

JARKKO KARSIKAS

Maavoimien tiedonsiirron kehittäminen verkostoavusteisuuden periaatteiden mukaisesti

Puolustusvoimien suorituskyvyn kehittäminen on tänä päivänä usein kokonaisarkkitehtuurien luomista. Arkkitehtuurin on määrä toimia kehitysperiaatteiden ja ajatusten välittäjänä suunnittelijoilta toteuttajille. Monitasoisena se kuvaa parhaimmillaan täydellisesti järjestelmiä periaatteellisesti, operatiivisesti, liityntöjensä osalta sekä teknisestä näkökulmasta. Lisäksi se kuvaa liitynnät muihin arkkitehtuureihin. Kokonaisuudessaan arkkitehtuurit kuvaavat järjestelmien järjestelmän (system-of-systems), joka verkostoituneisuutta kannattavissa teorioissa on keskeinen tavoite. Tämä on tietenkin vain teoriaa, sillä täydellisesti kuvattua maailmaa ei käytännössä esiinny. Arkkitehtuurien kuvaamisella katsotaan kuitenkin olevan niin suuria etuja, että muun muassa Yhdysvalloissa, Iso-Britanniassa, Nato-maissa ja Suomessa systemaattinen arkkitehtuurien systemaattinen kuvaus on otettu keskeiseksi osaksi verkostoituneiden asevoimien kehittämistä¹. Tämän menetelmän katsotaankin olevan keskeinen tekijä kehitettäessä verkostoitunutta asevoimaa.

Johdanto

Tämä kirjoitus perustuu pääosin kirjoittajan yleisesikuntaupseerikurssin diplomityöhön². Kirjoituksessa on hyödynnetty myös noin vuoden mittaista kokemusta hanketyöstä, joka luo perspektiiviä teoreettisiin opinnäytetöihin. Kirjoitus käsittelee maavoimien tiedonsiirtojärjestelmän arkkitehtuurin perusteita, arkkitehtuuria sekä sen toteuttamisen haasteita. Yksi haaste arkkitehtuureita käsiteltäessä on aiheen tuoreus puolustusvoimissa. Niitä ei ole puolustuksen järjestelmien osalta juuri kuvattu, eikä varsinkaan kriittisesti arvioitu. Siksi tämäkin kirjoitus pyrkii taustoittamaan arkkitehtuurinäkemystä varsin laaja-alaisesti. Toisaalta saadun lopputuloksen liittyminen muihin arkkitehtuureihin jää varsin kevyesti käsitellyksi aiheeksi, koska muut arkkitehtuurit pääosin ovat vielä kuvaamatta.

- 1 Pääesikunta, johtamisjärjestelmäosasto, Karstila Kari: Puolustusvoimien tietohallinnon arkkitehtuurikehikko (PVTAK) – Arkkitehtuurien kuvaamisen yleisohje. Helsinki 14.1.2005.
- 2 Karsikas, Jarkko: Maavoimien verkostokeskeisen tiedonsiirtojärjestelmän arkkitehtuuri ja sen toteuttaminen, Maanpuolustuskorkeakoulu, Sotatekniikan laitos, Julkaisusarja 1 Nro 28/2007, Helsinki 2007.

Tässä kirjoituksessa lähtökohdaksi arkkitehtuurin kehittämiseksi on otettu näkemys jonka mukaan arkkitehtuuria ei synny tyhjästä. Sen sijaan siihen vaikuttavat keskeisesti aika (historia-nykypäivä-tulevaisuus), sodankäynti (teoria) ja tekniikka (yleinen ja sotilaallinen). Tällaisina tekijöinä esiintyvät sodan kuva, verkostokeskeisyys sodankäynnin teoriana sekä yleinen sotilaallisten ja yleisten tiedonsiirtojärjestelmien kehitys. Sotilaallisten tiedonsiirtojärjestelmien rakennetta tarkastellaan erityisesti Yhdysvalloissa, sillä se toimii alan teknologian edelläkävijänä sekä verkostokeskeisyyden teorioiden lähteenä ja keskeisimpänä toteuttajana. Yhdysvaltojen tarkastelu tarjoaa siis erittäin hyvän näkökulman verkostokeskeisen tiedonsiirtojärjestelmän kehittämisen vaatimuksiin ja toteutuksen haasteisiin. Yhdysvaltalainen verkostokeskeinen sodankäynti on valittu lähtökohdaksi, koska sen ajatukset ovat taustalla myös meillä kehityssuuntana olevassa verkostoavusteisessa puolustuksessa.

1. Informaatioyhteiskunnan sodan kuva ja teoriat

Raitasalon (2006) mukaan länsimaisten asevoimien käytön suunnittelun lähtökohtana ei enää yksiselitteisesti ole valtioiden tai valtioliittojen välinen sotilaallinen konflikti. Tämän rinnalle on noussut ei-valtiollisten toimijoiden muodostamat välittömät (terrorismi) ja välilliset uhkat (yksityisten tai heimoarmeijoiden terrori). Samalla laajamittaisen sodan uhka on pääosin korvautunut alueellisella kriisillä. Sodan mittasuhteet ja muodot ovat siis oleellisesti muuttuneet. Tästä yhtenä osoituksena voidaan pitää tälläkin hetkellä käynnissä olevaa Georgian kriisiä.

Tällä hetkellä Suomen puolustusjärjestelmän osaksi hankittavat järjestelmät suunnitellaan ensisijaisesti kotimaan puolustuksen tarpeisiin. Samoilla järjestelmillä on kuitenkin kyettävä toteuttamaan kaikki puolustukselle käsketyt tehtävät. Suomalaista puolustusjärjestelmää valmistaudutaankin käyttämään alueellisessa, YETT-, kriisinhallinta- ja informaatiotosodassa³. Nämä sodan kuvat muodostavat mahdollisen toimintaympäristön sotilaallisille tiedonsiirtojärjestelmille. Informaatiotosodankäynti nähdään jatkuvana toimintana, joka tukee kokonaissuorituskykyä kaikissa tilanteissa. Informaatiotosodankäynnin ympäristöksi puolustusvoimiin ollaan kehittämässä verkostoituneen sodankäynnin kykyjä sekä ympäristöä, joita voidaan käyttää kaikissa sotilaallisen voimankäytön tilanteissa.

³ Raitasalo, Jyri: Sodan kuvan muutoksen Suomen puolustusjärjestelmän kehittämiseksi aiheuttamat haasteet kylmän sodan jälkeisellä ajalla. Esiupseerikurssin tutkielma. Maanpuolustuskorkeakoulu 2006.

Verkostokeskeisen sodankäynnin teoria korosti alun perin teknologiaa sekä uutta ajattelutapaa uuden informaatioajan sodankäynnin keskeisinä tekijöinä⁴. Tämän yksinkertaistus on kohdistanut teoriaan merkittävää kritiikkiä, jonka vaikutuksesta siitä on kehittynyt joukko vaikutus- ja verkostokeskeisiä teorioita. Teorioiden ydin on verkostoitumisen merkityksessä, mutta muissa seikoissa niissä on hyvinkin erilaisia korostuksia. Esimerkiksi yhdysvaltalaisessa teoriassa on viime aikoina korostettu uutta ajattelutapaa johtamisessa ja suunnittelussa. Seuraavassa taulukossa 1 on esitelty perinteisen sotilaallisen suunnitteluprosessin ja kehittyneen verkostokeskeisen suunnitteluprosessin keskeisiä eroja. Taulukko kuvastaa hyvin uusien teorioiden keskeisintä sanomaa sotilaallisen toiminnan muutoksesta.

	Perinteinen sotilaallinen	Kehittynyt verkostokeskeinen
Informaatio	Pääasiassa sotilaallisista sensoreista ja järjestelmistä Jakelu seuraa johtosuhteita Työnnettyä Rajoitettu ei-orgaanisen asiantuntijuuden saatavuus Informaatiota kuljetetaan suunnitelman kanssa	Useita informaatiolähteitä Laaja välitys Haettua/täsmätyönnettyä Laaja asiantuntijuuden saatavuus Jokainen yhteisö muokkaa tietoa
Päätökset	Keskittettyjä Globaaleja	Jaettu Paikallisia tarkasteltaessa tavoitetta
Prosessi	Hierarkinen Vastuut määritellään johtosuhteiden kautta Jonkin verran kollaboraatiota Peräkkäinen Syklinen Suunnittelu eriytetty toimeenpanosta	Vertaisten välinen, pieni maailma Vastuut määritellään dynaamisesti ansioiden mukaan Laaja kollaboraatio Rinnakkainen Jatkuva Vuorovaikutteinen suunnittelu ja toteutus
Suunnittelun kohde	Taisteluvaurioiden arvioinnissa	Useiden alojen vaikutuksissa
Suunnitelma	Yksityiskohtainen Kohde: konfliktien välttäminen, valitut	Tavoitteena mahdollistaa itsesynkronointi, etsii
Päämäärä	Optimointi	Ketteryys (sopeutuminen ja mukautuminen)
Soveltuvat tilanteet	Monimutkaisia	Komplekseja
Oletukset	Riittävä ymmärrys Ennustettavuus Läheinen kytkentä on hyvä	Ymmärryksen puute Epävarmuus (ennustamattomuus) Läheinen kytkentä on paha

TAULUKKO 1: Perinteinen sotilaallinen suunnitteluprosessi verrattuna kehittyneeseen verkostokeskeiseen suunnitteluprosessiin. Alberts, David S. & Hayes, Richard E.: *Planning, Complex Endeavors*. CCRP publication series, USA, 2007.

