



Turvallisuuskriittisen teknologian trendit 2023 -katsaus

**5G-teknologia ja Erillisverkot:
katsaus uusiin mahdollisuuksiin**

21.9.2023

Sisällys

1. KATSAUKSEN TAUSTA JA TAVOITE	3
2. 5G – MIKÄ MUUTTUU VAI MUUTTUUKO MIKÄÄN?	3
2.1. Standardoinnin merkitys mobiiliteknologian kehityksessä	4
2.2. 5G mahdollistaa paremman turvallisuuden	5
2.3. 5G mahdollistaa paremman energiatehokkuuden	6
2.4. 5G ja privaattiverkot	6
3. 5G TARJOAA UUSIA MAHDOLLISUUKSIA	7
3.1. 5G-verkkojen kehityssuunnat	7
3.1.1. Verkon viipalointi	8
3.1.2. Reunalaskenta	8
3.1.3. 5G-suorakanava	9
3.1.4. Dronet	9
3.1.5. Tiedonsiirron luotettavuus	9
3.1.6. 5G ja paikkatieto	10
3.1.7. AR/VR, metaverse sekä muut mahdollisuudet	10
3.2. LEO-satelliitit ja 5G NTN -palvelut	11
3.2.1. LEO-satelliittipalvelut.....	11
3.2.2. 5G NTN -palvelut.....	12
4. MITÄ 5G:N JÄLKEEN - 6G?	13
5. YHTEENVETO - TULEVAISUUDEN MAHDOLLISUUDET TURVALLISUUSKRIITTISILLE TOIMIJOILLE.....	14

1. Katsauksen tausta ja tavoite

Viranomaisten viestintä- ja tiedonhakutarpeet eivät peruseriaateiltaan poikkea kuluttajakäytön teknologisesta valtavirrasta. Maailma on siirtynyt pysyvästi mobiileihin laajakaistapalveluihin ja niiden tuomiin hyötyihin. Myös viranomaisten ja muiden turvallisuuskriittisten toimijoiden on syytä seurata tätä kehitystä, joka hyvin toteutettuna tehostaa prosesseja ja toimintaa. Uuden teknologian käyttöönoton haasteena ovat turvallisuuskriittisen toimintaympäristön asettamat erityisvaatimukset, jotka liittyvät esimerkiksi tietoturvaan, palveluiden saatavuuteen ja luotettavuuteen sekä varautumiseen.

Erillisverkkojen teknologiatiekartta, jolla varmistetaan asiakkaille tarjottavien palveluiden kehittyminen, ohjaa palveluiden kehittämiseen tähtääviä teknologiavalintoja. Tiekartassa on kuvattu Erillisverkkojen palveluiden (mobiilidata-, ryhmäpuhe-, ryhmävideo-, pilvi-, tilannekuva- sekä verkko-operaattoripalveluiden) kehitysnäkymiä. Nämä osa-alueet pitävät sisällään lukuisia kehittämiskohteita, jotka hyödyntävät tai jopa edellyttävät 5G-verkkojen tarjoamia ominaisuuksia.

Tässä 5G-teknologiakatsauksessa kuvataan, mitä mahdollisuuksia 5G-teknologian kehitys antaa Virve 2 -palvelujen kehittämiseen Suomen turvallisuusviranomaisille.

2. 5G – mikä muuttuu vai muuttuuko mikään?

Mihin 5G-teknologiaa voidaan hyödyntää, eivätkö laajakaistaiset 4G-palvelut riitä viranomaisille ja muille turvallisuuskriittisille toimijoille? Kysymys on aiheellinen ja ymmärrettävä. 5G-teknologiaa ja sen mukanaan tuomia uusia ominaisuuksia ja mahdollisuuksia käsitellään monessa yhteydessä, mutta harvoin viranomaistoiminnan näkökulmasta.

5G-teknologia ei yksinään ratkaise kaikkia ongelmia. Vaikka uudet teknologiat ovat kiinnostavia ja niiden tuomia uusia mahdollisuuksia on hyvä testata, on oleellista kysyä, mitä ne mahdollistavat turvallisuusviranomaisten toiminnassa.

Mobiiliteknologia on kehittynyt 1990-luvulta alkaen tasaiseen tahtiin, noin yksi uusi teknologia-sukupolvi (GSM/3G/4G/5G) vuosikymmenessä. Samalla matkapuhelinten käyttötapa on muuttunut puheesta tekstiviesteihin, mobiilisähköpostiin ja lopulta mobiilin internetin kautta lukuisiin esimerkiksi sosiaalisen median sovelluksiin ja peleihin. Mobiilin internetin ja älypuhelimien vanavedessä syntyneet lukuisat sovellukset avasivat tien mobiilipalveluiden voittokululle. Nykyään älypuhelimella tai muulla mobiililla päätelaitteella voi hoitaa missä tahansa ja milloin tahansa kaikki asiat, joihin tarvittiin aiemmin ainakin puhelin, laskin, tietokone, (video)kamera ja faksi sekä suuri määrä oikea-aikaista ajankäyttöä esimerkiksi pankkipalveluiden saavuttamiseen.

Tähän asti mobiiliverkkojen toiminnallisuuksissa on keskitytty pääasiassa kuluttajille suunnattuihin palveluihin. Poikkeuksia ovat olleet viranomaisliikenteen priorisoinnin mahdollistavat toiminnot, toimintokriittisten puhe-/video-/dataviestintäratkaisujen (Mission Critical Services, MCS) kehitys 4G-teknologiassa sekä erilaisiin käyttötarkoituksiin sopivat julkisista mobiiliverkoista erilliset privaattiverkot (Non Public Network, NPN). 5G on ensimmäinen teknologiasukupolvi, jonka kehittämisessä on aidosti pyritty huomioimaan erilaiset käyttäjäryhmät ja käyttötapa-

Päätelaitteiden ja verkkojen kehittyessä 5G-palvelut tulevat asteittain myös viranomaisten käyttöön ja tehostavat toimintaa tarjoamalla monia uusia mahdollisuuksia sekä parantamalla

olemassa olevien palveluiden käytettävyyttä. Samaan aikaan vanhat teknologiasukupolvet poistuvat vähitellen käytöstä. Ensimmäiseksi Suomesta poistuvat 3G-palvelut vuoden 2023 loppuun mennessä.

