiin nähden. Sillä voidaan huolehtia esimerkiksi sairaaloiden tai muiden elintärkeiden yksiköiden yhteyksien turvallisuudesta aikaisempia järjestelmiä paremmin. Julkisen mobiiliverkon nopeus sekä viive muuttuvat kuormituksen mukaan, jolloin sitä ei aina voi käyttää, jos esimerkiksi yhteydet ovat liiketoiminnan kannalta kriittisiä. Yksityisverkot ovat tapa taata nopeus, luotettavuus sekä viiveettömyys. Yleisimmissä yksityisverkkoratkaisuissa yritys sopii palveluntarjoajan kanssa siitä, mitkä liittymät voivat saada yhteyden verkkoon. (DNA, 2021.) Lapin ammattikorkeakoulun Rovaniemen toimipisteen asennetaan Nokian kanssa yhteistyössä tehty 5G-privaativerkko.

4. Uusia mahdollisuuksia lappilaisille yrittäjille

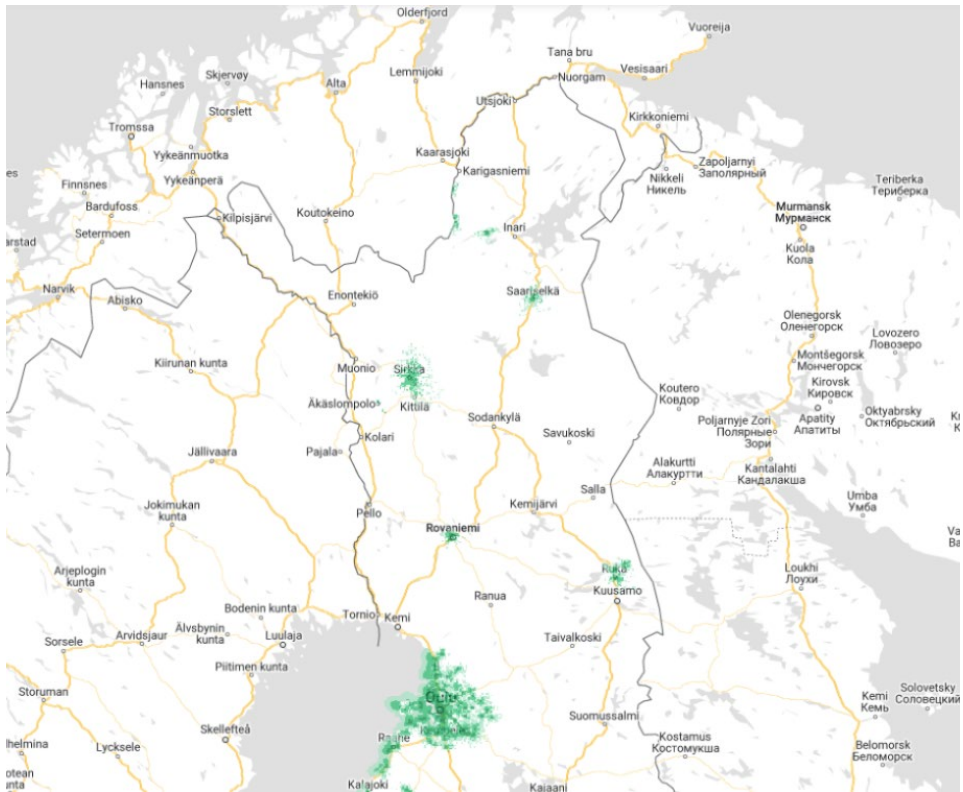
Tässä osiossa kerrotaan 5G-verkon kuuluvuusalueesta lapissa sekä esimerkkejä 5G-verkon tuomista mahdollisuuksista yrittäjille että 5G-verkon perustamisen vaiheista.

4.1. 5G KUULUVUUSALUE LAPISSA

Lapissa toimivat kaikki Suomen suurimmat operaattorit: Telia, Elisa ja DNA. Suurin 5G-verkon kuuluvuusalue lapissa on Elisalla (Kuva 2), johon kuuluu suurin osa Lapin kaupungeista, pois lukien itä-Lappi. Telian, Elisan ja DNA:n 5G-verkot Lapin suurimmissa matkailukeskuksissa, joita ovat Ylläs, Levi ja Saariselkä. Teliällä (Kuva 3) ja DNA:lla (Kuva 4) ei ole 5G-mobiiliverkkoa Lapissa edellä mainittujen matkailukeskusten ulkopuolella.