4 Alberts, David S. [et al.]: *Understanding Information Age Warfare*. CCRP publication series, USA, 2001.

Kuten taulukosta 1 havaitaan, poikkeaa verkostokeskeisen suunnittelu ajatusmaailma merkittävästi perinteisestä. Meillä puolustuksen kehittäminen tähtää verkostoavusteiseen puolustukseen. Sen vuoksi järjestelmiä ja prosesseja on kehitettävä aivan uudelta pohjalta. Keskeinen tekijä on verkottuminen jossa tekniikalla on iso rooli. Tiedonsiirron rooli verkostoavusteisessa puolustuksessa on luoda uuden informaatioteknologian avulla järjestelmä, joka kykenee liittämään kaikki taistelukentän sensorit sekä asejärjestelmät käyttäjiineen toisiinsa kaikissa eri uhkamalleissa ja kriisitilanteissa. Tämän lisäksi operaatioiden suunnittelu ja johtaminen vaativat tietovarastojen kytkemistä osaksi verkostoa siten, että niiden tietosisältö on kaikkien saatavilla. Tämä tavoite asettaa erittäin suuren vaatimuksen tiedonsiirtojärjestelmien kyvyille välittää verkoston liikennettä luotettavasti läpi koko taistelukentän. Seuraavassa taulukossa on tiivistettynä nykyaikaisen sodan kuvan ja verkostokeskeisyyden vaikutukset tiedonsiirtojärjestelmien suunnittelulle.

Tekijä		Tulevaisuuden arkkitehtuurin vaatimus
Sotilaallisen voiman organisaatio	malli	Matala, ainakin osittain hierarkinen Modulaarinen
		Massan painopiste vaikuttamisen joukoissa
		Tukijoukkojen määrän optimointi
Keskeiset tuettavat prosessit		Johtaminen ja suunnittelu
		Vaikuttaminen
Tuettavat järjestelmät		"Järjestelmien järjestelmä" -ajattelu
		Kaikkien taistelukentän toimijoiden ja toimintojen verkottaminen
Sovellettavat johtamismallit		Keskitetty suunnittelu, hajautettu toteutus
		Kollaboratiivinen johtaminen
Johtamisen ja suunnittelun tekijät	kriittiset	Yhteiset tietovarastot ja tietokannat Verkottuminen Yhteydellisyys
Yhteisen tilanneymmärryksen tekijät	kriittiset	Tilannetiedon paikkansa pitävyys (tietoturva) Palvelunlaatu (viiveettömyys, pääsy tietoon käsiksi) "Täsmätieto"
Verkottumisen kriittiset tekijät		Robustinen verkosto
		Yhteensopivuus
Yhteydellisyys kriittiset tekijät		Liikkuvuus (riippumattomuus infrastruktuurista) Rajapintojen läpinäkyvyys
		Tietoturvan painopiste tiedon käytettävyydessä
		Palvelunlaatu

TAULUKKO 2: Verkostokeskeisen tiedonsiirtoarkkitehtuurin vaatimuksia. Lähde: Karsikas, 2007.

Taulukko 2 toimii keskeisimpänä vaatimusmäärittelyä alettaessa laatimaan verkostoavusteista puolustusta tukevaa tiedonsiirtoa. Se on siis perusta, jolle arkkitehtuuri laaditaan.

2. Tiedonsiirtojärjestelmien kehitys kylmän sodan jälkeisenä aikana

Kylmän sodan aikainen taistelunkentän kuva vaikuttaa yhä merkittävästi kaikkien länsimaisten asevoimien kehitykseen. Tuohon taistelukentän kuvaan kehitetyt järjestelmät ovat edelleen useiden armeijoiden peruskalustoa. Siirtyminen tuon ajan massiivisista organisaatioista kohti pienempiä ja tehokkaampia yksiköitä on ollut hidasta. Käytännössä vasta 2000-luvulla ovat uudet ajatukset sekä havainnot viimeaikaisista konflikteista alkaneet tuottaa näkyviä muutoksia armeijoiden organisointiin, niiden kaluston kehittämiseen sekä niiden toimintatapoihin. Tämä kaikki voidaan edelleen nähdä myös tietoliikennejärjestelmien kehityksessä.

Sotilaallisten järjestelmien suunnitteluun vaikuttaa keskeisesti niiden operatiivinen käyttöikä, mikä on tyypillisesti noin 30 vuotta. Vaikka siis sodan kuva ja vaatimukset muuttuisivatkin nopealla rytmillä, välineet pysyvät lähes samanlaisina. Näin ollen koko järjestelmän yhtäkkinen muutos ei välttämättä ole edes mahdollinen. Lähihistoriasta periytyviä keskeisiä tekijöitä, jotka vaikuttavat nykyisten tiedonsiirtojärjestelmien kehittämiseen ovat:

- analogiset ja käsivälitteiset televerkot
- salatut ja hajaspektritekniikkaan perustuvat kenttäradiot johtamisen tarpeisiin
- digitaaliset alueelliset kenttäteleverkot
- yhteensopivuuden haasteet puolustushaarojen välillä sekä kansainvälisesti (NATO)
- tietokoneistuminen sekä tietojärjestelmien leviäminen yhä laajempaan käyttöön
- vaatimus kustannustehokkuudesta ja pitkästä järjestelmien käyttöiästä
- kaupallisen tiedonsiirtovälineistön (COTS) hyödyntämisen tarve
- internet esimerkkinä verkottumisesta

Jos sodankäynnin teoriaan pohjautuva vaatimustaulukko muodostaa pohjan arkitektuurille, niin yllä oleva lista puolestaan luettelo sen lähtökohdista. Lähtökohta on varsin heterogeeninen ja pohjautuu varsin erilaiseen taistelukentän kuvaan. Tämä luokin erittäin haasteellisen lähtökohdan tulevaisuuden rakentamiselle.

3. Tiedonsiirtojärjestelmien kehitys Yhdysvaltain maavoimissa

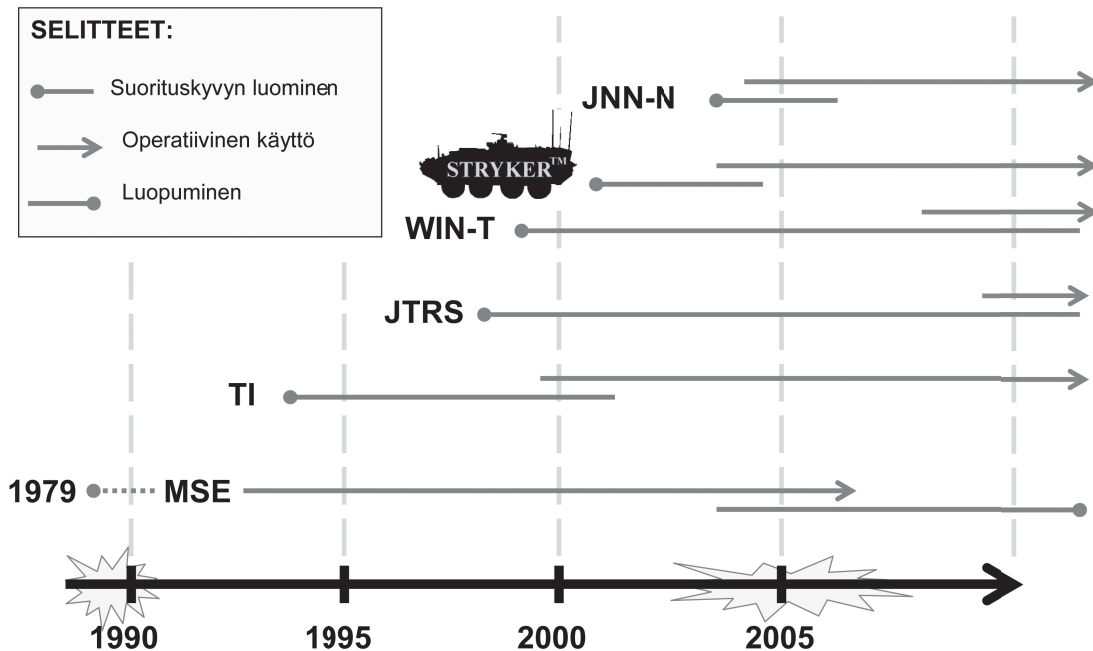
Yhdysvaltain maavoimien käyttämät tiedonsiirtojärjestelmät kehittyivät kylmän sodan aikana yhtä rauhallisesti kuin muuallakin länsimaissa. Digitaalisiin järjestelmiin siirtymisen myötä alettiin 1970-luvun lopussa kehittää liikkuviin sotateoimiin soveltuva hyvin tappionsietoista digitaalista kenttäviestijärjestelmää. Tämän järjestelmän nimeksi tuli MSE (Mobile Subscriber Equipment). Käytännössä useita kertoja modernisoituna tuo järjestelmä pysyi maavoimien tiedonsiirron keskeisimpänä järjestelmänä aina 2000-luvun alkuun saakka⁵. Vasta tuolloin muut järjestelmät alkoivat syrjäyttää sitä. Kehitystyö MSE:n korvaamiseksi alkoi käytännössä 1990-luvun alkupuolella, kun Taktisen Internetin kehitystyö alkoi (TI). Kuitenkin vasta 2000-luvulla alettiin järjestelmiä jalkauttaa laaja-alaisemmin koko maavoimien käyttöön.

Yhdysvaltain maavoimilla tällä hetkellä käytössä olevien taktisten tiedonsiirtojärjestelmien merkittävin taustavaikuttaja on siis Taktinen Internet. Sen toimintaperiaate ja järjestelmät luotiin ennen verkostokeskeisen sodankäynnin tuleamista, mutta ne muodostavat pohjan verkostokeskeisyyden toteuttamiselle myös tänä päivänä. Esimerkiksi Stryker-prikaatin tiedonsiirtojärjestelmä on suurelta osalta rakennettu päivitetyn Taktisen Internetin pohjalle. Stryker-prikaati on rakennettu verkostokeskeisen teorian periaatteiden mukaisesti käyttäen olemassa olevaa tiedonsiirtokalustoa sekä satelliittijärjestelmiä mahdollisimman tehokkaaseen verkostoitumiseen. Tämä mahdollistaakin prikaatin nopean keskittämisen, hajautetun käytön ja tarvittavan keskitetyn vaikuttamisen. Verkostokeskeisyyttä noudattavan yhtymäjärjestelmän taustalla on kuitenkin vielä joukko vanhoja järjestelmiä. Niitä koetetaan korvata mammutti-hankkeella WIN-T (Warfighter Information Network – Tactical). Stryker-prikaatin tiedonsiirtojärjestelmä on parasta mitä tällä hetkellä on kyetty rakentamaan, vaikka se verkostokeskeisen sodankäynnin kannalta nähdäänkin välivaiheen järjestelmä⁶.