5G-teknologian tuomat ominaisuudet, esimerkiksi:

- lyhyemmät viiveet
- suurempi tiedonsiirtonopeus ja kapasiteetti
- reunalaskenta
- rikastettu- ja virtuaalitodellisuus (AR/VR)
- verkon resurssien tehokkaampi käyttö ryhmäviestinnässä
- parempi tietoturvallisuus
- massiivinen IoT¹
- uudenlaiset mahdollisuudet palvelualueen laajentamiseen

mahdollistavat uusia innovatiivisia ratkaisuja, joilla voidaan parantaa viranomaistoiminnan tehokkuutta sekä koko yhteiskunnan turvallisuutta.

5G-teknologiaa ei tarvitse pelätä, mutta ilmankin pärjätään — ainakin toistaiseksi. Älypuhelimet tukevat jo nyt kaikkia nykyisiä verkkoteknologioita, jolloin uuden teknologian käyttöönotto saattaa näkyä ainoastaan palveluiden paremmassa käytettävyydessä ja nopeudessa.

Erillisverkkojen tuottama Virve 2 -verkko ja siihen liittyvät palvelut hyödyntävät kaupallisen operaattorin radioverkkoja. 4G-verkkojen saatavuus ja palvelualue ovat tällä hetkellä kattavimmat Suomessa, joten 4G-verkot soveltuvat vielä toistaiseksi parhaiten viranomaiskäyttöön. 5G-verkkojen palvelualue kehittyi 2020-luvun loppuun mennessä samalle tasolle kuin nykyisten 4G-verkkojen. Teknologiasiirtymän aikana Virve 2 -loppukäyttäjää palveleekin automaattisesti sekä 4G- että 5G-teknologia eri muodoissaan.

Osa palveluista, esimerkiksi lisättyä todellisuutta hyödyntävät dataintensiiviset sovellukset, vaativat enemmän verkkokapasiteettia. Sitä on ilman erityisratkaisuja riittävästi tarjolla ainoastaan taajamissa ja kaupunkialueilla, joissa voidaan hyödyntää korkeampia taajuusalueita ja niiden suurempia kaistaleveyksiä - jopa 100 MHz:ä. Maanlaajuinen perustason peitto 5G:lle rakennetaan kuitenkin alle 1GHz:n taajuuksilla, jolloin käytössä on ainoastaan 10 MHz:n kaistaleveys. Tämän vuoksi radioverkot eivät välttämättä tarjoa kaikille palveluille kaikkialla yhdenmukaista palvelutasoa, mikäli suurimpia tiedonsiirtonopeuksia ei ole saatavilla. Tilannetta voidaan kuitenkin tarvittaessa hieman parantaa tietyillä erityisratkaisuilla kuten taktisilla kuplaverkoilla sekä paikallisesti toteutetuilla palveluilla.

2.1. Standardoinnin merkitys mobiiliteknologian kehityksessä

3GPP² vastaa maailmanlaajuisesti mobiiliteknologian teknologiamäärittysten tuottamisesta eri maanosien standardointiorganisaatioille. Vuonna 2019 valmistunut Release 15 oli ensimmäinen julkaisu standardista, joka sisälsi määrittämiä 5G-mobiiliteknologian ensimmäiseen vaiheeseen. Tähän julkaisuun sisältyi muun muassa 5G-radioteknologian (New Radio, NR)

¹ <https://www.thalesgroup.com/en/markets/digital-identity-and-security/mobile/massive-iot>

²3rd Generation Partnership Project, <https://www.3gpp.org/>

määrittelytyö. Seuraavana vuonna julkaistiin Release 16, joka sisälsi lisäyksiä ja parannuksia 5G-verkkojen tekniikkaan. Siinä määriteltiin muun muassa uusien laajakaistaisuutta ja luotettavuutta parantavien ominaisuuksien lisäksi täysin uudenlainen verkkoarkkitehtuuri tukemaan tulevaisuuden käyttötapauksia.

Nämä ensimmäiset 5G-verkkojen teknologian julkaisut ovat edelleen ajankohtaisia, sillä 5G:n hyötyjä parempien siirtonopeuksien (erityisesti downlink) sekä lyhyemmän viiveen osalta on pystytty ulosmittaamaan käytännössä ensimmäisen vaiheen (Release 15) 5G NSA (Non-Standalone) -verkkojen avulla jo muutaman vuoden ajan. Tähän mennessä onkin nähty ainoastaan murto-osa 5G:n tuomista mahdollisuuksista. Tällä hetkellä mobiiliverkko-operaattorit ovat siirtymässä kohti toisen vaiheen (Release 16) 5G-arkkitehtuuria, jota kutsutaan nimellä 5G SA (Standalone). Vasta 5G SA -verkkoarkkitehtuurilla ja uudempien julkaisujen (Release:t 17-19) avulla saavutetaan täydet hyödyt 5G-teknologiasta uusine palveluineen.

3GPP:n Release 17 (2022) sisältää esimerkiksi ensimmäisen version 5G NTN (Non-Terrestrial Network) -teknologiasta, jonka avulla tavalliset älypuhelimet voivat hyödyntää matalan kierto-radan LEO³-satelliittien (Low Earth Orbit) tarjoamaa 5G-radioverkkoa. 5G NTN -teknologia parantaisi turvallisuustoimijoiden maanpäällisten verkkojen luotettavuutta muun muassa laajentamalla verkon peittoaluetta entisestään sekä tuomalla NTN-yhteydet varayhteydeksi maanpäällisen radioverkon tueksi.

Jokaisessa 3GPP:n standardin julkaisussa määritellään uusia toiminnallisuuksia, parannetaan olemassa olevia palveluita sekä tehdään tarvittaessa lisäksi korjauksia vanhoihin määrityksiin. Vuoden 2023 loppupuolella 3GPP:llä on pääosin työn alla Release 18, joka lanseerattiin 5G Advanced -nimikkeeseen alla. Siinä esimerkiksi edellisen julkaisun NTN-teknologian ominaisuuksia täydennetään muun muassa lisäämällä standardiin erilaisia arkkitehtuurivaihtoehtoja sekä mahdollistamalla suora satelliittien välinen kommunikaatio osana tiedonsiirtoa. Myös Release 19:ta osalta tehdään jo ensimmäisen vaiheen käyttötapausmäärittelyä esimerkiksi taustaenergiaa hyödyntävän IoT-teknologian osalta (Ambient IoT).

