

Viestimies

Viestiupseeriyhdistyksen julkaisu 79. vsk Numero 4 Talvi 2024



Viestimies-lehden kirjoituskilpailun voittajat, sivut 8 - 13

Katse avaruuteen – avaruuden sotilaallinen käyttö, sivu 14

Kännykkäverkosten satelliittiviestintä, sivu 19

Kovaa softaa

Nopeampaa päätöksentekoa
suorituskykyisillä ohjelmistoilla.

Viestimies-lehti

Päätoimittaja
Kimmo Kaipainen
p 040 7222646
viestimies@viestiupseeriyhdistys.fi

Toimitussihteeri
Kyösti Saarenheimo
p 040 5536182
toimitussihteeri@viestiupseeriyhdistys.fi

Henkilötoimittaja
Outi Tuisku
henkilotoimittaja@viestiupseeriyhdistys.fi

Toiminnanjohtaja
Harri Reini
p 040 514 2497
toiminnanjohtaja@viestiupseeriyhdistys.fi

Toimituskunta
Vähätiitto Jarmo (pj)
Blomqvist Reima
Hyvärinen Pertti
Isomäki Pekka
Nyqvist Antti
Pellikka Jarkko
Puhakka Pasi
Sipilä Olli
Suokko Harri
Tunkkari Antti

Toimituksen osoite:
Päivölänrinne 7 A 1
04220 Kerava

www.viestiupseeriyhdistys.fi/viestimies
Pankkitili FI21 5780 5520 0177 44
Vuosikerta 35 €

Tilaukset ja osoitteenmuutokset
Harri Reini
p 040 514 2497
toiminnanjohtaja@viestiupseeriyhdistys.fi

Ilmoitusmyynti
Juha Halminen
p. 050 59 22722
juha.halminen@mediasasto.fi

Painopaikka
Newprint Oy, Raisio
p 010 231 2600

Toimitus jättää kirjoittajille vastuun heidän esittämistään mielipiteistä. Kirjoitusten lainaaminen sallittu vain toimituksen luvalla.
ISSN 0357-2153



Kansikuva. Vuoden viestiupseeriksi valittu Markku Hölsö (keskellä) kiinnitti syyskokouksen yhteydessä valinnasta kertovan laatan kunnia- ja tunnustustauluun VUJ:n puheenjohtaja Pertti Hyvärinen ja Maavoimien viestitarkastaja ev Antti Tunkkarin avustuksella.

Tässä numerossa

- 4 Pääkirjoitus: Kirjoittamalla ajatukset näkyviksi ja ääni kuuluviin.
- 6 2. pääkirjoitus: Oppeja ja osaamista.
- 8 Taistelu radioaalloilla konvergoituu monitoimintaympäristössä.
- 10 Uuden teknologian hyödyntäminen.
- 12 Generatiivisen tekoälyn alkuvaiheen käyttötapauksia esikunnissa.
- 14 Katse avaruuteen – avaruuden sotilaallinen käyttö.
- 19 Kännykkäverkkojen satelliittiviestintä.
- 25 Tekoälyn sääntely sotilaallisissa ympäristöissä.
- 29 Viestisektori – Johtamisjärjestelmälän tutkimus- ja kehitystoiminnan työrukkanen.
- 33 Viestiupseeriyhdistyksen syyskokous 2024.
- 34 Vuoden 2024 Viestiupseeri – projektipäällikkö Markku Hölsö.
- 35 A.R. Saarmaa -seminaari 20.9.2024.
- 39 Telealan uutisia.
- 40 23.9.2024 myönnetyt viestiristit ja soljet viestiristeihin.
- 42 In Memoriam Esko Vainio.
- 43 Viestimies 50 vuotta sitten.

**Viestiupseeriyhdistys ry:n julkaisema
viesti-, johtamisjärjestelmä- ja ICT-alojen
sekä kyberturvallisuuden
päättäjien ja asiantuntijoiden lehti.**

Mukana lehdessä

Mukana päätöksinä tehdessä!

Seuraavan numeron aineistopäivä on 31.1.2025. Lehti ilmestyy viikolla 10.

Kirjoittamalla ajatukset näkyviksi ja ääni kuuluviin

Kirjoittaminen on hyvä tapa kehittää itseilmaisua. Kirjoittamalla on pakko kohdata ajatuksensa ja muotoilla ne tavalla, joka on muille ymmärrettävä. Usein kirjoittaessa päätyy tarkentamaan ajatuksiaan muutamaa otteeseen. Kirjoittaminen mahdollistaa ajatusten jalostamisen tavalla, joka ei välttämättä onnistu asioita suullisesti esitettäessä. Asioiden johdonmukainen muotoilu korostuu erityisesti, jos haluaa esittää uusia ajatuksia. Juuri uusia ajatuksia toivoimme Viestimies-lehden tämän vuoden kirjoituskilpailussa.

Kirjoittajia pyydettiin kuvittelemaan ”Millainen on tulevaisuuden digitaalinen taistelukenttä”. Kilpailuohjeissa todettiin, että todellinen suorituskyky muodostuu käyttöperiaatteiden, teknologian, osaamisen ja toimintaa varten muodostettujen organisaatioiden yhteistoimintana. Pelkkä teknologian kuvaaminen ei siis välttämättä riitä. Kirjoittajille annettiin vapaat kädet esseiden tarkastelutasossa ja fokuksessa. Toivottiin innovaatioita!

Pääsemme tässä lehdessä lukemaan kolme Viestimies-lehden kirjoituskilpailussa menestyneitä kirjoitusta. Jokainen menestyneistä kirjoittajista käsitteli annettua laajaa aihepiiriä omalla persoonallisella tavallaan, kukin omalla tavallaan onnistuen valitsemansa näkökulman esittämisessä.

Toimituskunta arvioi kilpailuun toimitetut esseet ”sokkona” ilman tietoa kirjoittajista. Teille lukijoille esseiden yhteyteen on kuitenkin lisätty lyhyet kirjoittajaesittelyt. Lämpimät onnittelut kaikille menestyneille ja erinomainen kiitos kaikille kilpailuun osallistuneille! Kirjoittamaan heittäytyminen ei aina ole helppoa, mutta usein se on palkitsevaa. Kannustankin kaikkia lukijoita tarttumaan kynään, joka on tutun lentävän lauseen mukaisesti miekkaa mahtavampi.



Maailman tilanteessa riittää seurattavaa. Sota Ukrainassa ei osoita laantumisen merkkejä. Alkava talvi jäädyttäneerintamalinjat ainakin merkittävältä muutoksilta. Talvessa riittää kestettävää Ukrainan kansalle, jonka elinolosuhteisiin Venäjä pommituksilla yrittää vaikuttaa. Ukraina on osoittanut kestävyksensä viimeisten vuosien aikana ja toivoa sopii, että talvi ei tuo tullessaan negatiivisia yllätyksiä.

Yhdysvaltojen vaalit päättyivät Trumpin voittoon. Vaalituloksesta voi olla montaa mieltä, mutta ne, joilla oli äänioikeus vaaleissa ovat nyt puhuneet. Trump on muodostamassa hallintoaan ja siinä riittää Suomelle seurattavaa. Viime vuoden aikana allekirjoitettu puolustusyhteistyösopimus (Defence Cooperation Agreement, DCA) ja esimerkiksi liittyminen Virginian kansalliskaartin yhteistyöohjelmaan tarkoittavat kuitenkin yhteistyölle sovittuja raameja, jotka tuskin merkittävästi heiluvat uuden hallinnon myötä.

Tämän lehden ilmestymisen aikaan juhlistamme Suomen itsenäisyyspäivää. Lämpimät onnittelut kaikille ylennettävälle ja ansioistaan palkittaville! Suomen

valtiollinen itsenäisyys on todellakin juhlimisen arvoinen asia. Sota Ukrainassa muistuttaa meitä joka päivä siitä, ettei itsenäisyyttä voi ottaa itsestään selvänä asiana.

Pian ovella on myös joulukuukin uusi vuosi. Toivottavasti kukin meistä pääsee vuoden lopulla rentoutumaan, jotta olemme valmiit kohtaamaan vuoden 2025 tarmoa täynnä. Joulun lahjakirjojen lisäksi vuoden vaihteessa luettavissa pitäisi olla myös uusi puolustuselonteko sekä uusi kokonaisturvallisuuden strategia. Niissä riittää varmasti sisäistettävää ja vastuullisille toimeenpantavaa. Jokaisen meistä kannalta lukemisen arvoinen on myös Sisäministeriön julkaisema Häiriö- ja kriisitilanteisiin varautumisen opas. Löydät oppaan osoitteesta: <https://www.suomi.fi/oppaat/varautuminen>

Tervetuloa uusimman Viestimies-lehden pariin. Antoisia lukuhetkiä ja mukavaa joulun odotusta!

Kimmo Kaipainen

Päätoimittaja

WE ARMOR IT.™

Letters. Words. Codes. Coordinates. Orders.

Every moment vital information is transmitted around us and at risk. Enter MilDef. We create rugged IT solutions for the harshest conditions and most challenging environments, which prevent your information from being interrupted, intercepted or disrupted.

Put simply; we armor your IT, when and where the stakes are the highest.



Oppeja ja osaamista

Puolustusvoimat pärjäsivät mainiosti ammattilaisten arvioimana kuluneen vuoden lopulla tehdyssä Unversumin työntajamielikuivatutkimuksessa. Sotilaallinen maanpuolustus ja työnsä eteen, jota lukuisia joukko maanpuolustajia niin aktiivipalveluksessa kuin vapaaehtoisena tekevät, luovat mielikuvaa Puolustusvoimien ammattimaisesta toiminnasta. Se on merkityksellistä, tärkeää ja sillä on pelkkää työtä suurempi tarkoitus. Kiitos kaikille asiaan vaikuttaneille. On ilo toimia motivoituneessa verkostossa ja varautua tulevaan.

Vuoden 2024 aikana oppien hakeminen Ukrainasta ja Venäjän toimista on jatkunut. Myös Israelin ja Lähi-Idän tapahtumien kaltaiseen taistelukenttään on varauduttava. On kyse sitten huippu-modernista tai konventionaalisemmasta sodankäynnistä ja operaatioista, niin kaiken yhtenä tärkeänä mahdollistajana on kehittynyt informaatio- ja kommunikaatioteknologia. Automaatiikka ja informaatio- sekä dataympäristön analytiikan aikaansaama tuki maalittamiselle ja tulenkäytölle lisääntyy käsin koskeltavalla volyymilla asevoimissa. Tähän lisätynä kyky valvoa toimintaa niin näkyvän valon aallonspektrissä kuin muillakin elektromagneettisen spektrin aallonpituuksilla tekee taistelutilasta aikaisempaan verrattuna suojautumisen ja puolustuksen kannalta kertaluokkaa haasteellisemmän.

Edellä mainittu muutos on otettava vakavasti läpi viestijoukkojen ja johtamisjärjestelmän. Toiminnan hajauttaminen ja varmentaminen on eräs Puolustusvoimien jo perinteinen tapa varautua. Se on osa perustaistelumenetelmäämme. Pahimman tapahtuessa, Puolustusvoimien operointi on riippuvainen kriittisestä informaatio- ja kommunikaatioinfrastruktuurista ja energiasektorista. Kriittisen infrastruktuurin resilienssi ja sen jatkuva edistäminen ei ole aina kaupallisesti houkuttelevaa, mutta yhteiskunnan toimintaedellytysten ja toiminnan luotettavuuden ja jatkuvuuden kannalta sodassa ja kriiseissä se on välttämätöntä. Onneksi tilanne maassamme on asiallinen, tunnemme vahvuudet ja tiedämme mihin pitää tarttua asioiden tilaa kehittäessämme.



Toinen merkittävä etu, jota sopivan kokoisilla joukkorakenteilla, ketteryydellä ja tehtävätaktisilla toimintaperiaatteilla on tavoiteltu, on ollut liikkuvuus. Sitä tarvitaan edelleenkin, mutta tilanne on ainakin mainitsemieni kokemusten kautta hieman muuttumassa. Esimerkkinä mainittakoon, jos liikut, niin todennäköisyys tuhoutua on kasvanut, mikäli vastustajan ”kill-chain” on tehokas. Se edellyttää omien taktiikoidemme sekä toimintaperiaatteidemme jatkuvaa arviointia ja kehittämistä. Oma OODA-silmukkamme (Observation–Orientation–Decision–Action) niin toiminnan kehittämisessä kuin operoimassa on oltava toimintakuntoinen.

Venäjän asevoimat kehittyvät koko ajan sotiessaan Ukrainassa ja toiminnan arviointi vain Venäjän epäonnistumisten ja henkilöstö- sekä kalustotappioiden kautta tarkasteltuna on itsensä pettämistä. Olkoonkin ettei Venäjällä ole kaikkea sitä teknologista suorituskykyä ja teknologiayritysten tuomaa mahdollisuutta samassa mittakaavassa kuin lännessä, niin heillä sitä silti on. Edellä mainittu yhdistettynä sotakokemukseen ja isojenkin tappioiden sietoon, joudumme mitoitamaan oman johtamisjärjestelmämme kyvyn kehittyvän sodankäynnin Venäjään.

Sotilaallisen kansallisen maanpuolustuksen tukena on Nato-liittouma sekä kahden- ja monenvälinen puolustusyh-

teistyö, joiden harmonisointi suomalaisen puolustusjärjestelmän ja johtamisjärjestelmän kanssa on tiivistynyt kuluneen vuoden aikana. Kaikkien edellä mainittujen on oltava toistensa jatkumoa ja skaalattavissa rajatulta alueelta vaikkapa pohjoismaihin, vähistä toimijoista useisiin toimijoihin ja hitaasta nopeaan tilanteen kehittymiseen. Näin toimien puolustuskykymme on jo kasvanut ja potentiaali puolustaa Suomea kasvaa entistä paremmaksi.

Henkilöstömme osaaminen ja ponnistelut ovat kaiken keskiössä. Palkattua henkilöstöä, asevelvollisia, elinkeinoelämää ja vapaaehtoisia yhdistää tavoite tehdä Suomesta ja sen puolustuksesta entistäkin vahvempi. Kirjoituksen alun mielikuva kertoo osaltaan yhteisestä vahvasta tarinasta, osaamisesta ja ammattimaisuudesta myös Puolustusvoimien ulkopuolisten ammattilaisten silmin tarkasteltuna. Pidetään tästä kiinni myös jatkossa. Kiitoksia kaikille yhteisen tavoitteen eteen tekemistänne ponnisteluista kuluneena vuonna ja jatkukoon se myös alkavana vuonna 2025.

Johtamisjärjestelmäpäällikkö

Prikaatikenraali

Jarmo Vähätiitto

EMPOWERING THE BEST TO ALWAYS DO THEIR BEST



SAVOX

www.savox.com



Kirjoituskilpailun sija 1.

TEKSTI: TANELI RIIHONEN

Taistelu radioaalloilla konvergoituu monitoimintaympäristössä

Käsittelen tässä esseessä tulevaisuuden digitaalista taistelukenttää radiospektrissä tapahtuvan taistelun näkökulmasta. Digitaalinen taistelukenttä on sinällään paljon laajempi käsite sisältäen varsinkin langallisia tietoverkkoja hyödyntävän taistelun, ja tulevaisuudessa onkin yhä tärkeämpää tukeutua kuituyhteyksiin ja välttää sähkömagneettisen säteilyn tuottamista niin paljon kuin mahdollista.

Radioyhteydet liikkuvan sodankäynnin johtamis- ja tilannekuvajärjestelmissä eivät ole vältettävissä tulevaisuudessaakaan, vaan kaikki etulinjan joukot kuituyhteyteen kytketyn kompania- tai jopa pataljoonaton johtamispaikan alaisuudessa tarvitsevat niitä. Vastaavasti radioverkoissa osa kiinteistä asemista on kytketty koko valtakunnan laajuiseen kuituverkoon tai oikeastaan mikä tahansa langaverkkoon liitetty radiolaite voi toimia yhteyspisteenä muille. Asemapaikkoina hyödynnetään kaupallisten operaattorien mobiiliverkkojen ja käytöstä poistuvan maanpäällisen televisioverkon mastoja. Itse asiassa kaupalliset mobiiliverkot tulevat olemaan itsessään osa Naton radiotaistelujärjestelmää, joka palvelee rauhan aikana siviiliviestintää.

Radiospektrissä tapahtuva elektroninen sodankäynti on keskeinen osa digitaalista taistelukenttää myös vihollisen toimiiin vastatessa, varsinkin jos se ei ole kehittynyt elektronisessa suojautumisessa. Tulevaisuuden digitaalisella taistelukentällä radiotaistelujärjestelmä tuottaa reaaliaikaisen tilannekuvan vihollisen toimista perustuen sähkömagneettiseen säteilyyn sekä kaikkiin muihin tietolähteisiin, ja tarkoituksenmukainen ote tilannekuvasta jaetaan jokaiselle taistelijalle tai vähintäänkin ryhmätasolle. Radiotaistelujärjestelmän tuottamat uhkavaroitukset ja maalinosoitus ovat myös reaaliaikaisia, ja se kykenee vaikuttamaan vihollisen toimintaan tekoälyn tehostamalla häirinnällä ja harhautuksella.

Työvälineenä taistelussa spektristä käytetään radiolaitteita, millä ei tarkoiteta tässä yhteydessä pelkästään johtamisjärjestelmiin liittyviä kenttäviestivälineitä ja mikroaaltolinkkejä, vaan myös erilaiset tutkat, satelliittipaikannusvastaanottimet, radiotaajuussensorit ja elektronisen vaikuttamisen asemat ovat yhtä lailla sellaisia. Sotilasradio on siten mikä tahansa laite, joka lähettää tai vastaanottaa sodankäynnin kannalta merkityksellisiä sähkömagneettisia aaltoja taajuusvälillä megahertseistä kymmeneen gigahertsiin, vaikka hajasäteilynäkin.

Yleensä radiolaite sisältää jonkinlaisen 'antennin', joka toimii rajapintana radio- ja sateilyn etenemisympäristöön, ja varsinaisen 'radion' eli sähkömagneettisten signaalien tuottamiseen ja ilmaisemiseen tarvittavan elektroniikan ja digitaalisen signaalinkäsittelyn sekä jo nykyään – ja vielä tärkeämpänä tulevaisuudessa – merkittävää laskentakykyä. Perinteisesti radio on koteloitu erilliseksi yksiköksi, joka on kytketty antenniin koaksiaalikaapelilla, mutta tulevaisuudessa sotilasradiolaitteen fyysinen olemus on vaikeampi määrittellä, koska se on usein hajautettu pilviarkkitehtuuriin niin, että radiolaitte täytyy ymmärtää loogiseksi kokonaisuudeksi käyttöön aktivoituja fyysisiä komponentteja isommasta poolista sekä ohjelmistoja pilvipalvelimilla, kuten nykyään 5G-mobiiliverkoissa tukiasemat.

Näkemykseni mukaan tulevaisuuden digitaalinen taistelukenttä kokee radiotaajuisten järjestelmien konvergenssin. Wikipedian määritelmän mukaan ”teknologinen konvergenssi tarkoittaa suuntausta, jossa erilliset teknologiat lähestyvät toisiaan ja muuttuvat samankaltaisemmiksi. Ilmiöstä voidaan käyttää myös termiä teknologinen samankaltaistuminen tai teknologinen samaistuminen”. Jo nykyinen ohjelmistoradiotekniikka on tehnyt sotilasradioista laitteiston puolesta hyvin samankaltaisia, kun radiolaitteen käyttötarkoitus määritellään (laite) ohjelmistolla. Saman radion voi periaat-

teessa ohjelmoida toimimaan niin viestivälineenä kuin radiotiedustelu- tai tutkavastaanottimena, kunhan sen antenni ja radiotaajuuselektronikka sopivat näihin käyttöihin. Jo nyt kognitiiviset kenttäradiot suorittavat viestiliikenteen lisäksi tiedustelun kaltaista spektrianalyysiä, mutta ne käyttävät tietoa vain radioverkon toiminnan tehostamiseen esimerkiksi väistämällä ruuhkaisia tai häirittyjä taajuuksia.

Yleisimmällä tasolla radioteknologinen konvergenssi tarkoittaa sitä, että tulevaisuudessa ei ole enää erikseen kansallisia joukko- ja aselajikohtaisia johtamisen, signaalitiedustelun, tutkien tai radiosensorien, elektronisen tuen, elektronisen vaikuttamisen ja elektronisen suojautumisen radiojärjestelmiä, vaan kaikki mahdolliset radiolaitteet ovat verkottuneet yhdeksi ja ainoaksi Naton radiotaistelujärjestelmäksi. Kuten edellä jo mainitsin, tämä kokonaisvaltainen radiojärjestelmä sisältää myös kaupalliset mobiiliverkot ja mikseipä korkealentoisimmassa visiossa aivan kaikki muutkin siviiliyhteiskunnan radiojärjestelmät kuten lennonjohto- ja säätutkat tai tietoliikennesatelliitit ja IoT-verkot. Strategisesti se takaa jäsenvaltioiden vapauden ja turvallisuuden radiospektrissä samaan tapaan kuin Naton perinteiset puolustushaarat maalla, merellä ja ilmassa.

Monitoimintaympäristöiset operaatiot (engl. Multi-Domain Operations, MDOs) tuovat käänteentekeväen muutoksen taistelukentälle. Jo lähitulevaisuudessa operaatiot sovitetaan yhdessä kansallisten viranomaisten ja ulkoisten sidosryhmien kanssa kokonaisvaltaisesti tapahtumaan synkronisesti kaikissa toimintaympäristöissä: maalla, merellä, ilmassa, avaruudessa sekä kyberissä. Se tarkoittaa laajempaa suunnittelua ja koordinoitua kuin vallitseva 'joint'-käsite puolustushaarojen yhteistoiminnasta. Tulevaisuuden Naton radiotaistelujärjestelmä siis toteuttaa sähkömagneettisen spektrin operaatioita osana monitoimintaympäristön operaatioita.

Tulevaisuuden digitaalisella taistelukentällä kansakuntien radiotaajuiset järjestelmät ovat yhteensopivia ja lomittuneet niin, että vastustajien kannalta ne ovat yhtä ja samaa valtavan laajaa Naton puolustusjärjestelmää. Kansakuntien väliset yhteisoperaatiot tapahtuvat aivan mikrotasolla ja saumattomasti niin, että yksittäiset radiolaitteet voivat hetkellisesti osallistua toisen maan pääasiallisella vastuulla olevaan operaatioon, mikäli se on kokonaispuolustuksen kannalta hyödyllistä. Spektrissä taisteluun osallistuvat radiolaitteet voivat olla niin asevoimien kuin siviiliviranomaisten tai kaupallisten operaattorien ja vapaaehtoiskentän omistamia.

On kai ensisijaisesti arvovaltakysymys, pitäisikö sähkömagneettisen spektrin olla oma toimintaympäristönsä edellä mainittujen ohessa, jotta siellä tapahtuva taistelu saisi ansaitsemansa arvostuksen. Tämä ilmenisi käytännössä edustajina kenraalikulmissa ja esikuntina komentorakenteissa. Joka tapauksessa sähkömagneettiset operaatiot tulevat olemaan yhtä tärkeä osa monitoimintaympäristöoperaatioita kuin fyysinen taistelu maalla, merellä ja ilmassa, koska tulevaisuuden sodankäynti on mahdotonta ilman niitä. Menestyksenkäs taistelu muissa toimintaympäristöissä tarvitsee tuekseen ajallisen ja paikallisen spektriherruuden sekä radiotaajuuksilta saatavan vihollistilannekuvan.

Teknisellä ja taktisella tasolla teknologinen konvergenssi tarkoittaa radiolaitteiden monitoiminnallisuutta. Naton radiotaistelujärjestelmä koostuu valtavana määrästä radiolaitteita, joista ihan jokainen voi toteuttaa omien rajoitustensa ja kapasiteettinsa ehdoilla mitä tahansa radiospektrissä tapahtuvaa taistelutoimintaa. Esimerkiksi kenttäradio vapaana ollessaan analysoi spektriä elektronisen tuen mielessä ja jakaa muodostuvan paikallisen spektritilannekuvan koko järjestelmään tai lähettää radiohäirintää osana hajautettua elektronista vaikuttamista. Monitoiminnallisuuden mahdollisuudet eivät rajoitu maavoimiin vaan esimerkiksi ilma- tai merivalvontatutka voi toimia kenttäviesti- tai häirintäasemana, ja vastavuoroisesti mikä tahansa maavoimien lähete voi radiotaistelujärjestelmässä toimia monipaikkaisen tutkan herätteenä. Vain mielikuvitus ja tilanteenmukainen järjestyminen ovat rajana radioteknologisen konvergenssin luomassa monitoiminnallisuudessa.

Taistelukentällä esiintyy kahden kategorian monitoiminnallisia radiolaitteita. Ensinnäkin on edelleen tiettyyn tarkoitukseen räätälöityjä radiolaitteita, jot-

ka tarjoavat kenttäradioina, tutkina tai jossain muussa käyttötarkoituksessa parhaan mahdollisen suorituskyvyn ja toissijaisesti toteuttavat muita toiminnallisuuksia, mutta eivät niin tehokkaasti. Toisekseen on yleiskäyttöisiä radiolaitteita, jotka toimivat kohtuullisesti moniin eri käyttötarkoituksiin. Osa monitoiminnallisista sotilasradioista kykenee ns. in-band full-duplex toimintaan, siis yhtä aikaa lähettämään ja vastaanottamaan samalla taajuuskaistalla. Hyöty in-band full-duplex kyvykkyudesta on se, että laite voi osallistua vastaanottoa ja lähettämistä tarvitseviin operaatioihin toisistaan riippumattomasti ja joustavasti ilman vuoronjakoa ajassa tai taajuudessa. Yleiskäyttöisistä in-band full-duplex radioista syntyy ohjelmistoradioiden seuraava sukupolvi.

Tulevaisuuden digitaalisella taistelukentällä toteutetaan monitoimintaympäristöisiä operaatioita, joissa käytetään monitoiminnallisia radiolaitteita. Nykypäivän erilliset asevoimien, viranomaisen ja siviiliyhteiskuntien radiojärjestelmät kokevat teknologisen konvergenssin, joka konkretisoituu kaiken kattavana radiotaistelujärjestelmänä ja sitä operoivina joukkoina – ne voisi nimetä yleisesti spektrivoimiksi. Naton spektrivoimat puolustaa jäsenvaltioiden suvereniteettia sähkömagneettisessa spektrissä samaan tapaan kuin maa-, meri-, ilma- ja avaruusvoimat omissa toimintaympäristöissään. Radiotaistelujärjestelmän taustalla on laaja ja tiheä kuituverkko sekä tehokkaat pilvi- ja reunalaskentapalvelut, ja sen toiminta perustuu kehittyneeseen tekoälyyn ja radiolaitteiden autonomisuuteen. Kaikki eettistä harkintaa vaativat päätökset tekevät aina kuitenkin niistä vastuun kantavat ihmiset.



Prof. Riihonen testaamassa full-duplex monitoimiradiota elektronisen sodankäyntiin.

Taneli Riihonen

Tenure track -professori Taneli Riihonen on tutkimusryhmänjohtaja Tampereen yliopiston sähkötekniikan yksikössä alanaan kaikenlaiset radiojärjestelmät langattomasta tietoliikenteestä sensoreihin.

Valmistuttuaan diplomi-insinööriksi Teknillisestä korkeakoulusta vuonna 2006 hän sai opinnoissaan parhaiten menestyneelle jaetun McKinsey-palkinnon. Hän väitteli tekniikan tohtoriksi Aalto-yliopistosta vuonna 2014, jonka jälkeen suoritti reilun vuoden tutkijatohtorikauden Columbian yliopistossa New Yorkissa Yhdysvalloissa. Tekniikan akateemiset palkitsi hänen väitöskirjansa vuoden parhaana ja hänelle myönnettiin Sähköinsinööriliiton ja Ulla Tuomisen säätiön Sähkössä on tulevaisuus -palkinto tunnustuksena uraauurtavasta työstä langattoman in-band full-duplex -tiedonsiirto-tekniikan kehittämisessä.

Merkittävä osuus Riihosen tutkimuksesta on puolustus- ja turvallisuussektorilla, jota tukee mm. Maanpuolustuksen tiedellinen neuvottelukunta ja Maanpuolustuksen kannatussäätiö. Dronejen torjuntateknologiaan liittyvällä ehdotuksella hänen tiiminsä voitti Euroopan puolustusviraston innovaatiokilpailun vuonna 2020 ja parhaillaan hän toteuttaa Monitoimiradiot radiotaajuisjärjestelmien yhdistymisessä -hanketta Suomen Akatemian akatemiaturvotusohjelmassa. Hän osallistuu Naton tiede- ja teknologiaorganisaatio STO:n tutkimustyöryhmiin Suomen delegaation edustajana. Reservin yliluutnantti Riihonen on aktiivinen reserviläinen ja toimii MPK:n sitoutuneena kouluttajana reserviläisjohtamisen, viesti- ja johtamisjärjestelmien sekä elektronisen suojautumisen kursseilla.