JNN-N-järjestelmä (Joint Network Node – Network) kehitettiin pikavauhdilla Irakin operaation tarpeisiin perinteisten järjestelmien osoittautuessa liian jäykiksi operaation tarpeisiin. Sen verkkorakenne perustuu kaupallisten ja sotilaallisten satelliittijärjestelmien yhteyksiin, joita täydennetään tarvittavilla maayhteyksillä. Järjestelmä on tarkoitettu koko sotateoimialueen ja divisioonien järjestelmäksi, ja tällä hetkellä pääosa maavoimien kymmenestä divisioonasta on varustettu sillä. Se ei pidä sisällään taktisten yhteyksien toteuttamisen kalustoa, vaan joukon omaa liikkuvaa viestijärjes-

5 Defence Update, International Online Defense Magazine: Warfighter Information Network – Tactical (WIN-T). 6.12.2005. <<http://www.defense-update.com/products/w/win-t.htm>>

6 Gonzales, Daniel [et al.]: Network-centric operations case study; the Stryker Brigade Combat Team. RAND National Defence Research Institute, Santa Monica CA, USA, 2005. <<http://www.rand.org/>>



KUVA 1: Tiedonsiirtojärjestelmien elinkaaret Yhdysvaltain maavoimissa

telmää (Taktinen Internet) käytetään toiminnan aikaiseen välittömään johtamiseen. Sen sijaan suunnittelu ja tiedustelutietojen käsittely kyetään toteuttamaan siirreltävän esikuntajärjestelmän, kiinteiden esikuntajärjestelmien ja JNN-N järjestelmän muodostamassa ympäristössä. Järjestelmä perustuu lähes kokonaan COTS-laitteistoihin, jotka on sijoitettu säasuojattuihin kontteihin ja laitesuojiiin. Perusrakenteeltaan se on siis yksinkertainen, kapasiteetiltaan riittävä ja kokemusten mukaan luotettava. Se ei kuitenkaan ole maavoimien kokonaisjärjestelmä, jollaista tavoitellaan erityisesti WIN-T -hankkeella.⁷

JTRS (Joint Tactical Radio System) on maailmanlaajuisesti tämän hetken merkittävin radiohanke. JTRS-radio on puhdas ohjelmistoradio (SDR), joka on toteutettu SCA-arkkitehtuurin pohjalta. Tällaista radiota kehitettiin myös meillä OHRA-demonstraattorissa. JTRS-hanke perustuukin pääosin avoimiin standardeihin, millä on pyritty hakemaan ratkaisua erityisesti järjestelmän tuleviin kustannuksiin. Hanke on tämän hetken suunnitelmien mukaan tuottamassa 12 erityyppistä radiota. SCA-arkkitehtuurin kaupallinen menestys on tärkeää JTRS:n tulevalle kehitykselle. Täten esimerkiksi eurooppalaisen ESSOR-ohjelmistoradioprojektiin liittyminen SCA-arkkitehtuuriin tulee olemaan erittäin tärkeää. JTRS ei tule mullistamaan taistelukentän

⁷ Department of Army, Headquarters: FMI (Field Manual Interim) 6-02.60; Tactics, Techniques, and Procedures (TTPs) for the Joint Network Node-Network (JNN-N). Washington DC, 5 September 2006.

tiedonsiirtoa ja ratkaisemaan siihen liittyviä ongelmia. Sen suorituskyky on jäämässä vain jonkin verran nykyisiä järjestelmiä korkeammaksi. Myös reitityksen kehittämisen järjestelmään on osoittautunut niin haastavaksi, että ominaisuus tulee vain osaan radiotyypeistä. Tästä huolimatta JTRS tulee käyttöönottonsa myötä parantamaan verkottumisen mahdollisuuksia ja yhteensopivuutta käyttäjien kesken. Erityisen merkittävää maavoimien kannalta on sen käyttöön tulevan JTRS GMR-radion (Ground Mobile Radio) asema tulevaisuuden Taktisen Internetin ytimessä.⁸

WIN-T -järjestelmä tulee olemaan maavoimien ensimmäinen todellinen verkostokeskeistä sodankäyntiä tukeva tiedonsiirtojärjestelmä. Sen kehitystyö alkoi vuonna 1999 ja hanke on kohdannut monia vastoinkäymisiä. Yhdessä JTRS-järjestelmän kanssa se muodostaa LandWarNet:n, mikä on maavoimien osuus koko asevoimien maailmanlaajuisesta GIG-verkosta (Global Information Grid)⁹. WIN-T:n rinnalla nopeasti kehitetty JNN-N -järjestelmä nähtiin aluksi sen kilpailijana, mutta tällä hetkellä nämä kehitysprojektit on onnistuttu yhdistämään. Tämän hetken suunnitelmien mukaisesti uudesta maavoimien järjestelmästä on tulossa verkostoitunut kokonaisuus, joka on toteutettu järjestelmien järjestelmä-periaatteella (system-of-systems)¹⁰.

WIN-T -järjestelmän arkkitehtuuri on selkeästi erilainen kuin aikaisempien järjestelmien. Arkkitehtuuri on kerroksellinen (maa, ilma ja avaruus) ja kukin kerros koostuu sille tyypillisistä järjestelmistä ominaisuuksineen¹¹. Järjestelmän rakennetta ei ole lyöty lukkoon, vaan joukoilla on valmiutensa mukaisesti käytössä tietty tietoliikenteen suorituskykypaketti josta otetaan tarvittavat elementit operaatioon. Tämä on mahdollista erityisesti yhteisen teknologia-alustan eli IP-protokollan laajan käytön ansiosta. Se mahdollistaa kerroksien ja niiden elementtien joustavan käytön sekä teknologisen kehityksen ilmenevien mahdollisuuksien hyödyntämisen. Täten esimerkiksi kaupallinen kehitys kyetään hyödyntämään nopeasti ja tehokkaasti.

LandWarNet:n mahdollistavissa tekniikoissa on suomalaisen kehityksen kannalta merkityksellistä etenkin kaupallisen tekniikan ja avointen standardien voimakas esiinmarssi. Uusien järjestelmien on silti edelleen täytettävä sotilaalliselle tiedonsiirtojärjestelmälle esitettävät perusvaatimukset. Niiden on siis oltava robustisesti

8 North, Rich: Joint Tactical Radio System – Connecting GIG to the Tactical Edge. MILCOM paper. USA 2006.

9 United States Army News Release: LandWarNet is New Name for Army Network. Yhdysvaltain maavoimien virallinen tiedote maavoimien Internet-sivuilla. USA 2004. < http://www4.army.mil/ocpa/read.php?story_id_key=5709 >

10 Owens, William A.: The Emerging U.S. System-of-Systems. Internet-sivustolla julkaistu artikkeli. USA 1996. < http://www.ndu.edu/inss/strforum/SF_63/forum63.html >

11 Department of Army, Office of the Project Manager Warfighter Information Network – Tactical: Warfighter Information Network – Tactical, Simulation Support Plan version 3.0. Fort Monmouth, USA, 2004.

rakennettuja ja siten selviytymiskykyisiä jopa laajamittaisessa taistelussa. Tämän saavuttamiseksi Yhdysvaltain käyttämä kehityspolku on ollut kaupallisten järjestelmien ominaisuuksien muokkaaminen sotilaalliseen käyttöön sopiviksi. Näin uskotaan saavutettavan kustannustehokkaita ja suorituskykyisiä ratkaisuja. Kokonaisuutena Yhdysvaltain kehitys on järjestelmien perusrakenteen, liikkuvuuden sekä taktiseen tiedonsiirron (Taktinen Internet) toteuttamisen osalta sovellettavissa järjestelmäkehitykseen meillä. Soveltamisessa on kuitenkin otettava huomioon lukuisia asioita, joista pienimpänä ei ole käytössä olevat resurssit.

4. Tiedonsiirtojärjestelmien kehitys Suomen maavoimissa

Maavoimien operatiivisten joukkojen viestijärjestelminä ovat viimeisen vuosikymmenen aikana toimineet erityyppiset YVI-järjestelmät. Niitä on kehitetty hitaasti, jonka vuoksi ne ovat vähitellen vanhentuneet etenkin keskusten ja datansiirto-ominaisuuksien osalta. Järjestelmiä täydennettiin 2000-luvun alussa digitaalisella kenttäradiojärjestelmällä sekä uusilla esikuntaympäristöillä. Nämä uudistukset eivät kuitenkaan ole riittäviä, vaan järjestelmät vaativat kehitystyötä täyttääkseen verkostokeskeisyyden vaatimukset. Tarkasteltaessa tulevaisuuden taistelukentän vaatimuksia, nousee esiin muutamia keskeisiä seikkoja jotka on huomioitava järjestelmäkehityksessä. Vanhojen järjestelmien perusrakenne on organisatorisesti riittävän matala, mutta järjestelmät ovat käytettävyydeltään liian jäykkiä. Myös viestijoukkojen organisaatiot ovat varsin raskaita, sillä varsinaisia järjestelmien ylläpitoon sitoutuvia joukkoja on melko paljon. Keskeinen ongelma on myös järjestelmän sitoutuminen alueeseen ja sen yhteyksien toteuttamisen rajalliset mahdollisuudet (kaapeli- tai radiolinkkiyhteys). Esikuntapanssarivaunujen uudet ominaisuudet mahdollistavat johtamisen hajauttamisen, mutta tiedonsiirtojärjestelmän osalta se ei vielä ole mahdollista. Kaiken lisäksi käytetyt järjestelmät tukevat Internet protokollan (IP) käyttöä tiedonsiirrossa erittäin huonosti.

