

Turvallisuuskriittisen teknologian trendit 2/2022 -katsaus

Droonit ja NTN-satelliittiyhteys

Sisällys

1.	Droonit	3
2.	Non-Terrestrial Networks (NTN)	4

Esipuhe

Erillisverkkojen asiakas- ja teknologiapäivillä (27.10.2022) soitettiin ensimmäinen julkinen ryhmäpuhelu Virve 2 -verkon yli. Samassa tapahtumassa esiteltiin myös erästä hieman uudempaa mobiililaajakaistarakkaisua, joka tukee viranomaisten toimintaa. Kuopion Pelastusopiston harjoitusalueelta etäyhteyden yli pidetyssä esittelytilaisuudessa Erillisverkkojen Ryhmäviestintäpalvelu (RVP) oli integroitu drooniin, joka toimi pelastustoiminnan tukena ja auttoi löytämään tulipalopaikan integroidun lämpökameran avulla. Tilannekuva välitettiin videona droonista [Virve 2](#) -mobiililaajakaistaliittymällä Erillisverkkojen Turvapilveen ja sitä kautta videon sisällöstä hyötyvälle pelastushenkilöstölle.

Aiemmin syksyllä Erillisverkot testasi yhdessä yhteistyökumppaniensa kanssa matalan kiertoradan (LEO) satelliittitoimintaa turvallisuuskriittisille tietoliikenneyhteyksille. Myös tällä sektorilla tapahtuu jatkuvasti kehitystä. Yhtenä satelliittiliittämisenä teknologiana turvallisuustoimijoiden käyttöön on maanpäällisten verkkojen rinnalle nousemassa erilaisin menetelmin ilmasta käsin tuotettavia yhteyksiä. Näiden osalta yksi kiinnostavimmista kehityssuunnista on satelliittitoiminnan integroituminen osaksi mobiiliteknologian kehitystä, päätelaitteita ja verkkoja. Tästä teknologiasta käytetään yleisesti nimitystä Non-Terrestrial Networks (NTN), ja tässä teknologiakatsauksessa keskitytään erityisesti sen satelliittitoimintaan.

1. Dronit

Miehittämättömät ilma-alukset (UAV) ja erityisesti dronit ovat viime aikoina olleet ajankohtainen puheenaihe. Erilaisia miehittämättömiä lentäviä laitteita kuumailmapalloista drooneihin on hyödynnetty esimerkiksi tapana viedä mobiiliverkko katastrofialueille, jossa tietoliikenneinfrastruktuuri on syystä tai toisesta tuhoutunut.

Ukrainassa nähtiin lokakuussa 2022 tietävästi ensimmäinen droonien välinen ilmataistelu, kun ukrainalaisten ohjaama droni pudotti taistelualueelta tilannekuvaa välittäneen venäläisen droonin. Ukrainassa on voitu todistaa myös kauko-ohjatulla veneellä Venäjän laivastoa vastaan tehdyn iskun tehokkuus ja yllätyksellisyys suhteessa tavanomaiseen ihmisvoimin toteutettuun hyökkäykseen.

Miehittämättömiä aluksia on ollut sotilaskäytössä jo pitkään. Drooneissa käytettävät teknologiat, saatavuus ja hintataso ovat kehittyneet siten, että samaa teknologiaa käytetään paljon myös arkisemmissa viranomaistehtävissä. Suomessa esimerkiksi Poliisi hyödyntää drooneja erilaisissa tehtävissään, ja pelastuslaitoksilla on jo vuosien ajan ollut oma drooniohjeistus käyttötärpeeseen soveltuvan tilannekuvan saamiseksi tapahtumapaikalta.

Edellä mainituissa käyttötapauksissa ilma- ja vesialukset ovat suorittaneet tehtävänsä ihmiskäyttäjän avustamana etäohjauksella ja pääosin näköyhteydellä alukseen. Lähitulevaisuudessa ilma-alusten näköyhteyden ulkopuolella tapahtuvan toiminnan (BVLOS) sekä autonomisen toiminnan myötä käyttömahdollisuudet paranevat ja potentiaaliset käyttökohteet lisääntyvät.