Kuva 2. 5G-verkon kuuluvuus Lapissa Elisän verkossa



Kuva 3. 5G-verkon kuuluvuus Lapissa Telian verkossa



Kuva 4. 5G-verkon kuuluvuus Lapissa DNA:n verkossa

Suomen Yhteisverkko on DNA:n ja Telian yhteinen verkkoyhtiö, joka suunnittelee toteuttaa ja ylläpitää matkaviestinverkkoja Pohjois- ja Itä-Suomen alueella. Yhteisverkko rakentaa parhaillaan 5G-verkkoa Oulussa ja Imatralla. Yhteistyöverkolla ja Nokiolla on yhteistyösopimus, jossa kaikki verkon tukiasemat uusitaan 2021–2023. Yhteisverkko Oy:n toimitusjohtaja Antti Jokisen mukaan 5G tulee kaikkiin niihin paikkoihin, jossa heillä on 4G-verkko saatavilla. (Ruuskanen, 2020.)

5G-verkkojen rakentamista Lapin matkailukeskusten alueelle on vauhdittanut koronapandemian myötä tullut työn murros, joka on tehnyt etätyöstä yhden 5G-verkon pääkäyttökohteista. Töitä tehdään entistä useammin perheen läsnä ollessa ja etätyöarjen vakiintuessa moni on siirtänyt etäkonttorinsa mökille tai kotimaan matkailukohteisiin (Elisa, 2021). Yrityksen työntekijät liittyvät jatkossa työpaikan verkkoon samalla SIM-kortilla, jota he käyttävät etätyössä. 5G saattaa korvata osan Wifi-verkoista. (Raitola, 2023) Etätöillä ja matkailulla on vaikutusta verkkojen kuormitukseen (Lapin Liitto, 2021).

4.2. MITEN HYÖDYNTÄÄ 5G-VERKKOA

Privaattiverkot tapahtumissa

Tilapäiset privaattiverkot sopivat erityisesti tapahtumien käyttöön. Niiden etuna on varma ja häiriötön verkkoliikenne WLAN-verkkoihin verrattuna. Myös verkon peitto voidaan rakentaa helposti laajalle alueelle ylettyväksi. Verkko toimisi tapahtuman järjestäjien ja alihankkijoiden käytössä. Nopeimmillaan pop up -privaattiverkon saa pystyyn 20 minuutissa. Maksupääteliikenteeseen riittää LTE-verkko, mutta jos on tarvetta liikuttaa vaikkapa videokuvaa ilman raskaita kaapelointeja, niin 5G-verkon avulla se onnistuu. LTE-pohjaiset privaattiverkot ovat jo kustannustehokkaita open source -tukiasemaohjelmistojen ansiosta.

Tapahtumatuotannossa privaattiverkon etuna on häiriöttömyys. WLAN-tekniikkaan verrattuna samassa tilanteessa kävijöiden ja muiden toimijoiden omat WLAN-verkot ja tilapäiset mobiili-hotspotit aiheuttaisivat häiriötä. Privaattiverkon omat taajuusalueet pitävät liikenteen varmatoimisena ja katkottomana. Privaattiverkkoja toimittavat Suomessa mm. Poutanet Oy, Cumucore Oy ja Digita Oy.

5G ja privaattiverkko tehdasympäristössä

Langattomilla verkoilla voidaan poistaa kaapeloinnin tarve muuttuvissa ja monipaikkaisissa tuotantoympäristöissä. Yhä useampi tuotantolaitos on siirtymässä teollisuus 4.0 aikakauteen, mikä tarkoittaa yhä suurempaa datan hyödyntämistä tuotannon ohjaamisessa. IoT-laitteet, tekoäly, koneoppiminen ja konenäkö vaativat suurta tiedonsiirtokapasiteettia ja varmuutta. Muuttuvat tuotantolinjat ja ohjelmistopohjainen tehdas - ajattelu valtaavat alaa eli ns. "software defined factory" yleistyy (Digita, 2022). Kiinteän kaapeloinnin korvaaminen langattomin verkkoyhteyksin takaa mahdollisimman muokkautuvan tuotantotilan.