Jääkäriprikaatin viestijärjestelmän lisäksi meillä on kehitetty viestijärjestelmiä maavoimille erityisolosuhteisiin. Tällainen on esimerkiksi MNB(C):n (Multi National Brigade Center) viestijärjestelmä Kosovossa, joka oli rakentamisensa aikoihin vuonna 2003 uuden tyyppinen ja erittäin edistyksellinen toteutus¹². Järjestelmä perustui COTS-laitteistoihin ja oli erittäin toimintavarma sekä rakenteeltaan yksinkertainen. Yksinkertainen järjestelmärakenne mahdollisti kevyen ylläpito-organisaation. Toisaalta järjestelmien tekninen monimutkaisuus vaati teknistä asiantuntijuutta. Toi-

12 Virtanen, Jukka-Pekka: Viestitoimintaa monikansallisessa prikaatissa. Viestimies-lehden artikkeli, numero 2/2005.

minta-alueen kasvun myötä tulivat järjestelmän rajoitteet selkeästi esille. Järjestelmä perustui mikroaaltolinkeillä rakennettuun runkoverkkoon, jonka laajentamiseen oli vuoristoisen maaston vuoksi vain rajalliset mahdollisuudet. Operaatioalueella toimivien taktisten satelliittijärjestelmien puuttuminen toi lisäksi haasteita yhteyksien toteutukselle operaatioissa oman alueen ulkopuolella. MNB(C):n viestijärjestelmä oli rakennettu kiinteäksi, joten ei soveltuisi liikkuvan tai toiminta-alueelle nopeasti siirtyvän joukon varustukseksi. Sen sijaan järjestelmän osia ja rakennetta voidaan hyödyntää esimerkiksi alueellisten joukkojen järjestelmässä.

Toinen erikoisolosuhteisiin tarkoitettu järjestelmä oli MNTF (N):n (Multi National Task Force North) käytössä EUFOR ALTHEA -operaatiossa vuosina 2004–2007 ollut viestijärjestelmä. Se edusti operaation luonteesta johtuen hyvin poikkeuksellista järjestelmätoteutusta jakautuen erillisiin kiinteän sekä operatiivisen viestitoiminnan järjestelmiin. Kiinteällä viestitoiminnalla verkotettiin tukikohdissa ja esikunnissa olevat toimijat kiinteillä COTS-viestijärjestelmillä ja operatiivisessa viestitoiminnassa puolestaan hyödynnettiin liikkuvia COTS- ja sotilaallisia tiedonsiirtojärjestelmiä. Keskeisenä piirteenä on robusti päällekkäisiin järjestelmiin perustuva kaikkien toimijoiden verkottaminen. Merkittävimpinä verkkoina toimivat internet sekä paikallinen GSM- ja puhelinverkko. Käytettyjä sotilasjärjestelmiä olivat muun muassa VHF ja HF-radiojärjestelmät sekä NATO-Secret puheyhteydet mahdollistava TACSAT-satelliittiradiojärjestelmä.

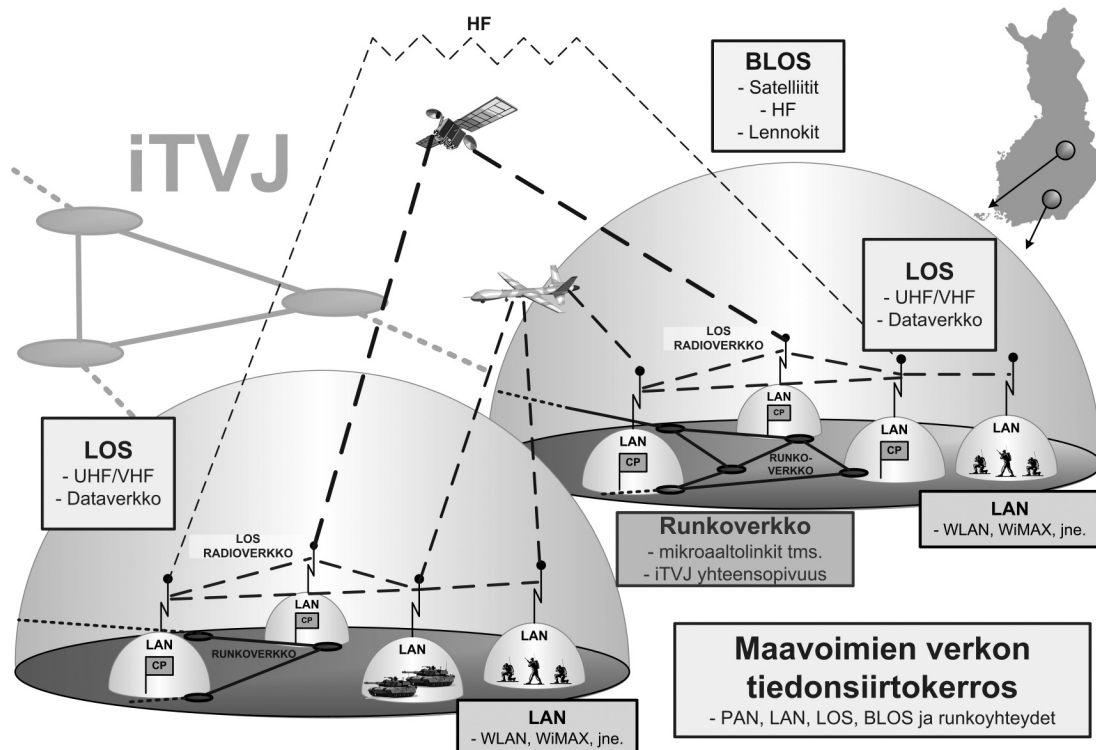
Jälkimmäistä järjestelmää voidaan kritisoida tietoturva- ja luotettavuusperusteilla, mutta vaihtoehtoisten järjestelmien runsas määrä takasi aina varmennetun yhteyden. Järjestelmäratkaisusta voidaan nostaa kolme tekijää yli muiden: satelliittiyhteyksien merkitys vaikeassa maastossa, opportunistinen tiedonsiirtojärjestelmien käyttö sekä operatiivisen viestitoiminnan monipuolinen ja helposti liikuteltava kevyt kalusto. Tässä tilanteessa toteutustapa osoittautui kustannustehokkaaksi, periaatteeltaan erittäin käyttökelpoiseksi ja mahdollisti hyvät yhteydet kaikissa tilanteissa niiden erityisvaatimusten mukaisesti.

Edellä kuvatut järjestelmäkokonaisuudet muodostavat siis meidän ponnahtuslautamme tulevaisuuteen. Eri järjestelmät yhdessä ulkomailla saadun kokemuksen kanssa ovat ehkä heterogeeninen kokonaisuus, mutta ne kertovat omaa kieltään meidän kokemuksemme laajuudesta. Tämä muodostaa siis erinomaisen lähtökohdan tulevaisuuden suunnitteluun. Ja sen pohjaksi tarvitaan siis hyvä arkkitehtuuri.

5. Kaupallisten tiedonsiirtojärjestelmien kehitysnäkymiä

Yleisesti käytettävien kaupallisten tiedonsiirtojärjestelmien analyysin tarkoituksena on nostaa esiin keskeisimmät trendit, jotka vaikuttavat tulevaisuuden tiedonsiirtojärjestelmän kehitystoiminnassa. Kaupallisen tekniikan kehitys näyttää tällä hetkellä kulkevan osittain kohti sovelluksia, joiden sotilaalliset mahdollisuudet vaikuttavat erittäin lupaavilta. Kaupallisuuden mukanaan tuoma ominaisuus on kuitenkin tekniikan tuominen kaikkien ulottuvilla. Keskeiseksi muodostuukin kyky soveltaa kaupallista tekniikkaa omaan tarkoitukseen tehokkaammin kuin vastustaja. Täten perinteiset jäykät hankintasyklit sekä monikymmenvuotiset järjestelmien elinkaaret eivät suorituskyvyn kannalta ole tehokkaita. Sen sijaan keskeistä on ketteryys ja joustavuus teknologioiden hyödyntämisessä. Tämän hetkisen kokemukseni perusteella voidaan sanoa, että nykyinen joustavuuden taso takaa tiukan pysymisen vanhentuneissa järjestelmissä.

Kaupallisten tiedonsiirtotekniikoiden kehityksen keskeisinä piirteinä vaikuttavat pyrkimys yhä suurempiin tiedonsiirtonopeuksiin sekä käyttäjän mobiliteetin korostaminen. Tämän lisäksi järjestelmien voimallisin kehitys on siirtymässä yhä voimak-



KUVA 2: Kaupallisten tiedonsiirtotekniikoiden suorituskyky ja odotettavissa oleva kehitys. STAE 2020: Runko- ja tilaajaverkkojen kehitys vuodesta 2006 vuoteen 2020. Versio 1.0 / 1.12.2006. Helsinki 2006.

kaammin kehittyneistä länsimaista kehitysmaihin. Nämä seikat vaikuttavat erittäin voimakkaasti kaupallisen teknologian kehittymiseen.