2.2. 5G mahdollistaa paremman turvallisuuden

Vanhemmat 2G- ja 3G-mobiiliteknologiat ovat nykypäivän tietoturvaan nähden auttamattomasti vanhentuneita eikä niitä tulisi käyttää enää lainkaan kriittisessä viestinnässä. Kaikki kaupalliset operaattorit myös Suomessa turvautuvat historiallisista syistä edelleen näihin vuosittain vaihteessa kehitettyihin teknologioihin, joille on myös vuosien varrella rakennettu laaja maantieteellinen peitto. Kaikki edellä mainittujen teknologioiden tarjoamat palvelut voidaan kuitenkin jo nyt tuottaa uudemmalla ja huomattavasti turvallisemmalla teknologialla (4G, 5G). Muun muassa tästä syystä Virve 2 -palvelu on suunniteltu toimimaan kotimaassa ainoastaan 4G-/5G- ja tulevilla teknologioilla.

Puhtaasti pakettikytkentäiseen teknologiaan pohjautuvassa 4G:ssä sekä verkon että loppukäyttäjän tietoturva ja tiedon suojaaminen on otettu paremmin huomioon. On kuitenkin hyvä muistaa, että myös ensimmäisen kerran jo vuonna 2009 (3GPP Release 8) julkaistuun ja sittemmin useamman kerran päivittyneeseen LTE-verkkoteknologiaan liittyy haasteita. Eritasoisien laajan

³ https://en.wikipedia.org/wiki/Low_Earth_orbit

kansainvälisen yhteistyön ansiosta näitä ollaan kuitenkin kyetty ratkomaan vuosien varrella onnistuneesti siten, että LTE-teknologian päälle rakentuvia palveluita on turvallista käyttää.

Yli kymmenen vuotta kestäneen ja edelleen jatkuvan tutkimus- ja kehitystyön seurauksena 5G on tähänastisista teknologiasukupolvista selvästi turvallisempi. 5G-teknologiassa voidaan hyödyntää täysimääräisesti useita sisäänrakennettuja tietoturva- ja parantavia ominaisuuksia kuten uudempiä salausalgoritmeja, parannettua verkon sisäistä turvallisuutta sekä verkkovierailun tietoturvaominaisuuksia. Niiden käyttöönotosta päättää kukin mobiilioperaattori omista - usein kaupallisista - lähtökohdistaan.

2.3. 5G mahdollistaa paremman energiatehokkuuden

Digitalisoituneessa maailmassa erilaisten tietojärjestelmien ja verkkojen energiankulutus on merkittävää ja oman osuutensa tästä muodostaa luonnollisesti mobiilidataan liittyvien palveluiden tuottaminen. 5G-verkoissa energiansäästöä ei ole erikseen huomioitu nykyisen kestävä kehityksen periaatteiden mukaisesti, mutta 5G-teknologia on silti huomattavasti energiatehokkaampaa kuin aikaisemmat mobiiliteknologiat. Tämä näkyy jo nyt 50 %:a parempana radioteknologian spektritehokkuutena (bps/Hz) kuin 4G:ssä. Viimeisimpien 3GPP:n julkaisujen osalta tullaan näkemään lisää keinoja energian säästöön ja niitä kehitellään myös laitetuottajien sekä operaattorien toimesta teknologiamäärittysten ulkopuolisena työnä.

2.4. 5G ja privaattiverkot

5G-verkkoteknologian yleistymisen myötä yritykset ovat alkaneet rakentaa entistä enemmän omaan käyttöön räätälöityjä suljettuja 5G-radioverkkoja (privaattiverkko/erillisverkko/Non Public Network, NPN). Näissä 5G-verkoissa on tukiasemien lisäksi dedikoidut core-verkot ja muut tarvittavat toiminnallisuudet. Ne on toteutettu yleensä täysin erillään kaupallisista verkoista, jolloin palvelut voidaan rakentaa kuhunkin käyttötarkoitukseen sopiviksi, esimerkiksi teollisuuslaitosten automaatio, lentokentät tai kaivokset. Privaattiverkkojen käyttö edellyttää verkkoon liitetyn SIM-kortin (tai eSIM:n) käyttöä, eivätkä ne tavanomaisesti tarjoa palvelua muille käyttäjille. Tällöin verkon käytettävyyden, suorituskykyä ja tietoturva ovat omissa käsissä ja verkon ylläpitokin on mahdollista toteuttaa tarvittaessa itse. Privaattiverkkoja varten on varattu omat taajuudet, jolloin myöskään muiden verkkojen läsnäolo ja häiriöt eivät vaikuta niiden toimintaan.

Kriittisen viestinnän kannalta privaattiverkkojen rooli on kaksijakoinen. Mikäli kohteeseen on jo rakennettu privaattiverkko, sinne ei verkon käyttäjän kannalta välttämättä haluta rakentaa erillistä Virve 2 -verkon kuuluvuutta viranomais toimintaa varten (esimerkiksi kaivokset). Privaattiverkon hyödyntäminen Virve 2 -käyttöön paikallisesti sekä erityisesti maanlaajuisesti toimivassa kriittisessä viranomaisviestinnässä on haasteellista, mutta tietyin reunaehdoin toteutettavissa. Tämä edellyttää verkkojen yhteenliittämistä sekä esimerkiksi viranomaisviestinnän priorisointia myös privaattiverkossa tapahtuvan kaiken muun liikenteen edelle. On huomattava myös, että jokainen Virve 2:een liitettävä privaattiverkkototeutus käyttötapauksineen tulee harkita tarkkaan ennakkoon, suunnitella, testata ja ylläpitää huolellisesti myös tietoturva-aspektit huomioiden. Tämä tulee aiheuttamaan ylimääräistä työtä Virve 2:n suunnittelulle, testaukselle ja ylläpidolle, mutta myös asettamaan vaatimuksia privaattiverkkotoiminnalle. Joissain tapauksissa, kuten esimerkiksi ydinvoimaloissa, tämä voi kuitenkin olla kokonaistaloudellisesti edullisin ja järkevin ratkaisu, jolloin privaattiverkko voitaisiin liittää osaksi Virve 2 -verkkoa, tämä

vaatii kuitenkin vielä tarkempaa selvitystyötä ja linjauksia sekä tapauskohtaista tarkkaa suunnittelua.