Langattomat yhteydet liikenteessä

Tieliikenteessä yleistyy ajoneuvosta toiseen sekä ajoneuvosta infrastruktuuriin tapahtuva tiedonsiirto (V2V ja V2I). Ajoneuvosta toiseen tapahtuva viestintä perustuu joko vanhempaan ITS-G5 standardiin tai yhä enenevässä määrin mobiiliverkon yhteyksiin. Erityisesti Lapin erämaiden

laajoilla tiesiirtymillä kaukana matkapuhelinverkon tukiasemista ajoneuvosta toiseen tapahtuva suora kommunikaatio olisi toimiva teknologia. Sen avulla tien käyttäjiä voidaan varoittaa nopeasti muuttuvista sääilmiöistä sekä nopeista paikallisista esteistä ja muutoksista, kuten poroista tiellä. Automaattinen tiestön analysointi ja edistyneet tiesääpalvelut auttavat myös tiestön ylläpidossa, kun tieto liikkuu reaaliajassa tienhoitajille (Kailio, 2018).

Terveydenhuollon etäpalvelut

Harvaanasutuilla alueilla ei pystytä pitämään yllä kiinteää huippu-terveydenhuoltoa kaikkine niine palveluine, joita kaupungeista löytyy. Osa terveydenhuollon erikoispalveluista voidaan jalkauttaa mobiiliyksiköille, jotka tekevät tutkimusta ja hoitoja eri paikkakunnilla liikkuen. Yksi tällainen on TT-kuvantaminen eli tietokonetomografia. Sitä tehdään jo nyt erikoisvalmisteisilla rekoilla ympäri Suomen. Kuvantamismateriaali sisältää suuria datamääriä ja jatkossa sitä voidaan siirtää turvallisten ja nopeiden 5G-yhteyksien yli. (Dunscombe, 2022) Myös ambulansseihin ja ensihoidolle voidaan antaa ohjeita suoraan kentälle videoyhteyksin ja lisätyn todellisuuden tekniikoin (Samsung, 2020).

Robottiikka

Robottien osalta 5G auttaa usealla osa-alueella. Kaikki kolme 5G:n pääominaisuutta – päätelaitteiden tiheys, alhainen latenssi sekä iso tiedonsiirtokaista – auttavat omalta osaltaan eri robotiikan alueilla. Päätelaitteiden suuri määrä rajatussa tilassa mahdollistaa monipuoliset IoT-anturoinnit esim. teollisuuslaitoksissa. Alhaista latenssia voidaan hyödyntää, kun tarvitaan reaaliajassa reagoivia kyberfyysisiä järjestelmiä. Suurta tiedonsiirtokaistaa vaaditaan, kun pitää tehdä korkean tarkkuuden videokuvan perusteella konenäköanalyysiä tai LIDAR-datan pohjalta pistepilviä ja siirretään materiaali reunalaskentaan palvelimien työstettäväksi. (Robotnik, 2022)

4.3. 5G-VERKON PERUSTAMINEN

Yrityksillä on kaksi vaihtoehtoa 5G-verkon käyttöönottoon. Yritys voi käyttää vastaavaa tuotetta kuin yksityishenkilö. Yksittäinen kuluttaja saa käyttöönsä 5G tasoisen mobiiliverkon hankkimalla 5G ominaisuudella varustetun mobiilipäätelaitteen, kuten puhelimen tai tukiaseman ja

tekemällä palveluntarjoajan eli operaattorin kanssa sopimuksen 5G yhteydestä. Suomessa operaattorit (Telia, Elisa ja DNA) rakentavat kaupallisia 5G verkkoja, joiden avulla kuluttaja pääsevät nauttimaan 5G:n hyödyistä. Aluksi 5G verkot ovat saatavilla suurimmissa kaupungeissa ja taajamissa. Kaupunkialueiden ulkopuolelle 5G verkot eivät yllä lukuun ottamatta lapin hiihtokeskuksia.