Kuvaa tarkasteltaessa on syytä huomioida, ettei yhä suurempien tiedonsiirtonopeuksien kehittäminen tuo merkittävää lisäarvoa sotilaallisille järjestelmille. Kaupallisten tekniikoiden perustana oleva tukiasemakeskeisyys säilyy näköpiirissä olevassa tulevaisuudessa. Samoin päätelaitteet ovat massatuotantolaitteita, jotka eivät kestä sotilaallisilta järjestelmiltä vaadittavissa olosuhteissa. Merkittävintä kehityksessä sotilasjärjestelmien kannalta ovat kuitenkin tiedonsiirtokyvyn kehittämisen yhteydessä käytettävät tekniikat. Esimerkiksi häiriönsietoisuuden lisääminen on tavoitteena sekä kaupallisissa että sotilaallisissa järjestelmissä. Näin kaupallinen kehitystyön tuotteita voidaan monissa tapauksissa hyödyntää ominaisuuksiltaan muokattuina sotilaalliseen käyttöön.

Keskeinen kehityssuunta verkkoteknologioiden osalta on NGN-teknologia (Next Generation Networks)¹³. Sen perusajatuksena on muodostaa palvelu-, sovellus- ja siirto(verkko)kerroksien väliin standardoituja rajapintoja. Tämä mahdollistaa samojen palveluiden ja sovellusten käytön hyvinkin erilaisissa siirtoverkoissa. Tavoitteena on taata käyttäjälle liikkuvuus ja vähentää hänen riippuvuuttaan yksittäisestä tiedonsiirtoverkosta. Samalla yksittäisten tiedonsiirtojärjestelmien puutteet ja katveet voidaan monilta osin korvata useiden päällekkäisten järjestelmien käytöllä. Teollisuus ja viranomaistahot suuntaavat tällä hetkellä merkittäviä resursseja NGN-määrittelyn kehitykseen. NGN onkin vahvasti ehdolla tulevaisuuden ratkaisuksi. Määrittely on kuitenkin vielä varsin avoin, joten sen kehityksen tarkka ennustaminen on mahdollonta.

Verkostokeskeisyyden kannalta NGN-teknologian ja ohjelmistoradion yhdistelmä vaikuttaa erittäin lupaavalta kehityspolulta. Ohjelmistoradio ei sinällään ratkaise mitään yksittäistä tiedonsiirron ongelmaa, vaan sen mahdollisuuksien tehokas hyödyntäminen edellyttää useiden muidenkin innovaatioiden käyttöä. Ohjelmistoradiokehitykseen liittyy keskeisesti älykkäiden ja puoliälykkäiden antennien sekä kognitiivisen radion kehitys. Älykkäitä antennejä tarvitaan radiosignaalin tehon suuntaamiseen automaattisesti kohti vastaanotinta. Kognitiivinen radio puolestaan hyödyntää automaattisesti havaitsemaansa vapaata radiokaistaa. Ohjelmistoradion keskeisin hyöty on alkuvaiheessa tiedonsiirtojärjestelmien tukiasemien päivitettävyyden parantaminen ja jatkossa myös päätelaitteiden tuottamisen kustannussäästöt. Jatkossa älyantennien ja kognitiivisuuden yhdistäminen ohjelmistoradioon tuo radioteknologiaan aivan uusia ulottuvuuksia.

13 STAE 2020, 2006.

Kaupalliset, laajakaistaiset langattomat ja langalliset tekniikat tulevat tulevaisuudessa olemaan monien sotilaallisten järjestelmien perustekniikoita. Sen sijaan, että keskityttäisiin niiden sotilaallisten ominaisuuksien arviointiin, tulee painopiste asettaa niiden kehityksen ja mahdollisen kaupallisen menestyksen arviointiin. Kaupallinen menestys yleensä kiihdyttää niiden kehitystyötä, laskee hintaa sekä takaa tekniikalle huollollisen ja logistisen tuen sotilaskäytön vaatimalle pitkäkähkölle ajankaksolle¹⁴. On kuitenkin huomioitava, että kaupallinen kehitys ei milloinkaan ole täysin ennustettavissa, vaan kehitystyössä on huomioitava myös mahdolliset kaupalliset kumppanuudet merkittävien laitevalmistajien kanssa.

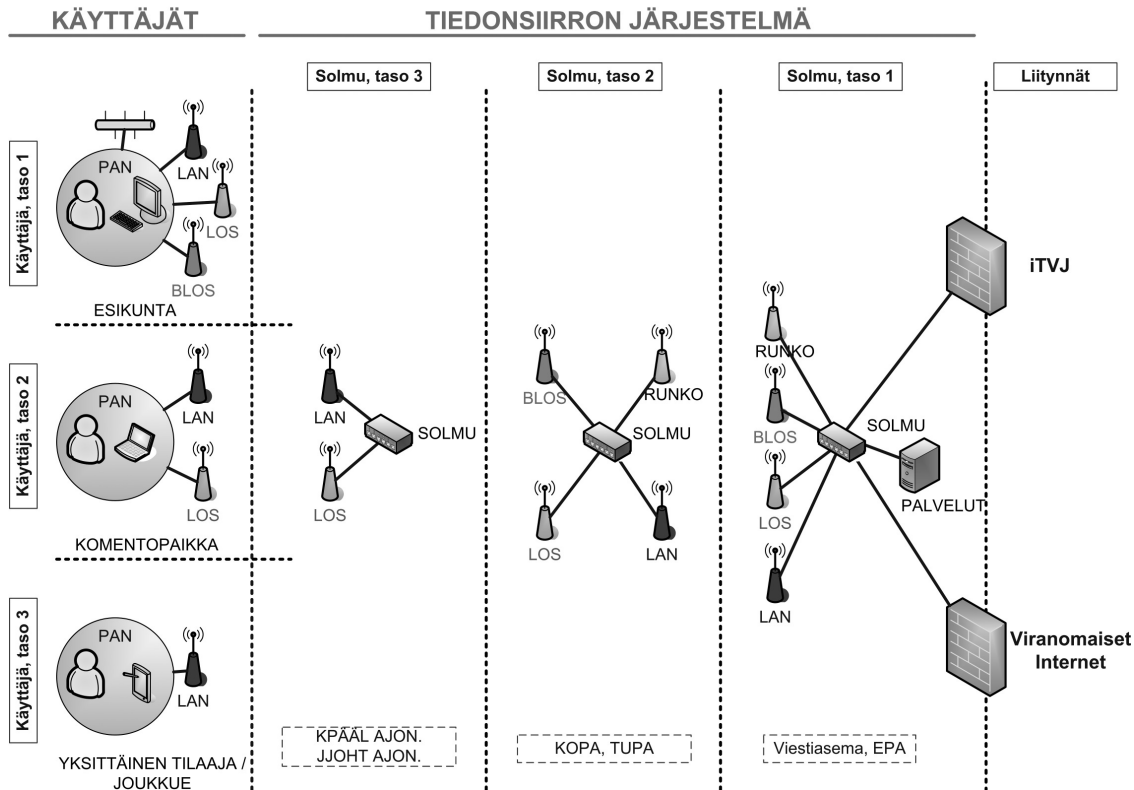
Maavoimien kannalta keskeisiä ovat pitkillä yhteysväleillä toimivat langattomat laajakaistatekniikat. Ne eivät kuitenkaan tule poistamaan tarvetta sotilaallisille aaltomuodoille. Keskeiset rajoitteet laajakaistatekniikoissa liittyvät erityisesti niiden kantamiin, jotka rajoittuvat korkeintaan muutamaa kilometriin. Tämä johtuu monimutkaisista modulointitavoista, vaadittavista suhteellisen suurista lähetystehoista, antenniratkaisujen kehittymättömyydestä sekä rajoitteista soveltuvimpien taajuusalueiden (ylä-VHF, ala-UHF) osalta. Kotimaassa @450-verkko (FlashOFDM) voi useissa tilanteissa toimia ratkaisuna alueellisen järjestelmän osalta. Alueellisesti toimivat järjestelmät ovat kuitenkin keskeinen seurattava kehitysalue, jossa on huomioitava etenkin ohjelmistoradion sekä ad hoc -verkkojen merkitys.

Myös mikroaaltolinkit ja satelliittiyhteydet ovat merkittävässä osassa tulevaisuuden järjestelmiä määriteltäessä. Mikroaaltolinkkejä käytetään tällä hetkellä runsaasti maavoimien eri järjestelmissä (YVI, ALVI) eikä korvaavia tekniikoita ole periaatteellisella tasolla näköpiirissä. Etenkin kaupallisten laajakaistatekniikoiden käyttö vaatii runkoverkkoa, jossa mikroaaltolinkeillä on selkeä tehtävä. Satelliittijärjestelmien merkitys puolestaan tulee selkeästi esiin Yhdysvaltain maavoimien kehitysnäkymien tarkastelun yhteydessä. Kansainvälisten tehtävien korostuminen eurooppalaisten asevoimien tehtäväkentässä on kiihdyttänyt satelliittiyhteyksien hyödyntämistä. Tältä osin liittyminen eurooppalaiseen satelliittiyhteistyöhön vaikuttaakin erittäin keskeiseltä kehityspolulta.

