

Autonomiaa omaavat miehittämättömät järjestelmät tulevat

Puolustusvoimien ensimmäisinä autonomiaa omaavina järjestelminä voidaan pitää ammu ja unohda -tyyppisiä meri- ja ilmatorjuntaohjuksia, kuten P-15 Termit (MTO66, kuva 1) ja Strela-2 (ITO78). Nämä ohjukset kykenivät hakeutumaan maaliin itsenäisesti tutka- ja infrapunaherätteen avulla. Voimakkaimpaan pistemäiseen herätteeseen hakeutumista lukuun ottamatta autonomian taso oli kuitenkin olematon. Uudemmissa ammu ja unohda -ohjuksissa, kuten panssaritorjuntaohjus Spike-MR:ssä ja ilmataisteluhjus Sidewinder AIM-9M:ssä on jo kehittyneempiä hahmontunnistus- ja seurantaominaisuuksia.



Kuva 1. P-15 Termit -meritorjunta-ohjuksen (Suomessa MTO66) laukaisu laivalta. (Kuva: <http://www.military-today.com>)

Ensimmäisenä varsinaisena miehittämättömänä järjestelmänä voidaan pitää 1990-luvun lopulla hankittua Ranger-ilma-alusjärjestelmää, joka on suunniteltu prikaatitason tiedustelu-, valvonta- ja maalinosoitustehtäviin. Ranger kykenee lentämään autonomisesti ohjelmoitua reittiä pitkin ja pitämään sensorinsa suunnattuna tiettyyn kohteeseen, mutta esimerkiksi kuva-analyysi jää kokonaan maa-aseman operaattoreiden tehtäväksi.

Merivoimien miehittämättömissä, pinnan alla toimivissa järjestelmissä autonomiset toiminnot on kehitetty pisimmälle. Pääsyynä tähän on äärimmäisen haastava toimintaympäristö tiedonsiirron kannalta. Akustisen tiedonsiirron kaistanleveys (tiedon välityskyky) on äärimmäisen pieni verrattuna normaalisti käytettäviin radiotaajuuksiin. Vain oleellimmat käskyt ja tiedot pystytään välittämään.

Katanpää-luokan miinantorjunta-aluksilla on käytössä Hugin 1000 AUV ja Remus 100 AUV (autonomous underwater vehicle, kuva 2). Molempien AUV:eiden pääasiallinen tehtävä on reittiohjelmoitu miinanetsintä ja pohjan kartoitus erilaisilla sonar-tyyppisillä eli akustisilla sensoreilla. Tehtävävaiheessa niiden toiminta on autonomista.



Kuva 2. Remus 100 AUV tehtäväänsä suorittamassa. (Kuva: <https://www.km.kongsberg.com>)

Puolustusvoimilla ei ole miehittämättömiä maajärjestelmiä operatiivisessa käytössä, ellei räjähteiden raivauksessa käytettäviä etäohjattavia robottilavetteja lasketa tällaisiksi. Näiden autonomiataso on kuitenkin hyvin alhainen, koska raivaukseen sisältyy merkittäviä turvallisuusriskejä, joiden hallinta halutaan pitää operaattorilla. Lisäksi raivaustapahtumat ovat usein ainutkertaisia, mikä vaikeuttaa autonomian soveltamista. Maalla liikkuminen asettaa autonomisille järjestelmille muita toimintaympäristöjä suurempia vaateita, koska maasto-olosuhteet voivat vaihdella huomattavasti pienelläkin alueella. Tämän vuoksi ympäristön tarkka havainnointi ja navigointi ovat kriittisiä kykyjä.

Tekoäly ja autonomia

Autonomiset toiminnallisuudet edellyttävät tekoälyksi luettavien menetelmien hyödyntämistä. Esimerkiksi autonomiset autot tarvitsevat edistyneitä konenäköalgoritmeja ympäristön havainnointiin ja estimointimenetelmiä oman paikan laskentaan (kuva 3). Tekoälymenetelmien sekä laskentatehon kehityksestä riippuu, milloin robotit ylittävät ihmisen päättely- ja ongelmanratkaisukyvyyn. Ihminen on edelleen ylivoimainen sopeutumisessa yllättäviin, normaalista poikkeaviin tilanteisiin sekä toiminnassa vajavaisin tiedoin. Monissa yksittäisissä, kapean alueen sovelluksissa tekoäly on jo ohittanut ihmisen.