Kirjoituskilpailun sija 2.

TEKSTI: JANI ISOHANNI

Uuden teknologian hyödyntäminen

Teknologian kehittyminen näkyy taistelukentällä. Lisääntyneet sensorit mahdollistavat uusia tiedonkeräystapoja; dronet ovat tuoneet mm. Ukrainan sotaan uutta ulottuvuutta ja miehittämättömät sekä vaanivat järjestelmät ovat jo tätä päivää.

Tietotekniikan osalta teknologian kehityskulku voidaan jakaa kahteen osaan. Tietoverkkojen ja tietoliikenteen kehittyminen tuo uusia ulottuvuuksia yhteydenpitoon niin ihmisten kuin koneiden välillä. Aiemmin kommunikointiyhteys puolustushaarojen välillä mahdollisti yhteisoperoinnin, kun nykyään voidaan hyödyntää yksittäisen kansalaisen päätelaitteen jakamaa tietoa tai vaikkapa valvontakameroita.

Ohjelmistopohjaisuus mahdollistaa itsenäisiä ja jossain määrin jopa ”ajattelevia” järjestelmiä. Esimerkkinä nykyinen teknologia mahdollistaa vaanivat dronet, jossa on kamera ja räjähdä. Drone voidaan pysäköidä sopivaan paikkaan ja määritellä räjähtämään, kun kamera tunnistaa kohteen. Teknologia on olemassa ja toteutettavissa. Hyödyntämistä rajoittaa enemmän eettiset periaatteet ja lainsäädäntö kuin itse kyvykkyyden toteuttaminen.

Mutta mitä verkottumisen ja ohjelmistopohjaisuuden täysi hyödyntäminen lopulta vaatii?

Digitaalisuuden kehittyminen sodankäynnissä

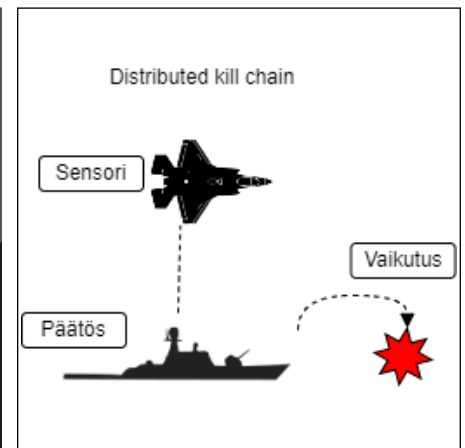
Digitaalisuus on mahdollistanut sodankäynnin muuttumisen siinä määrin, että voitaneen puhua jopa paradigmamuutoksista. Yksi nykyään keskustelun alla oleva arkkitehtuurinäkemys on Mosaic Warfare. DARPA on julkaissut siitä runsaasti materiaalia ja mm. CSBA ja RAND Corporation ovat analysoineet asiaa seikkaperäisesti. Näistä RAND julkaisussaan ”Distributed kill chains” esittää evoluutiopolun, joka on johtanut Mosaic Warfare -käsitteen syntyyn.

Hajautettu vaikuttaminen (distributed kill chain – termeistä ei tiettävästi ole vaikiintuneita suomennoksia) on tunnettu käsite. Vaikuttamisen toimintaketju ”kill chain” sisältää esimerkiksi F2T2EA, Find, Fix, Track, Target, Engage ja Assess-vaiheet, tai joskus käytetään 5Fs lyhennettä (Find, Fix, Fire, Finish, Feedback). Hajauttaminen viittaa vaiheiden jakamiseen toimijoiden välillä.

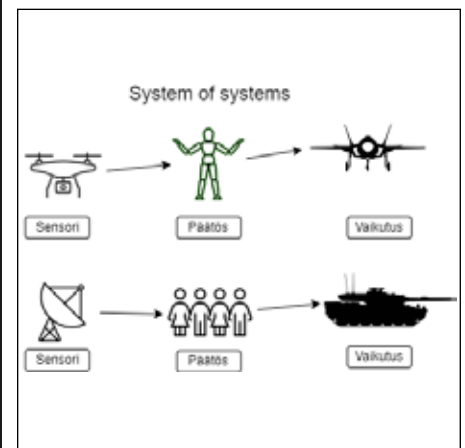
System of systems on arkkitehtuuri, jossa luodaan useampia vaikuttamisen ketjuja ja järjestelmien välisillä integraatioilla. Tällaisella mallilla haetaan järjestelmien välisen yhteistyön kautta suurempaa vaikuttavuutta kuin yksittäisillä järjestelmillä olisi erikseen. Malli on sinänsä toimiva, mutta integraatiot ovat aina kalliita ja hitaita toteuttaa. Oleellista on, että integraatiot ovat järjestelmätasolla ja tällöin järjestelmän suorituskykyä käytetään rajapinnan kautta. Tämä rajapinta on yleensä rajallinen sen suhteen, mitä kyvykkyyttä se tarjoaa hyödynnettäväksi ulkopuolelta. Kokonaisuus koostuu staattisista järjestelmätason integraatioista eikä mukaudu kovin hyvin tilanteeseen. Operaatiosuunnittelussa pitääkin huomioida, mitä integraatioita voidaan hyödyntää, eikä voida lähteä siitä, että suunnitellaan vapaasti ja järjestelmä taipuu tahtoon.

Adaptive killweb vie integraatiot uudelle tasolle. Oletuksena on jo, että kaikki integraatiot ovat olemassa ja käytettävissä ja ennen kaikkea ”järjestelmä” käsitteenä muuttuu hienojakoisemmaksi. Operaatiosuunnittelu voidaan tehdä vapaasti ja valita, mitä erilaisia toimintoketjuja halutaan hyödyntää, mutta valinta joudutaan ajallisesti lukitsemaan – operaation toimintatapa on valittu ja sillä mennään.

Mosaic warfare vie ajatukset vieläkin pidemmälle. Sen sijaan, että valitaan operaatiosuunnittelussa etukäteen, minkälaisista vaikuttamista ja sitä kautta toimintoketjua missäkin ajankohdassa hyödynnetään, lähtökohtaisesti voidaan hyödyntää kaikkea kaikissa hetkissä. Kokonaisuus mukautuu tilanteeseen operaation aikana ja mahdollistaa esimerkiksi



Distributed killchain.



System of systems.

järjestelmien välisen automaattisen integroitumisen ja teknisesti jopa automaattisen vaikuttamisen. Integraatiot ovat hyvin tarkalla tasolla ja esimerkiksi satelliitista voidaan pyytää herätteitä, kun tietyt ehdot täyttyvät, ja toimia sen mukaan. Toimintoketjun käsite hämärtyy ja siitä tulee enemmän yksi valituista vaikuttamistavoista kuin yksittäinen etukäteen tunnistettu tapa vaikuttaa.

Mielenkiintoista on, että kahdessa viimeisessä skenaariossa ”pätös”-vaihe on jäänyt pois. Kokonaisuus on siinä määrin integroitunut, että sitä voidaan ajatella

sotakoneena, joka on konfiguroitu toimimaan joko *distributed killweb* -skenaariossa etukäteen tai *mosaic warfare* -skenaariossa operaation aikana automaattisesti ja täysin dynaamisesti.

Digitaalisten kehitysaskelien merkitys

Kun ajatellaan raadollista todellisuutta tositalanteessa, ei ole merkitystä missä mainituista kehitysvaiheista ollaan. Voidaan tylsästi ja kylmän kyynisesti todeta, että esimerkiksi *Mosaic Warfare* on visio ja ideaali, johon yksikään maa ei tule pääsemään. Sama koskee *distributed killwebiä* ja jopa *system of systemsiä*. Tällaiset ideaalit ovat tarpeellisia ohjaamaan sisäistä kehitystä sekä luomaan ihmisille ymmärrys siitä, mikä voisi olla mahdollista ja mitä heidän pitäisi osata vaatia. Tämä kaikki on toki tarpeellista teknologisen kehityksen johtamisen perspektiivistä, mutta ajallisesti ollaan enemmänkin valmiuden kehittämässä eikä niinkään siinä hetkessä, kun operaatioita suunnitellaan.

Mutta millä sitten on merkitystä, kun joudutaan kovaan paikkaan?

Jos ajatellaan kokonaisuutta, niin sota-toimissa on tärkeää ylläpitää tempo ja toimia joustavasti. Tavoite on saattaa vastustaja reagoivaan tilaan ja sitä kautta saavuttaa taistelussa aloitteen tekijän rooli. Se edellyttää erittäin hyvää tiedonhankintaa ja erityisesti hankitun hyödyn-tämiskykyä. Se edellyttää hyvää yhteistyötä ja oman toiminnan mukauttamista vastustajan toimiin.

Erityisesti se myös edellyttää kykyä luovuuteen kovan paineen alla ja kyvykkyyttä hyödyntää uutta teknologiaa nopeasti uudella tavalla. Jos ja kun teknologiaa kehitysaskelia saavutetaan, on oma toiminta kyettävä mukauttamaan uusiin mahdollisuuksiin nopeasti. Kyseessä ei ole siis uuden aparaatin kantamisesta sotatantereelle; sen osaa jokainen. Erottava tekijä on nopeudessa luoda kyvykkyyttä hyödyntää sitä toiminnassa.

Kyky sopeutua ja omaksua

Perinteisesti puolustusteollisuudella on omat raskaat ja pitkät hankintaprosessinsa. Kalustohankinnat ovatkin valtavia hankkeita, joissa pitää mm. olla varma, että kalusto on soveltuvaa Suomen olosuhteisiin. On varmistettava, että huolto- ja toimitusvarmuus toimii myös poikkeusoloissa. Lisäksi koulutusorganisaatiot joudutaan vähintäänkin päivittämään tai

jopa luomaan uudestaan uutta kalustoa vastaavaksi. Nämä ovat vuosien prosesseja.

Nykyisellään uuden teknologian käyttöönotto kulkee samankaltaista tuotannollistamisputkea kuin muukin taistelumateriaali. Ideasta prototyyppiä vie oman aikansa. Tuotteistaminen ottaa oman aikansa, minkä jälkeen kokonaisuus testataan, ja pelkästään testauksessa liikutaan helposti vuoden tai kahden aikasyklissä. Taustalla on monesti totutut hankintatavat.

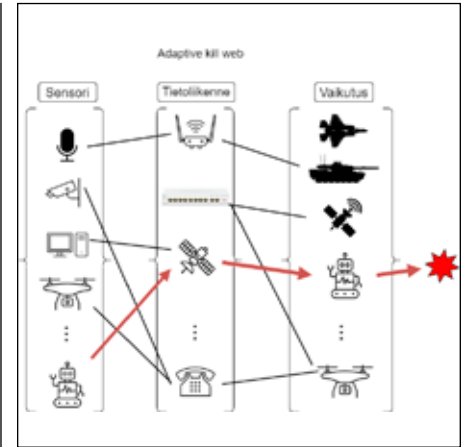
Uuden teknologian osalta on kuitenkin pystyttävä tarvittaessa vastaamaan alan kehityksen kadenssiin nopeastikin. Vuoden testaus ohjelmistojulkaisulle tai vaikkapa vaanivalle dronelle on liikaa. Pitää olla kyvykkyyttä hyödyntää ja testata teknologia tositoimissa jokseenkin heti, ettei menetetä teknologisesta kehityksestä ja tutkimustyöstä saatua etulyöntiasemaa. Uusi, vihollisen salauksen murtava kvanttitekniikka ei auta ketään, jos se matkustaa toista vuotta rintamalle.

Teollisuudessa korkea kadenssi on arkipäivää. Esimerkiksi Amazon teki vuonna 2015 verkkokaupassaan 50 miljoonaa päivitystä. Se tarkoittaa uutta päivitystä useammin kuin joka sekunti. Tässä on huima kontrasti vuoden tuotannollistamisputkeen. Korkea päivitystaajuus mahdollistaa hallitun testauksen tuotannossa, mikä tarjoaa huiman edun kilpailijoihin, jotka testaavat ominaisuuksia isoissa kokonaisuuksissa kerran vuoteen.

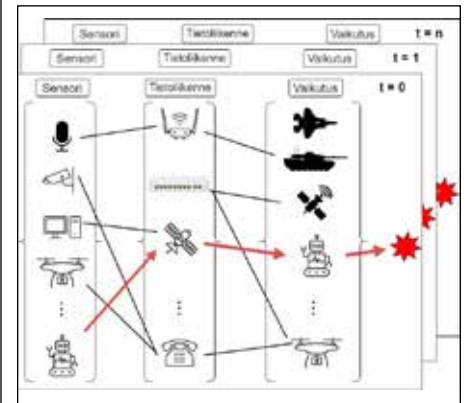
Normaalioloissa kehitys kulkee omaa, hieman verkaistakin tahtiaan. Mutta kun tullaan kovaan tilanteeseen, kyvykkyyttä hyödyntää uutta kyvykkyyttä nopeasti ei rakenneta hetkessä. Se on hidas prosessi. Se vaatii soveltuvaa infrastruktuuria, oikeaa osaamista ja myös kulttuuria. Näiden on oltava valmiit jo rauhan aikana, vaikka niitä ei olisikaan tarve hyödyntää silloin.

Lopuksi

Verkottuminen ja ohjelmistopohjaisuus tuovat nykyään odottamattomiakin mahdollisuuksia, mutta niiden hyödyntämiseksi organisaatiolla pitää olla peruskyvykkyyttä uusien asioiden nopeaan hyödyntämiseen. Tärkeää ei ole suuren vision kuten *Mosaic Warfare* saavuttaminen vaan kyvykkyyttä ottaa käyttöön ja omaksua uutta teknologiaa. Ilman sitä on iso riski, että aloitteen ottaa muuntautumiskykyisempi osapuoli.



Adaptive killweb.



Mosaic warfare.

Uudessakin maailmassa perustoiminta kantaa ja sen hiominen luo kyvyn hyödyntää uusia asioita.

Kiitos Digian Defence-tiimille artikkelin kommentteista ja kehitysehdotuksista.

Jani Isohanni toimii Digian Defence-liiketoiminnan pääarkkitehtina. Hänellä on pitkä kokemus ohjelmistokehityksestä, kokonaisarkkitehtuurista ja tutkimustyöstä. Isohanni on koulutukseltaan tekniikan lisensiaatti.



Kirjoituskilpailun sija 3.

TEKSTI: TOMI KRAFT

Generatiivisen tekoälyn alkuvaiheen käyttötapauksia esikunnissa

Johdanto

Harva meistä on voinut välttyä kehitykseltä, jota on tapahtunut generatiivisen tekoälyn parissa viime vuosina. Uudet teknologiat, kuten GPT-kielimallit, ovat lyöneet läpi ja uineet osaksi arkeamme niin kotona kuin työpaikoilla ja osoittaneet kyvykkyyttä mullistaa tapaamme toimia ja kommunikoida teknologian kanssa. Teknologiassa on lähihistorian saatossa tapahtunut useita isoja innovaatiota ja kehityksiä, jotka ovat vaikuttaneet niin siviili- kuin sotilasmaailmaan.

Maanpuolustus ja sen johtamisjärjestelmät ovat aina eläneet ajassa, joten voitaneen sanoa, että generatiivinen tekoäly tulee vaikuttamaan myös niihin ennemmin kuin myöhemmin. Arjen välineet ovat jo viime vuosina nostaneet profiiliana osana maanpuolustuksen johtamisjärjestelmää, ja sama voidaan odottaa tapahtuvan generatiivisen tekoälyn osalta. Useat teknologisesti kyvykkäät armeijat ovat jo vuosia tutkineet tekoälyn käyttömahdollisuuksia sotilaallisessa kontekstissa, ja niitä on myös ansiokkaasti käsitelty tämän lehden aiemmissa numeroissa.

Hyödyntäminen esikunnan koulutuksessa

Reserviläisarmeija tarjoaa mielenkiintoisen kontekstin, sillä varsinkin paikallispuolustus ja erityisesti paikallispataljoonat nojaavat vahvasti reserviin. Paikallispataljoonien esikuntiin sijoituilla reserviläisillä on useimmiten varsin rajatut mahdollisuudet harjaannuttaa osaamistaan esikunnan toiminnan ja johtamisjärjestelmien parissa, verrattuna palkattuun henkilökuntaan. Vastavuoroisesti monella reserviläisellä on arvokasta kokemusta siviilimaailmasta ja yhteiskunnasta, jota voidaan mainiosti hyödyntää esikunnan toiminnassa. Generatiivisen tekoälyn työkalujen lyödesä läpi siviiliyhteiskunnassa, kasvavat

myös reservin osaaminen, kyvykkyys ja odotusarvot uuden teknologiaan hyödyntämiseen maanpuolustuksellisissa tarkoituksissa.

Monesti esikunnan harjoittelu perustuu käsikirjoitettuun ”peliin”, jossa syötteet ovat valmiiksi mietittyjä ja noudattavat tiettyä skenaarion kulkua. Esikunnan tekemät toimenpiteet linkittyvät vahvasti skriptin mukaiseen toimintaan, eikä tehtyjen ratkaisujen ja johtopäätösten todellista kulkua ja vaikutusta kyetä täysin mallintamaan. Vaihtoehtoisesti voidaan hyödyntää niin sanottua dynaamista peliä, jossa peliosasto hyödyntää omaa osaamistaan ja vaistoaan luoden harjoittelevalle osastolle realistisempia ja monipuolisempia skenarioita sekä syötteitä, jotka muuttuvat ja reagoivat tilanteen mukaisesti. Paikallispuolustuksen ja vapaaehtoisen maanpuolustuksen näkökulmasta dynaamisempi malli on kuitenkin hankalampi toteuttaa, sillä sekä dynaamiseen peliin tarvittavaa henkilöstöä että koulutustapahtumia on rajallisesti tarjolla. Koulutustapahtumien ja harjoituskertojen pituus asettaa myös omat haasteensa huomioiden sen, että toiminnan pystyttäminen ja aloittaminen vie jo oman aikansa.

Pohdittaessa tulevaisuuden kannalta, generatiivista tekoälyä on verrattain helppoa hyödyntää jo nykyisellään pelin valmistelussa, kuten syötteiden ja käsikirjoituksen luomisessa, perustuen olemassa olevaan tietoon ja kokemuksiin. Muikin sellainen käyttö, jossa ei tarvitse välttämättä toimia operatiivisessa järjestelmässä tai luokitellun tiedon parissa, on jo tänään mahdollista. Tämä helpottaa monipuolisemman ja vaihtelevamman toimintaympäristön tarjoamista harjoituksiin.

Isomman työn takana ja ennemminkin tulevaisuudessa kuin tänään on generatiivisen tekoälyn hyödyntäminen itse pelissä, jossa kielimalli toimisi virtuaalisena vastapuolena tarjoten dynaamisia, ennalta-arvaamattomia ja inhimillisen aspektin

sisältäviä syötteitä esikunnalle vastauksena toimenpiteisiin ja ratkaisuihin, joita esikunta tuottaa, toimien näin monipuolisena haasteena koulutettavalle osastolle. Tämä osaltaan auttaisi tehostamaan toimintaa tilanteissa, joissa henkilöstön ja ajan puute koetaan rajoitteena tehokkaalle harjoitukselle.

Hyödyntäminen esikunnan prosesseissa

Esikunnan toiminnalle leimallista ovat jatkuva kiire, informaation suuri määrä, syötteiden analysointi ja johtopäätösten tekeminen saatavilla olevan tiedon perusteella. Dokumentaatiota ja erilaisia asiakirjoja tuotetaan paljon, ja niiden työstämiseen kuuluu huomattavasti aikaa ja energiaa, joka on aina poissa muulta tekemiseltä.

Generatiivisen tekoälyn avustuksella on mahdollista helpottaa ja virtaviivaistaa määrämutoisten dokumenttien, kuten esimerkiksi käskyjen tai tilanneilmoitusten ja -selostusten luomista vapauttaen näin aikaa muulle tärkeälle toiminnalle ja tilannekuvan ylläpidolle. Uuden tiedon ja materiaalin luomisen lisäksi esikunnat saavat paljon dataa niin ylä- kuin alajohdolta, ja kaikki tämä data tulisi olla hyödynnettävissä tehokkaasti. Manuaalista sanomapäiväkirjan ylläpitoa tai alajohdortaiden joukkojen vahvuuksien taulukoimista saatujen ilmoitusten perusteella voidaan tehostaa tekoälyn avulla luonnollisella kielellä kysellen. Sama pätee muihinkin esikunnan materiaaleihin, kuten muiden alueella olevien toimijoiden tilanteiden seuraamiseen.

Kielimallin on myös mahdollista tunnistaa ja ymmärtää toimintaa ohjaavat raamit, kuten voimankäytön säännöt ja toimivaltuudet, unohtamatta sodankäynnin oikeussääntöjä, antaen näin mahdollisimman tarkkoja ja oikeasuhtaisia vastauksia sille osoitettuihin pyyntöihin.

Lisäksi generatiivisella tekoälyllä voi nähdä olevan potentiaalia suunnittelukeskuksen ja eri aselajien kuten huollon suunnittelussa, ja sitä onkin jo käytetty maailmalla logistiikan suunnitteluun. Potentiaalia voi nähdä myös mahdollisten ajoneuvojen reittien ja tiestön kantavuuksien ja aikamääreiden suunnittelun tukena.

Kaikissa näissäkin tapauksissa, kuten aina tekoälyn kanssa toimiessa, tulee kuitenkin muistaa, että se ei korvaa ihmistä ja ihmisen tulee aina varmentaa tieto ja useimmiten myös jatkojalostaa sitä. Lopullinen vastuu on aina ihmisellä. Generatiivinen tekoäly toimii kuitenkin parhaimmillaan toimintaa tehostavana apurina.

Huomioitavaa

Generatiivinen tekoäly kuten muutkin uudet teknologiat tarjoavat lukuisia käytötapauksia sotilaallisen maanpuolustuksen kontekstissa, joista tässä tekstissä on esitelty vain muutamia. On syytä huomioida, että mallien rakentaminen ja käyttöönotto vaativat merkittävää kehityspainosta ja resursseja. Suomessa on monet

asiat totuttu tekemään itse, usein vieläpä erittäin hyvin, mutta uusien teknologioiden hyödyntämisessä liittolaisuuksista voisi olla merkittäviä hyötyjä jatkossa.

Sotilaalliseen maanpuolustukseen liittyvien tietojärjestelmien ja teknologioiden osalta tietoturva on korostetun keskeistä ja se asettaa varmasti omat haasteensa myös generatiivisen tekoälyn hyödyntämiselle. On helppoa löytää monia perusteluita, miksi juuri tämä teknologia ei olisi soveltuva, mutta jo nyt näin generatiivisen tekoälyn laajemman käyttöönoton alkuvaiheilla on sen potentiaali huomattu laajasti. Ei ole siis syytä aliarvioida sen mahdollisia vaikutuksia pitkällä aikavälillä.

Huomioitavaa on myös toimintaympäristön asettamat haasteet. Esikunnilla ja kriisitilanteissa ei aina tietotekniikkaa ole saatavilla tai siihen ei voi täysin luottaa. Ilman vaadittavaa laskentatehoa, yhteyksiä tai teknistä tukea on teknologia hyödyttömiä. Varamenetelmien on siis oltava kunnossa. Vaikka uudet teknologiat tehostavat toimintaa, ne eivät tarjoa ihmelääkkeitä eivätkä muuta perusajatusta ja niitä perusteita, jotka ovat kaiken toiminnan taustalla.

Lähteet

<https://fortune.com/2023/03/22/bill-gates-elon-musk-chatgpt-openai-artificial-intelligence-ai-technology-breakthrough-through-personal-computing-revolution/>

<https://www.armyupress.army.mil/journals/military-review/online-exclusive/2024-ole/integrating-generative-ai/>

<https://www.nextgov.com/artificial-intelligence/2024/02/adding-generative-ai-wargame-training-can-improve-realism-not-without-risk/394121/>

<https://breakingdefense.com/2024/03/pentagon-tested-generative-ai-to-draft-supply-plans-in-latest-gide-9-wargame/>

Kirjoittaja Tomi Kraft on aktiivinen reserviläinen, joka toimii PwC Suomen IT-palvelujohtajana. Hänellä on kattava kokemus liiketoiminnan kehittämisestä IT:n avulla, jossa tekoäly on tällä hetkellä vahvasti läsnä.



MILCON

Valmis vaativien kumppaneiden haasteisiin

Kaikkiin sähkötekniisiin ja viestiliikenteen haasteisiin ei aina löydy valmista ratkaisua kaupan hyllyltä. Silloin tarvitaan asiantuntemusta, kokemusta ja ammattitaitoa.

Kaapeloinnit, johtamisjärjestelmät ja sähkömekaaniset kokoonpanot ketterästi ja kustannustehokkaasti – rautaisella ammattitaidolla.

Milcon on luotettava kaapeli- ja liitostekniikan ammattilainen ja kumppani jo vuosien takaa.

LÖYDÄT MEIDÄT:

Ruutanakorventie 2
33960 Pirkkala

Puh. 010 239 2170
info@milcon.fi



www.milcon.fi



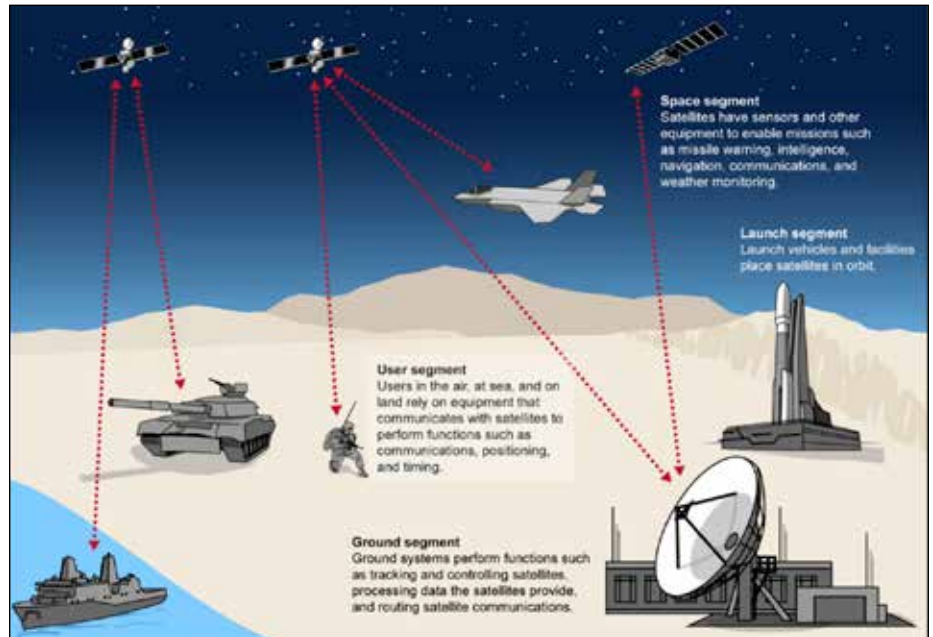
TEKSTI: JUUSO LIEKKILÄ

Katse avaruuteen – avaruuden sotilaallinen käyttö

Kaikki asevoimat hyödyntävät toiminnassaan satelliitteja. Avaruus on myös yksi Puolustusvoimien operatiivisista toimintaympäristöistä. Avaruuden hyödyntäminen ei edellytä omia sotilassatelliitteja, vaan niiden sijasta voidaan hyödyntää kaupallisia tai julkisia palveluita ja liittolaisten satelliitteja. Puolustusvoimat on hyödyntänyt satelliitteja jo vuosikymmeniä, mutta avaruuspuolustuksesta ja -tilannekuvasta on alettu puhua vasta viime vuosina. Avaruustoiminnan jatkuvasti kasvaessa yhä useamman tulisi ymmärtää ainakin perusteet avaruuden sotilaallisesta käytöstä, koska satelliitit vaikuttavat toimintaan kaikissa toimintaympäristöissä.

Avaruudelle ei ole yksiselitteistä ja kansainvälisesti hyväksyttyä määritelmää tai rajaa. Muutamat valtiot ovat omassa lainsäädännössään tehneet jonkin määritelmän avaruudelle, mutta suurin osa valtioista ei ole. Yksi yleisesti käytetty määritelmä on ns. Kärmänin raja, mikä on noin 100 km korkeudessa. Muitakin määritelmiä on ja mitään näistä ei ole sisällytetty kansainvälisiin sopimuksiin. Avaruustoiminta ei rajoitu kuitenkaan ainoastaan kiertoradoille, vaan avaruuden hyödyntäminen edellyttää maanpäällistä infrastruktuuria sekä tietoliikennettä Maassa ja avaruudessa olevien järjestelmien välillä.