3. 5G tarjoaa uusia mahdollisuuksia

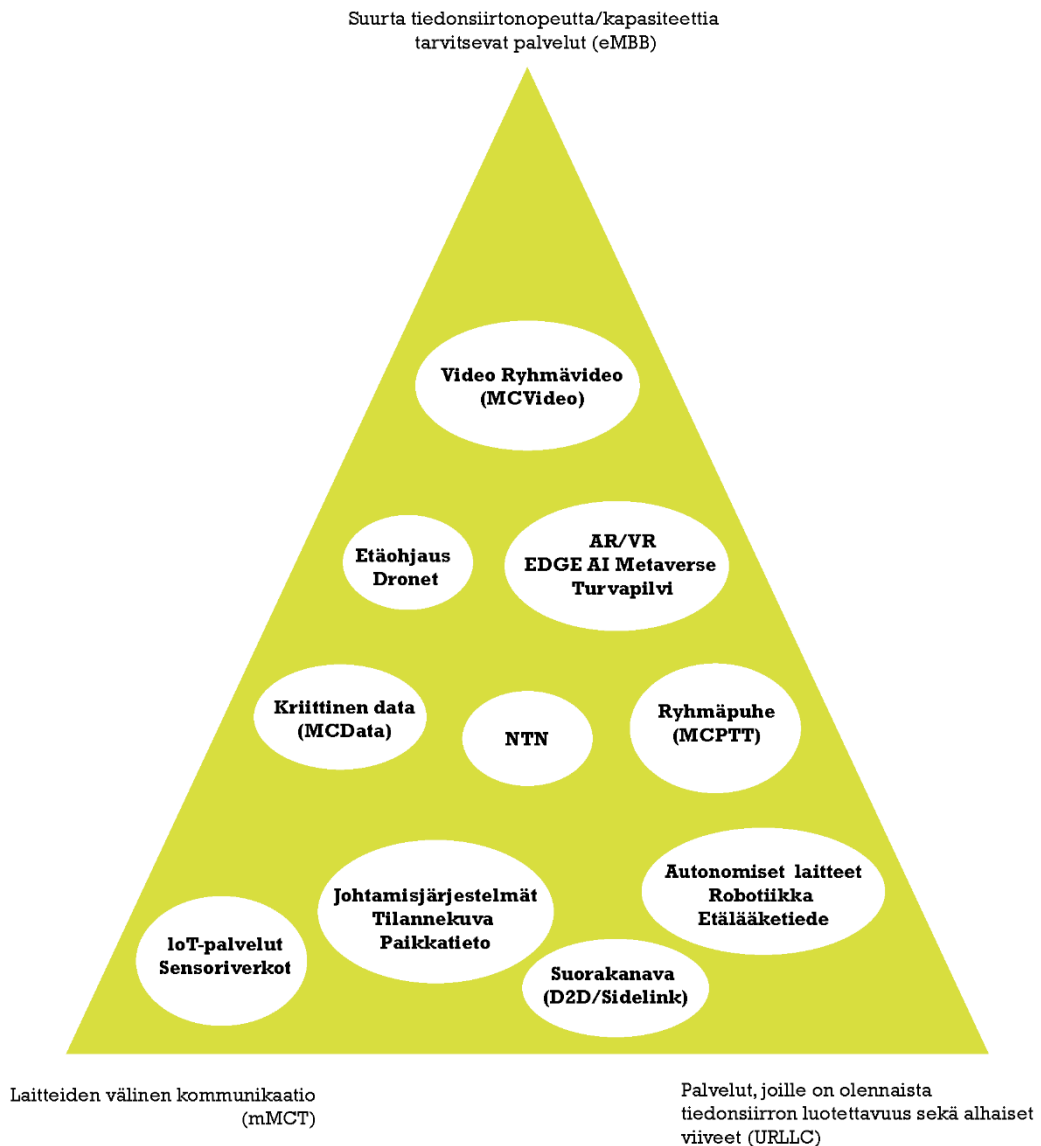
5G-tekniikan tuotantokäyttö on vasta alkamassa, eikä kaikkia sen tarjoamia mahdollisuuksia ole vielä pystytty hyödyntämään. Jo ensimmäisen vaiheen 5G NSA tarjoaa etuja 4G-tekniikkaan verrattuna. Kun kehitys etenee kohti päästä-päähän 5G-tekniikalla toteutettua itsenäisiä 5G SA -verkoja sekä kehittyneempiä 5G-palveluita, syntyy uusia palveluita myös toimintokriittisen viestinnän käyttöön.

3.1. 5G-verkkojen kehityssuunnat

Vuonna 2015 International Telecommunication Union/Radiocommunication Sector (ITU-R) julkaisi ensimmäisiä visioita⁴ 5G-verkoille ja palveluille asetetuista vaatimuksista ja pääkehityssuunnista sekä määritteli erilaisia 5G-käyttötapauksia erilaisiin toimintaympäristöihin. Kuvassa 1 (s. 8) Virve 2:n mahdollistamat palvelut on sijoitettu näihin 5G-verkkojen kolmeen pääkehityssuuntaan, jotka ovat:

- suurta tiedonsiirtonopeutta/-kapasiteettia tarvitsevat palvelut (Enhanced mobile broadband, eMBB)
- palvelut, joille on olennaista tiedonsiirron luotettavuus sekä alhaiset viiveet (Ultra-reliable and low latency communications, URLLC)
- laajamittainen laitteiden välinen kommunikaatio (Massive machine type connectivity, mMTC).

⁴ https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/m/R-REC-M.2083-0-201509-!!PDF-E.pdf



Kuva 1. Virve 2 -palvelut hyödyntävät 5G-kehitystä. (ITU-R:n IMT 2020-käyttötapauksia mukailen)

3.1.1. Verkon viipalointi

Yksi 5G-verkkojen tarjoamista uusista ominaisuuksista on verkon viipalointi, jonka avulla osa mobiiliverkon resursseista voidaan palvelukohtaisten tarpeiden mukaisesti varata virtuaalisesti tiettyyn tarkoitukseen, esimerkiksi viranomaisten tietoliikenteelle tai IoT-palveluille. Mobiiliverkkojen viipaloinnin laajempi käyttö on kuitenkin vielä vähäistä, sillä haasteena ovat sen vaatimat verkon uudet kyvykkyydet, verkon viipaloinnin monimutkaisuus sekä sellaisten käyttötapauksien puute, joita ei voitaisi toteuttaa ilman verkon viipalointia.