Kuva 3. Suomalainen Sensible4 Oy kehittää Suomen olosuhteissa toimivia autonomisten ajoneuvojen tekniikoita esimerkiksi robottiautoihin ja -busseihin. (Kuva: <http://sensible4.fi/>)

Koneoppimisessa tekoälyjärjestelmä opetetaan antamalla sille opetusdataa. Tällöin algoritmi oppii eli käytännössä säätää sisäiset parametrinsa niin, että se osaa toimia halutulla tavalla. Järjestelmän oppiminen voi olla myös jatkuvaa. Syvien neuroverkkojen (deep neural networks) avulla on saavutettu viime vuosina erittäin merkittäviä ja näyttäviä tuloksia mm. kuvantunnistuksen, puheentunnistuksen ja kielen kääntämisen alueilla.

Keinoälymenetelmiä hyödynnetään jo uusimmissa aseissa, kuten USA:n operatiiviseen käyttöön siirtymässä olevassa LRASM-ohjuksessa. Se osaa esimerkiksi vältellä havaitsemiaan uhkia, valita maalilistaansa kuuluvat alukset sekä optimoida osumispisteensä aluksen mukaan.

Parveilu

Multirobotijärjestelmät ja varsinkin robottiparvet ovat kasvava tutkimus- ja kehityskohde robotiikassa (kuva 4). Tällaisissa järjestelmissä useat robottialustat suorittavat yhteisvaikutukseen tähtäviä tehtäviä. Alustojen välisen yhteistyön saumattomuus riippuu järjestelmän parviällystä.

Parveilun tavoitteena on saavuttaa mahdollisimman yksinkertaisten ja edullisten alustojen yhteistyöllä yksittäisiä kalliimpia robottialustoja parempi kokonaissuorituskyky. Parvi on myös vähemmän haavoittuva kuin keskitetty järjestelmä, koska se kykenee jatkamaan toimintaansa yksittäisten jäsenten menetysten jälkeenkin.

Tällaisten järjestelmien tulevaisuutta ei kuitenkaan pidä ajatella pelkästään homogeenisinä parvina, jotka suorittavat tehtäviä tietyssä toimintaympäristöissä. Parvet voivat muodostua erilaisista, eri ympäristöissä toimivista alustoista, kuten ohjelmistoroboteista tilanne-, tiedustelu- ja säätietojen syöttäjänä, sekä eri suorituskyvyillä varustetuista, fyysisistä robottialustoista. Parven osana tulee aina olemaan myös ihmistoimijoita, jotka valvovat ja ohjaavat järjestelmän toimintaa.

Tulevaisuus

Laskentatehon kasvu, tekoälymenetelmien kehittyminen varsinkin koneoppimisessa, laajojen mittausdatojen saatavuus, sensoriteknologian kehitys ja elektroniikan koon pieneneminen sekä lisääntynyt kaupallinen kiinnostus ovat



Kuva 4. Darpa tutkii 64 miljoonan dollarin Gremlins-demonstraattoriohjelmassaan (2016–2019) parvitekniologioita ja –konsepteja. (Kuva: <https://www.darpa.mil/>)

kiihdyttäneet autonomisten robottijärjestelmien kehitystä räjähdysmäisesti viime vuosina. Yhä autonomisempien robottijärjestelmien tutkimus ja kehittäminen on myös asevoimien kiinnostuksen kohde. Tavoitteena on pienentää nykyisten suurelta osin kauko-ohjattavien järjestelmien riippuvuutta helposti häiritävästä komentoyhteydestä. Lisäksi halutaan vähentää operaattoreiden työkuormaa ja määrää.

Miehittämättömät, autonomiaa omaavat robottijärjestelmät yleistyvät jo lähitulevaisuudessa myös sotilaspuolen operatiivisissa tehtävissä. Suuret sotilasmahdit, kuten USA, Kiina ja Venäjä, sijoittavat suuria summia uusien, autonomiaa omaavien järjestelmien kehittämiseen. Käyttöön on tulossa yhä kehittyneempiä järjestelmiä, jotka kykenevät toimimaan itsenäisemmin nykyisten järjestelmien rinnalla. Kehitys myös mahdollistaa vanhempien järjestelmien päivittämisen tai muuttamisen robotisoiduiksi alustoiksi.