Yleensä avaruusjärjestelmä jaetaan kolmeen lohkokseen; avaruuslohkoon, tietoliikennelohkoon ja maalohkoon. Avaruuslohko käsittää yhden tai useamman satelliitin. Useammasta samaan järjestelmään kuuluvasta satelliitista käytetään termiä konstellaatio. Tietoliikennelohko käsittää tiedonsiirron avaruus- ja



Avaruusjärjestelmät koostuvat useista lohkoista.

maalohkojen välillä. Maalohko käsittää maa-asemat, laukaisu- ja valvontajärjestelmät, muun satelliittien operointiin tarvittavan infrastruktuuriin sekä satelliitipalveluiden käyttäjät. Toimintaympäristönä avaruus käsittää nämä kaikki osat.

Suurten kustannusten takia avaruustoiminta oli pitkään lähinnä suurvaltojen ulottuvilla. Teknologian kehittymisen, sarjatuotannon ja laukaisuhintojen laskun takia avaruustoiminta on tullut kaikkien ulottuville. Tämä on johtanut satelliittien määrän voimakkaaseen kasvuun. Kymmenen vuotta sitten avaruudessa oli noin 1000 toimivaa satelliittia, nyt niitä on noin 10000. Merkittävä osa näistä satelliiteista on kaupallisia yritysten omistamia satelliitteja. Valtioiden lisäksi yksityisistä yrityksistä on tullut merkittäviä toimijoita avaruudessa. Samalla koko yhteiskunta on tullut yhä riippuvaisemmaksi satelliiteilla tuotetuista palveluista.

Avaruusteknologiaa ei kehitetty ihmiskunnan hyväksi, vaan sodankäynnin takia

Suurvaltopoliitikka on avaruusajan alusta alkaen ollut vahvasti avaruustoiminnan taustalla. Miehitetyt avaruuslennot ja Kuussa käynti näkyivät avaruustutkimuksena ja -tieteenä, mutta merkittäviä tekijöitä niiden taustalla olivat suurvaltakamppailu ja poliittiset ideologiat.

Asevoimat kiinnostuivat jo 1930-luvulla raketeista ja ballistisista ohjuksista. Toisessa maailmansodassa raketiteknologian kehitys kiihtyi ja sodan jälkeen teknologian mahdollisuudet ymmärrettiin laajasti. Ensimmäiset kantoraketit olivat vain hieman muunneltuja ballistisia ohjuksia. Avaruusaika alkoi lopulta syksyllä 1957, kun Neuvostoliitto laukaisi ensimmäisen satelliitin kiertoradalle. Käynnistyneellä avaruustutkimuksen ja miehitettyjen avaruuslentojen kilpailulla saatiin huomio pois samanaikaisesti käynnissä

FITELNET.FI | MYYNTI@FITELNET.FI

VIRANOMAISVERKOT

VIRVE- ja monioperaattoriverkkojen toteutus luottamuksellisesti avaimet käteen -periaatteella.




EMP/HPM-SUOJAUS

Fitelnet Oy:n suojausratkaisut kriittisten tietoliikennejärjestelmien tehokkaaseen ja luotettavaan suojaamiseen IEMI-uhkia vastaan.

FITELNET OY, AMERINTIE 66 (OVI 24), TUUSULA



olleista ohjusteknologioiden ja avaruuden sotilaallisen käytön kehityksestä. Koko kylmän sodan aikana laukaistuista satelliiteista noin 70 % oli puhtaita sotilasatelliitteja. Ilman ohjusteknologian ja avaruustoiminnan sotilaallista merkitystä ei olisi käytetty huomattavia resursseja uusien ja tuntemattomien teknologioiden kehitykseen 1950- ja 60-luvuilla. Avaruusteknologiaa ei kehitetty koko ihmiskunnan hyväksi, vaan syinä olivat ensisijaisesti poliittiset, taloudelliset ja sotilaalliset intressit.

Kylmän sodan ensimmäisinä vuosikymmeninä satelliittien merkitys liittyi lähinnä ydinasepelotteeseen. Niiden käyttötarkoituksia olivat mm. vastustajan ydinasemärien ja -sijaintien selvittäminen, ohjuslaukaisujen havaitseminen, laukaisukomentojen välittäminen ja omien liikkuvien laukaisulavettien paikantaminen tarkan lentoradan määrittämiseksi. Satelliittien käyttö konventionaaliseen sodankäyntiin oli rajoitettua. Avaruusteknologioiden kehittyessä satelliitit alkoivat tukemaan myös konventionaalista sodankäyntiä. Satelliitteja hyödynnettiin jo Vietnamin ja Falklandin sodissa, mutta vasta Persianlahden sodas-

sa satelliiteilla oli merkittävä rooli myös konventionaalisisessa sodankäynnissä.

Neuvostoliiton hajottua siirryttiin kohti uutta avaruusaikaa. Jos avaruus oli aiemmin lähinnä suurvaltojen toiminta-alue, niin nyt se alkoi kaupallistumaan. Uuden avaruustoiminnan taustalla oli yksityistä pääomaa. Teknologian kehittyessä satelliitit kyettiin rakentamaan aiempaa pienemmäksi ja kevyemmiksi. Samalla massatuotannon ja kaupallisen kulutustavaraelektronikan hyödyntämisellä satelliitteja kyettiin rakentamaan nopeammin ja halvemmin. Kaikki nämä tekijät lasivat rakennus- ja laukaisukustannuksia. Markkinalähtöisessä avaruustoiminnassa julkishallinnon suora rooli on vähäinen, mutta silti suuri osa liikevaihdosta muodostuu edelleen julkishallintojen tilauksista. Monien kaupallisten toimijoiden avaruussuorituskyvyt ylittävät jo joillakin osa-alueilla valtiollisten toimijoiden kyvyt.

Kaupallisen alan kasvu on ollut voimakasta. Kuva 2 esittää vuosittain laukaisujen satelliittien määrää ja avaruudessa olevien toimivien satelliittien määrää. Vasen pysty akseli kuvaa vuosittaisten

satelliittilaukaisujen ja oikea toimivien satelliittien lukumäärää. Syksyllä 2024 avaruudessa oli noin 10000 toimivaa satelliittia, joista kaupallisia satelliitteja oli noin 90 %. Kasvua vääristää hieman yksittäisen yrityksen toiminta. SpaceX:n Starlink-konstellation satelliitit ovat vuodesta 2020 alkaen muodostaneet yli puolet vuosittain laukaistuista satelliiteista. Kaupallinen avaruustoiminta olisi kasvanut myös huomattavasti ilman SpaceX:ää, mutta kasvu ei olisi ollut näin voimakasta.

Myös kaupallisia satelliittipalveluita hyödynnettiin jo Vietnamin ja Persianlahden sodista alkaen, mutta nyt Ukrainassa kaupallisten satelliittien hyödyntäminen on ollut huomattavasti laajempaa. Ukrainan sodan voi nähdä olevan myös ensimmäinen sota, jossa molempien osapuolien suorituskyvyt ovat olleet riippuvaisia avaruusjärjestelmistä. Ukraina on tukeutunut vahvasti nimenomaan kaupallisiin avaruusjärjestelmiin, kun Venäjä on käyttänyt lähinnä omia valtiollisia kykyjään. Sodankäynti on lisäksi kohdistunut avaruusjärjestelmiin, myös sodan ulkopuolisista valtioista peräisin olevien avaruusalanyritysten järjestelmiin.

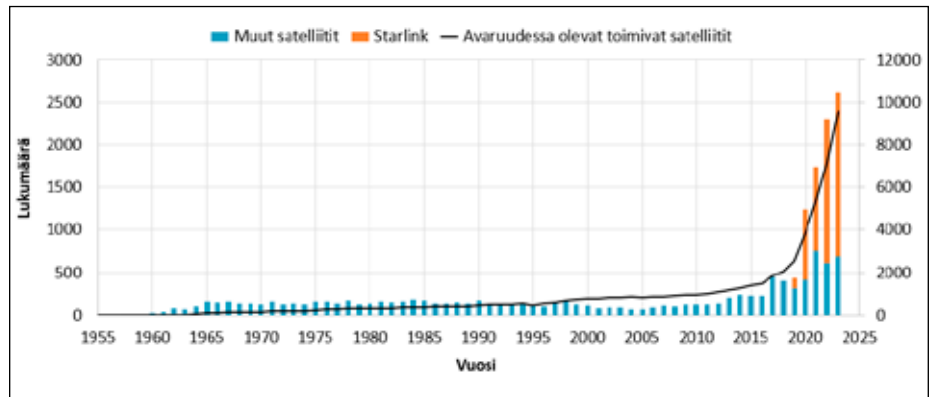
Avaruus on ensisijaisesti tukeva toimintaympäristö

Eri toimintaympäristöt eivät ole toisistaan irrallisia, vaan operointi pyritään tekemään saumattomasti hyödyntäen kaikkia tarvittavia toimintaympäristöjä. Nato on alkanut käyttämään termiä Multi-Domain Operations kuvaamaan toimintaympäristöt läpileikkaavaa toimintaa. Sodankäynnin näkökulmasta avaruuden rooli on tukea muita toimintaympäristöjä. Satelliitteja käytetään mm. tiedusteluun ja valvontaan, tietoliikenteeseen ja johtamiseen sekä paikannukseen. Satelliitit tehostavat järjestelmien ja joukkojen liikkuvuutta, tarkkuutta, tehokkuutta tai nopeutta muissa toimintaympäristöissä. Valtaosa moderneista taistelujärjestelmistä on jollakin tavalla yhteydessä satelliitteihin. Yksi sodankäynnin peruseräpäätteistä on suorituskykyjen ja niiden vastajärjestelmien kehittämisen kilpajuoksu. Myös avaruuden käytöstä on yhä tullut kiistellympää. Avaruussodankäynnin voi nähdä tarkoittavan kamppailua satelliittipalveluiden käytettyydestä.

Satelliittien tuottamat palvelut eivät ole ainutlaatuisia, vaan samoja palveluita voidaan tuottaa myös järjestelmillä maasta, mereltä tai ilmasta. Satelliittien etuina ovat niiden laaja alueellinen kattavuus ja globaali käytettävyys. Satelliittien keskeiset käyttötarkoitukset voidaan jakaa aika- ja paikkatiedon tuottamiseen, kaukokartoitukseen ja tietoliikenteeseen.

Paikannussatelliitit lähettävät käyttäjille aika- ja paikkasignaalia. Aikasignaalin avulla eri järjestelmien kellot voidaan synkronoida säännöllisesti, koska tarkka aika on edellytys järjestelmien väliselle tietoliikenteelle. Paikkasignaalia hyödynnetään mm. joukkojen liikkumisen tukena ja miehittämättömien järjestelmien tai ohjusten ohjaukseen. Vaihtoehtoisia menetelmiä satelliittien käytölle on, mutta satelliitit ovat helppo tapa näiden aika- ja paikkapalveluiden tuottamiseen.

Kaukokartoitus avaruudesta sisältää useita toimintoja. Tiedustelukuvaus on ilmeinen käytötapa, missä satelliitteja käytetään esimerkiksi vastustajan joukkojen maallittamiseen tai tehtyjen iskujen vaikutusarviointiin. Satelliiteilla tuotetaan myös paljon sää- ja olosuhteisiin liittyvää tietoa. Sääennusteet perustuvat pitkälti satelliittien tuottamaan tietoon, koska esimerkiksi valtamerien yllä olevien säärintamien seuraaminen muilla menetelmillä on hankalaa. Myös erilaisia olosuhteisiin liittyvää tietoa (mm. maaperän kosteus, kasvillisuuden määrä ja laatu, jäättilanne) seurataan satelliiteilla. Lisäksi



Laukaistujen satelliittien ja toimivien satelliittien määrän kehitys.

kaukokartoitus sisältää ballististen ohjusten laukaisujen valvonnan, minkä avulla saadaan ennakkovaroitus ohjusuhkasta.

Satelliittitietoliikenteessä tieto kulkee lähettäjän ja vastaanottajan välillä jossain vaiheessa satelliitin kautta. Satelliittitietoliikenteen etuna on se, että yhteyksiä kyetään muodostamaan ja ylläpitämään pitkälläkin etäisyyksillä ilman kiinteää infrastruktuuria. Tähän kyetään myös maanpäällisillä radioyhteyksillä esimerkiksi HF-taajuuksilla, jotka kaareutuvat horisontin taakse. Näiden rajoituksena on kuitenkin varsin pieni tiedonsiirtokapasiteetti. Satelliiteilla on tärkeä rooli etenkin etäisten alueiden tietoliikennettä ja häiriönsietoisuutta tuovana teknologiana.

Avaruustoiminnassa korostuu kaksoiskäyttö eli satelliiteilla tuotettuja palveluita käytetään sekä sotilas- ja siviilikäyttöön että sodan- ja rauhanajan käyttöön. Esimerkiksi samaa tietoliikennesatelliittia voidaan käyttää sosiaalisen median selailuun tai sotilaskäskyjen välittämiseen ja samaa kuvaussatelliittia voidaan käyttää luonnon ilmiöiden aiheuttamien tuhojen selvittämiseen ja sotilaskun maallittamiseen. Avaruustoiminta ei ole alueellista, vaan globaalia, koska satelliitit kiertävät aina koko maapallon. Osa satelliittien käyttäjistä saattaa olla mukana aseellisessa selkkauksessa, jolloin heille avaruus näkyy sodanajan toimintaympäristönä, kun toisille käyttäjälle avaruus saattaa samanaikaisesti näyttäytyä rauhanajan ympäristönä. Eri toimijat voivat käyttää jopa samanaikaisesti samaa satelliittia sodan- ja rauhanajan toimintoihin. Tätä entisestään hankaloittaa aseellisen selkkauksen kynnyksen alapuolella olevaan laaja-alaiseen tai hybridivaikuttamiseen liittyvä toiminta.

Avaruussodankäynti ei ole tulevaisuutta, vaan jo nyt osa modernia sodankäyntiä

Avaruudenhallinta voidaan jakaa hyökkäykselliseen ja puolustukselliseen osaan. Hyökkäyksellisen avaruudenhallinnan tavoitteena on kiistää satelliittien käytettävyys vastustajalta. Siitä käytetään myös termiä vasta-avaruustoiminta. Puolustuksellisen avaruudenhallinnan tavoitteena on varmistaa omien satelliittien käytettävyys kaikissa tilanteissa. Puolustuksellisesta avaruudenhallinnasta voidaan taas käyttää termiä avaruuspuolustus. Laajemmin avaruudenhallinnan voi käsittää nimenomaan avaruussodankäyntinä eli kamppailuna satelliittien käytettyydestä.

Satelliittien käytön kiistäminen ei edellytä välttämättä itse satelliittien vaikuttamista – kiertoradoille on itseasiassa usein suhteellisen vaikea vaikuttaa. Satelliittien käyttö voidaan estää myös vaikuttamalla tietoliikenteeseen tai sen vastaanottamiseen Maassa. Yksinkertaisimmillaan avaruussodankäynti voi olla siis esimerkiksi GPS-vastaanottimien häirintää. Avaruussota ei ole siis mitään tieteisfiktiota, vaan jo nyt ihan arkipäivää. Myös esimerkiksi maa-aseimia voidaan tuhota perinteisin sodankäynnin keinoin tai satelliitin hallintaan liittyviin tietojärjestelmiin käyttää kybervaikuttamisen keinoja.

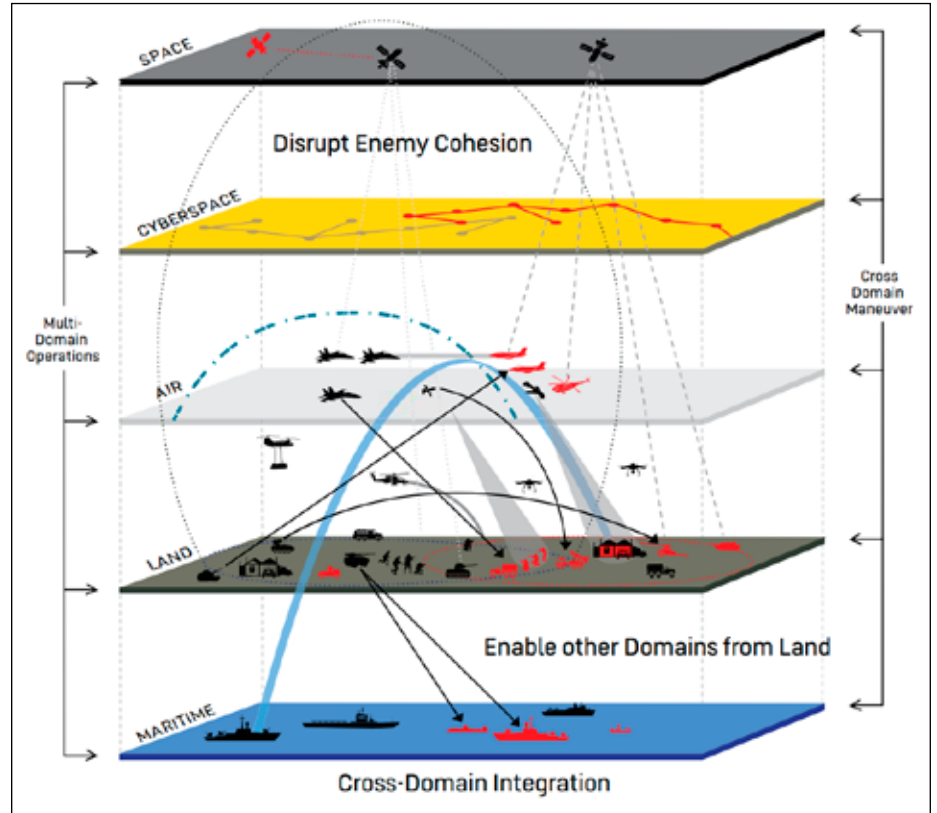
Satelliittipaikannuksen häirintä on nykyään kiinteä osa modernia sodankäyntiä, mitä havaitaan tyypillisesti konfliktialueiden lähetyillä. Venäjän lähialueiden lisäksi häirintää on nähty laajasti mm. Syyriassa ja Israelissa. Kyse on ensisijaisesti omasuojana käytetyn häirinnän sivuvaikutuksesta. Sillä pyritään

vaikuttamaan satelliittipaikannusta hyödyntävien dronejen tai ohjusten navigointia. Suomen lähialueilla häiriöt voimistuivat alkuvuodesta 2024, kun Ukrainan dronehyökkäykset Venäjän energiainfrastruktuuria vastaan kiihtyivät. Myös Helsingissä sijaitseva Euroopan hybridiuhkien torjunnan osaamiskeskus pitää Venäjän toteuttamaa häirintää hybridivaikeuttamisen sijasta oman toiminnan suojaamisena.

Avaruuspuolustus ei tarkoita siis pelkästään satelliittien puolustusta, vaan se kattaa avaruusjärjestelmien kaikki osat. Suomessa avaruuspuolustus nousi julkisuuteen v. 2021 puolustuselonteossa. Avaruuspuolustuksen nähtiin suojaavan maanpuolustuksen toimintoja ja muuta yhteiskuntaa avaruudesta kohdistuvilta uhkilta sekä turvaavan yhteiskunnan kannalta kriittisten avaruusjärjestelmien ja -palveluiden toiminnan kaikissa olosuhteissa.

Keskeinen osa avaruuspuolustusta on resilienssi tai häiriönsietoisuus. Tällä tarkoitetaan järjestelmäkokonaisuuden rakentamista siten, että vaikutusyrityksistä huolimatta järjestelmä kykenee riittävällä tasolla tuottamaan haluttuja palveluita käyttäjälle. Häiriönsietoisuutta voidaan lisätä erilaisilla menetelmillä. Omien satelliittien lisäksi voi pyrkiä esimerkiksi hyödyntämään kaupallisia satelliitteja tai liittolaisten satelliitteja omien satelliittien lisäksi. Yksittäisten satelliittien sijasta suorituskykyä voi pyrkiä rakentamaan käyttämällä useita eri satelliitteja, jolloin yksittäisen satelliitin merkitys pienentyy. Palveluiden käytettävyyttä voi pyrkiä myös suojaamaan erilaisilla keinoilla, esimerkiksi järjestelmien kybersuojauksella tai tietoliikenteen varmistamisella käyttämällä vaikeammin häiritäviä aaltomuotoja tai suurempia lähetystehoja.

Osaksi häiriönsietoisuutta voi nähdä myös kyvyn toimia, vaikka satelliittien käytettävyyttä heikkenisi tai estyisi. Maanpäälliset varajärjestelmät voi siis nähdä osaksi tätä. Varamenetelmien käyttö ja toiminnan jatkaminen tarvittaessa ilman satelliitteja ei liity ainoastaan teknologiaan ja käytettäviin järjestelmiin, vaan siihen liittyvät vahvasti henkilöstön osaaminen ja organisaation toimintatavat. Mikäli riippuvuudet satelliittien käyttöön ovat liian suuria, vastustajalla on suurempia motivaatio vaikuttaa niihin. Mikäli taas toimintaa kyetään jatkamaan häiriöistä huolimatta, tahto vaikuttaa avaruusjärjestelmiin voi laskea – jos toiminnalla ei saada haluttua vaikutusta, siihen ei ehkä kannata sitoa merkittävästi resursseja.



Sotilaallinen toiminta ei rajoitu yksittäiseen toimintaympäristöön, vaan se läpileikkaa sodankäynnin eri toimintaympäristöt.

Avaruustilannekuva on kaiken avaruustoiminnan perusta

Avaruuden hyödyntäminen tai avaruudesta omalle toiminnalle muodostuvien uhkien ymmärtäminen edellyttää avaruustilannekuvaa. Myös puolustuselonteossa avaruustilannekuvan todettiin muodostavan avaruuspuolustuksen perustan. Laajasti avaruustilannekuvan voi nähdä tarkoittavan kaikkea avaruustoimintaympäristöön liittyvän tilannekuvan muodostamista. Pääosin avaruustilannekuva kuitenkin keskittyy kiertoradalla olevien avaruusesineiden ja avaruuden luonnollisten ilmiöiden, kuten avaruussään, seurantaan.

Avaruustilannekuvan muodostaminen voidaan jakaa kolmeen osaan. Avaruusvalvonta keskittyy kohteiden havaitsemiseen ja näiden kiertoratojen määrittämiseen. Avaruustiedustelu erottelee sotilaallisesti merkittävät kohteet ja selvittää niiden käyttötarkoituksia ja suorituskykyä. Avaruussää tarkoittaa taas Auringon muuttuvien olosuhteiden tarkailua.

Auringosta lähtee jatkuvasti avaruuteen varattuja hiukkasia sekä säteilyä eri taajuuksilla. Jatkovaa hiukkasvirtaa kutsutaan aurinkotuuleksi. Valo- ja lämpö-

säteilyn määrä on suhteellisen tasaista, mutta hiukkasvirran voimakkuus ja säteilyn määrä muilla taajuuksilla vaihtelee enemmän. Tyypillisimmillään avaruussään häiriöt aiheuttavat häiriöitä etenkin satelliittipaikannukseen, satelliittitietoliikenteeseen ja ylipäänsä HF-taajuuksien käyttöön, mutta pahimmillaan myös satelliitit tai jopa maanpäällinen sähköverkko voivat vaurioitua.

Avaruusvalvontaa toteutetaan pääosin maanpäällisillä sensorijärjestelmillä, kuten tutkilla ja teleskoopeilla. Suurin osa avaruusesineistä on kerrallaan yksittäisestä maantieteellisestä sijainnista havaittavissa vain joitakin minutteja. Kohteiden jatkuva valvonta edellyttäisi hyvin tiheää maailmanlaajuista mittausverkostoa. Avaruusvalvonnan päämääränä ei ole siis jatkuva valvonta, vaan riittävän matemaattisen kuvauksen luominen jokaisen kappaleen kiertoradasta. Näiden ns. rataparametrien avulla satelliittien sijainti kiertoradalla kyetään mallintamaan ja ennustamaan matemaattisesti kohtuullisella tarkkuudella.

Avaruustiedustelulla kerätään kohteista rataparametreja täydentävää tietoa. Toiminnassa olevat satelliitit täytyy kyetä tunnistamaan käytöstä poistettujen satelliittien ja muun avaruusromun joukosta. Tämän jälkeen täytyy kyetä tunnistamaan sotilaallisesti merkittävät satelliitit

ja kerätä tietoa näiden käyttäjistä, toimintakunnosta ja hyötykuorman teknisistä parametreista. Sotilasatelliittien käyttäjät ovat usein suhteellisen helppo määrittellä, mutta satelliittien käyttötarkoituksen tai suorituskyvyn määrittäminen on haastavaa. Kaupallisten satelliittien käyttötarkoitusten ja suorituskykyjen määrittäminen on taas usein helppoa, mutta käyttäjien määrittäminen lähes mahdollista. Esimerkiksi Ukrainan sodan pakotteista huolimatta Venäjä on ilmeisesti peiteyhtiöiden kautta onnistunut ainakin jossain määrin ostamaan palveluita länsimaailmalta avaruusalan yritysiltä.

Avaruustilannekuvan hyödyntäminen voidaan myös jakaa karkeasti kolmeen osaan. Ensimmäinen liittyy satelliittien vaikutukseen muissa toimintaympäristöissä. Ymmärrys satelliittien käytettävyydestä on huomioitava osana toimintaa maalla, merellä, ilmassa ja kyberympäristössä. Yksinkertaisimmillaan tämä voi tarkoittaa ennusteita vastustajan tiedustelusatelliittien ylilennoista, omien satelliittipaikannusjärjestelmien häiriötilanteesta tai satelliittitietoliikenteen käytettävyydestä.

Toinen käyttötapaus liittyy satelliittien operointiin ja suojaamiseen. Satelliittien rutiinomainen operointi edellyttää ymmärrystä satelliittien vaikuttavista tekijöistä. Lisäksi satelliitteihin kohdistuu erilaisia uhkia. Luonnolliset uhkat liittyvät esimerkiksi avaruussäähän. Ihmislähtöiset uhkat voivat olla tahattomia tai tahallisia. Tahattomia uhkia ovat esimerkiksi mahdolliset törmäystilanteet avaruusrumun kanssa ja tahallisia erilaiset satelliittia vastaan kohdistetut sotilaalliset voimankäytön keinot. Uhkia vastaan

ei voi suojautua tai puolustautua, jos niitä ei havaitse tai tunnista.

Kolmas tapaus liittyy avaruussodankäyntiin. Kuten todettu, tämä ei tarkoita pelkästään satelliittien tuhoamista, vaan keinoina voi olla myös satelliittien käyttäjiin tai tietoliikenteeseen vaikuttaminen. Avaruussodankäynti voi olla esimerkiksi maa-asemien tuhoamista ohjusiskuilta, satelliittipaikannuksen häiritsemistä elektronisen sodankäynnin keinoilla tai satelliittitietoliikenteen estämistä kyberhyökkäyksellä käyttöpäätteisiin. Tämäkin edellyttää avaruustilannekuvaa. Vaikuttamista suunniteltaessa täytyy kyetä maalittamaan kriittiset järjestelmät ja ymmärtämään, että miten niihin voidaan vaikuttaa.

Tulevaisuuden avaruusosaajat?

Avaruus vaikuttaa merkittävästi sodankäyntiin, mutta sen merkitys on muuta toimintaa tukeva. Aseellisen voiman käyttö avaruudesta maanpinnalle ei ole järkevää. Se on teknisesti mahdollista, mutta kustannusten osalta samaan vaikutukseen päästään muissa ympäristöissä helpommin. Tämän takia avaruuden merkitys tuskin lähivuosisikymmenien aikana tulee myöskään olemaan yhtä suuri kuin perinteisten maa-, meri- ja ilmaympäristöjen. Avaruus on yksi asia lisää, mikä täytyy kyetä huomioimaan omassa toiminnassa. Satelliittien suorituskykyjä tehostava vaikutus tulee ymmärtää, niitä tulee osata hyödyntää ja tarvittaessa on kyettävä toimimaan ilman niitä. Muuten avaruuden tuomat mahdollisuudet ja

hyödyt omalle toiminnalle jäävät saamatta, ja satelliiteista tulee ainoastaan uhka.

Välillä esille nousee näkemys, että teknologian kehittyessä asevoimien henkilöstövahvuuksia voitaisiin vähentää. Ukrainassa käyty sota ei näytä tukevan tätä näkemystä. Uusi tekniikka ei korvaa aiempia suorituskykyjä, vaan täydentää niitä. Uusien teknologioiden käyttöönotto ei siis näytä vähentävän, vaan päinvastoin lisäävän asevoimien henkilöstötarvetta. Tämä on helppo yhdistää myös avaruustoimintaan.

Myös Puolustusvoimissa tullaan tarvitsemaan lisää avaruusosaamista. Tarvitaan henkilöstöä, jotka työskentelevät täysipäiväisesti avaruusasioiden parissa. Avaruussuorituskykyjen kehittäminen tai avaruuteen liittyvä kansainvälinen yhteistyö ei onnistu ilman riittävän syvällistä ymmärrystä avaruustoiminnasta. Sen lisäksi kaikkien tulisi ymmärtää ainakin avaruustoiminnan perusteet, koska satelliitit vaikuttavat toimintaan kaikissa Puolustusvoimien toimintaympäristöissä.