3.1.2. Reunalaskenta

5G-verkoissa tietojen käsittely tapahtuu tarvittaessa reunalaskennan avulla mahdollisimman lähellä loppukäyttäjiä sen sijaan, että se siirrettäisiin privaatti- tai julkipilveen käsiteltäväksi.

Tämä mahdollistaa esimerkiksi erittäin lyhyttä viivettä vaativat virtuaalisen ja lisätyn todellisuuden palvelut (VR/AR). Reunalaskentatoteutuksilla voidaan oikein toteutettuna entisestään parantaa myös tiedonkäsittelyyn liittyvää tietoturvaa ja tietosuojaa tiedon pysyessä aidosti paikallisena. Reunalaskentaa voitaisiin Virve 2:ssa hyödyntää esimerkiksi yhdessä paikallisten asiakkaille dedikoitujen tukiasemaratkaisujen kanssa, jolloin esimerkiksi turvatasoltaan korkeammissa fyysisissä toimitiloissa voitaisiin mahdollistaa asiakkaan mobiilikäyttö sekä loppukäyttäjän tiedon pysyminen paikallisena.

3.1.3. 5G-suorakanava

Turvallisuusviranomaisten operatiivisessa toiminnassa on keskeistä mobiiliverkkojen palveluiden luotettavuus ja saatavuus. Aina radioverkkoja ei kuitenkaan ole saatavilla, jolloin tarvitaan päätelaitteiden välille toteutettu suorakanavaratkaisu. Suorakanava on erityisesti päätelaitteiden ominaisuus ja vaatii tuen päätelaitteessa käytetyltä piirisarjalta.

Suorakanavan toteuttamiseen on tarjolla useampiakin teknologioita, joista 3GPP:n määrittelemä 5G Sidelink on yksi potentiaalinen ratkaisu. Sidelinkin saaminen loppukäyttäjän käyttöön vaatii kuitenkin vielä toistaiseksi lisää töitä laitetoimittajilta, joten on mahdollista, että suorakanava-toimintaa tullaan Virve 2:ssa tukemaan väliaikaisesti muilla teknologioilla.

Suorakanavan lisäksi laitteiden välistä kuuluvuutta voidaan jatkossa laajentaa uusien 5G-toimintojen avulla esimerkiksi releoimalla radioverkon signaalia välittäjänä toimivien päätelaitteiden kautta (5G Relay).

3.1.4. Dronet

Drone-käyttö viranomaistoiminnassa on lisääntynyt runsaasti viime vuosina. 4G-verkkoa voidaan jo hyödyntää esimerkiksi droneista välittyvän tilannekuvan seurantaan. 5G-teknologia laajentaa drone-käyttötapauksia entisestään. Drone-toiminnan integraatio 5G-verkkoihin mahdollistaa jatkossa osaltaan niiden autonomisen toiminnan sekä turvallisen ja luotettavan käyttöympäristön.

5G-evoluution edetessä dronejen hyödyntäminen myös kuluttajakäytössä ja liiketoiminnassa saadaan entistä hallitummaksi ja helpommaksi seurata. Kun autonomisen drone-toiminnan teknologiakehitys ja oikein toteutettu sääntely etenevät vaiheittain 2020-luvun aikana, syntyy niiden uusia käyttömahdollisuuksia useille turvallisuustoimijoille.

3.1.5. Tiedonsiirron luotettavuus

Kriittiselle viestinnälle on olennaista, että palvelu on saatavilla aina tarvittaessa ja että se toimii luotettavasti myös erilaisissa tavallista käyttöä haastavammista tilanteista. Kiinteissä tietoliikenneverkoissa palvelun saatavuutta ja tietoliikennettä voidaan varmistaa esimerkiksi siirtoyhteyksiä kahdentamalla.

Mobiiliverkoissa toimitaan käytännössä samoin, mutta niissä toimintaa ei toistaiseksi ole toteutettu radiorajapinnan (pätelaitteelta tukiasemaan) osalta. 5G:n on suunniteltu tuovan tähän olennaisen muutoksen, kun jatkossa 5G-verkoissa tiedonsiirtoa voidaan tarvittaessa varmentaa lähettämällä sama informaatio kahden eri tukiaseman tai jopa kahden eri verkon kautta. Molemmat näistä 5G:n URLLC-kehitykseen liittyvistä asioista mahdollistuvat Release 18 (5G Advanced) -julkaisujen myötä ja tätä 5G-verkkojen ja -palveluiden aluetta kehitetään edelleen.

3.1.6. 5G ja paikkatieto

Monet nykyiset mobiilisovellukset tarvitsevat paikkatietoa toimiakseen (esimerkiksi karttasovellukset) tai toiminnan parantamiseen (paikkatietoon sidottu sovelluksen lisäinformaatio). Mobiiliverkoista saadaan jo nykyisellään kolmiomittauksen avulla varsin tarkkaa paikkatietoa tarvittaessa esimerkiksi hätäpuhelutarpeisiin. Nykyisin sovelluskohtaisessa paikkatiedossa turvaudutaan kuitenkin pääosin erilaisiin satelliittiratkaisuihin (Global Navigation Satellite System, GNSS) kuten GPS:ään tai EU:n Galileoon. Satelliittipohjaisessa paikkatiedossa on kuitenkin omia esimerkiksi saatavuuteen ja luotettavuuteen liittyviä haasteita, joita Galileo PRS osaltaan ratkaisee jatkossa.

5G:n kautta myös mobiiliverkon paikkatietoon on odotettavissa parannuksia. 5G-mobiiliverkoissa tukiasemiin perustuva paikkatieto sisältää jatkossa myös korkeustiedon. Tämän avulla voidaan paikantaa tarkasti esimerkiksi rakennusten sisällä kerros, jossa hätäpuhelun soittanut, apua tarvitseva henkilö sijaitsee. Lisäksi 5G:ssä paikkatiedon luotettavuus ja paikannustarkkuus (<1m) paranevat huomattavasti aikaisempiin verkkoteknologioihin verrattuna.