6. Maavoimien tiedonsiirtoverkon arkkitehtuurin kuvaus

Tässä artikkelissa esitellään maavoimien tiedonsiirtoverkon arkkitehtuurin keskeisin kuvausnäkökulma, joka on operatiivinen yleisnäkökulma (OV-1). Se keskittyy järjestelmän

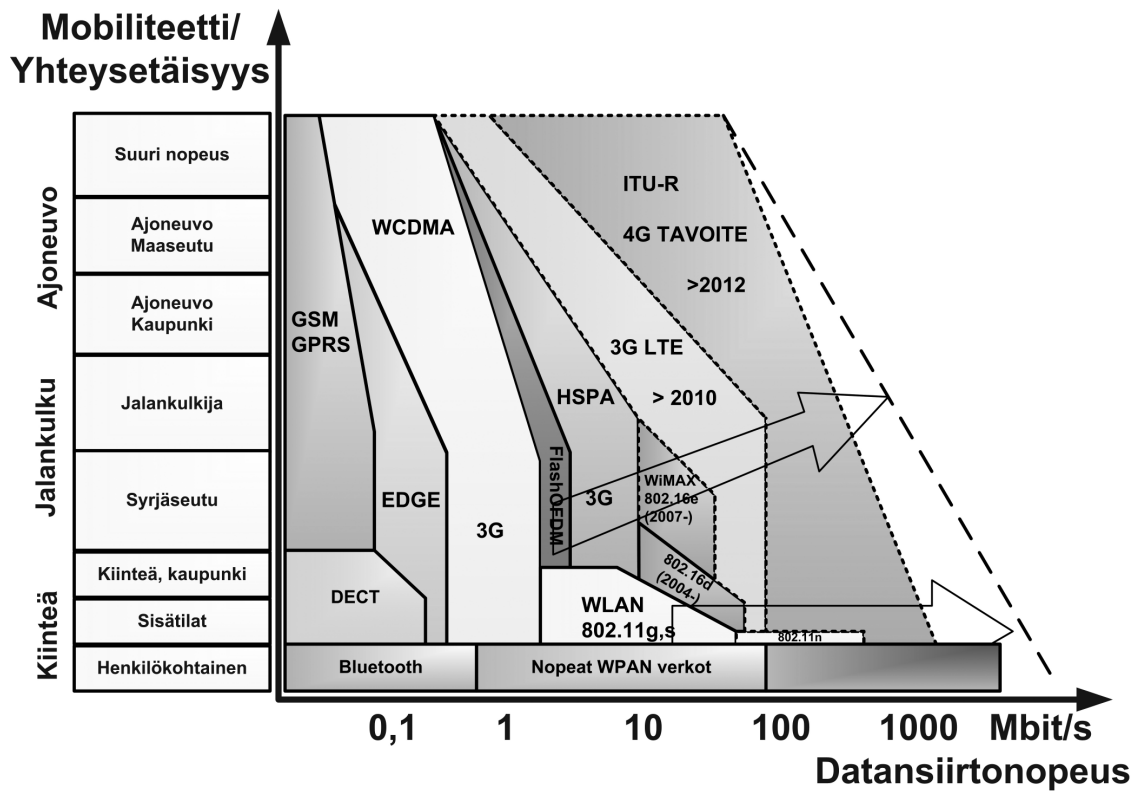
14 Jormakka, Jorma: Comparison and Selection of COTS Technologies. Technical Aspects of Network Centric Warfare, Maanpuolustuskorkeakoulu, Tekniikan laitos, Julkaisusarja 1 No 17, Helsinki 2004.



KUVA 3: Maavoimien tiedonsiirtojärjestelmän toiminnallinen perusajatus yleisellä tasolla, näkymä OV-1. Lähde: Karsikas, 2007.

ylätason kuvaamiseen menemättä liiksi yksityiskohtiin. Tämä kuvaus on etenkin hanketyön alkuvaiheessa osoittautunut keskeiseksi määrittelyjä ohjaavaksi tekijäksi. Toisaalta aiheesta laaditussa tutkimustyöstä (Karsikas, 2006) poiketen tämän näkymän kuvausta on ollut tarpeellista yleistää.

Maavoimien tiedonsiirtojärjestelmän arkkitehtuurin toiminnallisena perusajatuksena on liittää mahdollisimman moni taistelukentän sensori (taistelija, tekninen sensori) sekä tiedonsiirtojärjestelmän käyttäjä (henkilö, asejärjestelmä) yhteiseen verkostoon, mikä on myös verkostopuolustuksen perusajatus. Toiminnallinen perusajatus voidaan toteuttaa tyhjenevällä taistelukentällä yhdistämällä taistelevien joukkojen hilamaiset tiedonsiirtokokonaisuudet toisiinsa runkoyhteyksillä ja ITVJ:n kautta sekä varmentamalla nämä yhteydet. Hilamaisia ad hoc -verkkoja rakennetaan tavallisesti erityisesti alemmille hierarkiatasoille (pataljoona-komppania sekä osittain prikaati). Näiden hilojen yhdistämisessä hyödynnettävien runkoyhteyksien keskeinen ongelma on hidas liikkuvuus. Tämän vuoksi niitä tulee varmentaa kevyesti liikuteltavilla pitkillä yhteysväleillä tarkoitetuilla järjestelmillä. Nämä toimivat varmentavan roolinsa lisäksi mahdollistajina erityisesti joukkojen operatiivis-taktiselle nopealle liik-



KUVA 4: Maavoimien tiedonsiirtojärjestelmän tekninen rakenne. Lähde: Karsikas, 2007.

keelle, syvälle tiedustelulle sekä syvälle tulenkäytölle. Pitkillä yhteysväleillä voidaan hyödyntää ilmakehää ja avaruutta. Yhteydet toteutetaan silloin käyttämällä satelliittiyhteyksiä, pitkän kantaman HF-radioyhteyksiä sekä lennokkien kautta releoituja yhteyksiä. Verkottumisen kannalta ilmakehän ja avaruuden hyödyntäminen sekä erityyppisten hilamaisten ad hoc -järjestelmien käyttö mahdollistavat korkean yhteydellisyys tason, joka on edelleen keskeinen vaatimus johtamiselle verkostoituneessa ympäristössä.

6.1 Maavoimien tiedonsiirtojärjestelmän rakenne, solmut

Tulevaisuuden maavoimien tiedonsiirtojärjestelmän tulee olla integroitu kokonaisuus, jossa sisäinen yhteensopivuus perustuu yhteisiin tietoliikenteen yhteystapakäytäntöihin. Ulkoinen yhteensopivuuden toteutuksen tulisi noudattaa referenssiarkkitehtuurin ITVJ:n määrittelyiden mukaisia yhteystapakäytäntöjä ja tietoliikenneprotokollia. Koko järjestelmän tiedonsiirron on ajateltu perustuvan IP-tietoliikenteeseen (IPv4 ja IPv6). Järjestelmän ytimenä toimisivat siten IP-liikennettä välittämään kykenevät tiedonsiirron solmut. Solmuja maavoimien järjestelmässä tulee olla suorituskyvyltään

usean tasoisia. Solmujen suorituskykyvaatimukset liittyvät läheisesti niiden rooliin järjestelmässä. Yleisesti ottaen korkeamman tason solmut kykenevät tarjoamaan parhaat yhteyshmahdollisuudet ja täten vaatimukset solmun suorituskyvyille ovat myös suurimmat. Sen sijaan matalammalla tasolla solmun toiminnallisuus voidaan toteuttaa esimerkiksi yksittäisessä taistelijan päätteessä olevalla ohjelmistolla.

Kuvassa 3 esitellään solmujen jakoa eri suorituskyvyn ja yhteyshmahdollisuuksien perusteella eri suorituskykyluokkiin, sekä käyttäjäympäristöjen vastaavaa periaatetta. Kuva on periaatteellinen ja sen tarkoituksena on ohjata laitteistojen ja järjestelmien suunnittelua.

6.2 Maavoimien tiedonsiirtojärjestelmän rakenne, käyttäjäympäristöt

Maavoimien tiedonsiirtojärjestelmän käyttäjät jaetaan kuvauksessa kolmelle tasolle.

1. Tason käyttäjät voivat hyödyntää kaikkia järjestelmässä tarjolla olevia maavoimien palveluita. Sen lisäksi heillä on pääsy yhteisiin ITVJ-palveluihin ja sen erilaisiin sovelluksiin (sähköposti, videoneuvottelut, jne.). Tyypillinen käyttäjän toimintaympäristö on prikaatin tai armeijakunnan esikunta-ajoneuvo, esikunta-kontti, komentopaikka-ajoneuvo tai pataljoonan/aselajin johtamisajoneuvo.
2. Tason käyttäjien yhteystarpeet ovat ensimmäistä tasoa pienempiä. Heidän rooliinsa liittyy pääasiassa maavoimien palveluiden ja sovellusten käyttöä. Tyypillinen toimintaympäristö on yksikön päällikön, joukkueen johtajan tai ryhmän taisteluajoneuvo.
3. Tason muodostavat yksittäiset tilaajat tai käyttäjät, jotka käyttävät maavoimien palveluita rajoitetusti. Heidän yhteystarpeensa liittyy esimerkiksi tilannekuva-palvelun ja sen sovellusten käyttöön. Pääsy palveluihin toteutuu lähinnä alimman tason solmujen välityksellä. Tyypillinen toimintaympäristö on taisteluajoneuvon tai ryhmänjohtajan ympäristö.

6.3 Maavoimien tiedonsiirtojärjestelmän rakenne, yhteydet

Arkkitehtuuri tarjoaa käyttäjille useita yhteyshmahdollisuuksia. Käyttäjän laitteistot sisältävät esimerkiksi useita erilaisia radiolaitteita sekä kaapeliyhteyden. Tiedonsiirtoon käytettävä yhteys voidaan valita edellisistä tilanteen mukaisesti manuaalisesti tai automaattisesti käytettävän palvelun ja sen vaatiman yhteyden laadun sekä kapasiteetin perusteella.

Maavoimien tiedonsiirtoverkon siirtojärjestelmät on nimetty niiden tyypillisen kantaman perusteella. Alimmalla tasolla ovat henkilökohtaiset yhteydet (PAN, per-

sonal area network). Ne liittyvät lähinnä taistelijan tai ajoneuvon omien yhteyksien toteuttamiseen. Langattomilla henkilökohtaisilla yhteyksillä kyetään vähentämään kalliita kaapelointeja sekä helpottamaan laitteiden kytkentöjen toteuttamista. Kuitenkin langalliset yhteydet ovat tietoturvasa johdosta edelleen käyttökelpoisia.