Juuso Liekkilä opiskelee yleisesikuntaupseerikurssilla ja suorittaa sotatieteiden tohtorin tutkintoa. Väitöskirjan aiheena on avaruuden sotilaallinen käyttö. Hän on aiemmin työskennellyt Ilmavoimissa avaruustehtävässä ja hänellä on upseerin koulutuksen lisäksi avaruustekniikan diplomi-insinöörin koulutus.

Kuvien lähteet: Kuvat 1 ja 3 Yhdysvaltojen asevoimat, kuva 2 Juuso Liekkilä

Maanpuolustuksen Viestisäätiön kannatusyhdistys kiittää seuraavia yhteistyökumppaneita vuodesta 2024:



Aerial Oy

Cinia Oy

Millog Oy



Alaris Cojot Oy

Fingrid Oyj



Bitwise Oy

Loihde Oyj



Blue Lake Communications Oy

Milcon Oy

Viestisäätiön kannatusyhdistys esittää parhaimmat kiitokset myös lukuisille yksityisille henkilöille, jotka ovat osallistuneet keräykseen v. 2024.

Toivotamme Rauhallista Joulua ja Onnellista Vuotta 2025!

Reima Blomqvist
Puheenjohtaja

Kirsi Salo
Sihteeri



TEKSTI: JYRKI PENTTINEN, Sr. Program Manager, Alphacore Inc., USA

Kännykkäverkkojen satelliittiviestintä

Satelliittiviestintä kehittyä useiden erillisjärjestelmien lisäksi myös matkaviestintäverkkoihin integroituna. 3GPP:n (3rd Generation Partnership Project) tekniset spesifikaatiot tarjoavat Release 16 -julkaisunsa myötä mahdollisuuden satelliittiteknologioiden ja 5G:n yhteiskäyttöön, ja sen jälkeiset julkaisut ovat tarkentaneet toimintoja. Vaikka kyseessä on vielä verrattain aikainen vaihe kaupallisesta näkökulmasta, matkaviestintäjärjestelmien satelliittikomponentti kehittyä täydentäen maanpäällisten verkkojen peittoaluetta, mikä on hyödyksi kuluttajamarkkinoilla, puolustuksessa, merenkulussa ja muilla aloilla. Tässä artikkelissa tarkastellaan satelliittiviestinnän kehitystä 3GPP-pohjaisissa matkapuhelinverkoissa ja sen mahdollistamia käytännön sovelluksia.

Satelliittien integrointi 3GPP-standardeihin

Satelliittipohjainen matkaviestintä on usein mainittu ideana jo kolmannen sukupolven kehityksen yhteydessä 1990-luvun lopulla maanpäällisten verkkojen täydentämiseksi. Satelliittikomponentin integrointiä on kokeiltu myös käytännössä jo 2G:n aikana esimerkiksi suomalaisen rauhanturvajoukkojen etäyhteyksien toteuttamiseen liittämällä kotimaan rajojen ulkopuolella oleva GSM-tukiasema ja kotimaassa sijaitseva tukiasemaohjain satelliittilinkin kautta. Näillä kokeilla saatiin käsitystä järjestelmän sietämistä viivearvoista silloisilla verkoilla.

Sittemmin standardoituna ratkaisuna, 3GPP-julkaisujen tärkein haaste on ollut satelliittiviestinnän integrointi matkapuhelinarkkitehtuuriin varmistaen, että

satelliittien ja maa-asemien verkot ovat yhteensopivia.

Erityisesti 5G:n myötä, Release 15 -julkaisusta lähtien, satelliittiviestinnän on todettu olevan jo lähes välttämätön yhä kattavamman yhteyden saavuttamiseksi. Tämä on edistänyt ei-maanpäällisten verkkojen (non-terrestrial network, NTN) kehittämistä. NTN-verkot mahdollistavat satelliittielementtien ja myös korkealla sijaitsevien alustojen (high altitude platform station, HAPS) [1], eli esimerkiksi tukiasemalla tai toistinasemalla varustettujen ilma-alusten toiminnan rinnakkain perinteisten maa-asemaverkkojen kanssa. HAPS-järjestelmät ovat kehittyvä aihealue ja voivat olla hyödyllisiä palvelamaan kiinteän laajakaistan kytkentää loppukäyttäjille sekä toimimaan transmissiolinkkinä matkaviestintäverkkojen ja kiinteän verkon välillä. HAPS-sovellukset voivat mahdollistaa langattoman laajakaistan toteutuksen erityisesti syrjäseuduille, ml. vuoristoalueet ja autiomaat. Suomalaisittain Lapin tunturialue ja verrattain laajat ulkovesialueet ovat otollisia alueita niin HAPS-toteutuksille kuin matkaviestintäverkkoihin integroitujen satelliittien kommunikointiin.

Release 16:ssa esitetty viitekehys tarjoaa perustan satelliitti-integraation kehittämiseksi sittemmin tuotetuissa 3GPP-julkaisuissa, Release 17:ssa ja 18:ssa, sekä niiden jälkeen kehitettävissä julkaisuissa.

Alkuvaiheen NTN-verkkomääritykset

Release 16 määrittää NTN:n, jolla voidaan saavuttaa käytännössä maa-ilmanlaajuinen peittoalue satelliittijärjestelmien kautta. Release 16 tukee 3GPP-käyttäjälaitteiden (user equipment, UE) viestintälinkkiä satelliittien kanssa ja mahdollistaa yhteysvastuun vaihdon maa- ja satelliittiverkkojen välillä. Release 16:n tekniset spesifikaatiot ovat identifioineet useita kriittisiä haasteita NTN-kehityksessä.

Viiveen hallinta: Satelliittien eri kiertoradat, LEO, MEO ja GEO (Low / Medium / Geostationary Earth Orbit) aiheuttavat maanpäällisiin verkkoihin verrattuna merkittäviä kaksisuuntaisen viestinnän viiveitä. Release 16 esittää mekanismeja näiden viiveiden hallitsemiseksi, mahdollistaen asianmukaisen palvelun laadun (quality of service, QoS) tyypillisissä satelliittien kohdesovelluksissa, kuten puhopalvelussa, videon suoratoistossa ja kriittisessä viestinnässä.

Fyysisen kerroksen mukautus: Satelliittiviestinnän signaalin etenemisominaisuuksien huomioon ottamiseksi Release 16 esitteli mukautettuja määrittämiä verkoprotokollatason fyysisessä kerroksessa, ml. joustavan kehysrakenteen ja uusia modulointitekniikoita.

Integraatio maa-asemaverkkojen kanssa: Release 16 mahdollistaa saumattomamman satelliittijärjestelmien integroinnin maa-asemiin perustuvien 5G-verkkojen kanssa, jolloin käyttäjälaitteet, kuten älypuhelimet, voivat kommunikoida satelliittien kautta ilman tarvetta lisälaitteille tai muutoksille laitteen suunnittelussa.

Parannukset 3GPP-julkaisuissa 17 ja 18

3GPP:n spesifikaatiosarja Release 17 parantaa NTN:n suorituskykyä ja skaalautuvuutta. Julkaisun esittämiä kehityskohteita ovat.

Tehostettu taajuuksien käyttö: Spektresurssien tehokkaampi käyttö, jolloin satelliitit voivat jakaa taajuuksia maa-asemaverkkojen kanssa häiriöitä välttää.

Parannettu liikkuvuuden hallinta: Kehittyneet mekanismit käyttäjien liikkuvuuden hallintaan maa-asemien ja satelliittiverkkojen välillä, mikä varmistaa keskeytymättömän yhteyden.

IoT-tuki: NTN mahdollistaa massiivi-

sen konetyyppisen viestinnän (massive machine-type communications, mMTC) ja esineiden Internetin (Internet of Things, IoT) laitteiden toiminnan satelliittiverkoissa optimoiden tehonkulutuksen.

Release 18 kehittää aihetta edelleen keskittyen viiveen vähentämiseen, datanopeuden parantamiseen ja satelliittiverkkojen kapasiteetin laajentamiseen tukemaan edistyneempiä käyttötapauksia, kuten erittäin luotettavaa vähäviiveistä viestintää (ultra-reliable low latency communications, URLLC) avaruussovelluksissa.

3GPP mahdollistaa 5G-maaverkkojen päätelaitteiden kytkennän satelliittien kautta siten, että satelliitti toimii joko toistinasemana tai tukiasemana. Kuva 1 esittää satelliittiin asennetun 5G-tukiasemakomponentin periaatteen. Satelliittien väliseen liikennöintiin on spesifioitu ISL (inter-satellite link), joka mahdollistaa satelliittien välisen 5G-kanavanvaihdon samaan tapaan kuin maanpäällisissä 5G-tukiasemissa.

5G-ekosysteemin kehittyessä myös Open RAN -konsepti kehittyi edelleen (lisätietoja aiheesta löytyy esimerkiksi Viestimies-lehden numerosta 1/2024). Open RAN -arkkitehtuuria voidaan käyttää pohjana satelliittikomponentin tukemisessa kuvan 2 mukaisesti.[2]

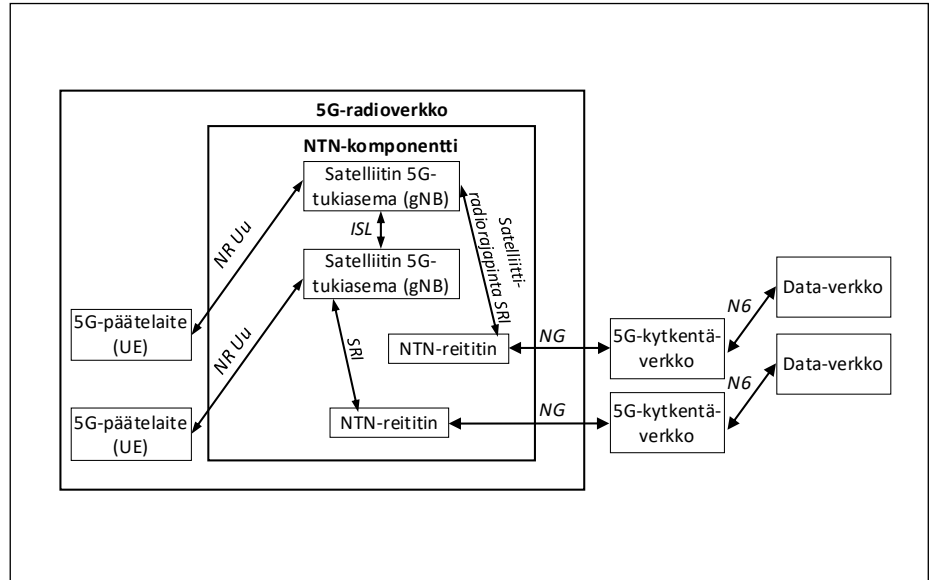
Nykyiset satelliittipohjaiset matkaviestinverkkojen käytönnotot

Useita kaupallisia 3GPP:n mukaisia satelliittipohjaisia matkaviestinverkkoja on jo otettu käyttöön, kuten:

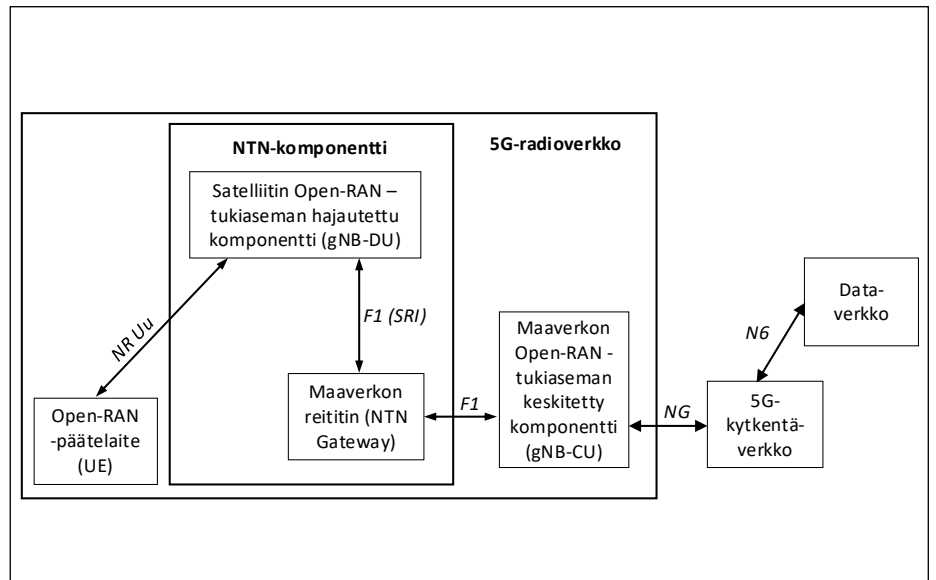
AST SpaceMobile on ottanut käyttöön satelliittiverkkoja, jotka pystyvät yhdistämään suoraan tavalliset 4G- ja 5G-matkapuhelimet. Tämä verkko käyttää matalalla kiertoradalla (LEO) olevia satelliitteja tarjotakseen kattavuuden alueilla, joilla ei ole maa-asemaverkkoja.

Starlinkin satelliittikonstellaatio yhdessä **T-Mobilen** kanssa laajentaa matkapuhelinverkkojen kattavuutta maaseutualueille mahdollistamalla suoran yhteyden mobiililaitteiden ja satelliittien välillä käyttäen 3GPP-standardeja.

OneWebin LEO-satelliittiverkko integroituna 5G-verkkoihin tarjoaa maaseutualueille taustaverkkoyhteyden, mikä varmistaa yhteyden myös syrjäisillä alueilla.



5G-verkon NTN-arkkitehtuuri.



Open RAN -pohjainen 5G-satelliittiviestintä.

Käytännön sovellukset

Kuluttajamarkkinat

Kuluttajamarkkinoilla satelliittipohjaisten matkaviestinverkkojen pääasiallinen hyöty on radiopeittoalueen laajennettu kattavuus maaseudulla ja syrjäisillä alueilla mahdollistaen muuten teknisesti haastavasti tai kalliisti käyttöönotettavat puhe-, data- ja viestipalvelut. Esimerkkejä hyödyistä ovat viestintäyhteydet luonnonkatastrofien aikana, jolloin maa-asemaverkot eivät ole välttämättä käytettävissä.

5G:n kehittyessä satelliittijärjestelmät hyödyntävät yhä laajemmin erikoissovelluksia, kuten autonomisia ajoneuvoja ja verkkoon liitettyjä älylaitteita mahdol-

listaen kattavan yhteyden alueilla, missä muita viestintämenetelmiä ei ole käytettävissä.

Meri- ja merenkulkuala

Satelliittiviestintä on usein välttämätön yhteystapa laivoilla ja merialustoilla. Merenkulkusovelluksiin kuuluvat mm. navigoinnin vaatima reaaliaikainen tiedonsiirto sekä hätäviestintä.

Nykyiset 4G- ja 5G-pohjaiset satelliittiratkaisut tarjoavat laajakaistapalveluja aluksille varmistuen luotettavan viestinnän myös syrjäisimmillä vesialueilla. Tulevaisuuden 5G-parannukset mahdollistavat edistyneemmät palvelut, kuten autonomisten alusten reaaliaikaisen seurannan ja hallinnan.

HUBER+SUHNER

Kriittinen tiedonsiirto vaatii laadukkaita materiaaleja

Sveitsiläinen päämiehemme HUBER+SUHNER tarjoaa MIL-standardin mukaisia korkealaatuisia ratkaisuja.

Tuoteportfolio kattaa esimerkiksi:

- EMPit
- RF-liittimet ja -kaapelit
- Quick-Fit-liittimet ja -työkalut
- Sucoflexit



Lue valikoimasta tarkemmin:



LUOTETTAVAA TIEDONSIIRTOA JO VUODESTA 1949

Orbis Oy | www.orbis.fi | p. 020 478 8600



Puolustus ja turvallisuus

Puolustussektorilla satelliittiviestintä on kriittistä operatiivisille sovelluksille, kuten taistelukenttäviestinnälle, tiedustelulle ja etävalvonnalle. 3GPP-pohjaiset satelliittiratkaisut ovat kehittyvä ja kasvava alue mahdollistaen saumattoman viestinnän satelliitti- ja maa-asemaverkkojen välillä.

Tulevaisuuden kehitys tähtää erittäin luotettavaan vähäviiveiseen viestintään hyödyntäen reaaliaikaisia taistelukentän sovelluksia, kuten autonomisten droonien dynaamista reittivalintaa, älykkäiden etä-sensoreiden kommunikaatiota ja autonomisten taistelujärjestelmien optimointia.

3GPP-pohjaisten satelliittiviestintäjärjestelmien vertailu itsenäisiin satelliittiviestintäjärjestelmiin

Sotilasalalla itsenäiset satelliittiviestintäjärjestelmät (esim. MILSATCOM, Inmarsat ja Iridium) ovat pitkään olleet puolustusviestinnän selkäranka. Nämä

järjestelmät tarjoavat turvallisia ja luotettavia viestintäpalveluja erityisesti alueilla, joilla ei ole maa-asemaverkkoja. 3GPP-pohjaisten ratkaisujen myötä tilanne on kuitenkin kehittymässä. 3GPP-pohjaisten satelliittiviestintäjärjestelmien etuja ovat mm. seuraavat.

Yhteentoimivuus: Yksi 3GPP-pohjaisten satelliittiviestintäjärjestelmien tärkeimmistä eduista on niiden kyky integroitua olemassa oleviin maa-asemaverkkoihin. Tämä mahdollistaa paremman joustavuuden, jolloin laitteet voivat siirtyä satelliitti- ja maa-asemaverkkojen välillä saatavuuden mukaan.

Kustannustehokkuus: Hyödyntämällä kaupallista 5G-infrastruktuuria, 3GPP-pohjaiset satelliittijärjestelmät voivat tarjota kustannustehokkaita ratkaisuja sovelluksissa, joissa erikoislaitteisto ja omat satelliittipalvelut voivat olla kustannustehottomia.

Skaalautuvuus: 5G:n kehittyessä satelliittijärjestelmät voivat tarjota dynaamisen tavan laajentua uusien käyttötapauksen mukaan esimerkiksi IoT- ja mMTC-ekosysteemin laajentuessa, mikä tarjoaa

hyvän kattavuuden ilman laajamittaista erillisinfrastruktuuria.

3GPP-pohjaisten satelliittiviestintäjärjestelmien heikkouksia ovat mm. seuraavat.

Viive ja palvelun laatu: Vaikka 3GPP on ottanut huomioon satelliittiviiveen hallinnan, sotilaallisilla satelliittijärjestelmillä on usein erityisiä vaatimuksia, joita ei välttämättä ole otettu huomioon 3GPP:n nykyisessä kehityksessä. Kriittisiä kohteita ovat esimerkiksi erittäin alhainen viive ja taattu palvelun laatu, jotka voivat olla kriittisiä reaaliaikaisissa sotilasoperaatioissa.

Turvallisuus: Erillissatelliittijärjestelmät sisältävät usein edistyneitä turvallisuusominaisuuksia, kuten korkean tason salauksen ja häirinnäneston, jotka on räätälöity erityisesti sotilastarpeisiin. Vaikka 3GPP-pohjaiset järjestelmät voivat tukea turvallista viestintää, ne eivät välttämättä täytä sotilastason viestinnän tiukkoja vaatimuksia ilman lisäparannuksia.

Esimerkki 3GPP-pohjaisesta ilmatorjunnan satelliittiviestinnästä: Drooniparvi

Ilmapuolustuksessa drooniparvet tarjoavat innovatiivisen ja tehokkaan ratkaisun taistelulentäen valvontaan, tiedusteluun ja reaaliaikaiseen tilannekuvan ylläpitoon. Useiden droonien muodostama koordinoitu ja dynaaminen kokonaisuus koostuu useista itsenäisesti tai osittain autonomisesti toimivista lennokeista, jotka suorittavat monimutkaisia valvontatehtäviä kommunikoiden keskenään ja maassa olevien komentokeskusten kanssa. Tässä tapauksessa 3GPP-pohjainen satelliittiviestintä on keskeisessä asemassa, sillä se takaa jatkuvan ja luotettavan yhteyden, erityisesti syrjäisillä tai haastavilla alueilla. Satelliittilinkit integroituihin julkisten maaverkkojen ja erityisverkkojen kanssa mahdollistavat varmistetut yhteydet (redundanssin) ja parantavat komento- ja ohjauskanavan kapasiteettia ja laatua sekä tietokanavan suojaa, joka välittää esimerkiksi reaaliaikaista video- ja äänimateriaalia sekä signaalitiedustelun tuloksia taistelulentältä.

Satelliittikomponentin rooli voi kasvaa merkittävästi kattavan radiopeiton, ohjauskanavan laadun sekä tiedonsiirron suojaamisessa. Drooniparven ennakoiva taistelulentäen valvonta on sopiva esimerkki vaativasta käyttökohteesta, joka auttaa arvioimaan 3GPP-pohjaisen satelliittiviestinnän etuja ja haasteita.

Seuraavassa tarkastellaan drooniparvikäyttökohteen näkökulmasta matkaviestintäpohjaisten satelliittiyhteyksien hyötyjä (A), haasteita (B), ja varmentavan tietoliikenneyhteyden teknistä arkkitehtuuria (C)

(A) 3GPP-pohjaisen satelliittiviestinnän hyödyt drooniparvien viestiliikenteessä

Maailmanlaajuinen kattavuus ja redundanssi

Yksi 3GPP-pohjaisen satelliittiviestinnän merkittävimmistä eduista on sen tarjoama maailmanlaajuinen kattavuus. Sotilasoperaatioissa drooniparvet saattavat toimia maantieteellisesti haastavilla alueilla, joilla maa-asemaverkkoja ei ole saatavilla tai ne ovat epäluotettavia. Matkan maan kiertoradan (LEO) ja geostationaariset (GEO) satelliitit yhdistettynä 3GPP-standardin mukaisesti järjestelmiin varmistavat, että syrjäisillä alueilla voidaan säilyttää jatkuva viestintä droonien ja komentokeskusten välillä.

Satelliittiviestinnän tuoma redundanti yhteys varmistaa, että jos maa-asemaverkot joutuvat hyökkäyksen kohteeksi tai ne vioittuvat, komento- ja ohjauskanava pysyy toiminnassa taaten, että operaattorit voivat valvoa ja säätää drooniparvien reittejä reaaliajassa riippumatta maa-asemaverkkojen saatavuudesta.

Luotettava komento- ja ohjauskanava (C2)

Drooniparven koordinoinnissa komento- ja ohjauskanava (command and control, C2) on keskeinen. Lennonohjaus, droonien välinen koordinoitu ja parven autonomiset päätökset perustuvat tähän vähäviiviseen ja korkean luotettavuuden linkkiin. 3GPP-pohjaiset järjestelmät mahdollistavat redundanssit yhteydet NTN-verkkojen ja maaverkkojen kautta soveltaen 3GPP Release 16 -määrittämiä.

NTN-verkot tarjoavat mekanismeja satelliittien integroimiseksi 5G-verkkoihin, mikä takaa, että drooniparvien C2-kanavat voivat hyödyntää satelliittiyhteyksiä, kun maa-asemaverkkoja ei ole käytettävissä tai ne ovat ylikuormitettuja. Satelliittiyhteydet tukevat kriittisten C2-tietojen, kuten lento-ohjeiden ja parvalgoritmiin välittämisessä ja tarjoavat palvelunlaadun, joka täyttää ilmapuolustuksen operatiiviset vaatimukset.

Reaaliaikainen tiedonsiirto ja median välittäminen

Drooniparvet tukevat reaaliaikaisessa tiedustelutiedon välityksessä taistelulentältä. Droonit, jotka on varustettu teräväpiirtokameroilla ja äänisensoreilla, voivat kerätä videokuvaa, lämpökuvaa ja äänitietoja, ja välittää ne reaaliajassa komentokeskukseen. Ilmapuolustuksessa tämä reaaliaikainen syöte on välttämätön nopeiden päätösten tekemiseksi, kuten vihollisen liikkeen tunnistamiseksi.

3GPP-pohjainen satelliittiviestintä yhdistettynä HAPS-tiedonsiirtoon varmistaa, että suuret datamäärät, kuten teräväpiirtovideovirrat, voidaan välittää riittävällä kaistanleveydellä ja vähäisellä viiveellä. Satelliittiviestintä ja HAPS-alukset ovat ratkaisevassa asemassa, kun maa-asemaverkot eivät pysty tarjoamaan tarvittavaa kapasiteettia tai peittoaluetta.

Yhteentoimivuus maa-asemaverkkojen kanssa

Yksi 3GPP-standardien vahvuuksista on niiden mahdollistamat toiminnot verkko- ja palvelu- ja yhteentoimintatietojen välillä. Satelliittiviestinnän integrointi 3GPP-pohjaisiin järjestelmiin mahdollistaa saumattomat siirtymät satelliittiyhteyksien ja maa-asemaverkkojen välillä. Tämä takaa, että

drooniparvet voivat vaihtaa eri viestintätapojen välillä (mobiiliverkot, satelliitit, sotilasverkot) signaalin saatavuuden ja vahvuuden mukaan. Esimerkiksi droonien toimissa kaupunkiympäristöissä, joissa 5G-verkot ovat saatavilla, ne voivat hyödyntää niitä vähäviivisiin yhteyksiin, ja siirtyessään syrjäisille tai korkean riskin alueille voidaan yhteysvastuu vaihtaa automaattisesti satelliittiyhteyksiin ilman palvelukatkoksia.

Tämä dynaaminen ominaisuus ei pelkästään takaa yhteyden jatkuvuutta, vaan myös optimoi kaistanleveyden käytön, kun ei-kriittiset tiedot siirretään parhaista saatavilla olevaan verkkoon, mikä säästää satelliittikapasiteettia tärkeämmille viestinnöille.

(B) 3GPP-pohjaisen satelliittiviestinnän haasteet drooniparvissa

Viiveen hallinta

Yksi satelliittiviestinnän kriittisimmistä haasteista erityisesti C2-kanavassa on viive. Korkealla kiertävien satelliittien, kuten GEO-satelliittien, kohdalla signaalin edestakainen viive voi aiheuttaa viivettä, joka voi haitata droonien reaaliaikaista ohjausta. LEO-satelliitit vähentävät tätä viivettä merkittävästi, mutta joitakin viiveitä jää matalimmallakin satelliittien operaatoradalla verrattuna maa-asemaverkkoihin.

Drooniparvioperaatioissa, joissa autonominen koordinoitu ja reaaliaikaiset säädöt ovat välttämättömiä, viiveen on oltava mahdollisimman pieni. 3GPP-standardit, erityisesti URLLC, pyrkivät vastaamaan tähän haasteeseen edistyneillä koodaus- ja modulointitekniikoilla. Kuitenkin satelliittiviestintään siirryttäessä operaattoreiden on oltava tietoisia viiveen mahdollisesta kasvusta ja mukautettava operaation suunnittelua sen mukaisesti.

Kapasiteetti ja kaistanleveyden hallinta

Vaikka satelliittiviestintä voi tarjota korkean kaistanleveyden, se ei ole rajaton, ja kilpailu satelliittiresursseista sotilaallisten ja kaupallisten sovellusten välillä voi johtaa ruuhkiin tai kapasiteetin heikkenemiseen. Teräväpiirtovideon ja muiden multimediiasäältäjen välittäminen voi olla erityisen vaativaa kaistanleveyden suhteen. Tällöin satelliittikaistan tehokas hallinta ja kriittisten tietojen (kuten reaaliaikaisen videon) priorisointi ovat olennaisia.



MAST SYSTEM

TAKTISET TELESKOOPPISET MASTOJÄRJESTELMÄT

VUODESTA 1984



MASTSYSTEM.COM

3GPP-standardien mukaiset adaptiiviset kaistanleveyden hallintatekniikat voivat auttaa allokoimaan satelliittiresursseja kriittisimmille tiedoille, samalla kun vähemmän tärkeille tiedoille taataan minimaalinen palvelunlaatu.

Turvallisuus

Tietoturva on keskeinen huolenaihe sotilaallisissa sovelluksissa, erityisesti kun taistelukentältä välitetään arkaluonteista tietoa. Vaikka 3GPP-standardit sisältävät useita suojauskerroksia, kuten salauksen, käyttöliittymän tunnistuksen ja avainten hallinnan, satelliittiviestinnässä voi olla lisähaasteita, kuten signaalien taltiointi ja jälkianalyysi, häirintä ja signaalin väärentäminen.

Sotilasluokan salausta ja suojattuja viestintäprotokollia on käytettävä satelliittiyhteyksien kautta suojaamaan sekä komento- ja ohjauskanavaa että reaaliaikaisia tietovirtoja. Häirinnän vaikutusten minimoinnin teknologiat ja signaalin salaustekniikat ovat välttämättömiä operatiivisen turvallisuuden säilyttämiseksi.