Kehittyvä teknologia vaatii sääntelyä

Teknologian tarjotessa uusia käyttömahdollisuuksia syntyy tarve sääntelylle ja opastukselle, jotta esimerkiksi drooneilla voidaan operoida turvallisesti eri ympäristöissä sekä erilaisten toimijoiden kesken. Myös teknisillä apuvälineillä kerätyn tiedon hyödyntämiselle tulee asettaa rajansa.

Suomessa Liikenne- ja viestintävirasto [Traficom](#) on määritellyt droonien käyttöä, pysyviä ja tilapäisiä kielto- ja rajoitusalueita, alusten kokorajoituksia sekä lennätystä koskevat säännöt ja rajoitteet. Osin teknologian kypsyysasteen ja osin sovittujen pelisääntöjen vuoksi droonien autonomista toimintaa ei Suomessa vielä tois-taiseksi ole kyetty hyödyntämään täysimääräisesti.

EU:n tasolla droonitoimintaa pyritään sääntelemään ja yhtenäistämään [U-Space](#)-sääntelyllä, jonka avulla pyritään takaamaan ilmatila, jossa miehittämättömät ilma-alukset voisivat toimia turvallisesti yhdessä muun ilmailuliikenteen kanssa. EU:n tavoitteena on kehittää alan sääntelyä sitä mukaa, kun droonien käyttö yleistyy ja

niiden autonomisuus lisääntyy. Turvallisesti toteutettu autonominen toiminta tuo tullessaan hyödyllisiä sovelluskohteita useisiin käyttötapauksiin.

Erilaisiin käyttötapauksiin voidaan hyödyntää tarpeen mukaan kooltaan, määrältään, toimintamatkaltaan, autonomian asteeltaan ja muilta ominaisuuksiltaan erilaisia drooneja. Olennaista on se, mitä toiminnalla halutaan saavuttaa, ja mihin tarkoitukseen drooneja käytetään, jotta voidaan määritellä niiden perustoiminnan oheen tarvittava varsinainen hyötykuorma.

Rajavalvontaa voisi tehostaa sopivin sensorein varustetuilla ja autonomisesti raja-alueilla liikkuvilla drooniparvilla sekä taustalla toimivalla data-analytiikalla esimerkiksi hahmontunnistuksessa. Pelastuslaitosten toiminta voisi tehostua, jos esimerkiksi autokolaripaikalle hälytetyille pelastusyksiköille saataisiin esianalysoitua ja lisätiedoin rikastettua videokuvaa jo ennen kuin pelastusyksikkö ehtii paikalle. Ensihoidon toimintaa voisi tukea kuljettamalla drooneilla hälytyspaikalle defibrillaattoreita ja tarvittavia hoitotarvikkeita. Viimeksi mainitusta käyttökohteesta on jo käytännön esimerkki Alankomaista.

Minikokoiset ja soveltuvin sensorein ja kameroin varustetut droonit voisivat parantaa rautateiden turvallisuutta välittämällä joko junan kuljettajalle tai suoraan turvalaitteistolle tilannetietoa mahdollisista vaaratilanteista etäisyydeltä, joka jättää vielä aikaa reagointiin, mutta on nykyisten havaintokeinojen ulottumattomissa.

Suomen kaltaisessa harvaan asutussa maassa, jossa tieverkko ei ulotu kaikkialle tai aiheuttaa pitkiä kiertoreitejä, on drooni usein nopein keino saada apua tai havaintoväline onnettomuuspaikalle. Suomessa on myös uraa uurtavasti tutkittu algoritmeja drooniparvien hyödyntämiseen etsintätehtävissä.

Miehittämättömien ilma-alusten kehitys ja sen yhdistäminen edelleen muihin teknologioihin kuten sensoriteknologiaan, tekoälyyn ja koneoppimiseen tai vaikkapa pilviteknologioiden ja -palveluiden kehittymiseen, luo turvallisuustoimijoille uudenlaisia mahdollisuuksia parantaa omaa toimintaansa entisestään.