Paikallisverkon (LAN, local area network) mahdollistavat kantamaltaan keskimäärin muutamien satojen metrien yhteydet datan- ja puheensiiirtoon. Paikallisverkkoja käytetään esikunnissa, johtamispaikoilla, yksiköissä sekä asejärjestelmissä. Paikallisverkot kykenevät liittymään tarvittaessa toisiinsa ad hoc -verkonmuodostustekniikalla. Paikallisverkoissa on mahdollista hyödyntää COTS-pohjaisia tekniikoita runsaiden vaihtoehtojen ja edullisen hinnan vuoksi. Samojen syiden vuoksi niitä kannattaa hyödyntää mahdollisimman massamaisesti. Tietoturvan osalta järjestelmien on täytettävä sotilaalliset vaatimukset. Laitteistojen verrattain pienet lähetystehot ja käytetyt korkeat taajuusalueet vaikeuttavat järjestelmien tiedustelua sekä häirintää pitkien etäisyyksien takaa. Tämä takaa järjestelmille kohtuullisen elektronisen suojan.

Näköyhteyden ja radiohorisontin (LOS, line-of-sight) etäisyydelle toimivat siirtojärjestelmät muodostavat kolmannen kokonaisuuden. Nämä radiojärjestelmät kykenevät noin 3–10+ km:n yhteysetäisyyksiin. Järjestelmien yhteydet ovat kuitenkin tyypillisesti maksimissaan radio-horisontin sisällä (noin 10–15 km). Käytetyt radiotaajuudet ovat suhteellisen matalia, ja sijoittuvat tyypillisesti välille 30–900 MHz. Tämä mahdollistaa suhteellisen toimintavarmuuden Suomalaisessa maastossa. Näillä järjestelmillä muodostetaan keskeisimmät taistelujen johtamisen yhteydet. Sotilaallisten tiedonsiirtojärjestelmien käytön painopiste on näissä järjestelmissä. Kenttäradio ja tulevaisuudessa ohjelmistoradio edustavat tyypillisiä tämän alueen järjestelmiä. Tällaiset radiojärjestelmät tulee pyrkiä toteuttamaan ad hoc -verkkorakenteella, joka mahdollistaa joukkojen mahdollisimman vapaan liikkeen sekä korkean yhteydellisyiden taistelukentällä.

Näköyhteyden yli toimivat siirtojärjestelmät (BLOS, beyond line-of-sight) muodostavat järjestelmän neljännen kokonaisuuden. Nimensä mukaisesti nämä järjestelmät kykenevät toimimaan yhteyksillä, joiden pituus ylittää optisen horisontin. Tällaisten yhteyksien toteutuksen vaatavuus pakottaa käytännössä käyttämään useita vaihtoehtoisia järjestelmiä. Mahdollisia toteutusvaihtoehtoja ovat ainakin satelliittiyhteydet, lennokkireleasemien kautta toteutettavat yhteydet sekä HF-radioyhteydet. Näistä suurin tiedonsiirtokapasiteetti saavutetaan satelliittiyhteyksillä, mutta samalla ne ovat alttiita elektroniselle vaikuttamiselle sekä tiedustelulle. Lennokkien avulla toteutettuja laajoja radioverkkoja ei vielä ole laajassa käytössä, mutta niitä kehitetään useissa maissa usein ohjelmistoradiojärjestelmiin liittyen. HF-radioverkot puolestaan

ovat hyvin perinteinen tapa toteuttaa pitkiä yhteyksiä. Niiden rajoituksena on rajallinen tiedonsiirtokapasiteetti. Näitä radioverkkoja voidaan pitää kuitenkin perusjärjestelmänä pitkillä yhteysväleillä.

Maavoimien tiedonsiirtojärjestelmässä on tulevaisuudessakin nähtävissä edelleen tarve runkojärjestelmälle. Runkojärjestelmän yhteyksien toteutustapana on perusteltua käyttää pääasiassa suurikapasiteettisia radiojärjestelmiä sekä valokaapelia. Runkojärjestelmän kautta on edullista toteuttaa liittymät ITVJ-järjestelmään sekä yleisiin tiedonsiirtojärjestelmiin. Tämän vuoksi maavoimien käyttöön ottamien runkojärjestelmät yksi keskeinen vaatimus on yhteensopivuus liityntäverkkojen kanssa. Runkoverkkoa käytetään yleensä myös suurimpien esikuntien ja johtamispaikkojen välisten yhteyksien toteuttamiseen. Runkojärjestelmä on siis ennen kaikkea suurta kapasiteettia tarjoavana järjestelmä, jota käytetään tilanteen sekä tarpeen vaatimusten mukaisesti.

6.4 Maavoimien tiedonsiirtojärjestelmän ohjaus ja valvonta

Maavoimien tiedonsiirtojärjestelmän ohjaus ja valvonta on keskeisessä roolissa monimutkaisten ja monipuolisten verkostojen toteuttamisessa. Taajuushallinta, IP-verkkojen suunnittelu, laitteiden konfigurointi sekä käytettävien verkkojen laitteiden tekninen valvonta luovat pohjan järjestelmien käytön johtamiselle. Johtamisen on puolestaan oltava mahdollisimman suoraviivaista ja yksinkertaista toimivuuden maksimoimiseksi. Peruslähtökohdana pidetään sitä, että laitteet ja järjestelmät ovat mahdollisimman helppoja käyttää, eivätkä vaadi käyttäjältään käytönaikaisia toimenpiteitä. Tämän mahdollistajana monimutkaisessa ympäristössä toimii erityisesti monipuolinen järjestelmän suunnittelu sekä käytönaikainen tekninen valvonta.

7. Maavoimien tiedonsiirtoarkkitehtuurin soveltaminen hankkeiden kautta

Maavoimien tiedonsiirtojärjestelmän arkkitehtuuri toteutuu vain pitkäaikaisen hanketyön kautta. Mikäli hanketyön lähtökohdaksi otetaan kattava ja hyvin laadittu arkkitehtuurikuvaus, toimii se yhteisenä sitovana tekijänä esimerkiksi laaja-alaisia hankintoja toteuttavissa hankintakokonaisuuksissa. Hankkeiden keskeisenä taustana on suorituskyvyn kehittäminen. Suorituskyvyn kehittäminen puolestaan luo kehitystarpeita. Maavoimien operatiivisten, alueellisten sekä kansainvälisen toiminnan joukkojen tiedonsiirtojärjestelmien keskeiset kehittämistarpeet ovat lähtökohtaisesti varsin yhteneviä. Ne liittyvät yleensä seuraaviin teemoihin:

- vanhenevien järjestelmien modernisointi
- järjestelmien operatiivisen ja taktisen liikkuvuuden lisääminen
- tiedonsiirtokapasiteettien kasvattaminen nykyvaatimuksia vastaaviksi
- järjestelmien peittoalueiden ja kattavuuden kehittäminen (solmumäärien pienentäminen)
- yhteensopivuuden kehittäminen sisäisesti ja ulkoisesti
- tiedonsiirron toteuttaminen täysin uudentyypisille järjestelmille (sensorit, kaukovaikutteiset aseet, jne.)

Nämä kehitysalueet ovat siis keskeisiä puolustusvoimissa lähtökohdaksi otetun verkostoavusteisen puolustuksen kehittämiseksi. Haasteen muodostaa kehitystyön tapahtuminen erittäin laajalla rintamalla kaikissa puolustushaaroissa. Se ei ole haaste pelkästään resurssien kannalta, vaan erityisesti yhteensopivuuden säilyttämisen kannalta. Erityyppisille joukoille kehitettävät järjestelmät voidaan kuitenkin toteuttaa hyvinkin erilaisilla osajärjestelmillä riippuen suorituskykyvaatimuksista, käytössä olevista resursseista sekä toteutukseen liittyvistä muista järjestelmistä. Toisen haasteen arkkitehtuurien kannalta muodostavat useissa puolustushaaroissa vaikuttavat joukkokokonaisuudet. Tällainen on esimerkiksi ilmatorjunta, joka on tällä hetkellä osa ilmavoimia mutta jonka joukoista merkittävä osa toimii maavoimakehyksessä. Tällaisten joukkojen operatiivisten järjestelmien arkkitehtuurien laatiminen on erittäin haasteellista, sillä puolustushaaroilla on varsin itsenäiset kokonaisarkkitehtuurit. Käytännössä hankaluudet heijastuvat erityisesti hanketyössä, jossa tulee laitehankintojen yhteydessä päättää, hankitaanko maavoima- vai ilmavoimayhteensopivaa kalustoa sekä kumman tietoturvakäytäntöjä noudatetaan.

Seuraavassa taulukossa on esitettyä esimerkkitarkaisuja maavoimien arkkitehtuurin kehityksessä tiedonsiirtojärjestelmän eri osille. Taulukko muodostaa eräänlaisen keräilykorin, josta ratkaisuja poimitaan tarpeen mukaan. Tämän tyyppinen lähestyminen on osoittautunut myös käytännön hanketyössä erittäin hedelmälliseksi, sillä se mahdollistaa erityyppisten ratkaisujen ominaisuuksien ja kustannusten tehokkaan vertailun. On kuitenkin huomioitava, että taulukko on melkoinen yksinkertaistus todellisuudesta. Todellisuudessaan toteutusvaihtoehtoja on teoreettisesti kymmeniä.