(C) Redundanssiin perustuva viestinnän tekninen arkkitehtuuri

Jotta komento- ja ohjauskanavalle ja tiedonsiirrolle varmistetaan riittävä radiopeitto, kapasiteetti ja laatu, hybridimallinen arkkitehtuuri, joka hyödyntää 3GPP-pohjaista satelliittiviestintää yhdessä maa-asemaverkkojen ja erityisverkkojen kanssa, on toimiva ratkaisu. Hybridimalliin voivat kuulua esimerkiksi seuraavat komponentit.

Ensisijainen verkko: Maa-asemaverkot, kuten 4G/5G, tarjoavat ensisijaisen viestinnän droonien ja maayksiköiden välillä aina, kun ne ovat käytettävissä, ja tarjoavat suuren kaistanleveyden ja pienen viiveen.

Toissijainen verkko: LEO-satelliittijärjestelmät toimivat toissijaisena verkostona tarjoten maailmanlaajuisen peittoalueen ja redundanssin, kun maa-asemaverkot eivät ole saatavilla. Kriittisillä alueilla GEO-satelliitit sekä HAPS-komponentit voivat tarjota lisäkapasiteettia.

Erityisverkot: Alueilla, joissa on korkea elektronisen sodankäynnin uhka tai joissa tarvitaan lisäsuojauksia, erityisverkkoja, kuten taktisia radioviestintäjärjestelmiä, voidaan käyttää 3GPP-pohjaisten ratkaisujen rinnalla.

Tämä hybridimalli mahdollistaa saumattomat siirtymät ja dynaamisen vaihtelun verkkojen välillä.

Komento- ja ohjauskanava (C2)

C2-kanava edellyttää vähäistä viivettä ja korkeaa luotettavuutta. Maa-asemaverkkojen ja satelliittiyhteyksien yhdistelmällä voidaan varmistaa, että kriittiset komennot välitetään nopeasti.

Tietokanava

Tietokanava reaaliaikaisille videolle, äänelle ja sensoridatalle vaatii korkean kaistanleveyden. Satelliittien avulla suurten datavirtojen välittäminen voidaan tehdä tehokkaasti.

Reliable. Resilient. Ready.

KNL's CNHF Manpack redefines portable communication with its cutting-edge, software-defined radio technology. Engineered for maximum security, resilience, and reliability, this system boasts the world's most reliable HF communications using a Cognitive Networked HF Waveform that intelligently navigates real-time environmental variables without relying on radio channel predictions.



Our cutting-edge radio solutions adapt to the needs and requirements of modern military and security operations with fast and reliable data links in any operating environment. We operate globally in the field of defence and security. Get connected [knl.fi](https://www.knl.fi)

Yhteenveto

Satelliittiviestinnän kehitys 3GPP-pohjaisissa matkapuhelinjärjestelmissä on parhaillaan muuttamassa globaalia viestintää. Release 16 ja sen jälkeiset julkaisut esittävät parannuksia, joiden myötä satelliittijärjestelmät ovat yhä enemmän osa 5G-ekosysteemiä, mikä mahdollistaa kattavan yhteyden eri sektoreilla, kuluttajamarkkinoilla ja maanpuolustuksessa.

5G:n kehittyessä edelleen, satelliittiverkot tulevat näyttämään entistä suurempaa roolia saumattoman yhteyden tarjoamisessa maailmanlaajuisesti ja uusien innovatiivisten käyttötapauksien tukemisessa. Vaikka 3GPP-pohjaisilla ratkaisuilla on monia etuja, itsenäiset satelliittiviestintäjärjestelmät säilyttävät asemansa kriittisissä sotilas- ja puolustussovelluksissa, joissa turvallisuus, viive ja luotettavuus ovat ensiarvoisen tärkeitä.

Tulevaisuudessa satelliitti- ja maa-ase-maverkkojen konvergensi avaa uusia mahdollisuuksia teollisuudelle ja kuluttajille, luoden aidosti yhtenliitetyn liikennöintiympäristön, jonka palvelualueen

kattavuus on huomattavasti parempi verrattuna perinteisten matkaviestinverkkojen tarjoamaan radiopettoalueeseen.

3GPP-pohjainen satelliittiviestintä tarjoaa merkittäviä etuja maanpuolustuksen näkökulmasta tukien monia uusia sovelluksia esimerkiksi ilmapuolustuksen drooniparvioperaatioissa.

Lähteet

[1] ITU, "HAPS – High-altitude platform systems," ITU, 2024. [Online]. Available: <https://www.itu.int/en/mediacentre/backgrounders/Pages/High-altitude-platform-systems.aspx>.

[2] M. Z. D. K. Jyrki T. J. Penttinen, Open RAN Explained: The New Era of Radio Networks, Wiley, 2024.

Artikkelin kirjoittaja

TkT, tietokirjailija Jyrki Penttinen on toiminut telealalla vuodesta 1994 Suomessa, Espanjassa, Meksikossa ja Yhdysvalloissa. Penttinen työskentelee nykyään Pohjois-Amerikassa pääaiheenaan 5G ja luennoi televiestintäteknologioista. Penttisen julkaisuihin voi perehtyä blogissaan www.5g-simplified.com.



Arne Klemetti.



Janne-Matti Peltola.

TEKSTI: AARNE KLEMETTI JA JANNE-MATTI PELTOLA

Tekoälyn sääntely sotilaallisissa ympäristöissä

osa 3: tekoälyn päättelyn läpinäkyvyyden arviointi ja toteuttaminen

Tämä on kolmiosaisen artikkelisarjan viimeinen osa. Ensimmäisessä osassa taustoitettiin säännöstelyn perusteita ja soveltamista tekoälyn käyttöön sodankäynnin yhteydessä. Toisessa osassa tarkasteltiin asioita skenaarion avulla tavoitteena löytää käytännön toimintatapoja sovelletaessa tekoälyä sotilaalliseen voimankäyttöön.

Tässä artikkelissa kohteena on tekoälyn päättelyn läpinäkyvyys. Aihetta tarkastellaan näkökulmalla miten tekoäly saadaan perustelemaan johtopäätöksensä sotilaallisen ympäristön vaatimalla luotettavuudella. Tavoitteena on löytää vastaus kysymykseen ”miten lakien ja säännösten noudattaminen voidaan varmistaa, kun tekoäly tuottaa päätösvaihtoehtoja ja ohjeistuksia sotilaalliseen voimankäyttöön?”

Johdanto

Tekoälyn kehitys on tuonut mukanaan uusia mahdollisuuksia, mutta myös haasteita sen käyttöönottoa suunnitteleville ja toteuttaville toimijoille. Artikkelin aiheen kannalta keskeisin haaste on tekoälyn päättelyprosessin läpinäkyvyyttä, jota korostaa se, että tekoäly ei luonnostaan tarjoa selityksiä tai perusteita ehdotuksilleen tai johtopäätöksilleen. Joistakin algoritmeista voidaan analysoida päättelyjaksoja, mutta monimutkaisten ja -tasoisten hermoverkkojen – tekoälyn mustien laatikoiden (engl. Black

Box) – päätöksenteon tutkiminen on vaativa prosessi.

Käsitteellä musta laatikko tarkoitetaan tässä yhteydessä tilannetta, joka syntyy, kun päätöksentekosovellus muodostaa itsenäisesti käyttämänsä päättelysäännöt. Käyttäjä ei tällöin tiedä tarkalleen tai ollenkaan, millä tavalla tekoäly päätyy tiettyyn ratkaisuun sille annettujen aineiston perusteella. Tämä johtaa siihen, että läpinäkyvyyden puuttaminen voi saattaa joissain tilanteissa olla mahdotonta selvittää, mistä virheellinen päätös tai epäonnistuminen johtui. Black Box -ongelma liittyy erityisesti koneoppimista soveltavaan automaatioon, koska sääntöpohjaisessa automaatiossa säännöt on lähtökohtaisesti määritelty täsmällisesti ja päätöksentekopolkku on jäljitettävissä.

Edellisessä artikkelissa todettiin, että vastuukiuolon ongelma ei konkretisoidu vaan vastuu on aina operaattorilla ja komentajalla. Sen sijaan black box -ongelma muodostuu keskeiseksi, koska tekoäly ei toimi tai voi toimia virheettömästi monimutkaisissa tilanteissa. Tekoäly ei käytännössä toimi absoluuttisesti oikein, vaan tuottaa parhaan mahdollisen tuloksen. Myös perinteisessä tulenkäytössä tapahtuu ennakoimattomia asioita, kuten ohjuksen harhautuminen maalialueen ulkopuolelle. Tekninen avainkysymys on, mitkä ovat mustien laatikoiden vaikutukset sotilaalliseen toimintaan ja miten niitä voidaan avata? Tämä on verrattavissa liikennevälineiden mustiin laatikoihin, joissa tallennetaan ja selitetään mittatiedot ennen tapahtumaa, sen aikana ja jälkikäteen. Voidaan ajatella, että kyseessä on osa tulenkäytön vaikutusten arviointia – battle damage assessment – joka tehdään joka tapauksessa.

Kuten edellä on perusteltu, on tärkeää paneutua tekoälyn toiminnan läpinäky-

vyyteen ja ymmärrettävyyteen. Seuraavana on lista asioista, jotka pitää huomioida koko tekoälymallin kehitysprosessin ajan:

Esimallinnuksen selitettävyys, joka alkaa siitä, mitä dataa ja millaisilla painotuksilla aiotaan hyödyntää. Tähän liittyy myös selkeä ja ymmärrettävä ominaisuussuunnittelu (engl. Feature Engineering).

Mallintamisen selitettävyys puolestaan on tärkeää huomioida, kun etsitään sopivaa koneoppimismallia. Yleisesti voidaan todeta, että on hyödyllistä käyttää parhaiten tulkittavissa olevaa mallia, joka silti täyttää sille asetetut vaatimukset.

Varsinaisen tekoälymallin selitettävyys sisältää erilaisia tekniikoita, kuten esimerkiksi häiriöiden ja poikkeamien lisääminen analysoinnissa käytettävään dataan. Näin voidaan tutkia yksittäisen muuttujan vaihtelun vaikutusta mallin antamaan lopputulokseen.

Tekoälyn hyödyntämiseen liittyy tarve ymmärtää sen toimintaa tutkimalla sen läpinäkyvyyttä ja ymmärrettävyyttä. Tämä on johtanut sellaisten käsitteiden kuin ”selittävä tekoäly” (engl. eXplainable Artificial Intelligence = XAI) ja ”selitettävä tai tulkittava tekoäly” (engl. interpretable AI) syntyyn. Nämä määritelmät ovat keskeisiä, kun pyritään ymmärtämään ja hallitsemaan tekoälyjärjestelmien toimintaa, erityisesti sellaisilla aloilla, joissa päätöksellä voi olla merkittäviä seurauksia, kuten terveydenhuollossa, rahoituksessa, oikeusjärjestelmässä ja sotilaallisissa sovelluksissa.

Selittävä tekoäly viittaa lähestymistapaan, jossa tekoälyjärjestelmät suunnitellaan siten, että niiden tekemät päätökset tai ennusteet voidaan selittää ymmärrettävällä tavalla. Tämä on erityisen tärkeää, kun käytetään monimutkaisia

malleja, kuten syväoppimista tai muita mustan laatikon menetelmiä, joiden sisäinen toiminta voi olla vaikeasti ymmärrettävää jopa asiantuntijoille.

Selitettävä tekoäly puolestaan korostaa itse mallin rakenteen selkeyttä ja ymmärrettävyyttä. Selitettävät mallit ovat lähtökohtaisesti yksinkertaisia ja intuitiivisia, jolloin niiden päätöksentekoprosessi on suoraan ymmärrettävissä ilman erillistä selitystä. Tämä lähestymistapa on usein ristiriidassa vaikeasti tulkittavien mallien kanssa.

Näiden kahden käsitteen välinen ero ja niiden merkitys nykypäivän tekoälykehityksessä on tärkeää ymmärtää, kun pohditaan tekoälyn käyttöä ja sen vaikutuksia eri käyttötapauksissa.

Selittävän tekoälyn periaatteista

Selittävä tekoäly – XAI – on vastauksena tekoälyn kasvavaan monimutkaisuuteen ja läpinäkyvyyden puutteeseen syntynyt tutkimusalue. Kun tekoälymallit, kuten syväoppimisen hermoverkot ja päätöspuut, ovat kehittyneet yhä tarkemmiksi ja monimutkaisemmiksi, on samalla tullut haastavammaksi ymmärtää, miten nämä mallit tekevät päätöksensä.

Selittävän tekoälyn tavoitteena on kehittää menetelmiä ja työkaluja, jotka mahdollistavat näiden monimutkaisten mallien päätösten selittämisen ymmärrettävällä tavalla. Tämä voi tapahtua monin eri tavoin, kuten luomalla visuaalisia esityksiä siitä, mitkä tekijät vaikuttivat tietyn päätöksen tekemiseen, tai kehittämällä yksinkertaisempia, mutta selittäviä malleja, jotka matemaattisesti kuvaavat syy-seuraussuhteita tekoälymallin sisällä.

Yksi yleisesti käytetyistä menetelmistä selittävän tekoälyn alalla on LIME (engl. Local Interpretable Model-agnostic Explanations, paikalliset tulkittavat mallista riippumattomat selitykset). LIME pyrkii selittämään mustan laatikon mallien päätöksiä paikallisesti luomalla yksinkertaisia lineaarisia malleja, jotka kuvaavat tekoälyn toimintaa tietyssä päätöksenteon kohdassa. Tämä auttaa käyttäjiä ymmärtämään, miksi tekoäly teki tietyn päätöksen juuri kyseisessä tilanteessa.

Toinen merkittävä menetelmä on SHAP (engl. SHapley Additive exPlanations, Shapleyn lisäselitykset), joka perustuu peliteoriaan ja tuottaa selityksiä määrittelemällä jokaisen ominaisuuden vaikutuksen mallin ennusteisiin. SHAP-me-

netelmässä jokainen päätöksentekoon vaikuttava tekijä saa ”SHAP-arvon”, joka kuvastaa sen merkitystä tekoälyn tekemässä päätöksessä. Tämä menetelmä ei ainoastaan selitä yksittäisiä päätöksiä, vaan myös auttaa ymmärtämään laajemmin, miten erilaiset tekijät vaikuttavat mallin toimintaan.

Selittävän tekoälyn merkitys kasvaa jatkuvasti, sillä tekoälyjärjestelmiä sovelletaan yhä laajemmin yhteiskunnan eri osa-alueilla. Sen avulla voidaan parantaa tekoälyn käyttöönottoa ja hyväksyttävyyttä, vähentää virheitä ja väärinkäsityksiä sekä lisätä luottamusta tekoälyjärjestelmiin. Tämän kehityksen myötä on entistä tärkeämpää, että tekoälyn käyttäjillä – niin asiantuntijoilla kuin maallikoillakin – on mahdollisuus ymmärtää, miten ja miksi tekoäly tekee päätöksensä.

Selittävän tekoälyn periaatteista

Selittävä tekoäly keskittyy mallien kehittämiseen siten, että ne ovat alusta alkaen ymmärrettäviä ja läpinäkyviä. Toisin kuin selittävä tekoäly, joka pyrkii selittämään monimutkaisten mallien päätöksiä jälkikäteen, selittävän tekoälyn tavoitteena on, että mallin toimintaperiaatteet ovat niin selkeitä ja intuitiivisia, että ne voidaan ymmärtää ilman erillisiä selityksiä.

Selitettävät mallit ovat tyypillisesti yksinkertaisia, kuten lineaarisia regressioita, päätöspuita tai logistisia regressioita. Näissä malleissa päätöksenteon logiikka on suoraan näkyvissä, ja jokainen tehty päätös voidaan jäljittää suoraan mallin rakenteeseen. Esimerkiksi päätöspuussa jokainen solmu vastaa yksinkertaista sääntöä, joka joko kasvattaa tai pienentää todennäköisyyttä tietylle luokalle tai päätelmälle ja jokainen polku puurakenteessa edustaa selkeää päätöksentekoprosessia.

Lineaarinen regressio on toinen esimerkki selitettävästä mallista. Linearisessa regressiossa mallin päätökset perustuvat suoraviivaisiin suhteisiin selittävien muuttujien ja ennusteen välillä. Kertoimet kertovat suoraan, kuinka paljon kukin muuttuja vaikuttaa lopputulokseen, mikä tekee mallin tulkitsemisesta helpoa. Tämä ominaisuus tekee lineaarisista malleista erityisen hyödyllisiä sovelluksissa, joissa on tärkeää, että malli on sekä tehokas että helposti ymmärrettävä.

Kolmas merkittävä esimerkki selitettävistä malleista on logistinen regressio, jota käytetään usein luokittelutehtävissä.

Tässä mallissa ennustetaan todennäköisyyksiä eri luokille käyttäen eksponentiaalifunktiota, mutta malli pysyy selitettävänä, koska jokainen muuttuja vaikuttaa ennusteen logistisen kertoimen arvoon selkeästi ja johdonmukaisesti.

Yksi selitettävän tekoälyn suurista eduista on se, että se ei vaadi monimutkaisia jälkiselityksiä, koska käyttäjä voi nähdä suoraan, miten malli toimii. Tämä tekee selitettävistä malleista erityisen hyödyllisiä silloin, kun päätöksenteon ymmärrettävyys on kriittisen tärkeää.

Selitettävyyden ja ennustetarkkuuden välillä pitää usein tehdä kompromissi. Vaikka selitettävät mallit ovat yleensä intuitiivisesti ymmärrettäviä, ne eivät aina ole yhtä tehokkaita kuin monimutkaisemmat mustan laatikon mallit, kuten syväoppimisen hermoverkot. Tämä on keskeinen haaste tekoälyn sovelluksissa: miten löytää tasapaino mallin tarkkuuden ja sen ymmärrettävyyden välillä.

Selitettävyyden avulla voidaan lisätä luottamusta tekoälyyn, parantaa käyttäjien ymmärrystä ja mahdollistaa läpinäkyvämpi ja vastuullisempi päätöksenteko. Sotilaallisissa sovelluksissa yksinkertaisimmillaan on kyse siitä, että tekoäly kykenee perustelemaan päätöstä edeltävää maalin ja vaikuttamisajankohdan valintaa operaattorin ja komentajan ymmärtämällä tavalla.

Lähestymistapoja selittävyyden parantamiseksi

Syväoppimisen yhteydessä mallit oppivat itsenäisesti monimutkaisia kytkentöjä syötteistä, mikä tarkoittaa, että jokainen hermoverkon kerros oppii eri tason ominaisuuksia. Esimerkiksi kuvantunnistuksessa alimmat kerrokset voivat oppia tunnistamaan irrallisia reunoja, kun taas ylemmät kerrokset tunnistavat reunoista koostuvia monimutkaisempia muotoja tai esineitä. Tämä ”mustan laatikon” luonne tekee syväoppivista malleista erityisen haasteellisia tulkittavuuden näkökulmasta, sillä päätöksentekoon vaikuttavat tekijät ovat hajallaan koko verkon rakenteessa.

Vaikka syväoppimiseen perustuvat hermoverkot eivät ole luonnostaan selitettäviä, niiden selittämisen helpottamiseksi on kehitetty useita menetelmiä. Tässä on joitakin käytössä olevia lähestymistapoja:

1. Visualisoinnit

Piirrekartat (engl. Feature Maps) ja aktivointikartat (engl. Activation Maps):

Yksittäisten neuronien aktivaatioiden visualisointi voi antaa käsityksen siitä, mitä tietty verkon osa oppii. Esimerkiksi kuvatunnistuksessa voidaan visualisoida, miten tietyt kerrokset reagoivat tiettyihin kuvan piirteisiin.

Näkyvyyskartat (engl. Saliency Maps): Nämä korostavat niitä tulkittavan kuvan osia, jotka vaikuttivat eniten hermoverkon päätökseen. Ne voivat auttaa käyttäjiä ymmärtämään, mihin kohtiin verkko kiinnitti huomiota tehdessään ennusteen.

2. Lokalisoidut selitykset

Aiemmin kuvatut LIME ja SHAP, jotka soveltuvat myös syväoppivien mallien selittämiseen. Ne luovat yksinkertaisia, paikallisia malleja, jotka selittävät syväoppimismallin päätöksiä tietyissä tilanteissa.

3. Relevanssin leviäminen kerroksittain (engl. Layer-wise Relevance Propagation, LRP)

Tämä menetelmä pyrkii jakamaan syväoppimisverkkojen ennusteen takaisin syöteavaruuteen, jolloin saadaan selville, kuinka paljon kukin syöteen osa vaikutti lopputulokseen. LRP tarjoaa erityisesti kuviin ja tekstiin perustuvissa sovelluksissa hyödyllisiä tulkintoja.

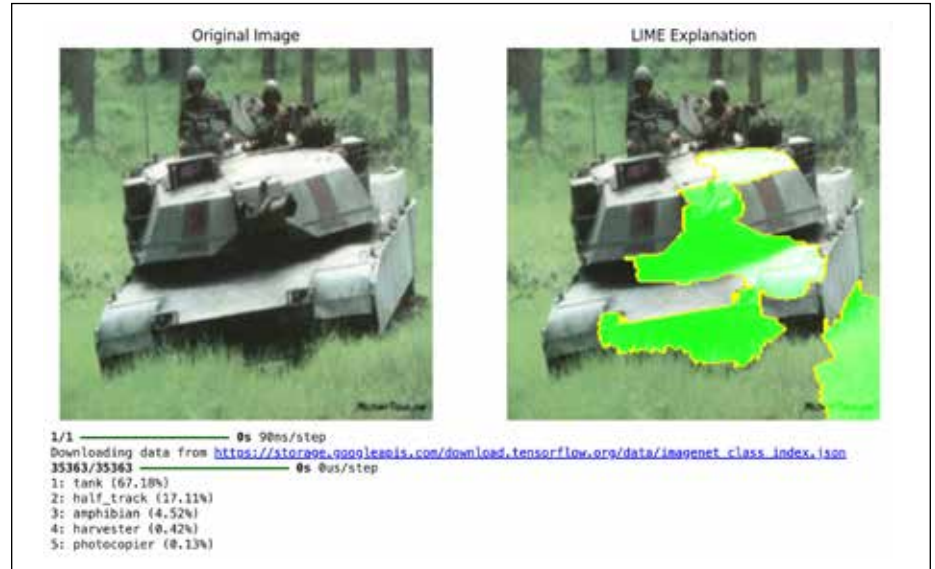
4. Selitettävien kerrosrakenteiden suunnittelu

On myös mahdollista suunnitella neuroverkkoja siten, että tietyt kerrokset on suunniteltu erityisesti tulkittaviksi. Esimerkiksi tietynlaisten automaattisten koodereiden avulla voidaan pakottaa verkkoa oppimaan tiettyjä malleja, jotka ovat suoraan tulkittavissa.

5. Surrogaattimallit

Käytetään yksinkertaisia malleja, kuten päätöspuita tai lineaarisia malleja, joiden avulla pyritään approksimoimaan syväoppimismallien päätöksentekoa. Näiden mallien avulla voidaan saada käsitys siitä, kuinka syväoppimisverkko toimii tietyissä tilanteissa.

Näillä menetelmillä on mahdollista tulevaisuudessa täyttää perustuslakivaliokunnan (PeVL 7/2019 vp) asettamia vaatimuksia sekä osaltaan huomioida automaattista päätöksentekoa koskevan hallituksen esityksen (HE 145/2022 vp) mukainen tieto toimintaprosessin kunkin vaiheen käsittelysäännöistä. Tässä vertailussa täytyy korostaa, että kyseessä on siis automaattista päätöksentekoa hallintotoiminnassa koskeva sääntely eikä sitä voi täysin verrata tai soveltaa sotilaalliseen voimankäyttöön ja siihen liitettä-



Esimerkki LIME-selitysmenetelmän soveltamisesta kohteiden tunnistamiseen ja siihen, mitkä tekijät (alueet) kuvasta löydettiin luokittelua perustelevaan. Sovellut luokittelut perustuivat mallin osalta EfficientNetB0-kuvien luokittelumalliin ja ImageNet-luokkanimiin. Kuvan panssarivaunu on otettu avoimesta Military Tanks -datajoukosta Kagglesta. Kuva ja koodi Aarne Klemetti.

vään autonomiaan muuten kuin teoreettisella tasolla.

Johtopäätökset

Tarkkuusampumarvikkeiden yleistymisen myötä viime vuosikymmenen lopussa alettiin puhua kirurgisesta pommitamisesta. Täsmäase osui entistä tarkemmin ja juuri haluttuun maalipisteeseen. Tekoälyn avulla voidaan alkaa vaikuttaa enemmän myös siihen, milloin ja millä voimakkuudella se osuu. Tärkeimpänä ominaisuutena on kuitenkin se, että vastustajaan on mahdollista vaikuttaa syvyydessä aiempaa tarkemmin ilman miehitettyä aselavettia ja jopa ilman yhteyttä miehittämättömään järjestelmään.

Aikaisemmassa artikkelissa todettiin tehtävän suorittamisen jäävän tekoälyn vastuulle. Tehtävä voidaan jakaa alueelle siirtymiseen ja siellä tapahtuvaan kohteen etsintään, paikantamiseen ja tunnistamiseen. Tämän jälkeen tekoäly valitsee maalin, seuraa sitä ja toteuttaa hyökkäyksen. Lopuksi se suorittaa vielä vaikutusten arvioinnin.

Kyseistä tehtävää voi verrata perinteiseen tykistö- tai ohjusammuntaan. Ampumarvikkeiden kehityksen myötä niistä on tullut entistä tarkempia ja niihin on lisätty erilaisia hakeutumis- ja ohjautumisominaisuuksia, joiden ansiosta osu-matarkkuudessa päästään alle metriin ja tykistölläkin selkeästi aikaisempaa suurempaan tarkkuuteen. Teoriassa tekoälyä

voisi viedä myös näihin projektiileihin, mutta elektroniset komponentit kestävät huonosti tykistöammuksiin kohdistuvia ballistisia kuormia. Matalan nopeuden ohjuksissa sen sijaan ei ole niin suuria teknisiä esteitä tekoälykomponenttien käyttämiselle, mutta ohjuksen liikehtimiskyky ei mahdollista maalin etsimistä ja seuranta samalla tavalla kuin dronea käytettäessä. Sodan oikeussääntöjen noudattamisen näkökulmasta on tärkeää, että tuhotut kohteet ovat sallittuja, voimankäyttö on oikeasuhtaista ja oheisvahinkoja pyritään välttämään. Näiden tavoitteiden saavuttamisessa tekoälyn ja muun teknologian hyödyntäminen voidaan nähdä pikemminkin mahdollisuutena kuin uhkana.

Näkökulmia sääntelyn tulevaisuuteen

Mikäli tulevaisuudessa päädytään kansainväliseen tekoälyn kieltosopimukseen – mikä on käytännössä epätodennäköistä johtuen teknologisista ja poliittisista syistä – niin sääntely rakentunee autonomisen päätöksenteon käyttötarkoituksen perusteella tapahtuvaksi. Sen pohjalta sääntely voisi rakentua siihen muotoon, että kielletään autonomisten asejärjestelmien käyttäminen ilman ihmiskontrollia sellaisia kohteita vastaan, joissa arvioidaan olevan mahdollisuus ihmisuhreille.

Sääntelyssä rajattaisiin pois puolustukselliset toimet omien alustojen, asevoii-

mien ja väestön puolustamiseen dynaamisilta uhilta, kuten ohjuksilta tai miehittämättömiltä ilma-aluksilta. Toisena ja lievempänä vaihtoehtona olisi rakentaa rajaus niin, että sallittuina kohteina olisivat vihollisen asejärjestelmävetit ja alukset niin, että tekoäly ei voisi kohdistaa vaikuttamista yksittäiseen sotilaaseen. Tämä vaihtoehto olisi teknologisesti helpompi toteuttaa huomioiden maalinvalintaan ja tunnistamiseen liittyvät kysymykset.

Sääntöjen noudattamisen näkökulmasta tekoäly ja autonomia toimivat huonoimmillaankin paremmin kuin ihminen, joka voi rikkoa sääntöjä tietoisesti. Tämän lisäksi teknologia mahdollistaa monia muun muassa turvallisuutta lisääviä toimintoja, joita ihminen ei voi tai ehdi havaita ja osa näistä on tullut lainsäädännöllä pakolliseksi esimerkiksi autoteollisuudessa. Voidaan ajatella, että tulevaisuudessa on mahdollista kehittää esimerkiksi omatunnistukseen tai tulenkäytöltä kiellettyihin kohteisiin liittyviä rajoitteita, joiden ansiosta tekoäly estää ihmistä tekemästä vaikuttamispäätöstä tai ainakin kysyy, että ”haluatko todella ampua, kun maalialueella on myös omia joukkoja”.