Matkapuhelinjärjestelmien teknologiamäärityksistä huolehtiva [3GPP](#)-organisaatio on ottanut miehittämättömät ilma-alukset aktiivisen kehityksen kohteeksi. Erityistä huomiota organisaatiossa on osoitettu droonien tunnistautumiseen ja sen pohjalta saatavien oikeuksien hallintaan. Toinen osa-alue on droonien paikannus ja sallitun operointialueen määrittäminen, ja kolmantena kehityskohteena on droonien etäohjaus.

2. Non-Terrestrial Networks (NTN)

Suomessa droonien suurin sallittu lennätyshöheus on 120 metriä maan tai veden pinnasta. Sitäkin korkeammalla maanpinnan yläpuolella tapahtuu myös kehitystä, kun maapallon ilmakehän kauemmille kerroksille alkaa kertyä lisää turvallisuustoimijoille mielenkiintoista teknologiaa.

Matkapuhelinverkot ovat useamman vuosikymmenen ajan toimineet maanpäällisen (Terrestrial) radioliityntäverkon kautta, joka koostuu muun muassa rakennusten katoille tai mastoihin asennetuista radioverkon tukiasemista. Loppukäyttäjän tietoliikenne on kulkenut tukiasemista eri tekniikoin mobiilirunkoverkkoon (Core) ja siitä eteenpäin palveluihin.

Tavanomaisten tukiasemien rinnalla yhtenä liityntäverkkoteknologiana on jo useampia vuosia ollut operaattori-kohtainen mahdollisuus käyttää alun perin kiinteän tietoliikenteen osana toimineita langattomia lähiverkkoja, joiden kautta mobiiliverkon palveluita on voitu tarjota yhteisen Coren ja turvallisuuskehityksen kautta. Myös satelliittitietoliikenne on ollut vaihtoehtoinen tietoliikennereitti jo useamman vuosikymmenen ajan. Sen toiminnassa pätevät erilaiset lainalaisuudet kuin maanpäällisissä matkapuhelinverkoissa.

Perinteisesti tietoliikennesatelliitit ovat sijainneet maapallon geostationäärisellä kiertoradalla 35 785 kilometrin korkeudella päiväntasaajasta. Nämä ns. GEO-satelliitit pitävät sijaintinsa suhteessa maanpäälliseen verkon käyttäjään, mutta pitkän lähetin-vastaanotin-välimatkan vuoksi tietoliikenteen onnistuminen edellyttää

ainoastaan tähän käyttöön suunnitelluilta päätelaitteilta suuria lähetystehoja. Tiedonsiirtoon muodostuu erityisesti aikakriittistä kommunikaatiota häiritsevä viive.

Viime vuosina taivaalle on lähetetty ja kiihtyvällä tahdilla myös käyttöönotettu eri toimijoiden matalamman kiertoradan satelliitteja (MEO, LEO), joiden toiminta perustuu maanpäällisen loppukäyttäjän suhteen muuttuvaan yksittäisen satelliitin sijaintiin sekä useamman satelliitin muodostamiin konstellaatioihin. Matalampien kiertoratojen toiminta on mahdollistunut satelliittiteknologian kehityksen ja entistä pienempien satelliittien laukaisun kiertoradalle alentuneiden kulujen ansiosta. Lisäksi antenniteknologian kehitys on mahdollistanut entistä herkempien vastaanottimien ja tehokkaampien lähettimien valmistamisen kustannustehokkaasti.

Lähempänä maanpintaa kiertävien, matalan kiertoradan satelliittien kautta kulkevalle tietoliikenteelle ei aiheudu yhtä paljon viivettä kuin geostationäärisen kiertoradan satelliittikommunikaatiolle, eikä niiden päätelaitteilta vaadita vastaavasti yhtä suuria lähetystehoja. Maanpinnan lähellä kiertäminen on suhteellinen käsite, sillä LEO-satelliittien etäisyys maanpinnasta on muutamasta sadasta kilometristä muutamaa tuhantaa kilometriin ja MEO-satelliittien kiertoradat ovat tästä vielä ylöspäin.