Mobiililaitteen SIM -korttia ei yleensä tarvitse vaihtaa. 5G yhteyden edellytyksenä palveluntarjoajalla täytyy olla mobiililaitteen tai tukiaseman kuuluvuusalueella tukiasema, joka tarjoaa 5G tasoisen tiedonsiirtoyhteyden. Palveluntarjoajat myyvät 5G tukiasemia tai sellaisen voi ostaa myös muualta kuin operaattoreilta. Yhteensopivuus halutun operaattorin 5G verkkoon on varmistettava, koska taajuusalueet voivat vaihdella. Operaattoreiden myymiin tukiasemiin voi tulla esimerkiksi tietoturvaan liittyviä päivityksiä automaattisesti ja luonnollisesti laitteen omistaja tai loppukäyttäjä on niistä vastuussa ja joutuu itsenäisesti huolehtimaan omien laitteiden päivityksistä ja tietoturvallisuudesta. Palvelusopimuksen mukainen tuotetuki päättyy siihen rajapintaan, jonka palveluntarjoaja toimittaa. Oma 5G tukiasema ja operaattorin SIM-kortti siirtää tukiaseman tuotetuen operaattorilta tilaajalle.

Toinen vaihtoehto on yksityisverkko eli privaattiverkko. Kaupallisissa verkoissa voi syntyä tilanteita, joissa verkko tilapäisesti ruuhkaantuu ja tärkeät yhteydet vaarantuvat. Tämän vuoksi 5G-verkkoja halutaan rakentaa myös ns. privaattiverkkona, jolloin yksittäinen organisaatio esimerkiksi sairaala, tehdas, kaivos jne. haluaa varmistaa hyvät puhelin ja tietoliikenneyhteydet. Organisaation omassa verkossa voidaan halutut toiminnot priorisoida, joka varmistaa tärkeiden asioiden tekemisen ja viestittämisen, vaikka verkossa muuten olisi ruuhkaa. Kuten jo aiemmin todettiin privaattiverkko voidaan toteuttaa ns. NSA tai SA verkkona, joiden erona on se, että NSA hyödyntää 4G-verkon yhteydenmuodostus ominaisuuksia. SA on ns. natiivi 5G verkko, jossa kaikki toiminnallisuudet on toteutettu 5G-standardin mukaisesti.

Ensimmäinen asennusvaihtoehto on kaupallisen palveluntarjoajan ja teleoperaattorin toteuttama "avaimet käteen" -ratkaisu, jolloin palveluntarjoajan kanssa sovitaan järjestelmän ominaisuudet, kuuluvuusalue, yms. ja he tahollaan suunnittelevat laitteisto kokoonpanon ja yhteistyössä teleoperaattorin kanssa asentavat laitteistot. Tässä ratkaisussa palveluntarjoaja tarjoaa usein myös ylläpidon ja huollon. Toinen asennusvaihtoehto on tilata laitteistot laitevalmistajan edustajan kautta ja asentaa itse laitteistot. Tässä toimijalle itselleen jää paljon vastuuta, mutta myös mahdollisuuksia sekä järjestelmän hankinta itsessään tulee

edullisemmaksi. Toimijan on itse järjestettävä ylläpito, mutta tässä tapauksessa organisaatiossa on usein jo olemassa IT-hallinto ja siten osaamista ja resursseja löytyy.

4.4. 5G-PRIVAATTIVERKON ASENTAMINEN

Tilaaja voi asentaa 5G-privaattiverkon oman organisaationsa toimesta, jos laitetoimittajan tekninen tuki on saatavilla. Kun järjestelmä on asennettu, hankitaan vielä sopivat liittymät.

Järjestelmän toteuttamisen eri vaiheet:

1. Toimijan päätös oman privaattiverkon hankkimisesta.
2. Vaatimusmäärittely 5G-verkolle:
 - a. Kuuluvuusalue
 - b. Tilaajamäärä: Montako puhelinta, päätelaitetta, mittalaitetta, robottia, yms. järjestelmään tullaan jollakin aikavälillä yhtä aikaa rekisteröimään?
 - c. Suunnitelma verkon yhteyksistä omaan tietoverkkoon ja internettiin. Tässä on tärkeää pohtia tietoturvaa.
3. Vaatimusmäärittelystä johdetut tekniset yksityiskohdat:
 - a. Montako 5G-radiota tarvitaan? Yhteen tukiasemaan voidaan kytkeä useita radioita. Tässä huomioitava Trafin myöntämä radiolupa.
 - b. Montako tukiasemaa tarvitaan? Jos toimijalla on useita toimipisteitä, niin kullekin tarvitaan oma tukiasema.
 - c. Millainen on järjestelmän rakenne? Tyypillisesti rakenne on tähtimäinen, jossa kokoava elementti on reititin. Se ohjaa liikennettä seuraavien osajärjestelmien välillä: 1. radio/tukiasema 2. CORE-tietokone ja ohjelmisto 3. oma tietoverkko 4. internet.
4. Asennus ja kytkennät:
 - a. Varmistettava, että asennukset tekevät riittävän ammattitaidon omaava henkilö, tietoverkkoasennukset niitä osaava henkilö ja sähköasennukset sähköalan ammattilainen.
 - b. Kytkennöissä noudatetaan laitetoimittajan ohjeita. Järjestelmän toimitussopimukseen on sisällytetty tekninen tuki.

- c. Rakennuksen sisäiset runkokaapeloinnit sisältävät usein sähkö- ja tietoverkkoasennuksia (sähkö ja valokuitu), jotka kannattaa tilata alan ammattilaiselta.
 - d. 5G-järjestelmän verkkolaitteiden puhaltimet ja jäähdytys ovat äänekkäitä, joten ne kannattaa sijoittaa erilliseen laitehuoneeseen laitekaappiin.
5. Laitteiston konfigurointi ja käyttöönotto:
- a. Järjestelmän kaikki komponentit täytyy ohjelmoida erikseen.
 - b. Tukiaseman ja radioiden konfiguroinnissa on suuri määrä eri vaiheita ja parametreja, joten vaiheessa tarvitaan teknistä tukea. Tukea tarvitaan myös reitittimen ja CORE-järjestelmän konfigurointiin.

5. Yhteenveto

5G-teknologia tuo useita edistysaskeleita viestintäverkkoihin. Se tarjoaa joukon ominaisuuksia, kuten nopean tiedonsiirron, alhaisen latenssin ja mahdollisuuden yhdistää suuri määrä laitteita rajoitetussa tilassa. 5G-verkkojen käyttöönoton myötä teollisuudenalat voivat valjastaa tämän teknologian tehon innovoinnin edistämiseen, tehokkuuden parantamiseen ja uusien mahdollisuuksien avaamiseen. Yksi alueen merkittävistä muutoksista on kolmannen sukupolven (3G) verkon asteittainen lopettaminen. Noin kahden vuosikymmenen käytön jälkeen 3G-verkkoja poistetaan käytöstä asteittain arvokkaan kaistanleveyden vapauttamiseksi ja ylläpitokustannusten pienentämiseksi. Vaikka joissakin vanhoissa laitteissa voi olla yhteensopivuusongelmia, painopiste on siirtymässä kohti nykyaikaisia verkkoja, jotka tarjoavat erinomaisen peiton, skaalautuvuuden ja paremmat ominaisuudet.

5G-teknologiaan siirtyminen tuo merkittäviä etuja eri sektoreille ja toimialoille. Yrityksille 5G mahdollistaa nopeamman ja luotettavamman verkon suorituskyvyn, mikä varmistaa saumattoman yhteyden ja paremman käyttökokemuksen. Se helpottaa innovatiivisten sovellusten ja palveluiden tehokasta käyttöönottoa, jolloin yritykset voivat mukautua nopeasti muuttuviin markkinoiden vaatimuksiin. 5G-virtualisoinnin avulla verkko-operaattorit voivat optimoida resurssejaan, alentaa käyttökustannuksia ja ottaa käyttöön uusia palveluita ilman kalliita laitteistopäivityksiä. Lisäksi 5G:n alhainen latenssi ja suuri tiedonsiirtokaistanleveys mahdollistavat reaaliaikaisen viestinnän, mikä tukee huipputeknologioiden, kuten tietotekniikan, tekoälyn ja esineiden internetin (IoT) kehitystä.