Kuten artikkelisarjassa on todettu tekoälyn käyttäminen tappavissa ja täysin autonomisissa asejärjestelmissä (Lethal Autonomous Weapons System, LAWS) ei ole vielä ajankohtaista. Voidaan myös perustellusti kyseenalaistaa, onko artikkelisarjassa kuvatulla autonomisella kyvykkyydellä saavutettavissa ratkaisevaa etua jo nykyisin käytössä olevaan aseteknologiaan verrattuna. Ukrainassa käytössä olevia FPV (First-person view) -drooneja on käytetty ainakin julkisten lähteiden mukaan tehokkaasti häirinnästä ja vastatoimista huolimatta ja kaukovaikutteisilla asejärjestelmillä on kyetty vaikuttamaan varsin tarkasti pieniin maaleihin syvällä selustassa. Voidaankin pitää todennäköisenä, että lähitulevaisuudessa käytössä olevat tekoälysovellukset eivät liity autonomiseen vaikuttamiseen vaan muille osa-alueille kognitiivisen ja kyberdimension ollessa keskiössä fyysisen maailman (maa, meri, ilma) sijasta. Näin ollen myös mahdollista tekoälysäätelyä tulisi tarkastella myös tästä näkökulmasta ja laajemmin kuin tappajabottidilemman kautta.

Lähdeluettelo

Näkökulmia selittävän/selitetävän tekoälyn rooliin luottamuksen ja läpinäkyvyyden lisäämisessä:

Wood, Nathan. (2024). Explainable AI in the military domain. *Ethics and Information Technology*. 26. <http://dx.doi.org/10.1007/s10676-024-09762-w>

<https://medium.com/@melissadunkeld/the-power-of-explainable-ai-building-trust-and-transparency-with-lime-and-shap-295948dee4ec>

LIME-menetelmän dokumentaatio:

<https://lime-ml.readthedocs.io/en/latest/>

SHAP-menetelmän dokumentaatio:

<https://shap.readthedocs.io/en/latest/overviews.html>

Avoimesti saatavilla oleva Military Tanks-datajoukko:

<https://www.kaggle.com/datasets/antoreepjana/military-tanks-dataset-images?-resource=download>

HE 145/2022 vp: https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/HallituksenEsitys/Sivut/HE_145+2022.aspx?TSPD_101_R0=-0814c91602ab200021584d-fa220468c21b95845c880ddf8ed474cb-08112d27a5bb274d23343b63260863a-f434b143000a23a7f4b544e290a081df-182d590a57440e524c412253f2d40f52bd8b73dc8a8c2f7583e441666c8b-fac8475e3356ef8

PeVL 7/2019 vp:

https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/Lausunto/Documents/PeVL_7+2019.pdf?TSPD_101_R0=-0814c91602ab2000091ffdc56723e-c69aab6ea3e8747b41c63ae14e-57c993d06d2e2157f450669cd08bd-d6e23e14300017f46ec8235e140f-0db720b54e64e3a605fec0e2021737-c5375f70eaa7d351ea24cc66dfbaef5ce1a-4f9213a6fdd4d53

Valtioneuvoston Strategiset linjaukset tekoälyratkaisujen kehittämiseen: <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/162370>

Artikkelin kirjoittajat

DI Aarne Klemetti toimii Metropolia ammattikorkeakoulun ICT ja tuotantotalous osaamisalueella tutkijaopettajana. Hänen tehtäviinsä kuuluvat tietojenkäsittely-, AI/ML/DS-, (A)IoT- ja mediatekniikka-alojen opetus sekä monitieteinen TKI-toiminta. Aarnella on yli 40 vuoden kokemus mediatekniikkaan, sovelluskehitykseen ja ohjelmistotuotantoon liittyvästä tutkimuksesta, kehityksestä ja soveltamisesta niin tutkimuslaitoksissa, yrityksissä, yrittäjänä kuin opettajana. Tekoäly, koneoppiminen ja datan kanssa työskentely laajasti sovellettuina ovat olleet mukana käytännön työskentelyssä koko hänen uransa ajan.

Majuri Janne-Matti Peltola on sotateknikan ja -talouden jatko-opinnoissa tekoälystä kiinnostunut hallintotieteen ylioppilas ja palvelee tällä hetkellä Naton esikuntatehtävässä Belgiassa.



TEKSTI: NIKO MERILÄINEN

Viestisektori – Johtamisjärjestelmälän tutkimus- ja kehitystoiminnan työrukkanen

Ukrainan sodasta on opittu, että joukkojen hajauttaminen on ollut taistelukentällä selviytymisen elinehto. Tämä aiheuttaa painetta osaltaan johtamisjärjestelmän kehittämiselle, jonka tulee mahdollistaa hajautettujen joukkojen keskitetty johtaminen. Taistelukentällä käytettävien tieto- ja johtamisjärjestelmien määrä kasvaa. Usean eri käyttäjän on kyettävä käyttämään eri sensoreiden tuottamaa tietoa reaaliaikaisesti päätöksentekonsa tukena. Päätökset ja käskyt on jalkautettava niitä toteuttaville joukoille. Joukkojen on jaetuin välinein kyettävä muodostamaan tilannekuva omalta toiminta-alueeltaan, johtamaan omaa toimintaansa ja tulevaisuudessa mahdollisesti kyettävä joko liittymään liittolaisen johtamisjärjestelmään tai liittämään liittolainen omaan johtamisjärjestelmäänsä. Joukkojen käyttämät järjestelmät toimivat eri siirtoteillä ja vaativat toimiakseen toimivia rajapintoja eri järjestelmien välille. Edellä mainittu kokonaisuus vaatii toimiakseen kehitys- ja tutkimustyön lisäksi ajantasaiset ohjeet ja tekniset ratkaisut.

Organisaatio

Viestisektori on yksi Maasotakoulun Maavoimien tutkimuskeskuksen Tutki-

mus- ja kehittämisosaston kahdeksasta sektorista. Kukin sektori tuottaa tutkittua tietoa edustamansa aselajin päätöksenteon tueksi. Viestisektori on upseerien, erikoisupseerien ja siviiliasiantuntijoiden muodostama joukko. Sotilaat vastaavat hallinnollisen työn järjestelyistä sekä osallistuvat hanketyöhön sotilasasiantuntijan roolissa. Erikoisupseerit ja siviilit vastaavat kukin oman palvelunsa kehittämisestä ja integroimisesta osaksi M18-johtamisjärjestelmää. Sektorin henkilöstö on nuorekasta, osaavaa ja kukin heistä edustaa kehittämänsä osakokonaisuuden (esim. aaltomuodot, liityntäsuorituskyky) tai palvelun (esim. puhopalvelu, sanomapalvelu) valtakunnallista kärkeosaamista.

Yksi Viestisektorin ydintehtävistä on tukea johtamisjärjestelmätoimialan hankkeita ja projekteja tutkimus- ja kehittämistoiminnalla. Toimintaa tuetaan myös kunkin kehitettävän osa-alueen asiantuntijuudella. Kaikki toiminta tähtää hankkeiden ja projektien mahdollistaman integroidun johtamisjärjestelmäkokonaisuuden kehittämiseen ja operointiin siirtämiseen. Pääosa kehittämisestä toteutetaan integraatioharjoitusten aikana. Integraatioharjoituksista ja kehittämisen syklistä laajemmin omassa kappaleessaan.

Viestisektori saa pääosan tutkimus- ja kehittämistehtävistään joko Pääesikunnan tai Maavoimien esikunnan johtamilta hankkeilta ja projekteilta. Aaltomuotokehitystä johtaa Pääesikunnan alainen hanke alaprojekteineen ja M18 -johtamisjärjestelmän kehitystä johtaa Maavoimien esikunta, Viestitarkastajan toimiessa johtamisjärjestelmän suorituskyvyn omistajana. Viestisektori myös tukee asiantuntijoillaan muun muassa Puolustusvoimien

tutkimuslaitoksen tutkimustöitä ja tarjoaa testausiloja eri tutkimusryhmien käyttöön muun harjoitustoiminnan ohessa.

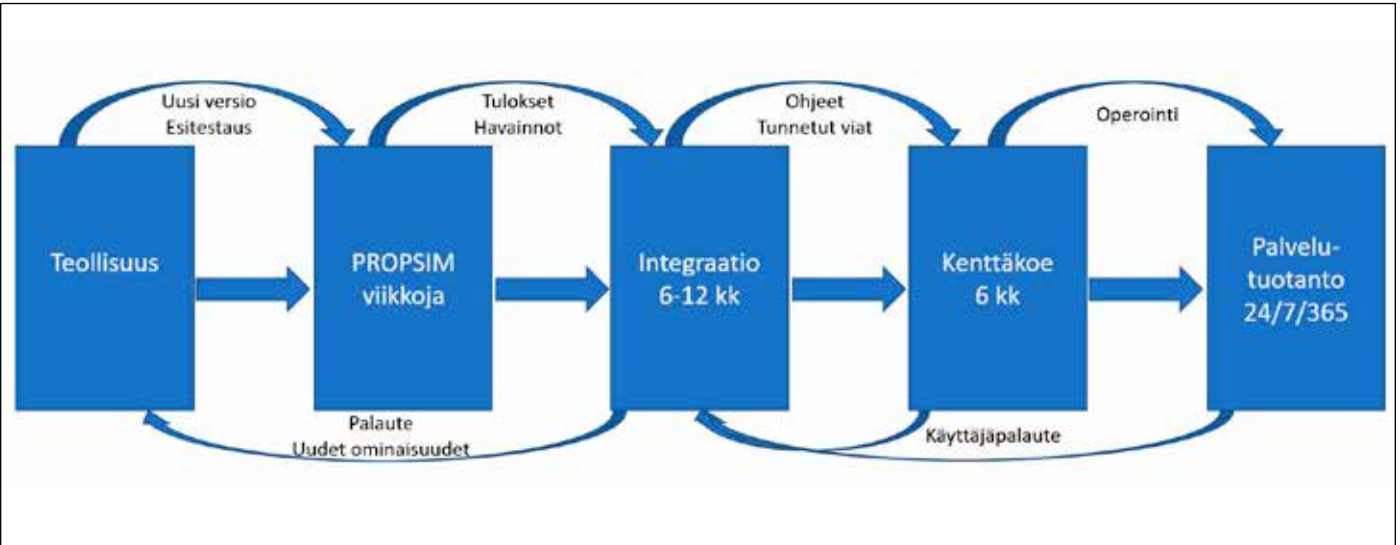
Viestisektorin henkilöstö toimii eri johtamisjärjestelmälän hankkeissa joko johtotehtävissä tai asiantuntijaroolissa. Henkilöstö saa tutkimus- ja kehittämistehtäviä suoraan hanke- ja projektipäälliköiltä. Henkilöstön yhteistyö hankepäälliköiden ja teollisuuden kanssa on erittäin tiivistä. Tutkimus- ja kehittämistyön teknistä selvitystyötä ja perusteiden hankintaa tehdään harjoitusten ulkopuolella. Integraatioharjoitukset ovat päivätöiden tulosten huipentuma, jossa testaamista toteutetaan suuremmalla volyyymillä.

Ohjelmisto- ja laitekehityksen alkupäässä työskentely on mielenkiintoista ja paljolti haastavaa, mutta äärimmäisen haastavaa. Vuosittain omalla kehittämisvastuulla oleva laite tai sovellus pitää testata ja todentaa kenttäkoekykyksi. Hankkeilla, projekteilla ja loppukäyttäjillä on kullakin omat tahtotilansa ja vaatimuksensa. Vikakorjauksia ja uusia ominaisuuksia tulee testattavaksi kuhunkin vuosikvartaaliin useita. Kehityksen alkupäässä ei myöskään saada koskaan valmista tuotetta kentälle. Myöhemmin esiteltävät testaamisen muut vaiheet tuottavat loppulliset syötteet kehittämiselle, ja tuovat viimeisetkin viat ilmi.

Ohjelmisto- ja laitekehittämisen onnistumisessa on osiltaan kyse myös loppukäyttäjän luottamuksesta, sillä ohjelmistot tai laitteet eivät tule käytetyksi, jos ne eivät toimi loppukäyttäjää miellyttävällä tavalla. Loppukäyttäjää näkee toimivuuden mustavalkoisena. Laite joko toimii tai se ei toimi. Toimivan laitteen käyttöä jatketaan, toimimaton jätetään varastoon. Luottamuksen säilyttämiseksi kehitystyössä tehdään paljon töitä mahdollisim-



Viestisektorin organisaatio.



Kehityksen vaiheet.

man valmiin, loppukäyttäjälle riittävän hyvän käyttäjäkokemuksen antavien laitteiden ja ohjelmistoversioiden aikaansaamiseksi.

Tutkimus- ja kehitystyö

M18-johtamisjärjestelmän kehitystyö on viimeisen vuosikymmenen aikana hioutunut nykyiseen malliinsa, jossa johtamisjärjestelmän osia testataan monivaiheisesti, vakioidusti ja systemaattisesti eri käyttäjäryhmien toimesta. Eri käyttäjäryhmien, insinööreistä varusmiehiin, hyödyntäminen kehittämisen eri vaiheissa ylläpitää muuten monimutkaisten sovellusten ja järjestelmien käytettävyyden hyvällä tasolla. Myös aikataulu uusien ominaisuuksien palvelutuotantoon siirtämisessä on vakioitunut nykyiseen malliinsa. Ohjelmistoversiokokonaisuuden integraatiokierros kestää noin vuoden, jota seuraa puolen vuoden mittainen kenttäkoejakso nimetyissä kenttäkoejoukoissa, jonka jälkeen ohjelmistoversiokokonaisuutta voidaan esittää siirrettäväksi palvelutuotantoyoukkojen operoitavaksi. Testauksen ja kehittämisen prosessilla luodaan järjestelmän käyttövarmuus.

Uusimpana elementtinä testaamisen ketjuun on saapunut Millog Oy:n ylläpitämä Propsim -kanavaemulaattori, joka mahdollistaa joustavasti eri ohjelmistoversioiden pitkäaikaisten testien toteuttamisen testiautomaation avulla. Propsim tukee ohjelmistokehitystä kaikissa kehityskaaren vaiheissa sen joustavuuden ansiosta. Propsim -ympäristössä voidaan tarvittaessa toistaa ja todentaa palvelutuotannossa havaittuja suorituskykyvajeita ja edelleen viedä kehitysesityksiä seuraavia ohjelmistoversioita varten teollisuudelle. Testausprosessi mahdollistaa tarvittaessa minkä tahansa ohjelmistoversion palaut-

tamisen edelliseen vaiheeseen tai jopa takaisin ohjelmistovalmistajalle.

Ohjelmistoversioiden kehityskaaren voi karkeasti jakaa neljään vaiheeseen: esitestaukseen, integraatiotestaukseen, kenttäkokeeseen ja palvelutuotannossa operointiin. Kukin vaihe on edeltäjäänsä haastavampi ja altistaa ohjelmiston eri tasoille käyttäjille. Viestisektorin rooli tuodaan ilmi kussakin testaamisen vaiheessa

Esitestausta toteutetaan muun muassa Propsim -ympäristössä ja sen yhtenä tavoitteena on todentaa ohjelmistoversion tekninen toimivuus. Testaus on luonteeltaan tekninen ja hallittu. Laitemäärä on vähäinen (5–20) ja verkko vakaa. Esitestaus kestää joistain päivistä viikkoon.

Viestisektori tuottaa esitestaukseen tutkimuskysymyksiä, joiden pohjalta esitestaus toteutetaan. Tutkimuskysymykset perustuvat pääosin aikaisemmissa versioissa todennettuihin vikoihin, ja pienempänä osana uusien ominaisuuksien tekniseen todentamiseen. Propsimissa toteutettu esitestaus vapauttaa merkittävästi integraatiotestien resurssia kohdennettavaksi skenaariomaisempiin testeihin.

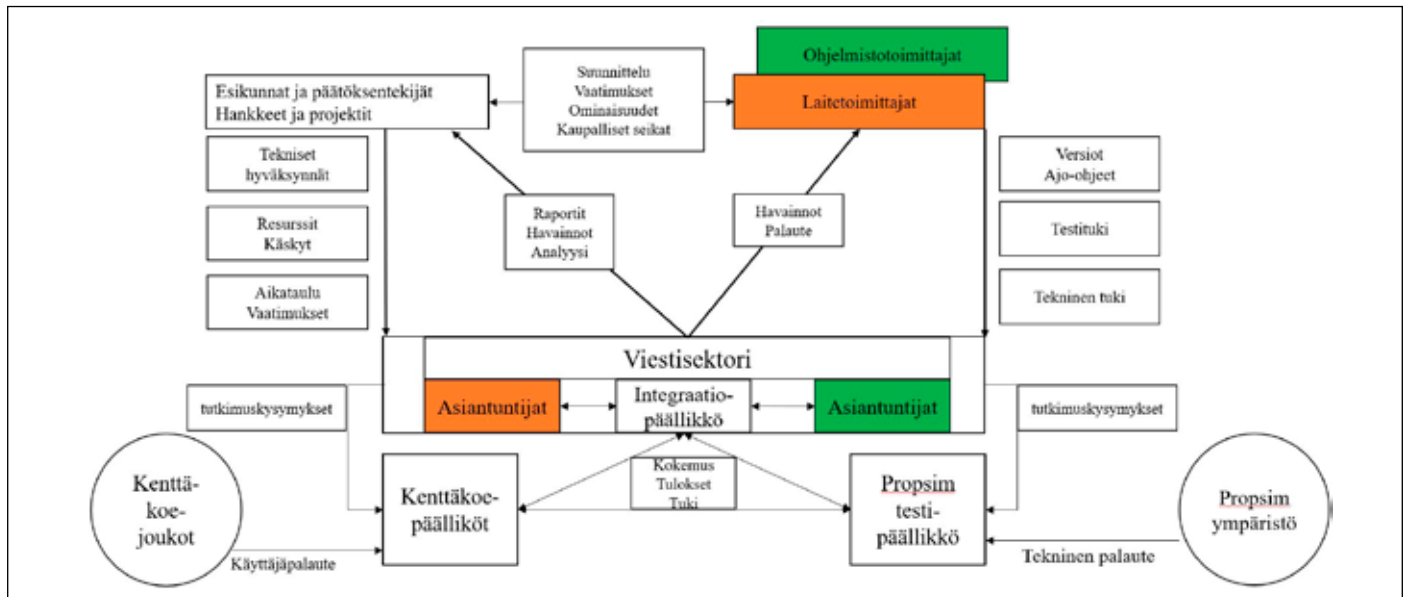
Integraatiotesteissä ohjelmistoversiot käyvät läpi vakioidun testauspatteriston, jossa niille suoritetaan muun muassa tiedonsiirton ja vakauten liittyviä testejä. Käyttäjinä toimivat joukko-osastojen ja puolustushaarojen edustajat. Testaus on luonteeltaan teknistä taktisessa kehityksessä. Laitemäärä on esitestausta merkittävästi suurempi (20–50) ja verkossa on luontaista epävakautta ja viivettä. Integraatiotestivaihe kestää kuudesta kahteentoista kuukautta, riippuen hankkeiden määrittämistä määräajoista. Integraatiotestivaiheen jälkeen ohjelmisto- ja laitekokonaisuus hyväksytään kokonai-

suudessaan tai osillaan kenttäkokeeseen.

Kenttäkokeessa ohjelmistoversiokokonaisuus asennetaan kenttäkoejoukon käyttämiin laitteisiin. Laitteita käyttävät varusmiehet, reserviläiset ja henkilökunta ja laitteita käytetään joukon toiminnan asettamien vaatimusten mukaisesti. Laitemäärä kasvaa merkittävästi (50–200) aikaisempiin vaiheisiin verrattuna. Eri tasoiset käyttäjäryhmät, taistelutoiminnan kitka ja verkon jatkuvat muutokset haastavat aikaisempien testausvaiheiden tulokset. Kenttäkokeen yhtenä tärkeimpänä tavoitteena on selvittää onko ohjelmistoversio valmis, niin suorituskyvyn kuin ohjeiden osalta, siirrettäväksi palvelutuotantoyoukoille. Kenttäkoevaihe kestää puoli vuotta, jonka jälkeen ohjelmisto- ja laitekokonaisuutta voidaan esittää siirrettäväksi palvelutuotantoon. Viestisektori asettaa tutkimuskysymykset kenttäkoejoukoille ja tukee kenttäkoejoukkoja asiantuntijoilla esitettyjen tarpeiden mukaisesti.

Palvelutuotantoon siirrettävä ohjelmistoversiokokonaisuus otetaan käyttöön kaikkialla valtakunnassa. Kokonaisuus on todettu monivaiheisen prosessin jälkeen suorituskykyiseksi ja vakaaksi, ja hyväksytty operatiiviseen käyttöön. Palvelutuotantoversio on ominaisuuksiltaan, ja vajaatoiminnallisuuksiltaan, tunnettu, sen käyttöä varten on laadittu ajantasaisimmat ohjeet ja operatiivinen suorituskyky on todennettu. Palvelutuotantoon siirto ei tarkoita kehityskaaren päättymistä, vaan ohjelmistoversioon voidaan tehdä korjauksia havaittaessa kriittisiä, toiminnan estäviä vikoja.

Kehityskaaren neljä vaihetta mahdollistavat ohjelmistoversion monivaiheisen ja



Integraatiotoiminnan yhteensovittaminen teollisuuden ja muiden testausta suorittavien joukkojen kanssa.

monitasoisen testaamisen. Eri vaiheissa eri käyttäjäryhmien aktiivisella ja vakioidulla testaamisella saadaan selvitettyä ohjelmistoversion puutteet, kyvykkyydet ja käytettävyyteen liittyvät seikat. Vain asiantuntijoin suoritettavat testit keskittyisivät pääosin teknisiin, numeroimittaviin seikkoihin ja käytettävyyden arviointi jäisi loppukäyttäjälle. Joukko-osastojen testaajien rooli kaikissa vaiheissa on merkittävä.

Viestisektorin asiantuntijat tukevat palvelutuotannon joukkoja teknisten haasteiden ja kysymysten saralla. Asiantuntijat osallistuvat myös laajasti joukkojen kouluttamiseen aselajin koulutuskalenterin mukaisissa opetustilaisuuksissa.

Integraatiotoiminnasta ja yhteensovittamisesta

Yksi Viestisektorin päätehtävistä on M18-johtamisjärjestelmän integraatiotoiminnan johtaminen. Integraatiotoiminta on keskitetty vuosittain seitsemään Integraatioharjoitukseen. Harjoituksia järjestetään Maavoimien toimintasuunnitelman antamin perustein. Integraatiotoimintaa toteutetaan pienimuotoisesti myös Maavoimien Evaluointiharjoituksessa ja valtakunnallisessa Rajapintaharjoituksessa. Integraatioharjoitusten tavoitteena on testata ja todentaa ohjelmisto- ja laitteistokokonaisuuden toimivuus kenttäkoevaihetta varten.

Harjoituksia edeltää teollisuudelta vastaanotettavan ohjelmisto- tai laitteistuksen asennus kohdejärjestelmiin ja esitestaus. Harjoitusta edeltävä esitestaus ja asennus kestää noin viikon, ja sitoo pää-

osan Viestisektorin henkilöstöstä. Työajallisesti yhden integraatioharjoituksen suunnittelu, valmistelu, toteuttaminen ja raportointi vaatii kolmen viikon työpanoksen.

Integraatioharjoitukseen osallistuu tyypillisesti noin 100–150 Puolustusvoimien palkattuun henkilökuntaan kuuluvaa kaikista puolustushaaroista ja Maavoimien aselajeista, sekä yhteistyökumppaneiden ja ohjelmisto- ja laitteistotoimittajien henkilöstöä, jotka jakaantuvat harjoituksesta riippuen 15–20 eri työryhmään. Työryhmät koostuvat muun muassa hankkeista, puolustushaarojen johtamisjärjestelmien käyttöönotto-ryhmistä, sovellus-, tiedon-siirtoalusta- ja aaltomuototestaajista. Ohjelmisto- ja laitteistotoimittajien edustajat tekevät tiivistä yhteistyötä eri työryhmien kanssa.

Integraatiopäällikkö vastaa eri työryhmien testisuunnitelmien yhteensovittamisesta tarvittavilta osin. Johtamisjärjestelmien kehittämistä ei voida toteuttaa kehittämisen yhtä osakokonaisuutta kerrallaan vaan työ on tehtävä kokonaisuutena. Vaikka järjestelmien kehittämistä tehdäänkin tiukoilla aikamääreillä ei kisailuun ole varaa – järjestelmäkokoisuuden on saavutettava maaliin samanaikaisesti.

Integraatioharjoitukset tarjoavat alustan eri työryhmille, jossa oman palvelunsa tai laitteensa kehitysversiota voi testata palvelutuotannon kaltaisessa ympäristössä. Integraatioverkko on toteutettu palvelutuotannon kaltaiseksi, mutta se toimii omassa ympäristössään erillään. Ohjelmistoversiossa mahdollisesti piilevä kriittinen virhe haittaa verkkoon jou-

tuessaan vain alueellisesti yhtä rajattua verkkoa.

Harjoitukset keräävät samalle alueelle sekä valtakunnalliset kärkiosajaajat että eri puolustushaarojen ja joukko-osastojen testaajat. Harjoitusten yhtenä sivutavoitteena on perehdyttää joukko-osastojen kouluttavaa henkilökuntaa johtamisjärjestelmän uusista kyvykkyyksistä, sovelluksista ja ominaisuuksista. Joukko-osastoihin vietävä tieto helpottaa ja nopeuttaa merkittävästi muutosikkunoinen tapahtuvaa johtamisjärjestelmän version nostoa. Harjoitukseen osallistuvien asiantuntijoiden keskinäinen opponointi ja tiedonvaihto parantaa kehitettävien järjestelmien ja sovellusten laatua. Joukko-osastoihin on testaamisen kautta muodostunut laaja osajien joukko, jotka toimivat paikallisina kärkiasiantuntijoina.

Integraatioharjoituksen jälkeen työryhmät raportoivat testiensä tulokset. Viestisektori vastaa tulosten keräämisestä, analysoinnista ja tarvittavien johtopäätösten esittämisestä päätöksenteon tueksi. Viestisektorin eri alojen asiantuntijat ovat useasti suoraan yhteydessä laitteisto- ja ohjelmistotoimittajiin vajaatoiminnallisuksia havaitessaan, jolloin viive korjaustoimien osalta vähenee merkittävästi.

Integraatioharjoitukset on aikataulutettu kalenterivuoteen yhteistyössä teollisuuden toimituskyvykkyyden kanssa, jotta ohjelmisto- tai laitteistotoimittajille saadaan toteutettua laadukas testaus, ja että teollisuudella on aikaa saamansa palautteen jälkeen korjata tai edelleen parantaa tuotteensa kyvykkyyttä. Teollisuuden tekniset edustajat osallistuvat aktiivisesti integraatioharjoituksiin, jossa he pääsevät

havainnoimaan ohjelmistonsa tai laitteistonsa käyttäytymistä laboratorioympäristön ulkopuolella.

Viestisektori myös toimeenpanee M18-johtamisjärjestelmän operatiivisen suorituskyvyn testit. Testeissä todennetaan muun muassa käytettävien radioiden, aaltomuotojen ja palveluiden ominaisuuksia elektronisesti häirityssä ympäristössä. Testi- ja häirintäskenaariot laaditaan vallitsevan uhkakuvan mukaisiksi. Testit ja niistä saatavat tulokset ovat erittäin tärkeitä palvelutuotantoyhdistämisen loppukäyttäjälle.

Ohjelmistoradioista ja kansainvälisestä yhteensopivuudesta

Ohjelmistoradio (SDR, Software Defined Radio) on laite, jonka suorituskykyä voidaan ohjelmistollisesti kehittää ja hallita. Kehitystyö toteutetaan pääosin aaltomuotokehityksen kautta. Aaltomuoto voidaan käsitellä ohjelmiston ja sitä ohjaavan asetustiedoston yhdistelmänä. Ohjelmistoradiot voivat käyttää, mallista riippuen, yhtä tai useaa aaltomuotoa yhtäaikaaisesti. Aaltomuotojen ominaisuudet eroavat muun muassa käytetyn taajuusalueen, kaistanleveyden ja salauksen osalta. Käyttäjä voi siis kesken tehtävänä vaihtaa radionsa aaltomuotoa toimintaansa paremmin tukeväksi. Nyt testeissä olevat aaltomuodot ovat kapeakaistaisia ja toimivat joko VHF- tai UHF-taajuusalueilla.

Ohjelmistoradioiden suorituskykyä kehitettäessä voidaan valita kaksi eri polkua. Ohjelmistoradion suorituskykyineen voi ostaa markkinoilta, jolloin saadaan laitteisto- ja ohjelmistotoimittajalta ajanhetkeen sopiva versio suorituskykyineen. Kertahankintakustannus on suurempi, mutta suorituskyvyn saa käyttöönsä täysimittaisesti nopeammin.

Vaihtoehtoisesti suorituskyvyn rakentamiseen voi osallistua aktiivisena kehittäjänä, jolloin suorituskyvyn kehittäminen on omassa käsissä, ja ominaisuuksia voi joustavasti muuttaa ajanhetkeen sopivaksi. Kertahankintakustannus on matalampi, mutta kehittämiseen käytettävää aikaa ja rahaa kuluu merkittävästi enemmän. Suorituskyvystä tosin saa itse kehittämällä juuri sellaisen kuin haluaa.