Satelliittipaikkatiedon tarve ei katoa, mutta sille tulee useisiin sovelluksiin riittävän tasoinen vaihtoehto, jota voidaan hyödyntää tarvittaessa esimerkiksi turvallisuus- ja varautumismielessä.

3.1.7. AR/VR, metaverse sekä muut mahdollisuudet

Tulevaisuudessa virtuaalisen ja rikastetun todellisuuden sekä digitaalisten kaksosten myötä, erityisesti erilaisissa oppimisympäristöissä tullaan näkemään suuri murros. Kansainvälisesti on jo esimerkkejä virtuaalisista oppimisympäristöistä, joiden avulla on saavutettu merkittävästi parempia oppimistuloksia murto-osalla aikaisemmista kustannuksista, kuten lentokoneiden ohjaimosimulaattoreiden korvaamisella virtuaalilaseilla ja -ympäristöillä. Osana viranomaisten kanssa tehtävää yhteistyötä 5G-tekniikan avulla pystytään tarjoamaan erilaisiin tarpeisiin räätälöityjä ratkaisuja niin opetuskäyttöön kuin operatiiviseen toimintaan.

Mobiiliverkkojen kehitys mahdollistaa useita täysin uuden tyyppisiä palveluita, jotka perustuvat näkökenttään tuotavaan informaatioon. Näitä palveluita kutsutaan useimmiten seuraavin termein:

- Lisätty todellisuus (Augmented reality, AR). Käyttäjä voi havainnoida fyysisen maailman, jota rikastetaan siihen lisätyllä informaatiolla. Esimerkiksi ensihoitajan AR-laseilla näkemät hoitamansa ihmisen virtuaaliset sisäelimet ja niihin liittyvä visualisoitu tilannekuva ja mitausdata.
- Virtuaalitodellisuus (Virtual reality, VR). Käyttäjä näkee täysin keinotekoisesti luodun ympäristön. Näkökenttä reagoi pään liikkeisiin, ja mahdollisesti muihin käyttäjän toimiin. Esimerkiksi Puolustusvoimien täysin virtuaalinen harjoitusympäristö eri aselajien toiminnan koulutukseen ennen käytännön harjoituksiin siirtymistä.
- Sekoitettu todellisuus (Mixed reality, MR). Käyttäjä voi havainnoida fyysisen maailman, jota rikastetaan siihen lisätyllä informaatiolla. Fyysinen maailma ja keinotekoinen maailma ovat vuorovaikutuksessa. Esimerkiksi poliisiauton tuulilasille heijastettu näkymä partion näköpiirissä olevista valvontakameroista, valintamahdollisuus niiden reaaliaikaisen videon näyttämiseen ja tilannetiedon rikastaminen esim. lisätiedoilla pakenevasta autovarkaasta tai karttasovelluksen ohjaus nopeinta reittiä varkaan luo.
- Laajennettu todellisuus (eXtended reality, XR). Yleistermi, joka kattaa yllä mainitut ratkaisut

- Metaverse – virtuaalinen monikäyttäjämää maailma, jossa kanssakäyminen fyysisten (paikalla olevat ihmiset, asiat, esineet jne.) ja virtuaalisten elementtien (maailmaan virtuaalisesti sijoitetut oikeat ihmiset, lisätyt objektit ja informaatio) välillä on reaaliaikaista, vuorovaikutteista ja saumatonta. Esimerkiksi Pelastuslaitoksen harjoitusympäristö erilaisten tulipalojen sammuttamiseen, jossa itse sammutustyö tapahtuu oikeasti, mutta osa paloista, ihmisistä, ympäristöstä on oikeita ja osa virtuaalisia.

Kun informaatiota on tarjolla paljon, ja sen sisältö riippuu pään liikkeestä tai se reagoi fyysisen maailman kanssa, tarvitaan hyvän käyttökokemuksen aikaansaamiseksi erittäin lyhyttä viivettä sekä viiveen vaihtelua. Koska tiedonsiirron tarve on suuri, näiden palveluiden mobiilitoteutukselle on olennaista tiedonsiirron kapasiteetiltaan sekä laadultaan korkeatasoiset 5G- ja kiinteän tietoliikenteen päästä-päähän-yhteydet loppuasiakkaalta palveluille. Joissakin metaverse- tai laajennetun todellisuuden -ratkaisuissa voidaan hyödyntää esimerkiksi verkon reunalaskentakyvykkyksiä edellä mainittujen tarpeiden täyttämiseksi. Osaan näistä ratkaisuista tarvitaan myös erillisiä tarkoitukseen kehitettyjä ja 5G-verkkoon kiinteämmin integroituja sovellusominaisuuksia.

Turvallisuustoimijoille XR-ratkaisut tuovat joitain uusia mahdollisuuksia, joista tärkeimmät ovat harjoitusympäristön luominen ja paremman tilannekuvan saaminen. Harjoituskäytössä voidaan simuloida erilaisia tilanteita fyysistä mallia edullisemmin ja pitäen harjoitusolosuhteet tarvittaessa vakiona harjoitusta toistettaessa. XR mahdollistaa myös sellaisten tilanteiden harjoittelun, joita fyysisessä maailmassa ei ole yksinkertaista tai turvallista luoda. XR ei tule täysin korvaamaan fyysisessä maailmassa suoritettavaa harjoittelua, mutta täydentää sitä loistavasti.

Rikastettu todellisuus auttaa tilannekuvan luomisessa sekä kentällä toimivaa yksilöä että esimerkiksi tilannejohtajaa, joka operoi etänä. Kentällä toimivan henkilön näkökenttään voidaan heijastaa esimerkiksi staattisia turvallisuuteen liittyviä tietoja tai fyysisen maailman kanssa reagoivaa informaatiota, joka voi liittyä esimerkiksi muihin henkilöihin, rakennuksiin, ajoneuvoihin tai kulkuohjeisiin.

Yllä listatut teknologiat ovat vahvasti läsnä telekommunikaatoratkaisuja tuottavien toimijoiden tulevaisuuden suunnitelmissa. Muun muassa Nokian, Ericssonin, Samsungin ja Qualcomm:n tulevaisuuden visioissa metaverse-ratkaisujen näkyvyys on huomattava. Myös Apple julkaisi vuonna 2023 laitteen, joka soveltuu AR ja VR käyttöön. XR-ratkaisuilla voidaan katsoa olevan huomattavan hyvä tuki eri toimijoilta.