Suunnannäyttäjänä toimivat kuitenkin siviilisovellukset, kuten itse ajavat autot ja autonomisesti liikkuvat rahtilaivat. Erään arvion mukaan robotiikkaan, johon miehittämättömät järjestelmät kuuluvat, investoidaan siviilipuolella jopa 20 kertaa enemmän kuin sotilassovelluksiin. Hyvänä esimerkkinä kehittyvistä robotiikkamarkkinoista on MiniSpot-robotikoira (kuva 5).

Puolustusvoimat on myös satsannut viime vuosina yhä enemmän autonomiaa omaavien miehittämättömien järjestelmien ja tekoälyn tutkimiseen. Niukkojen resurssien ja siviilipuolen laajan osaamisen vuoksi työssä turvaudutaan voimakkaasti erilaisiin yhteistyöverkostoihin.

Puolustusvoimissa seuraavat miehittämättömät järjestelmät ovat todennäköisesti Rangerin seuraaja sekä strategisiin



Kuva 5. Boston Dynamicsin kehittämä MiniSpot on pieni 25-kiloinen robotti, joka pystyy tarttumaan esineisiin ja kiipeämään portaita. (Kuva: <https://www.bostondynamics.com>)



Kuva 6. Milremin etäohjattulla aseella varustettu miehittämätön Themis-ajoneuvo. (Kuva: www.mil.ee)

hankkeisiin Laivue 2020:een ja Hornetin seuraajaan liittyviä ilmassa tai vedessä toimivia järjestelmiä. Tässä yhteydessä ei voi myöskään unohtaa kaupallisten miehittämättömien järjestelmien hyödyntämistä. Esimerkiksi kaupallisia multikoptereita voidaan hyödyntää monin tavoin tutkimus-, tiedustelu- ja valvontatehtävissä. Maalla liikkuvat tulevaisuuden sovelluskohteet löytyvät todennäköisimmin logistiikan tai suojaamisen puolelta.

Tulevaisuudessa korkeimman autonomisuuden robottijärjestelmät tulevat ylittämään nykyisten järjestelmien suorituskyvyt ja pakottavat siksi muuttamaan nykyisiä operointikonsepteja. Yleisenä oletuksena on, että tietyn suorituskyvyn yksikkökustannukset laskevat, kun autonomisuuden taso ja kyky kasvavat. Kauhuskenaariossa kehitys saattaa lopulta johtaa siihen, että ihmispohjaiset asejärjestelmät eivät pysty vastaamaan robottijärjestelmien ylivertaiseen suorituskykyyn.

Osa tulevaisuuden autonomisista järjestelmistä voidaan sijoittaa taistelukentälle jo ennen operaatiota. Ne kykenevät tarkkailemaan jatkuvasti ympäristöä ja ovat tarvittaessa uhrattavissa. Jatkuva läsnäolo mahdollistaa myös lähes loputtoman operaatiotempon ylläpidon. Lisäksi sotilaallisen toiminnan tehokkuus kasvaa, koska pienempi määrä toimijoita voi hallita ja valvoa laajempia alueita sekä suorittaa useampia tehtäviä.

Teknologisten haasteiden lisäksi sotilassovelluksissa nousevat voimakkaasti esiin eettiset näkökulmat ja juridiset vastuukysymykset (kuva 6). Jos autonominen asejärjestelmä tappaa vahingossa väärän henkilön tai aiheuttaa tarpeetonta vahinkoa ympäristölle, kuka on vastuussa: operaattori, omistaja, valmistaja vai ohjelmoija? Tämän vuoksi kaikki maat ovat toistaiseksi ilmoittaneet kannattavansa tiukkaa ihmisen-mukana-vaikuttamisketjussa-periaatetta. Toisaalta tiedetään, että samaan aikaan useat maat kehittävät autonomisia asejärjestelmiä. Tämän vuoksi on tärkeää, että Puolustusvoimat osallistuu autonomisten järjestelmien tutkimisen, kehittämisen ja käytön säätelyyn liittyvään kansainväliseen keskusteluun sekä lainsäädäntötyöhön. Luottamus robottijärjestelmiin on niiden yleistymisen kivijalka.

Kirjoittajat:

Filosofian tohtori Timo Kaurila toimii johtavana tutkijana Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen asetekniikkaosastossa. Diplomi-insinööri Mikko Miettinen toimii erikoistutkijana Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen asetekniikkaosaston asejärjestelmien tutkimusalalla.