LEO-satelliiteilla päästään alle kymmenesosaan perinteisten GEO-satelliittien tietoliikenteelle aiheuttamista viiveistä. Tämä mahdollistaa jo hyvinkin reaaliaikaisen ja aikakriittisen viestinnän. Sillä on olennainen merkitys loppukäyttäjän päätelaitteiden vaatimuksille sekä niitä käyttävien sovellusten toiminnalle. Lisäksi LEO- tai MEO-konstellaatio voidaan suunnitella toimimaan tietyllä maantieteellisellä alueella, jossa GEO-satelliittiviestinnän saatavuus on haastavaa satelliittien jäädessä maan kaarevuuden seurauksena horisontin taakse. Esimerkiksi kotoinen Suomemme ja muu Skandinavia sijaitsee tällaisella alueella.

On selvää, että matalamman kiertoradan satelliittitietoliikenne toisi hyötyjä jo sellaisenaan erilaisille turvallisuustoimijoille muun muassa kiinteän tietoliikenteen varmennusratkaisuuksiin. Mielenkiintoisia näkymiä tarjoaa myös ajatus jo mainittujen perinteisten teknologioiden, satelliittitietoliikenteen ja mobiiliteknologian, yhdistämisestä.

Standarditasolta kohti kaupallista käyttöä

Mobiilitietoliikenteen teknologiamäärittäjiä eri maanosien standardointijärjestöille tuottava 3GPP on ottanut tässä kehityksessä merkittävän roolin. Ei niin kaukana tulevaisuudessa siintääkin jo matkapuhelinten satelliittiyhteydet, jos ja kun 3GPP:n määrittelemä NTN-teknologia (Non-Terrestrial Network) saadaan standarditasolta kaupalliseen käyttöön. NTN:n avulla meidän jokaisen taskusta löytyvien tavanomaisten älypuhelimien ja muiden päätelaitteiden käytettäväksi tulee tulevaisuudessa maanpäällisen radioverkon lisäksi satelliittiyhteyden kautta toimivat palvelut.

3GPP:n vetämään satelliittiliityntäteknologian määrittelytyöhön on osallistunut satelliittialan toimijoiden lisäksi laajasti mobiiliverkkojen- ja päätelaitteiden valmistajia, piirisarjavalmistajia sekä loppukäyttäjävertikaaleja. Erillisverkot on mukana määrittelytyössä sekä suoraan 3GPP-työn että kriittisen viestinnän yhteistyöjärjestön [TCCA:n](#) kautta. Satelliittien hyödyntämistä mobiiliverkkokäytössä on tutkittu 3GPP:ssä radioteknologian ja arkkitehtuurin näkökulmasta jo usean vuoden ajan.

3GPP:n vuonna 2022 julkaisema Release 17 sisältää ensimmäisen vaiheen kokonaisuuden satelliittiteknologian integroimisesta mobiiliverkkoihin. Siihen kuuluu satelliittiyhteyksien läpinäkyvä hyödyntäminen mobiiliverkon toiminnassa 5G-radioteknologian (NR, New Radio) määrittelemiä rajapintoja ja tekniikoita käyttäen sekä toiminnan määritellyillä alle 6 GHz:n taajuuksilla. Lisäksi satelliittien hyödyntäminen 3GPP:n IoT-teknologioiden (NB-IoT ja LTE-M) käytössä tulee mahdolliseksi.

3GPP:n seuraavat teknologiajulkaisut ovat jo hyvää vauhtia työn alla, ja ne tuovat lisäominaisuuksia NTN-toimintaan esimerkiksi tarjoamalla tukiasemat arkkitehtuurioptiona suoraan satelliitteihin, laajentamalla potentiaalisia taajuuksia yli 6GHz:n, lisäämällä mobiliteettia ja yhteensopivuutta erilaisiin verkkojen välisiin arkkitehtuureihin sekä mahdollistamalla satelliittien välisten linkkien hyödyntämisen siirtoyhteyden varmistamiseksi.

Uusi tekniikka tuo uusia toimijoita

Teknologian houkuttelevuudesta ja potentiaalista kertoo siitä kiinnostuneiden toimijoiden nopea lisääntyminen. Perinteisempien satelliittipalveluntarjoajien lisäksi toimialalle on viime vuosina ilmestynyt useita uusia toimijoita. Voidaan sanoa, että uudet toimijat ovat, tässäkin tapauksessa, ajaneet teknologiakehitystä ja -murrosta eturintamassa eteenpäin.