3.2. LEO-satelliitit ja 5G NTN -palvelut

3.2.1. LEO-satelliittipalvelut

LEO-konstellaatioissa tietoliikennesatelliitit kiertävät maata noin 600-1200 kilometrin korkeudella (<2000km). Suurin ero päiväntasaajan yläpuolella 36 000 kilometrinkorkeudella paikallaan oleviin geostationaarisiiin (GEO) -satelliittipalveluihin on LEO-satelliittien tarjoamien tiedonsiirtopalveluiden alhainen viive, vastaanottoantennien pieni koko ja palveluiden saatavuus korkeilla leveysasteilla. Näiden välissä on korkeammilla kiertoradoilla myös MEO-satelliitteja 5 000–20 000 kilometrin korkeudella. Jokaisella LEO-satelliittikonstellaatiolla on useita kiertoratoja, jolloin palveluiden saatavuus korkeammilla leveysasteilla riippuu kiertoratojen

kallistuksesta suhteessa päivätasaajaan. Lähtökohtaisesti LEO/MEO/GEO-satelliittipalveluiden käyttämiseen tarvitaan aina kyseiselle palvelulle räätälöity antenni ja vastaanotin.

Tällä hetkellä ainoastaan Starlink (SpaceX) ja Oneweb (UK) tarjoavat kaupallisia LEO-satelliittipalveluita Suomessa. Esimerkiksi Amazonin suunnitteleman Kuiper LEO -satelliittipalvelun konstellatio ei ainakaan näillä näkymin palvele korkeita leveysasteita. Starlinkin LEO-konstellatiossa on tuhansia satelliitteja eri kiertoradoilla, joista osa lentää myös napojen yli.

LEO-satelliittikonstellatioiden rakentaminen on kallista, esimerkiksi Kuiper-palvelun arvioidaan maksavan lähes 10 miljardia dollaria (US), joten monet yritykset (Facebook/Meta Athena) ovat peruneet suunnitelmiaan tai leikanneet satelliittien määriä kuten Telesat/Lightspeed.



Kuva 2. IRIS²

EU julkisti 22.11.2022 oman IRIS²⁵ (Infrastructure for Resilience, Interconnection & Security by Satellites) -satelliittipalvelun, joka koostuu sekä LEO-, MEO-, että GEO-satelliittien tarjoamista yhdistetyistä palveluista. Hankkeen tarkoituksena on rakentaa EU:n jäsenvaltioille turvalliset ja luotettavat satelliittipalvelut vuoden 2027 loppuun mennessä. IRIS²-palvelun kokonaiskustannuksiksi on arvioitu noin 6,4 miljardia euroa.

3.2.2. 5G NTN -palvelut

3GPP on saanut Release 17 -julkaisussa valmiiksi teknologiamääritykset, joiden avulla tavallisilla matkapuhelimilla voidaan hyödyntää satelliitteja yhtenä siirtotienä ilman erillistä satelliitivastaanotinta. Tätä teknologiaa kutsutaan nimellä 5G NTN (Non-Terrestrial Networks). 5G NTN -satelliitit toimivat maanpäällisten 5G-verkkojen rinnalla yhtenä mobiiliverkkojen liityntäteknologiana. 5G NTN -palvelut hyödyntävät LEO-satelliitteja, jotka välittävät 5G-päätelaitteiden radiosignaaleja ja loppukäyttäjän mobiilidataa satelliittien kautta takaisin maanpinnalla sijaitseville palveluille 5G-verkon kautta. Ensimmäisessä vaiheessa satelliitti toimii 5G NR -signaalin

⁵ <https://www.euspa.europa.eu/newsroom/news/new-iris%C2%B2-constellation-will-be-beneficial-eu-citizens-several-ways-find-out-5-them>

https://defence-industry-space.ec.europa.eu/eu-space-policy/iris2_en

välittäjänä, mutta myöhemmin tukiasemien toiminteita on mahdollista viedä myös itse taivaalla olevaan satelliittiin. Tällä ratkaisulla saavutetaan tiettyjä etuja radioverkon toiminnan kannalta ja mahdollistetaan edelleen uudenlaiset ratkaisut esimerkiksi satelliittitukiasemien väliseen viestintään.

NTN-ratkaisuja on jo testattu onnistuneesti useamman toimijan (esimerkiksi AST SpaceMobile, Omnispace) toimesta. Kaupallisesti toteutuessaan NTN-verkot mahdollistaisivat 5G-verkon palveluiden käytön alueilla, joissa ei ole lainkaan maanpäällisiä verkkoja, ne ovat jostakin syytä poissa käytöstä tai niiden kuuluvuus on heikko, kuten meri-, erämaa- ja aavikkoalueilla, sademetsissä sekä napa-alueilla. 5G NTN -palveluiden yleistyminen, aikataulu ja saatavuus erityisesti korkeilla leveysasteilla ($> 60^{\circ}\text{N}$) on kuitenkin vielä hämärän peitossa.

Satelliittipalvelut ovat jatkossa tärkeässä roolissa osana Virve 2 -palveluita, koska niiden avulla voidaan tarjota tietoliikenneyhteydet liikuteltaville Virve 2 -tukiasemille. Myöhemmin kun IRIS² tarjoaa myös 5G NTN -palveluita, niitä voidaan hyödyntää Virve 2 -palveluita täydentävänä, maanpäällisestä verkosta riippumattomana tiedonsiirtoyhteytenä. Tällöin on kuitenkin myös huolehdittavaa tietoturvasta. Kriittisessä viestinnässä on olennaista tunnistaa tiedonsiirron kaikki solmukohdat ja koko reitti päästä päähän sekä hyödyntää ainoastaan luotettavia toimijoita jottei palvelun turvallisuus vaarannu.

Varsinainen läpimurto NTN-verkkojen suorituskyvyssä ja saatavuudessa tapahtuu todennäköisesti vasta 2030-luvulla 6G:n ja vLEO-satelliittien myötä (vLEO= very low earth orbit ~300 km korkeudella).