Nykyhetkeä pidemmälle katsottuna 5G:n ja tulevien sukupolvien yhteyksien tarjoamat mahdollisuudet ovat kunnioitusta herättäviä. Teknologian jatkuvan kehityksen myötä 5G-verkot jatkavat kehitystä, mikä ylittää jatkuvasti aiemmin saavuttamattomilta tuntuneita rajoja. 5G:n ja tulevien 6G-yhteyksien mahdollisuudet ovat todella inspiroivia. Nämä verkot mahdollistavat salamannopean nopeuden, eliminoivat käytännössä latenssin ja tarjoavat ennennäkemättömän yhteyksien tasoa. Kuvittele maailma, jossa autonomiset ajoneuvot navigoivat virheettömästi, etäleikkaukset suoritetaan tarkasti sekä lisätyn ja virtuaalisen todellisuuden sovellukset sulautuvat saumattomasti fyysiseen ympäristöömme. Näiden teknologioiden muutosvoima

mullistaa teollisuuden, luo uusia mahdollisuuksia ja määrittelee uudelleen tapamme elää, työskennellä ja kommunikoida.

Tällä nopean teknologisen kehityksen aikakaudella mahdollisuuksien horisontti ulottuu paljon nykyisen ymmärryksemme ulkopuolelle. Samalla kun 5G-teknologia kehittyy edelleen ja tasoittaa tietä 6G:lle ja pidemmälle, astumme rajattomien potentiaalien maailmaan. Älykkäiden kaupunkien aikakausi, jossa kaupunkielämän kaikki osa-alueet liittyvät saumattomasti toisiinsa, on ulottuvillamme. Älykodeista edistyneisiin terveydenhuoltojärjestelmiin, tehokkaista liikenneverkoista kestäviin energiaratkaisuihin – mahdollisuudet ovat rajattomat. Jokaisen uuden sukupolven liitettävyyden myötä lähdemme matkalle, joka vie meidät lähemmäksi tulevaisuutta, jossa teknologia integroituu saumattomasti kaikkiin elämämme osa-alueisiin ja antaa meille mahdollisuuden saavuttaa uudenlaisen teknologiatason, joka aiemmin tuntui sci-fi elokuvilta. Ne toki ovat toimineet vuosikymmeninä innovaatioiden ruokkijoina.

Joten omaksukaamme 5G:n mahdollisuudet ja sen tulevaisuuden lupaukset rohkeasti. Kun kuljemme eteenpäin, uskaltaudumme maailmaan, jossa liitettävyyttä ei tunne rajoja, jossa innovaatiot eivät tunne rajoja ja jossa kollektiivisesta mielikuvituksestamme tulee suurin vahvuutemme. Tulevaisuus kutsuu, ja 5G:n ja 6G:n ansiosta meillä on valta muokata maailmaa. Kärjessä kulkevat ne, jotka tarttuvat näihin mahdollisuuksiin jo teknologian varhaisessa vaiheessa.

Lähteet

3GPP. The Mobile Broadband Standard. Viitattu 19.6.2023

<https://www.3gpp.org/>

Arctic 6G. About Arctic 6G. Viitattu 20.6.2023 <https://arctic6g.eu/about>

Digita. IoT:n kartta LoRaWan-verkon peitosta. Viitattu 20.6.2023

<https://www.digita.fi/iotn-kartta/>

Digita. 2022. Teollisuus 4.0: Kun tehdas muuttuu rakennuksesta tietolähteeksi. Viitattu 20.6.2023

<https://www.digita.fi/etusivu/palvelut-yrityksille/privaattiverkot-2/artikkelit/teollisuus-4-0-kun-tehdas-muuttuu-rakennuksesta-tietolahteeksi/>

DNA. 2021. Lyökö yksityisverkko viimein läpi 5G:n murroksessa? Viitattu

20.6.2023 <https://www.dna.fi/yrityksille/blogi/-/blogs/lyoko-yksityisverkko-viimein-lapi-5g-n-murroksessa>

Dunscombe, R. 2022. Scans in vans, 5G, AI, COVID... are we set for a quantum leap in taking diagnostics to patients? Viitattu 20.6.2023

<://medical.sectra.com/about-sectra/sectra-around-the-world/sectra-in-the-uk/scans-in-vans-5g-ai-covid-a-quantum-leap-in-diagnostics/>

Elisa. 2021. 5G vauhdittaa etätyöntekoa – nyt myös Levin etätyöskentelytiloissa. Viitattu 20.6.2023