Ohjelmistoradiot, datansiirtokykyisine aaltomuotoineen, tulevat merkittävästi nostamaan joukkojen kykyä operoida. Datansiirtokyky mahdollistaa muun muassa sensoreiden liittämisen langattomasti johtamisjärjestelmään. Tiedonsiir-

tokykyisillä aaltomuodoilla mahdollistetaan samanaikainen puheella johtaminen ja tilannetiedon päivittyminen alhaisemalla radiomäärällä.

Taktisen tasan kansainvälinen yhteensopivuus on mahdollista saavuttaa ohjelmistoradioiden aaltomuodoilla. Aaltomuotojen on oltava yhteensopivia ja kunkin maan omaan ohjelmistoradiolautaan sovitettuja. Tie yhteisen aaltomuodon valitsemiseen, yhteensovittamiseen ja testaamiseen on pitkä ja täynnä haasteita. Liittouman mailla on käytössään monipuolisesti kapeakaistaisia tiedonsiirtoon kykeneviä aaltomuotoja, mutta päättöstä liittouman yhteisestä aaltomuodosta ei liene tehty.

Kansallisen johtamisjärjestelmän liittäminen toisen maan vastaavaan ei ole yksinkertaista. Suurimmiksi haasteiksi nousevat muun muassa erot salauksissa, palveluiden käyttämissä standardeissa ja maan kyvykkyydestä asettaa laitteita ja osaavaa henkilöstöä yhteensovittamislaisuuksiin. Kansainvälistä yhteensopivuutta pitää harjoitella tänään, jos tarve yhteensopivuudelle on huomenna.

Tämän artikkelin kirjoitushetken mennessä Viestisektori on esitellyt kahdentoista (12) eri maan armeijalle M18-johtamisjärjestelmän toimintaa ja Puolustusvoimien valitsemaa tietä johtamisjärjestelmien kehitys- ja integraatiotyössä. Valittu tie eroaa merkittävästi muiden maiden toimintatavasta. Pääosin muut maat ovat ostaneet valmiin tuotteen, johon vanhemmat järjestelmät on joko integroitu tai jätetty integroimatta.

Päätössanat

Johtamisjärjestelmien kehitys vaatii monialaista niin teknistä kuin taktistakin osaamista. Tekniikoiden kehitys on nopeaa ja suunnan ennakointi vaikeaa. Tekniikan on kuitenkin tuettava valitun taktiikan toteutumista. Tulevaisuuden kehityssuunnat kohdistunevat liittouman kanssa yhteisoperointiin tarvittavien teknisten ja taktisten ratkaisuiden löytämiseen.

Modernien, ja osin monimuutkaisten, johtamisjärjestelmien kehittäminen vaatii pitkäjänteistä työtä, vakioituja testitapauksia ja testijärjestelyitä ja osaavan joukon johtamaan toimintaa. Tekniset ratkaisut eivät synny yhdessä yössä ja vaativat toteutuakseen laaja-alaista yhteistyötä eri osapuolien kesken, jotta integroitu johtamisjärjestelmä on mahdollista toteuttaa.

Viestisektorin nykyinen tehtäväkokoontaminen tukee erinomaisesti nykyisiä ja tulevia johtamisjärjestelmäalan tutkimus- ja kehittämissuhteita. Osaaminen on laaja-alaista, tekijät motivoituneita ja aina valmiina kohtaamaan uudet haasteet pystyin päin ja hymyissä suin. Viestisektorin toiminta jatkuu vahvuksiin, eli erinomaiseen työilmapiiriin, korkeaan ammattitaitoon, toisen työn kunnioittamiseen ja ajoittain huonoon huumoriin nojaten.

Kapteeni Niko Meriläinen palvelee Maasotakoulun Maavoimien tutkimuskeskuksen Tutkimus- ja kehittämissuhteiden Viestisektorin johtajana. Työajan kirjoittaja käyttää pääsääntöisesti työasioiden hoitamiseen ja työajan ulkopuolisen ajan vie kahden whippetin juoksukoiraharrastus tukitoimintoinen.



MUSEO MILITARIA
THE ARTILLERY, ENGINEER AND SIGNALS MUSEUM OF FINLAND

**Tervetuloa Museo Militariaan,
tykistö-, pioneeri- ja viestiaselajien
museoon!**

www.museomilitaria.fi

Meillä käy Museokortti!

Vanhankaupunginkatu 19, Hämeenlinna
Puh. 040 4507479, asiakaspalvelu@museomilitaria.fi

Viestiupseeriyhdistyksen syyskokous 2024

Yhdistyksen syyskokous järjestettiin Riihimäellä entisen Sähköteknisen koulun tiloissa 20.9.2024. Syyskokouksen aluksi yhdistyksen puheenjohtaja Pertti Hyvärinen toivotti kokousväen tervetulleeksi.

Yhdistyksellä on puheenjohtajan mukaan edelleen keskeinen rooli yritysten, yksilöiden ja Puolustusvoimien yhteen saattajana. Puheenjohtaja muistutti tulevan vuoden olevan Viestiupseeriyhdistyksen 80-vuotisjuhlavuosi, jota tullaan juhlistamaan asianmukaisesti.

Kokouksessa käytiin vilkasta keskustelua käsitellyistä aiheista. Yhdistyksen jäsenmaksut päädyttiin säilyttämään ennallaan, mutta hallitus käsittelee tulevia vuosia ajatellen henkilö- ja yhteisökannatusmaksujen säilyttämisen tarvetta yleisön esityksen mukaisesti.

Vuoden 2025 toimintasuunnitelma

Tulevan vuoden toimintasuunnitelmasta korostettiin 80-vuotisjuhlien teemaa. Yhdistyksen perustamiskokous järjestettiin 23.9.1945. Juhlavuoden valmisteluihin nimetään erillinen juhlatoimikunta.

Toimintaympäristön uudet piirteet tullaan ottamaan huomioon yhdistyksen toiminnassa. Keskeisimpinä nostoina tästä olivat fyysisen ja digitaalisen ympäristön alati kasvavat uhat, Suomen Nato-jäsenyyden vaikutukset, sekä laajalti lisääntynyt kiinnostus vapaaehtoista maanpuolustustyötä kohtaan. Yhdistyksen tavoitteena on myös jatkaa korkeatasoisten seminaarien järjestämistä. Juhlavuosi huomioidaan tulevana vuonna myös Viestimies-lehden sivuilla. Puolustusvoimien kanssa jatketaan yhteistoimintaa erityisesti aselajin vuosipäivään ja muihin perinteisiin liittyvissä asioissa.

Kokousväen joukosta nostettiin esiin myös ajatus mahdollisuudesta avata kansainvälisiä yhteyksiä vastaaviin yhdistyksiin esimerkiksi Pohjoismaiden välillä. Hallitus otti asian pohdittavakseen.

Kevään 2025 kevätkokous tullaan järjestämään Elisa Oyj:n vieraana, yritysvierailuun yhdistäen. Syyskokous tullaan jälleen yhdistämään A.R. Saarmaa -seminaarin järjestelyihin.

Vuoden 2025 aikana Viestiupseeriyhdistys ei todennäköisesti järjestä jäsenmatkaa, vaan voimavarat keskitetään juhlavuoden järjestelyihin. Yleisön joukosta ilmaistiin harmistus vuoden 2024 jäsenmatkan peruuntumiseen. Jäsenmatkan järjestämisestä Brysselin ja toisaalta Ruotsin suuntaan keskusteltiin pitkään. Päätös asiasta jätettiin lopulta hallitukselle.

Viestimies-kirja on ollut menestystarina vuosikymmeniä. Kokouksessa keskusteltiin siitä, onko uudelle Viestimies-kirjalle vielä tarvetta. Keskusteluiden perusteella alkuperäisen kirjan syntymiseen vaikuttanut kentän tarve

koostavalle käsikirjalle vaikuttaa osin poistuneen.

Henkilöstövalinnat

Pertti Hyvärinen valittiin jatkamaan yhdistyksen hallituksen puheenjohtajana myös vuonna 2025. Hallitus esitti hallituksen jäsenten määräksi tulevalle kaudelle kahdeksaa. Hallituksen jatkavia jäseniä esitettiin olevan kuusi ja uusiksi jäseniksi esitettiin Riitta Karjalaista ja Jyrki Niemeä. Syyskokous hyväksyi hallituksen esitykset.

Muut asiat

Yhdistyksen kunniajäseneksi kutsuttiin kokouksessa yhdistyksen puheenjohtajana aiemmin toiminut Juha Petäjäinen. Juha on toiminut aktiivisesti Viestiupseeriyhdistyksessä ollen hallituksen jäsen vuosina 2014–2018 ja puheenjohtaja vuosina 2019–2022. Juha on ollut aktiivisella toiminnallaan rakentamassa muun muassa yhdistyksen seminaareja nykyiseen korkeatasoiseen formaattiinsa.

Hallitus esitteli kokouksessa sääntöuudistuksen, jonka tavoitteena on sääntöjen nykyaikaistaminen. Yhdistyksen jäsenillä oli valmisteluvaiheessa mahdollisuus lausua sääntöuudistuksen muotoiluista kantansa. Esimerkiksi yhdistyksen toimialaan tehtiin nykyaikaistava kirjaus, jossa todettiin, että ”Näissä säännöissä mainittuun toimialaan kuuluvat puolustusvoimien viestiaselaji ja johtamisjärjestelmätöimiala sekä yhteiskunnan eri sektoreiden viestintäteknologiaan ja kyberturvallisuuteen liittyvät, kokonaismaanpuolustuksen osana toimivat organisaatiot.”

Säännöistä poistettiin muun muassa vanhahtava kirjaus liikuntaharjoitusten järjestämisestä. Jäsenyyskriteeristöä tarkennettiin myös siten, että jäseneksi voidaan hyväksyä toimialan tehtävissä toimiva tai toiminut, mutta myös muutoin toiminnasta kiinnostunut henkilö. Sääntöpäivitykset sisälsivät

myös muutamia muita pienempiä tarkennuksia. Vuoden 2025 alusta yhdistys ottaa syyskokouksen päätöksen mukaisesti käyttöönsä uudet säännöt.

Palkitsemiset ja muistamiset

Yhdistyksen puheenjohtaja palkitsi tilaisuudessa Viestimies-lehden vuoden kirjoittajana Jyrki Penttisen. Jyrki on kirjoittanut Viestimies-lehden vuosien varrella useita laadukkaita artikkeleita. Kaiken kaikkiaan Jyrki on kirjoittanut tähän mennessä artikkelin jo 23:een Viestimies-lehden numeroon. Ensimmäisen artikkelinsa Jyrki kirjoitti vuoden 2010 toiseen lehteen. Omistautumista osoittaa Jyrki osallistui kokoukseen etäyhteydellä Arizonasta Yhdysvalloista 10 tunnin aikaeron päästä.

Muina muistamisina Maanpuolustuksen viestisäätiön kultaisella levykkeellä palkittiin ansioistaan Matti Lehtimäki ja pronssisilla levykkeillä Mikko Hakuli ja Erka Koivunen.

Vuoden viestiupseerina palkittiin kapt (evp) Markku Hölsö. Markulla on ollut merkittävä rooli M18-johtamisjärjestelmän kehittämisessä ja tähän nivoutuen työ jatkuu nyt Millogilla.



Vuoden 2024 Viestiupseeri

– projektipäällikkö Markku Hölsö

Vuoden 2024 Viestiupseeriksi valittiin Millog Oy:n Riihimäen toimipisteellä projektipäällikkönä toimiva Markku Hölsö. Hölsö on kotoisin Ylistarosta Etelä-Pohjanmaalta ja asuu nykyisin Lahdessa. Perheeseen kuuluu vaimon lisäksi jo omilleen muuttanut tytär (21 v), poika (12 v) sekä Vilho-koira.

Markku valmistui ylioppilaaksi 80-luvun lopulla Ylistaron lukiosta, jonka jälkeen astui varusmiespalvelukseen Vaasan Rannikopatteristoon. Saapumiserä oli 2/88. Ennen varusmiespalvelusta Markku haaveili liikunnanopettajan ammatista ja oli kovasti pyrkimässä liikuntatieteelliseen tiedekuntaan. Kipinä Puolustusvoimista työnantajana kuitenkin syttyi varusmiespalveluksen aikana. Tähän vaikutti vahvasti myös isänmaallinen kotikasvatus ja maanpuolustushenki.

Hölsö jatkoi varusmiespalveluksen jälkeen heti va-palveluksessa (15.5.1989–31.12.1989), jonka aikana hakeutui Päälystöpistoon kenttäviestilinjalle (4.1.1990–30.6.1992). Valmistumisen jälkeen Markku palveli Vaasan Rannikopatteristossa (1.7.1992–30.6.1998). Osin rakennemuutoksesta ja Vaasan Rannikopatteriston lakkauttamisesta johtuen tuli siirto 1.7.1998 Hämeen Rykmenttiin, Urheilukouluun. Urheilukoulussa hän toimi suunnistusvalmentajan tehtävän ohella RU- ja AU-kurssien viestikouluttajana.

Opistoupseerin jatkokurssin Hölsö suoritti 2000-luvun alussa. Pian jatkokurssin jälkeen vuonna 2002 (1.9.2002) tapahtui siirto Viestirykmenttiin, Viestikoululle (Viesti- ja Sähkötekninen Koulu) kurssinjohtajan tehtävään. Vuodesta 2004 alkaen Markku palveli tutkijaupseerin tehtävässä, aluksi viestitaktiikan tutkijana ja vuodesta 2008 alkaen viestitekniikan tutkijaupseerina. Vuoden 2015 alun Puolustusvoimauudistuksen ja Viestirykmentin lakkauttamisen myötä joukko-osasto muuttui Maasotakouluksi palveluspaikan pysyessä Riihimäellä. Reserviin hän siirtyi 31.12.2022.

30.1.2023 Hölsö aloitti projektipäällikön tehtävässä Millog Oy:n Riihimäen yksikössä vastuualueenaan MAPUJOJÄ, kehitys- ja testausympäristöt.

Puolustusvoimien palveluksessa Hölsö viihtyi erinomaisesti. Hän piti ja pitää edelleen Puolustusvoimia erittäin hy-

vänä palveluspaikkana verrattuna moneen työnantajaan. Puolustusvoimat tarjosivat monipuolisen ja mielenkiintoisen palvelusuran. Markku on saanut palvelusuran varrelta elinikäisiä ystäviä ja pääsyt tutustumaan satoihin ihmisiin ja erilaisiin persooniin. Työtehtävät, joissa hän on saanut palvella ovat olleet haastavia ja mielenkiintoisia.

Yhtenä yksittäisenä haasteena olivat työtehtäviin liittyvät lukuisat sotaharjoitus- ja matkapäivät. Etenkin lasten ollessa pieniä vaati se kotijoukoilta ajoittain melkoista venymistä. Näistä ajoista ja arjen pyörittämisestä Markku toteaaakin, että vaimolle on ojentettava keskimääristä suurempi kukkakimppu.

Upeita muistoja Hölsön palvelusuran varrella on paljon. Vaasan Rannikopatteriston ajoilta hän mainitsee kolmiviikkoiset Rovajärven tykistön ampumaleirit, joissa ”märkäkorva” viestiupseeri heitettiin kirjaimellisesti syvään päähän. Näistä harjoituksista saadut kokemukset kasvoivat korkoa sitten palvelusuran myöhemmissä vaiheissa.

Urheilukoulun ajoilta erityisesti nousevat mieleen silloisten ja tulevien suomalaisten arvokisamitalistien kouluttaminen. Varusmiespalvelus näytti supersankareista positiivisessa mielessä täysin toisenlaisen puolen mitä media usein antoi ymmärtää.

Viestikoulun ajoilta mieluisana muistona on viestikadettien kouluttaminen. Markun mukaan on ollut hienoa nähdä heidän eteneminen urallaan ja monesti tavatessa on tullut muisteltua aikoja, kun muun muassa YVI2-keskuksen ohjauskomentoja on liki hiki päässä opiskeltu.

Hölsön mukaan ehdottomasti haastavin, mutta samalla mieluisin tehtävä Puolustusvoimissa on ollut työskentely johtamisjärjestelmän kehityshankkeessa. Tämä vaihe alkoi vuonna 2008 ja kesti aina reserviin siirtymiseen saakka. Työ alkoi MATISI-hankkeeseen ja järjestelmäkonepion laadintaan osallistumisella, eikä hän tuolloin olisi uskonut sen johtavan maailman parhaaseen M18-johtamisjärjestelmään. Matkan varrelle mahtui paljon haasteita ja vastoinkäymisiä, mutta sinnikäs työ ja testaaminen palkittiin.



Samalla tuli huomattua, että kehitys on jatkuvaa ja vauhti hurja. Integraatiotoimiston testipäällikön tehtävässä Markku pääsi näköalapaikalta seuraamaan johtamisjärjestelmän kehitystä ja työskentelemään valtakunnan kärkiosajien kanssa.

Vapaa-aikaa Markku viettää pääasiassa perheen parissa. Perheen yhteisenä intohimona on jalkapallo ja Liverpool FC:n kannattaminen. Yhteisenä tavoitteena onkin vähintään kerran vuodessa päästä Anfieldille jännittämään suosikkijoukkueen edesottamuksia ja laulamaan 60 000 kannattajan kanssa legendaarinen ”You’ll Never Walk Alone”. Myös kuntoliikunta ja etenkin hiihto kuuluvat perheen yhteisiin harrastuksiin. Yhteisen harrastamisen lisäksi rintamamiestalo ja sen ympärillä pyörivät arkiaskareet pitävät mielen virkeänä.

Valinta vuoden viestiupseeriksi oli Markulle suuri yllätys. Hän oli otettu saamastaan huomionsoituksesta ja otti valinnan nöyränä vastaan. Hän toivoo, että pystyy myös nykyisessä työtehtävässä Millog:lla olemaan valinnan ja luottamuksen arvoisen. Valintaa juhlistettiin perhepiirissä hyvän ruuan ja saunomisen merkeissä.

Viestimieslehden toimitus onnittelee projektipäällikkö Markku Hölsöä valinnasta vuoden 2024 viestiupseeriksi!

TEKSTI: JUHA PELTOMÄKI

A.R. Saarmaa -seminaari 20.9.2024

”Jalat poterossa, katse avaruudessa”



Saarmaa-seminaari 2024 juliste.

Viestikiltojen liitto järjesti paikallispuolustuksen johtamista ja viestitoimintaa käsittelevän A.R. Saarmaa -seminaarin 20.9.2024 klo 12.00–16.00. Tilaisuuden järjestelyt toteutettiin yhteistoiminnassa Puolustusvoimien, Viestiupseeriyhdistyksen ja Maanpuolustuskoulutusyhdistyksen (MPK) kanssa. Tilaisuuden keskuspaikkana toimi Riihimäellä poikkeuksellisesti entisen Sähkötekniikan koulun elokuvaluokka ELKA. Tila soveltuikin tarkoitukseen erittäin hyvin ja saattaa olla, että jatkossakin tilaisuus toteutetaan ELKA:ssa. Seminaarin puheenjohtajana toimi Viestikiltojen liiton koulutuspäällikkö, everstiluutnantti Juha Peltomäki.

Tilaisuuteen osallistui 17 paikkakunnalta yhteensä runsaat 250 henkilöä. Suurin osanottajamäärä oli Riihimäellä. Paikkakunnat liitettiin seminaariin PV:n joukko-osastojen ja aluetoimistojen kautta TUVE-videoneuvottelupalvelun välityksellä.



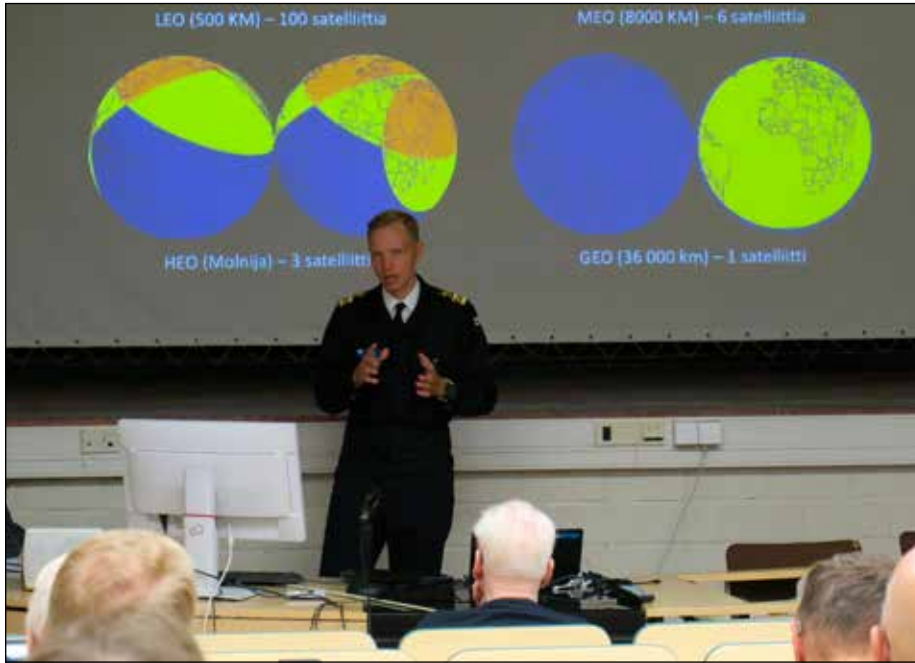
Saarmaa-seminaarin yleisöä Riihimäellä elokuvasalissa.

Seminaarin agenda on perinteisesti muodostunut kolmesta kokonaisuudesta: edeltävän seminaarin jatkumo, saatu palaute ja ajankohtaisuus. Tämän vuoden teemaksi valikoitui ”Jalat poterossa, katse avaruudessa.” Teemalla haluttiin korostaa perinteisten maa-, meri- ja ilmadomainien lisäksi avaruutta ja kyberriä toimintaympäristöinä, taistelukentän läpinäkyvyyttä tiedustelun näkökulmasta, droonien uhkia ja mahdollisuuksia sekä suojautumisen merkitystä taistelukentällä.

Seminaarin tavoite oli syventää luennoin ja case-tarkasteluin osallistujien tietoutta tämän päivän johtamisjärjestelmäalan koulutuksesta, ohjelmistoradioista (HF), kaupallisista lennokeista sekä avaruustilannekuvasta. Seminaarin kohderyhmänä oli paikallispataljoonaan sijoitetut johtajat ja viestihenkilöstö, paikallispuolustuksen kehittämiseen osallistuva henkilöstö, viesti- ja johtamisjärjestelmäalan vapaaehtoisten maanpuolustusjärjestöjen jäsenet, maanpuolustuskoulutusyhdistyksen henkilöstö ja kurssilaiset sekä MPK:n jäsenjärjestöjen jäsenet.



Viestikiltojen liiton puheenjohtaja Tero Palokangas avaamassa seminaaria.



Juuso Liekkilä kertomassa avaruustilannekuvasta.



Mikko Kyllönen esittelemässä HF-radioiden kenttätestien tuloksia.

Aikaisemmin saadun palautteen perusteella päädyttiin jakamaan julkinen materiaali halukkaalle. Materiaalin jako toteutettiin tiedostojakona sähköposti-osoitteisiin perustuen. Materiaalipyynn-
töjä tuli noin 10 kpl. Mikäli olet halukas saamaan seminaarin julkisen materiaalin, niin vielä ehtii. Lähetä pyyntö osoitteeseen juha.peltomaki@mil.fi. Koska materiaali on jaettavissa, niin tämänkertainen Saarmaa-seminaarin artikkeli on merkittävästi tiiviimpi ja rakenteeltaan aikaisemmista poikkeava.

Avaus – taistelukenttä operaatioympäristöjen näkökulmasta – Multi Domain Operations (MDO)

Seminaarin avasi Viestikiltojen liiton puheenjohtaja, Tero Palokangas. Hän toivotti osallistujat tervetulleiksi kertoen seminaarin historiasta sekä esitellen seminaarin ohjelman.

Ohjelma – maapinnalta avaruuteen.

Seminaariesitysten sisältö oli poikkeuksetta korkea ja mielenkiinnonkohteet jakautuivat aikaisempaa enemmän, mikä on hyvä asia. Esitysten kokonaismäärää oli vähennetty aikaisempiin kertoihin verrattuna, mikä mahdollisti asioiden syvällisemmän käsittelyn. Tämä osoittautui

AIKA		
12:00	Seminaarin avaus ja järjestelyt	VKL Pj
12:05		Tero Palokangas
12:10	Johtamisjärjestelmälän ajankohtaiset asiat	Evl Juha Peltomäki
12:30	Avaruustilannekuva ja satelliitit	Liekkilä Juuso
13:15	Kognitiivinen ja laajakaistainen HF-ohjelmistoradio	Kyllönen Mikko
13:20	– osa II: automaattinen releointi	
13:45	Kahvitauko	
14:10	Dronet	Nieminen Mika, Knuutila Mika
15:00	Kybervarusmies ja ICT-varusmieskoulutus	Sami Rautén
15:30	Vapaaehtoinen maanpuolustus, MPK	MPK:n koulutuspäällikkö (JOJÄ)
15:35	- HF- ja XHF-koulutusohjelmat	Jouni Purhonen
15:45	Vapaaehtoinen maanpuolustus, Viestikilta	VKL:n koulutuspäällikkö
15:50		Juha Peltomäki
15:55	Päätös	Seminaarin puheenjohtaja
16:00		

Saarmaa-seminaari 2024 agenda.

hyväksi ratkaisuksi. Jokaisesta esityksestä olisi erittäin haastava puristaa muutama lauseeseen keskeisin sanoma, joten en edes yritä sitä tehdä. Sen sijaan laitan esityksistä muutamia kuvia, jotka toimikoot ”houkuttimena” tilaamaan materiaali, ja erityisesti osallistumaan vuoden 2025 seminaariin.

Saarmaa-seminaari 2024 – palautteella on merkitystä, palaute vaikuttaa.

Palautteen kerääminen toteutettiin sähköisellä järjestelmällä (kyselynetti). Saadun palautteen määrä (29 kpl) mahdollistaa entistä paremmin seminaarin jatkokehittämisen. Kasvava palautteen määrä kertoo myös siitä, että mobiililaitteilla toteutettava kysely on toimiva tapa

palautteen keräämiseksi ja analysoimiseksi, vaikka kehitettävää siitäkin löytyy. Palautepalvelut tarjoavat varsin monipuoliset ja helppokäyttöiset toiminnallisuudet. Saatu palaute oli monipuolista ja rakentavaa. Perustellut kehittämissajatukset ja uudet aihepiirit tullaan huomiomaan vuoden 2025 Saarmaa-seminaarin valmistelussa, kuten myös palautteen keräämisestä saatu palaute.

Saadun palautteen perusteella osallistujajoukko oli varsin tyytyväinen päivän antiin: ”Kuinka todennäköisesti suositelisit seminaaria ystäväillesi?” vastauskeskiarvo oli 9.17 (asteikko 1–10), joka kaikkien aikojen toiseksi paras.

Palautteen perusteella mielenkiintoisimmat esitykset olivat dronet, avaruustilan-

nekuva sekä kybervarusmieskoulutus. Eniten uutta tietoa antoi dronet-esitys.

Seminaarin sisältöön oltiin varsin tyytyväisiä. Kehittämistoiveet liittyivät lähinnä esitysteknisiin asioihin, kuten kysymysten kuuluminen etäyhteyksien päähän. Lisäksi kaivattiin videokuva esiintyjistä, mikä ei tällä kertaa ollut mahdollista johtuen valitusta esitysjärjestelmästä. Toista kertaa käytössä ollut sähköinen ilmoittautumismenettely toimi hyvin.

Esitykset olivat korkealaatuisia ja tilaisuudelle asetetut tavoitteet saavutettiin hyvin. Järjestävä organisaatio esittää parhaimmat kiitokset tilaisuuden esiintyjille, osallistujille ja järjestelyissä avustaneille.

Ensi vuonna tilaisuus järjestetään 24.9.2024 pääpaikkana Riihimäki. Aloitusaika saattaa muuttua perinteisestä ilta-päivästä aamupäivään.