4. Mitä 5G:n jälkeen - 6G?

Tässä katsauksessa käsitelimme 5G-tekniikan tuomia mahdollisuuksia erityisesti turvallisuustoimijoiden käyttöön. Osa näistä on jo nyt käytettävissä. Mobiiliteknologia kehittyy kuitenkin jatkuvasti, joten myös seuraavan sukupolven 6G-mobiiliverkkojen teknologia on ollut tutkimuksen kohteena jo muutaman vuoden ajan. 3GPP aloittanee 6G:n teknisen määrittelytyön tutkimuksen pohjalta lähivuosina. Ensimmäiset 6G-verkkoihin perustuvat palvelut tulevat näillä näkymin saataville 2030-luvun vaihteessa.

Uusi 6G-tekniikasukupolvi kasvattaa edelleen mobiiliverkkojen kapasiteettia, siirtonopeutta sekä pienentää viiveitä. Lisäksi 6G-tekniikka tuo uusia mahdollisuuksia verkkoon liittymiselle sekä sen käytölle huomioiden erilaisten käyttäjäryhmien tarpeet entistä paremmin. 6G-verkkojen odotetaan tarjoavan viranomaiskäytön kannalta lisäparannuksia erityisesti verkon toimintavarmuuteen ja luotettavuuteen sekä sovelluskohtaisten liikennöintitarpeiden täyttämiseen. Lisäksi jo nyt 6G-tutkimuksen kautta on havaittavissa useita todennäköisesti toteutuvia turvallisuustoimijoita hyödyttäviä teknologioita.

Tekoäly, autonomiset laitteet (esimerkiksi dronet), AR/VR- sekä metaverse- ja NTN-palvelut ovat 2030-luvulla arkipäivää myös viranomaistoiminnassa. Niiden rinnalle kehittyy uusia teknologioita:

- päätelaitteiden ja radioverkon sensorointikyvykyys (sensing), jonka avulla voitaisiin esimerkiksi kartoittaa reaaliaikaisesti pohjapiirrosta savun täyttämästä aiemmin kartoittamattomasta rakennuksesta savusukeltajalle tai tuottaa erilaisia turvallisuuskontrolleja kriittisiin kohteisiin

- taustaenergian keräystä hyödyntävät IoT-laitteet, jotka mahdollistavat laajoja itsenäisiä, perinteisistä sähkölähteistä riippumattomia ratkaisuja esimerkiksi rajavalvonnan tarpeisiin
- puettava sensoriteknologia varmentamaan viranomaisen toimintakuntoa keräämällä toimintaan tarvittavan virran käyttäjän omasta liike-energiasta.

Monissa tutkimushankkeissa on noussut esille myös tarve kehittää kestävästä kehitystä tukevaa ja entistä energiatehokkaampaa teknologiaa, huomioiden YK:n kestävän kehityksen tavoitteet⁶, joiden oletetaan jatkossa nousevan teknisen määrittelytyön keskeisiksi lähtövaatimuksiksi.

6G-teknologian voidaan todeta teknologiakehityksen ohella tavoittelevan aiempia teknologiasukupolvia laajempaa, käyttäjätarpeiden erot huomioivaa sekä inklusiivisempaa integraatiota osaksi yhteiskuntaa ja sen perusarvoja.

On tärkeää osallistua 6G-teknologian määrittelytyöhön ja samalla vaikuttaa toimintokriittisen teknologian kehitykseen tutkimuspöydiltä teknisiksi standardeiksi. Erillisverkot toimii yhteistyössä eri maiden viranomaisoperaattorien, toimintokriittisen viestinnän järjestöjen, teollisuuden, eri tutkimushankkeiden sekä standardointiorganisaatioiden kanssa ja voi näin tuoda esille viranomaiskäyttäjien toimintokriittisiä viestintätarpeita. Lisäksi jatkuva dialogi asiakkaiden kanssa tulevaisuuden tarpeista ja visioista on ensiarvoisen tärkeää, sillä 6G verkot ja palvelut rakennetaan yhdessä.

5. Yhteenveto - tulevaisuuden mahdollisuudet turvallisuuskriittisille toimijoille

Verrattuna aiempiin teknologiasukupolviin 5G-teknologia tarjoaa nopeamman tiedonsiirron, suuremman kapasiteetin, luotettavammat yhteydet sekä tarkemman paikannuksen. Uusi teknologia mahdollistaa suurempien datamäärien luotettavan siirtämisen radioverkon yli lähes reaaliajassa, mikä lisää viestinnän tehokkuutta ja tarkkuutta eri tahojen välillä. Lisäksi erilaisten älykäsien IoT-laitteiden ja antureiden liittäminen 5G-verkkoon langattomasti helpottuu. Erilaisilla IoT-laitteilla voidaan ennakoita, havaita, seurata ympäristöä ja raportoida esimerkiksi vaaratilanteita, kuten tulipaloja tai vaarallisia aineita, sekä välittää tiedot Virve 2 -verkon avulla luotettavasti, turvallisesti ja nopeasti niitä tarvitseville.

5G-teknologian käyttöönotto mahdollistaa Virve 2 -palveluiden integroinnin myös muiden toimijoiden kanssa sekä muihin viestintäverkkoihin, päätelaitteisiin ja sovelluksiin. Tämä luo edellytykset saumattomalle yhteistyölle ja tiedonvaihdolle eri viranomaisien ja muiden yhteiskunnan kannalta kriittisten toimijoiden välillä sekä kansalaisten suuntaan. 5G:n avulla viestintä ja tiedon vaihto eri verkkojen ja palveluiden välillä on entistäkin sujuvampaa, mikä tehostaa osaltaan operatiivisen toiminnan johtamista ja parantaa kokonaisvaltaista tilannekuvaa. Teknologian jatkuva kehitys ja innovaatiot lisäävät mahdollisuuksia Virve 2 -palveluiden toimivuuden ja tehokkuuden parantamiseen viranomais toiminnassa.

Käyttöönotto vaiheessa oleva Virve 2 tarjoaa tälläkin hetkellä loppukäyttäjille yhdessä kehitettyjä, luotettavia ja turvallisia mobiilipalveluita. 5G-teknologiaan perustuvat verkot, päätelaitteet ja palvelut tulevat tarjoamaan vielä kehittyneempiä palveluita ja parempaa tietoturvaa turvallisuustoimijoille.

⁶ <https://sdgs.un.org/goals>

Suomen Erillisverkot Oy
PL 357,
Teknikantie 4D
02151 Espoo
Puhelin 0294 440 500
erillisverkot.fi