Tiedonsiirtojärjestelmän osa	Kohde	Toteutustekniikka
PAN (Henkilökohtaiset verkot)	Taistelija 2020	PAN laajakaistatekniikka, COTS-pohjainen, useita vaihtoehtoja
LAN (Lähiverkot)	Johtamisaikkojen lähiverkko Taistelujoneuvojen datalinkki Taistelijan lyhyen kantaman (100 – 500m) data- ja puheyhteydet	Langaton lähiverkko, esim. IEEE 802.11g/n/s Ad hoc -reititys em. verkoissa, vaatii kehitystyötä Ryhmä/joukkueradiojärjestelmän hankkiminen (500–700 m kantama)
LOS (Näköyhteyden verkot)	Viranomaisyhteistyön kehittäminen Taktinen Liikkuvuus ja tiedonsiirto Kansainvälinen. toiminta ja alueelliset joukot	VIRVE (TETRA (datapalvelut käyttöön laajasti) FlashOFDM (@450) käyttöönotto viranomaisille Ohjelmistoradio, ad hoc -reititys Kenttäradiojärjestelmän kehittäminen 3G+ matkapuhelinteknologioiden hyödyntäminen
BLOS (Pitkän kantaman verkot)	Tiedustelu ja tulenkäyttö Operatiivisten joukkojen taktisen liikkuvuuden kasvattaminen Johtamisaikat sekä kansainvälinen toiminta	HF radiojärjestelmän kehitystyö Lennokkitiedonsiirron kehitystyö Satelliittipalveluiden hankkiminen RBGAN, VSAT (tai vastaavat) ..
Runkojärjestelmä	YVI siirtoverkko Kuitujärjestelmät Laajan alueen siirtoverkko	Siirtojärjestelmän uusiminen (10–20 kertainen kapasiteetti) Uusi kaapelijärjestelmä (kupari/optinen) tarpeen mukaan Mastojärjestelmien päivitys järeämpään (24 metristä 34 metriin) Yhteensopivuuden lisääminen ALVI:n kanssa
Liikkuvan tilaajan solmu	Taistelijan järjestelmät Taistelujoneuvon järjestelmät Reititys taktisissa verkoissa	Taistelijan päätteen kehitystyö Taistelujoneuvojen päätelaitteintegraatio Arkkitehtuurin mukaisen solmuohjelmistojen kehitystyö
Komentopaikkasolmu	Taistelujoneuvo ja johtamisaikkaajoneuvo	Solmun kehitystyö Arkkitehtuurin mukaisen solmuohjelmiston kehitystyö
Esikunta/runkosolmu	Taktinen välitysjärjestelmä (puhe, data ja sanomavälitys)	Esikuntasolmun kehittäminen, COTS solmun hankinta tai MIL solmun hankinta
Solmu / keskusteknologia	Siirtyminen iTVJ:n määrittämään solmuteknologiaan (IP-pohjainen tiedonsiirto).	IP-pohjainen moniprotokollareititin, johon voidaan liittää, tai sisäisesti integroida eri tiedonsiirtoyhteyksien laitteita. Toimii reitittimenä, IP-keskuksena sekä sisältää edistyneet tietoturvaominaisuudet.
Ohjaus- ja valvontajärjestelmä	Maavoimien järjestelmäsuunnittelu Koko järjestelmän ohjaus- ja valvontakyky	Taajuushallinta, ohjelmisto Muiden teknisten perusteiden hallinta, ohjelmisto NMS järjestelmä, johon integroidaan kaikki maavoimien järjestelmät

TAULUKKO 3: Esimerkki maavoimien arkkitehtuurin toteuttamisen vaatimasta tekniikasta.

Kuten taulukosta 3 voidaan havaita, muodostaa toteutustekniikkasarake perusteet hankkeissa toteutettavista hankinnoista. Käytännössä arkkitehtuurin ei tulisi ylemmän tason kuvauksissa kuvata ratkaisuja, vaan toivottua lopputulosta. Tekniikan valintaan otetaan arkkitehtuurin osalta kantaa sen teknisissä osissa. Tekniikka ja teknologiavalinnat vaikuttavat usein hyvin pitkäaikaisesti ja perinpohjaisesti, joten niiden määrittelyssä on syytä olla erityisen tarkkana. Yllä oleva taulukko ei ole kaiken kattava, mutta se pyrkii avartamaan lukijalle polkua konseptikuvasta teknisen ratkaisun periaatteisiin. Tämän jälkeen on siis hankkeen tehtävä hankkia ratkaisun täyttävä laite. Todennäköisesti sellaista laitetta ei kuitenkaan löydy, vaan tässäkin asiassa lopputuloksena on kompromissi, jonka seurannaisvaikutukset tulee heijastaa takaisin arkkitehtuuriin. Näin arkkitehtuurin ja todellisuuden tulisi vaikuttaa jatkuvasti toisiinsa. Arkkitehtuurin tulisikin olla elävä kokonaisuus joka ei ole vain visio, eli harhakuva, suunnittelijansa tietokoneen PowerPoint-varastossa.

8. Lopuksi

Loppuun olen koonnut keskeisimpiä ajatuksiani arkkitehtuurityön ja hanketyön haasteista sekä niiden mahdollisista ratkaisuista. Arkkitehtuurityö puolustusvoimissa on vasta alussa, enkä tässä artikkelissa käsitellyt sen perusteita. Vain pitkäjänteinen vuosien työ tässäkin aiheessa tuo tuloksia. Sama koskee hanketyötä. Itsenäisten johtamisjärjestelmäkeskuksen muodostaminen (JJK), maavoimien muodostaminen, materiaalilaitoksen sijoittaminen maavoimien alaisuuteen sekä kunnossapidon ulkoistaminen vaikuttavat keskeisesti maavoimien hanketyöhön johtamisjärjestelmäalalla muuttaen kaikki totut käytännöt aiheen ympärillä. Samalla hanketyön ohjeistusta on uusittu merkittävästi. Uusittu ohjeistus parantaa varmasti hankkeiden dokumentointia ja valvontamahdollisuuksia. Toivottavasti myös hankkeiden laatu paranee. Näiden kaikkien muutosten keskellä ei ole suuri ihme jos arkkitehtuurityössä on vielä suuria aukkoja, eivätkä hankkeet ole täysin koordinoituja. Tavoite on kuitenkin oltava korkealla, jotta tulevaisuudessa asiat ovat paremmin. Tilanteen täydellinen vakautuminen ei kuitenkaan ole todennäköistä, sillä kaikkihan me tiedämme että vain muutos on varmaa.

Arkkitehtuurityö on myös maavoimissa alkutekijöissään. Tiedonsiirto on yksi ensimmäisistä kokonaisuuksista tietojärjestelmien ulkopuolella, josta ollaan laatimassa virallinen arkkitehtuurikuvaus. Tässä artikkelissahan esiteltiin vain eräs opinnäytetyössä kehitelty mahdollinen arkkitehtuuri. Pelkkä arkkitehtuurien laatiminen ei ole kuitenkaan mikään itseisarvo, vaan ne on kyettävä myös käytännössä toteuttamaan.

Keskeisimmäksi haasteeksi arkkitehtuurien toteuttamiselle näyttää omien kokemusteni perusteella muodostuvan henkilöstöresurssi. Johtamisjärjestelmälän teknisen henkilöstön riittävyys sekä hankintoja toteuttavassa maavoimien materiaalilaitoksessa että aselajeissa on täysin riittämätön. Sama koskee alalla työskenteleviä sotilashenkilöitä. Tiedonsiirtoon ja johtamiseen lähivuosina tehtävät merkittävät taloudelliset panostukset ovat henkilöstöresurssin riittämättömyyden vuoksi usein erittäin kriittisellä polulla. Yhdistäessä erittäin kiireiset aikataulut ja riittämätön henkilöstömäärä saadaan tulokseksi hankkeita, joiden perusteet eivät kestä ja aikataulut venyvät. Kuu-
lostaako tutulta, sillä tähän on juuri puolustusvoimien viime vuosien keskeisin ongelma. Ratkaisuja ongelmaan ei vain lyhyellä tähtämellä tunnu löytyvän. Toivottavaa on, että panostukset hankkeiden parissa toimivan henkilöstön määrään kuitenkin helpottaisivat tilannetta muutamien seuraavien vuosien kuluessa.

Toinen arkkitehtuurien toteuttamiseen liittyvä haaste on arkkitehtuurikentässä olevat suuret mustat aukot. Arkkitehtuurit riippuvat hyvin voimakkaasti ylemmän tason arkkitehtuureista. Näin esimerkiksi maavoimien tietoturva-arkkitehtuurin laatiminen on keskeisesti sidoksissa koko puolustusvoimien tietoturva-arkkitehtuuriin. Jos toista ei ole vielä laadittu, on toisenkin laatiminen kovin haasteellista. Syiden hakeminen tilanteeseen on tarpeetonta. Sen sijaan voidaan vain todeta, että usean tason yhteistoiminnan tarve puolustushaarojen, pääesikunnan, JJK:n sekä muiden toimijoiden kesken on ainakin johtamisjärjestelmälällä aivan keskeistä.

Arkkitehtuurin toteuttaminen hanketyön kautta ei sen sijaan ole niin hankalaa kuin helposti ajatellaan. Systemaattinen lähestymistapa, joka ottaa lähtökohdakseen operatiiviset suorituskykyvaatimukset, huomioi reunaehdot ja toteuttaa suorituskyvyn arkkitehtuurin kehityksessä on varsin looginen. Toki käytännössä tällaisen loogisen ketjun noudattaminen ei ole kaikkiin hanketyöhön osallistujille selkeää. Tämän vuoksi sen korostaminen työn kaikissa vaiheissa on hankkeen keskeisten suunnittelijoiden tärkeä tehtävä. Selkeä arkkitehtuuri toimii vision tavoin ohjenuorana suunnittelijoille taaten täten kaikkien työpanoksen suuntaamisen oikeaan maaliin. Kyse ei ole siismistä uudesta ja mullistavasta. On vain luotu järjestelmä, jossa dokumentoinnilla, kuvauksilla ja määrittelyillä pyritään takaamaan monimutkaisten asioiden toteuttaminen, vaikka henkilöstön vaihtuvuus olisi hankkeen kaikissa vaiheissa suuri.

Kirjoitus perustuu pääosin vuonna 2007 julkaistuun diplomityöhön ja sen lähdeaineistoon (Karsikas 2007).