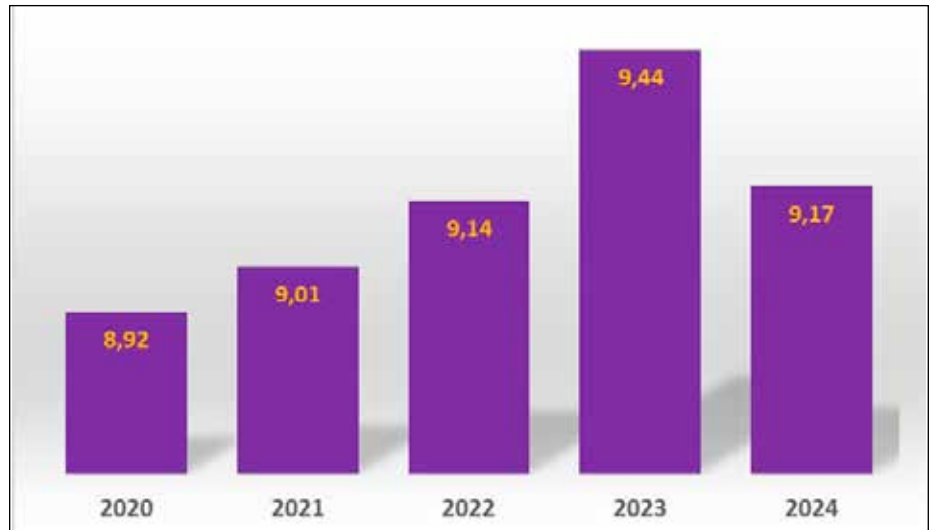
Aihepiiri muodostunee perinteiseen tapaan paikallispuolustuksen ympärille. Monesta tämänkertaisesta aiheesta toivottiin ”jatko-osaa”. Uusina aiheina mainittiin muun muassa 5G datakuplat, puolustusvoimien JOJÄ–HF–ELSO-koulutus tänä päivänä, varaviestiverkko, kyber, tekoäly sotilaskäytössä, Ukrainan kokemukset sekä NATO:n johtamisjärjestelmät. Aika näyttää kuinka edellä mainitut aiheet kyetään soveltamaan seuraavan seminaarin agendaan ja turvallisuusluokkaan. Jotakin edellä mainitun suuntaista on valmisteilla.

Tervetuloa A.R. Saarmaa -seminaariin 2025.

Artikkelin kirjoittaja everstiluutnantti Juha Peltomäki toimii Viestikiltojen liiton koulutuspäällikkönä.



Koostokuva esityksistä.



Palautekeskiarvot 2020–2024.

Kolme mielenkiintoisinta esitystä (1-3)?

	1 JOJÄPÄÄL	2 AVARUUS	3 HF RADIO KOGNITIIV	4 DRONET	5 KYBER- VARUSMIES	6 MPK KOULUTUS	7 VIESTIKIL
1	3	7	3	8	6	2	0
2	6	6	6	5	3	3	0
3	6	4	2	6	8	1	2
SUMMA	15	17	11	19	17	6	2

Mikä esitys tarjosi eniten uutta tietoa. Valitse vain yksi esitys.

	1 JOJÄPÄÄL	2 AVARUUS	3 HF RADIO KOGNITIIV	4 DRONET	5 KYBER- VARUSMIES	6 MPK KOULUTUS	7 VIESTIKIL
	1	5	4	11	7	1	0

Saarmaa-seminaari 2024 palautekooste.

Millog | TOIMINTASI TURVAAJA.



**HYVÄÄ JOULUA &
TURVALLISTA
UUTTA VUOTTA!**



MILLOG.FI



MUSEO MILITARIA

THE ARTILLERY, ENGINEER AND SIGNALS MUSEUM OF FINLAND



Tervetuloa Museo Militariaan,
tykistö-, pioneeri- ja viestiaselajien museoon!

Vanhankaupunginkatu 19, 13100 Hämeenlinna
www.museomilitaria.fi



Meillä käy Museokortti!

TEKSTI: JYRKI PENTTINEN

Telealan uutisia

ITU WTSA-24 keskusteli eettisen tekoälyn standardoinnista

ITU:n koordinoima World Telecommunication Standardization Assembly (WTSA-24) kokoontui lokakuussa New Delhissä. WTSA on kansainvälinen konferenssi, joka tällä kertalla keskusteli kansainvälisten standardien tarpeesta liittyen uusiin, nopeasti kehittyviin teknologia-aiheisiin kuten tekoälyyn, älykkäisiin kaupunkeihin ja uuden sukupolven tietoliikenneinfrastruktuuriin.

Tekoälyn sovellukset yleistyvät merkittävästi lähitulevaisuudessa, ja voidaan olettaa, että tekoälyä saatetaan käyttää myös luvattomiin tarkoituksiin. Konferenssissa keskusteltiin siksi periaatteista varmistamaan tekoälyn eettinen käyttö.

Toisena teemana oli tarve tietoliikenneverkkojen yhä laajempaan ja laadukkaampaan saatavuuteen alueilla, joilla ei vielä ole verkkoja, jotta yhä useammat käyttäjryhmät pääsisivät hyötymään uusien teknologioiden mahdollistamista palveluista. WTSA-24 aikoo siksi edistää standardointia, joka mahdollistaisi digitaalisen infrastruktuurin kehityksen ja käyttöönoton myös syrjäisillä ja marginaalisilla seuduilla varmistamaan yhteensopivien sovelluksien turvallinen käyttö hyödyntäen kuluttajia, kriittistä julkista sektoria ja muita käyttäjäryhmiä, joille sovellusten käyttö on ollut tähän asti haasteellista.[1]

5G:n käyttöönotto edistää yksityisverkkojen tarvetta

Kehittyneen 5G-infrastruktuurin, ja erityisesti stand-alone (SA) verkkoarkkitehtuurin kasvava käyttöönotto alkaa näkyä myös lisääntyneessä yksityisverkkojen (non-public network, NPN) kysynnässä. Erityisesti liiketoimintasektorit, kuten terveydenhuolto, tuotanto ja maanpuolustus, jotka vaativat korkeita datanopeuksia ja matalaa tiedonsiirron viivettä, ovat olleet kiinnostuneita NPN-toeutuksista.

Aiemmista verkkototeutuksista poiketen 5G SA -arkkitehtuuri ja sen verkkopaloitte- lu (network slicing) tarjoavat sopivan ja erityisen toimivan pohjan esimerkiksi tiheään

IoT-liikennöintiin ja sen erityissovelluksiin. NPN:n kaupallinen saatavuus on alkanut edesauttaa monien yritysten kehittyvää ympäristöä, jossa rajoitettu, nopea tietoliikenne ja sen myötä parannetut turvallisuusnäkökohdat ovat erityisen tärkeitä. Niinpä NPN kiinnostaa yhä enemmän myös maanpuolustussektoria, koska NPN voidaan toteuttaa mahdollistaen erityisen hyvää tietoturvaluus, dynaamisuus, ja luotettavuus vaativissa ja kompleksisissa toimintaympäristöissä.[2]

Verkkojen virtualisointi ja ohjelmistopohjaisuus laajenevat

Verkkojen virtualisointi ohjelmistopohjaisena toteutuksena (software-defined networking, SDN) sekä verkkotoimintojen virtualisointi (network functions virtualization, NFV) alkavat kypsyä käytännön toteutuksissa, ja kustannustehokkuutensa ja joustavuutensa ansioista niiden käyttö laajenee televiestinnän ekosysteemeissä.

SDN erottaa verkon merkinannon ja datan mahdollistaen tehokkaamman verkon hallinnan ja NFV puolestaan mahdollistaa verkon toimintojen softapohjaisen toteutuksen siinä, kun toiminnot tarvitsivat aiemmissa verkko-toteutuksissa tyypillisesti erillislaitteistoja (kuten palomuri tai reititin) ja niiden omia ohjelmistoja. Tehokkaampana verkkojen toteutuksen virtualisoinnin tärkeä hyöty on alhaisempi infrastruktuurin kustannustaso.

Verkon virtualisointi on avainasemassa 5G-verkkojen toteutuksessa mahdollistaen verkon kapasiteetin, turvallisuustason, laadun, viiveiden ja muiden seikkojen dynaamisen skaalautuvuuden hyvin erilaisille sovelluksille, jotka jakavat saman verkon resursseja. Esimerkkejä erityisen dynaamisista ja kriittisistä käyttökohteista ovat maanpuolustuksen ja pelastuslaitosten viestintäsovellukset, joka vaativat erityisen korkeaa tietoturvaluuden tasoa ja joustavuutta. Virtuaaliset verkot voivat mukautua näihin nopeasti vaihteleviin käyttäjien tietoliikennevaatimuksiin huomattavasti paremmin kuin aiemmat verkkototeutukset.[3]

Kestävän kehityksen televerkot

Tietoliikenneteollisuus on jo tovin todennut kestävän kehityksen olevan yksi tärkeimmistä näkökulmista uusien verkkojen käyttöönotossa ja jo olemassa olevien verkkojen optimoinnissa. Syynä ei ole ainoastaan kasvava vihreiden arvojen tietoisuus, mutta telealan yritykset samoin kuin asiakkaat hyötyvät energiapihkeitä tekniikoista.

Kuluttajien ja vertikaalien tasaisesti kasvava nopean tiedonsiirron tarve samoin kuin kasvava IoT-laitteiden määrä, sekä tietoisuus

ympäristöasioista, toimivat yhdessä motivaattoreina teollisuuden mielenkiinnolle kohdentaa investointejaan energiatehokkaihin teknologioihin. Kehityskohteisiin kuuluvat verkkoarkkitehtuurien teknistaloudellinen optimointi, uusiutuvien energialähteiden käyttö esimerkiksi datakeskusten tarpeisiin, ja yleisesti menetelmät parantamaan tuotantoketjun kestävyyttä. Hyötyä tästä kehityksestä on yhteensopivuus maailmanlaajuisen organisaatioiden hiilijalanjäljen vähentämisen tavoitteiden kanssa.

Matkaviestinnän näkökulmasta vähäenergistien verkkoalaitteiden ja -teknologioiden käyttöönotto on avainasemassa. Energiakulutukseltaan optimoitujen tukiasemien ja energiansäästöalaitteiden käyttöönotto ja energiatehokkaiden standardien soveltaminen auttavat vähentämään energiankulutusta ja hiilidioksidipäästöjä. Laittevalmistajat ovat tässä avainasemassa niin radio- kuin kytkentäverkkojen energiankulutuksen optimoinnissa, mutta myös operaattorit, kuluttajat ja muut televiestinnän ekosysteemin edustajat voivat osaltaan edesauttaa asiassa. [4] [5]

Lähteet

- [1] India Hosts World Conference on the Future of Technology Standards. <https://hicgnewsagency.com/2024/10/16/india-hosts-world-conference-on-the-future-of-technology-standards-itus-standardization-governing-conference-wt-sa-24-opens-with-calls-for-consensus-ethical-artificial-intelligence-and/>
- [2] Telecom Industry Trends Shaping 2024. <https://www.globalsources.com/knowledge/telecom-industry-trends/>
- [3] Telecom Industry Trends. <https://www.ilink-digital.com/insights/blog/telecom-industry-tech-trends-shaping-the-future-in-2024/>
- [4] Zero-emission mobile networks, Nokia. <https://www.nokia.com/networks/zero-emission-mobile-networks/>
- [5] Core network energy efficiency, Ericsson. <https://www.ericsson.com/en/core-network/energy-efficiency>

Vakiopalstan kirjoittaja, TkT, tietokirjailija Jyrki Penttinen toimii telealan konsulttitehtävissä Yhdysvalloissa. Voit lähettää Jyrkille kysymyksiä tietoliikennetekniikasta LinkedIn:n kautta www.linkedin.com/in/jypen

23.9.2024 myönnetyt viestiristit ja soljet viestiristeihin

Viestiristi soljella

Jalkanen	Anne	ICT-järjestelmäpäällikkö	Mikkeli
----------	------	--------------------------	---------

Solki viestiristiin

Hauhia	Alexandra	Toimialapäällikkö	Säkylä
Jäntti	Ari	ICT-tukihenkilö	Kouvola
Karhima	Jaana	Koulutussuunnittelija	Jyväskylä
Keinänen	Mikko-Petteri	Majuri	Kouvola
Lehtovaara	Reino	Kenttätoiminnan työnjohtaja	Turenki
Linnainmaa	Pavel	Majuri	Vantaa
Lokka	Mika	Majuri	Sodankylä
Moisio	Juha	Ylipursimies	Inkoo
Mäenpää	Timo	Insinöörikomentajakapteeni	Kotka
Nisula	Markku	Kapteeni	Tampere
Oksa	Lauri	Everstiluutnantti	Jyväskylä
Pispa	Jukka-Pekka	Kenttätoiminnan suunnittelija	Hämeenlinna
Rask	Kari	Vanhempi asentaja	Tampere
Saarimäki	Jarkko	Pääjohtaja	Espoo
Sainio	Anssi	Insinöörimajuri	Kouvola
Salo	Tero	Komentajakapteeni	Helsinki
Seppä	Mika	Eversti	Oulu
Sointu	Petteri	Insinöörimajuri	Lappeenranta
Toppinen	Mika	Everstiluutnantti	Espoo
Tuisku	Outi	Majuri	Katinala
Väistö-Salin	Henna	Pursimies	Espoo
Ylinen	Lauri	Insinöörimajuri	Tampere

Viestiristi

Aho	Sami	Tietoliikenneasiantuntija	Vantaa
Aro	Jussi	Pursimies	Turku
Auma-aho	Antti	Ylikersantti	Kajaani
de Bruijn	Marco	Senior Scientist	Hollanti / ulkomaat
Hakala	Ari	Suunnittelija	Helsinki
Harhala	Rami	Sotilasmestari	Jämijärvi
Heikkinen	Maija	Tiedottaja	Jyväskylä
Helander	Nina	ICT-järjestelmäpäällikkö	Hämeenlinna
Herskoi	Hans	Vääperi	Tikkakoski
Hildén	Joel	Yliluutnantti	Turku
Hyytinen	Arto	Insinööriluutnantti	Jyväskylä
Hänninen	Mikko	Vääperi	Vihti
Ignatius	Leena	Sektorijohtaja	Valkeakoski
Inoranta	Tuija	Osastosihteeri	Jyväskylä
Jokela	Pasi	Vanhempi asentaja	Rusko

Joutsu	Jan	Kapteeni	Helsinki
Kaplas	Mikko	Johtava asiantuntija	Espoo
Korhonen	Lauri	Insinööriyliluutnantti	Hankasalmi
Kuosmanen	Ossi	Johtava asiantuntija	Helsinki
Kurki	Samuli	ICT-järjestelmäpäällikkö	Tampere
Kuusiaho	Anssi	Järjestelmäinsinööri	Tampere
Kärkkäinen	Minna	Yksikön päällikkö	Riihimäki
Laitinen	Jonne	Insinööriyliluutnantti	Hämeenlinna
Lappi	Tomi	Kapteeni	Vantaa
Lehmusvuori	Jari	Pursimies	Sauvo
Leinonen	Toni	Pursimies	Aura
Liimatainen	Mika	ICT-erityisasiantuntija	Jyväskylä
Lindberg	Joe	Kapteeniluutnantti	Espoo
Lukkaroinen	Pekka	ICT-erityisasiantuntija	Valkeakoski
Lund	Kirsten	Senior Account Manager External Customers	Tanska / ulkomaat
Mannila	Petri	Ohjelmistosuunnittelija	Parainen
Meriläinen	Niko	Kapteeni	Hyvinkää
Myllyjärvi	Miska	Ylikersantti	Espoo
Mylläri	Jukka-Pekka	Vääpeli	Rovaniemi
Myreen	Matias	Diplomi-insinööri	Turku
Mäkelä	Rami	Kapteeni	Tampere
Mäki	Ari	ICT-järjestelmäpäällikkö	Tampere
Mäkinen	Ari	Sektorijohtaja	Jyväskylä
Nenonen	Juuso	Insinööriyliluutnantti	Kaarina
Nokkonen	Jorma	Insinöörieverstiluutnantti	Tampere
Pekkala	Seppo	System Architect	Espoo
Peltomäki	Ville	Vääpeli	Pori
Peltonen	Veijo	Kapteeni	Jyväskylä
Pitkänen	Jaakko	Insinöörikapteeni	Kuopio
Pulli	Kirsi-Marja	ICT-järjestelmäpäällikkö	Tampere
Purmonen	Olli	Vanhempi asentaja	Joensuu
Pyykönen	Atso	Vääpeli	Rovaniemi
Rajala	Topi	Kapteeni	Jyväskylä
Reinikainen	Aapo	Vääpeli	Kuopio
Ritvanen	Timo	Insinööriyliluutnantti	Jyväskylä
Ronkainen	Teppo	Kapteeni	Kajaani
Rutanen	Mikael	ICT-järjestelmäpäällikkö	Ylöjärvi
Ruusunen	Mauno	Ylikersantti	Turku
Soininen	Minna	Senior Project Manager	Pirkkala
Suurnäkki	Simo	Suunnittelija	Lappeenranta
Takala	Samuel	Vääpeli	Helsinki
Toivonen	Jatta	Taloussuunnittelija	Veikkola
Träsk	Jan	ICT-erityisasiantuntija	Nokia
Tuomainen	Jani-Matti	Cloud Solution Architect	Vantaa
Vainio	Eveliina	Tiedonhallintapäällikkö	Vantaa
Valkonen	Annukka	Henkilöstösuunnittelija	Jyväskylä
Wickström	Katja	ICT-järjestelmäpäällikkö	Tampere
Virtanen	Arja	ICT-järjestelmäpäällikkö	Tampere
Väänänen	Arja	Suunnittelija	Rovaniemi

In Memoriam Esko Vainio

Mittavan päivätyön puolustusvoimissa ja erityisesti viestialan tehtävissä tehnyt eversti Esko Vainio menehtyi äkillisen sairauskohtauksen murtamana Hämeenlinnassa 17.10.2024. Hän oli 72-vuotias.

Esko Ilari Vainio syntyi sotilasperheeseen Hämeenlinnassa 31.8.1952. Hänen isänsä toimi kanta-aliupseerina viestiase-lajin tehtävissä koko palvelusuransa ajan ja perhe asui vuosien ajan Hämeenlinnan Poltinahon kasarmeilla. Ylioppilaaksi Esko kirjoitti Hämeenlinnan lyseossa vuonna 1971 ja varusmiespalveluksen hän suoritti 4. Erillisessä Viestikomppaniassa Hämeenlinnan Suomen kasarmilla 1972. Upseerin ura oli luonteva vaihtoehto koko ikänsä kasarmilla asuneelle nuorukaiselle ja Vainio suoritti upseerin tutkinnon Kadettikoulun 59. Kadettikurs-silla 1973–75.

Vainion monivaiheiseksi kehittyvä upseerinura alkoi opetusupseerina Viestirykmentin radiokomppaniassa vuosina 1975–77 ja Sähköteknillisessä Koulussa 1977–82. Tuona aikana hän kävi upseerien sotilaselektronikkakurssin vuonna 1978 ja viestikapteenikurssin vuonna 1979. Yleisesikuntaupseerin tutkinnon Sotakorkeakoulun teknillisellä opin-tosuunnalla hän suoritti 1982–85.

Vuonna 1986 hän siirtyi Pääesikunnan viestiosaston viestivarustetoimistoon vastualueenaan juuri hankitun YVI 1-kenttäviestijärjestelmän käyttöönoton ohjaaminen. Vuonna 1988 hän siirtyi Ouluun Pohjois-Suomen Sotilasläänin esikunnan viestiosaston päälliköksi ja edelleen 1993 Oulun Sotilasläänin Esikunnan järjestelyosaston päälliköksi ja sotilasläänin esikuntapäälliköksi. Vuonna 1994 hänet määrättiin Keuruulle Keski-Suomen Viestipataljoonan komentajaksi, missä tehtävässä hän toimi vuoteen 1998 saakka. Tuolloin hänet määrättiin puolustusvoimien yhteysupseeriksi Liikenne-ministeriöön ja sieltä seuraavana vuonna Puolustusvoimien Tietotekniikkalaitoksen johtajaksi.

Vuosina 2003–06 hän toimi Pääesikun-nan viestitarkastajana, mitä tehtävää



hän itse piti viestiupseeriuransa huipentumana. Tämän jälkeen hän toimi vielä Uudenmaan Sotilasläänin komentajana 2006–07 ja Etelä-Suomen Sotilasläänin esikunnan esikuntapäällikkönä 2008, mikä jäi hänen viimeiseksi tehtäväkseen puolustusvoimissa. Palvelusuransa aikana hän kävi myös ylemmälle päällystölle ja ylimmälle johdolle tarkoitetut erikoiskurssit sekä valtakunnallisen ja alueellisen maanpuolustuskurssin. Vuonna 2008 hän siirtyi Valtioneuvoston kansliaan turvallisuusverkkoprojektin hankepäälliköksi. Tehtävä siirtyi myöhemmin valtiovarainministeriöön ja muuttui turvallisuusverkkoyksikön päällikön tehtäväksi yhteisten ratkaisujen ohjausyksikköön. Näistä tehtävistä Vainio siirtyi reserviin vuonna 2013.

Esko Vainio oli pitkälle koulutettu ja monipuolisesti sivistynyt upseeri. Palvelus-toverit muistavat hänet aina tunnollisesti tehtäviinsä suhtautuneena sekä kaikkiin palvelustoverihinsa ja alaisiinsa ystävällisesti ja kohteliaasti suhtautuneena herrasmiesupseerina sekä arvostettuna esimiehenä. Monipuolinen ja merkittävä ura kesti lähes neljä vuosikymmentä ja palkittiin useilla huomattavilla kunniamerkeillä. Näistä tärkeimmät olivat Suomen Leijonan komentajamerkki ja sotilassansiomitali.

Työtehtäviensä ohessa Esko Vainiolla riitti aikaa ja harrastusta myös oman ase-lajinsa järjestöille. Hän oli sekä Viestiup-

seeriyhdistyksen että viestikillan pitkäaikainen jäsen. Hän toimi mm. Viestikillan sihteerinä 1975, Tutkamieskillan varapuheenjohtajana 1979–80 sekä Viestiupseeriyhdistyksen sihteerinä 1988 ja varapuheenjohtajana 1999. Museo Militariaa ylläpitävän Suomen Tykistö-, Pioneer- ja Viestimuseoyhdistyksen hallituksen viestiaselajia edustavana jäsenenä hän toimi vuosina 2019–23, joista yhdistyksen puheenjohtajana 2022–23. Sekä pitkän työuransa aikana että lukuisissa järjestötehtävissä Esko Vainiolle muodostui laaja ja hänen työtään arvostava kollega- ja ystäväjoukko. Lämpimät muistot yhteisistä vuosista jäivät elämään.

Eversti Esko Vainion muistoa kunnioittaen Seppo Uro ja Harri Reini

Nimimerkki: LPL. Palstan toimittanut Pasi Puhakka.

Litiumparisto – kannettavien laitteiden kumouksellinen virtalähde

Kannettavien viestivälineiden, mittalaitteiden jne. määrän ja käytön jyrkkä kasvu on lisännyt painetta myös niiden virtalähteiden kehittämisen suhteen. 125 vuotta vanha työhevonen, hiili-sinkkipari onkin saanut monia tehokkaita kilpailijoita. VIESTIMIEHEN numerossa 2/72 esitetyssä katsauksessa tuli esille uusi paristotyyppi, litiumparisto, joka mm. energiatiheytensä puolesta on edeltäjiään huomattavasti parempi. Onkin sanottu, että litiumparisto on paristoteknologian suurin edistysaskel 25 vuoteen. Erikoisesti sotilaalliselta kannalta se on herättänyt suurta mielenkiintoa.

Litiumpariston hyviä puolia:

- energiatiheys; esim. hiili-sinkkipariin verrattuna se on kolmikymmenkertainen,
- kuormitettavuus,
- suuri toimintalämpötila-alue ja
- varastointikestävyys.

Litiumpariston on kehittänyt American Cyanamid-yhtiö, jolla on useita patenteja tältä alalta. Pariston valmistamisesta ovat tietävästi kiinnostuneet käytännöllisesti katsoen kaikki amerikkalaiset paristoalalla toimivat yhtiöt. Sarjatuotannossa on pisimmälle päässyt Power Conversion Inc, joka markkinoi litiumparistoja kauppanimellä Eternacell. Myös Mallory Battery Co on aloittamassa tuotantoa American Cyanamid-yhtiön lisenssillä. Mallory-Battery-yhtiöllä on kehitteillä myös oma, kiinteään aineeseen perustuva litiumparisto, jonka varastoimiseksi luvataan jopa 20 v.

Mallory Battery Co- ja Power Conversion-yhtiöiden paristojen materiaaleina ovat:

- anodina litium,
- katodina hiili ja
- elektrolyytinä seos, jonka muodostavat rikkidioksidi, litiumbromidi sekä eräät orgaaniset yhdisteet.

Nestemäinen rikkidioksidi toimii depolariaattorina. Parit valmistetaan käärimäl-



lä rullaksi suorakaiteen muotoiset nauhat, joissa anodi ja katodimateriaali ovat päällekkäin erotuskerroksen erottamina. Tällä tavoin elektroidien pinta saadaan suureksi, jolloin myös kuormitettavuus on suuri. Anodi kytketään teräksiseen kuoreen, katodi taas alumiiniseen kuoreen, joka eristetään kuoresta kumitiivisteellä. Kenno kokonaisuudessaan suojataan sen jälkeen kumitiivisteellä.

Kehitystyön vaikein ongelma on litiumin pyrkimys reagoida veden kanssa, josta syystä veden eliminointi pariston materiaaleista on erittäin tärkeää. Mallory'n kiinteäaineisessa parissa anodi on litium metallia ja katodi metallisuolaa. Elektrolyytinä on kiinteä aine, joka samalla toimii anodin ja katodin välisenä eristyskerroksena. Ilman sekä parin materiaalien välisten reaktioiden estämiseksi pari suljetaan täysin hermeettisesti. Tämä taas on mahdollista sen vuoksi, että parin toimintareaktioissa ei synny kaasuja. Parin kuormitettavuus on n 50 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ 25°C lämpötilassa ja n 1 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ -40°C lämpötilassa. On todettu, että varastointi jopa +105°C lämpötilassa ei ole vaikuttanut pariston kapasiteettiin. Varastointi-ikäsi huoneenlämpötilassa arvioidaan 10, jopa 20 vuotta.

Eternacell-paristojen varastointikestävyudeksi on vastaavasti ilmoitettu yli 5 v. ja toimintalämpötila-alueeksi -55... +75°C. Energiatiheys on suuruusluokkaa 300 Wh/kg. Esim. D-tyyppistä Eternacell-paria voidaan kuormittaa 6 tunnin ajan 1 A virralla jännitteen pysyessä 2,6 voltin rajan yläpuolella. Eternacell-kennon nimellisjännite on 2,8 V.

Litiumpariston oleellisia etuja muihin paristotyyppisiin verrattuna on sen ener-

giatiheys (kapasiteetti). Kuva 1 esittää eräiden paristotyyppien (D koko) energiatihyksiä 21 °C lämpötilassa kuormitusvirran ollessa 1 A. Sen mukaan yksi Eternacell-pari vastaa neljää elohopea-sinkki-paria, viittä alkali-manganaani-paria, seitsemää magnesiumparia ja kolmeakymmentä hiili-sinkki-paria. Mainittakoon että Apollo-ohjelmassa käytettyjen hopea-sinkki-parien energiatiheys on n. 220 W/kg. Kehitystyön eräänä tavoitteena on myös matalissa lämpötiloissa toimivan pariston aikaansaaminen. Tavoiterajaksi tässä mielessä on asetettu n. -55°C.

USA:n ilmavoimien käyttöön on kehitteillä oma versionsa litiumparistosta. Tämä paristo on erikoisesti tarkoitettu kertakäyttötehtäviin, joissa lyhytaikaisesti (15...60 min) tarvitaan suurta tehoa. Kehittäjänä on Lockheed Missiles and Space Co. Tässä versiossa käytetään hyväksi litiumin ja veden välistä reaktiota, jossa syntyvä energia muutetaan sähköenergiaksi. Tästä johtuen myös tämän tyyppin luonnollinen käyttöalue liittyy erilaisiin merellisiin tehtäviin. Lockheed on kehittänyt 2,5 kW tehoa kehittävän tyyppin torpedoja varten ja erään toisen tyyppin sonopojukäyttöön. Tavoitteena on useitten kilowattien tasavirtatehon synnyttäminen. Puhutaan myös ns. dynaamisesta parista, josta energia saadaan tasavirta-, vaihtovirta, tai mekaanisena energiana. Saavutettava teho olisi mahdollisesti megawattien luokkaa.

On ilmeistä, että kannettavien laitteiden suunnittelijalla on tulevaisuudessa käytettävissään kasvava valikoima virtalähdenvaihtoehtoja, joiden kesken valinta on tehtävä käyttöolosuhteiden ja -kustannusten perusteella.



Yhteydet maastoon Nestorin tuotteilla

Nestor Cablesin valikoimasta löytyvät vaativaan kenttäkäyttöön soveltuvat valokaapelit väliaikaisten verkkojen rakentamiseen. Kaapelit ovat saatavilla erilaisilla liitinvaihtoehdoilla, ja niiden lisäksi valikoimassa ovat myös asennuslaitteistot sekä huolto-
tarvikkeet. Kenttäkaapelituotteita voidaan hyödyntää myös erilaisissa siviilitapahtumissa.



nestor
cables

www.nestorcables.fi
info@nestorcables.fi
Puh. 020 791 2770

Mittarikuja 5,
90620 Oulu
PL 276, 90101 Oulu