<https://elisa.fi/yhtiotieto/uutishuone/tiedotteet/5g-vauhdittaa-et%C3%A4ty%C3%B6ntekoa-%E2%80%93-nyt-my%C3%B6s-levin-et%C3%A4ty%C3%B6skentelytiloissa/10218562445099/>

Halonen Ville. 2022. 5G-verkko koostuu kolmesta osasta – tiedätkö, mikä on tietoturvan kannalta kriittisin? Viitattu 20.6.2023

<https://www.dna.fi/blogi/-/blogs/5g-verkko-koostuu-kolmesta-osasta-tiedatko-mika-on-tietoturvan-kannalta-kriittisin->

Kailio, A. 2018. 5g parantaa tieturvallisuutta: autot saavat dataa alueilta, joita ne eivät edes näe. Viitattu 20.6.2023

<https://www.tivi.fi/uutiset/5g-parantaa-tieturvallisuutta-autot-saavat-dataa-alueilta-joita-ne-eivat-edes-nae/fb163049-2ecc-3230-9e8c-54fb9d266b50>

Lapin liitto. 2021 Etätö ja matkailu kuormittavat verkkoja Lapissa – tyytyväisyys yhteyksien toimivuuteen vain keskinkertaista. 27.7.2021. Viitattu 20.6.2023 <https://www.lapinliitto.fi/etatyo-ja-matkailu-kuormittavat-verkkoja-lapissa-tyytyvaisuus-yhteyksien-toimivuuteen-vain-keskinkertaista/>

Line Carrier. 2022. 3G-verkon alasajo etenee – tätä se tarkoittaa matkapuhelinverkon käyttäjille. 22.6.2022. Viitattu 20.6.2023 <https://www.linecarrier.fi/artikkelit/3g-verkon-alasajo/>

Raitola, M. 2023. 5G Yrittäjän arjessa – webinaari. 22.3. 2023.

Robotnik. (10. 6 2022). The Impact of 5G on Robotics. Robots and 5G. Viitattu 19.6.2023 <https://robotnik.eu/the-impact-of-5g-on-robotics-robots-and-5g/>

Ruuskanen Laura, 27.10.2020. [5G-verkko tekee tuloaan Pohjois- ja Itä-Suomeen – Yleistynyt etätö kuormittaa verkkoja aiempaa enemmän](#)

Samsung. 2020. How 5G Will Support the Healthcare Industry. Viitattu 20.6.2023 https://imageus.samsung.com/SamsungUS/samsungbusiness/pdfs/Samsung_WhitePaper_5GHealthcare_12_18_18.pdf

Säteilyturvakeskus STUK. Tukiasemat. Viitattu 19.6.2023 <https://stuk.fi/tukiasemat>

Uusiteknologia. 2018. Asiantuntija-artikkeli: 5G-aika lähestyy – NR-standardi hyväksyttiin. Viitattu 30. 3 2022 <https://www.uusiteknologia.fi/2018/01/03/asiantuntija-artikkeli-5g-verkkojen-aika-lahestyy-nr-standardi-hyvaksyttiin/>

Ziemann. 2019. Valokuitu vai 5G? Kysyimme DNA:lta, Elisalta ja Telialta, miksi kuluttajille myydään nyt kallista kuitua nettiyhteydeksi, jos kohta kaikilla on 5G. 16.9.2019. Viitattu 20.6.2023 <https://yle.fi/a/3-10967677>

KUVALÄHTEET:

Kuva 1. Messaoud, S., Bouaafia, S., Bradai, A., Ali Hajjaji, M., Mtibaa, A., & Atri, M. (2022). Network Slicing for Industrial IoT and Industrial Wireless Sensor Network: Deep Federated Learning Approach and Its

Implementation Challenges. IntechOpen. doi:
10.5772/intechopen.102472

Kuva 2. Elisa. Kuuluvuus. Viitattu 19.5.2023 <https://elisa.fi/kuuluvuus/>

Kuva 3. Telia. 5G-verkko kuuluvuuskartta. Viitattu 19.5.2023
<https://www.telia.fi/asiakastuki/kuuluvuuskartta?intcmp=5g-verkko-kuuluvuuskartta>

Kuva 4.DNA. Kuuluvuuskartta. Viitattu 19.5.2023
<https://www.dna.fi/kuuluvuuskartta>