Verkkoteknologiapuolella useat operaattorit ovat panostaneet teknologiaan merkittäviä summia ja tehneet yhteistyösopimuksia satelliittitoimijoiden kanssa. Strategia- ja analytiikkayritys [Analysys Masonin](#) ennustuksen mukaan vuoden 2023 lopussa mobiiliverkkojen satelliittiominaisuuksin varustettuja liittymiä arvioidaan olevan käytössä globaalisti jo 25 miljoonaa kappaletta.

Loppukäyttäjälle on tarjolla useita hyötyjä. Esimerkiksi Apple on Pohjois-Amerikassa jo tuonut uusimpiin kuluttajapäätelaitteisiinsa käyttötavaltaan samankaltaista vaikkakin standardoimatonta teknologiaa hyödyntäviä ominaisuuksia. Applen laitteilla voi lähettää hätäviestejä ja sijaintitietoa satelliittien kautta silloin kun maanpäällisen radioverkon saatavuutta ei ole.

Samalla esimerkiksi Euroopassa, Japanissa ja USA:ssa tehdään käytännön testauksia ja pilotointeja standardoiduilla ensimmäisen vaiheen NTN-teknologialla sekä laajakaista- että IoT-käytössä. Tekniikkaa tukevia päätelaite- ja verkkoratkaisuja odotetaan ilmestyvän markkinoille ensi vuonna.

Tiettävästi ensimmäinen 3GPP:n standardin mukaisella NTN-teknologialla toimiva päätelaite, jonka valmistaja on ruggeroituja puhelimia muun muassa Cat- ja Motorola-brändien alla julkaiseva [Bullitt Group](#), julkaistaan ensi vuoden ensimmäisellä kvartaalilla. Muitakin laitevalmistajia on odotettavissa markkinoille pian tämän jälkeen.

Mobiiliverkkojen laajentuminen satelliitteihin tuo turvallisuustoimijoille ilmeisiä etuja. Satelliittien käyttö on jo olennaisessa roolissa varautumisen välineenä esimerkiksi Ukrainan sodassa. Satelliittien sulautuminen mobiiliverkkoihin toisi varautumiseen uuden ulottuvuuden, jos Virve 2 -liittymän palvelualueita voitaisiin turvata samoilla päätelaitteilla rinnakkaisen liityntäteknologian kautta esimerkiksi talvimyrskyjen aiheuttamissa sähkökatkoissa. Myös maantieteellisen peittoalueen viimeisiäkin jäljelle jääneitä aukkoja voitaisiin tarvittaessa paikata kustannustehokkaasti satelliittiyhteyksien avulla.

Yhteiskunnan kokonaisturvallisuuden kannalta hyödyllistä olisi NTN-teknologian laajeneminen kuluttajapuolelle, jolloin kansalaisilla olisi mahdollista hälyttää turvallisuustoimijoita apuun tarvittaessa. Vastaavasti turvallisuustoimijoilla olisi hyvät edellytykset toimia tilanteessa kuin tilanteessa modernia teknologiaa hyödyntäen. Tämä auttaisi myös viranomaisia käyttömäärien kasvaessa alentuvien hintojen seurauksena.

Ylös taivaalle katsottaessa näkyy tähtien lisäksi paljon muutakin, kun oikein tarkasti katsoo.

Turvallisuuskriittisen teknologian trendit 2/2022 -katsaus perustuu Erillisverkkojen omaan arvioon, asiakashaastatteluihin sekä aktiiviseen teknologiakehityksen seuraamiseen ja vuoropuheluun viranomaisten ja muiden turvallisuustoimijoiden kanssa.

Turvallisuuskriittisen teknologian trendit -katsaus ilmestyy kerran puolessa vuodessa ja avaa teknologianäkymiä tarkemmalla tasolla erikseen valitusta näkökulmasta. Vuoden ensimmäisessä 2022 katsauksessa teemana olivat Ukrainan sota tietoliikenteen ja mobiiliverkkojen näkökulmasta. Tarkastelimme myös erilaisia kehittyviä avaruuspalveluja ja niiden mahdollisuuksia viranomaisille ja turvallisuustoimijoille.

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