

MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

LINK-16 -JÄRJESTELMÄN KÄYTTÖ PUOLUSTUSVOIMISSA

Pro gradu -tutkielma

Kadettialikersantti
Staffan Kullström

Kadettikurssi 89
Ilmavoimien ohjaajalinja

Helmikuu 2006

MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

Kurssi	Linja
Kadettikurssi 89	Ilmavoimalinja
Tekijä	
Kadettialikersantti Staffan Kullström	
Tutkielman nimi	
LINK-16 -JÄRJESTELMÄN KÄYTTÖ PUOLUSTUSVOIMISSA	
Oppiaine, johon työ liittyy	Säilytyspaikka
Tekniikka	Maanpuolustuskorkeakoulun kirjasto
Aika: Helmikuu 2006	Tekstisivuja: 81 Liitesivuja: 3
TIIVISTELMÄ	
<p>Kehitys tietotekniikan puolella on viime vuosina ollut huimaa. Tämä on näkynyt kaikkialla yhteiskunnassa, muun muassa digitelevisiion esiinmarssina. Myös ilmailussa, sekä siviili- että sotilasilmailussa, on ryhdytty kartoittamaan uuden tekniikan hyväksikäyttömahdollisuuksia. Tämän työn tarkoituksena on tarkastella, miten NATO:n käyttämää datalinkkijärjestelmää, Link-16 -järjestelmää, voitaisiin käyttää Suomen Puolustusvoimien yhteisoperaatioissa sekä ilmavoimien omissa operaatioissa. Yhteisoperaation datalinkkijärjestelmälle asettamia vaatimuksia on pyritty kartoittamaan sovelletun vaatimusmäärittelyn menetelmin. Näin ollen työssä on pureuduttu vähän myös yhteisoperaatioihin ja niiden perusteisiin. Link-16 -järjestelmän ominaisuuksia on verrattu vaatimusmäärittelyn tuottamiin vaatimuksiin, minkä kautta on saatu kuva järjestelmän käyttökelpoisuudesta. Työssä on pohdittu myös, millaisia ongelmia Link-16 -järjestelmän käyttöönotto Suomessa saattaisi aiheuttaa.</p> <p>Tuloksia tarkasteltaessa korostuu Link-16 -järjestelmän vaatima suunnittelu- ja hallinnointityö. Järjestelmän tarjoaman joustavan verkkosuunnittelun avulla voidaan luoda haluttuja verkkoja, mutta suunnittelussa pitää pyrkiä ottamaan huomioon kaikki mahdollisesti eteen tulevat tilanteet. Eri operaatioille pitää myös suunnitella eri viestiverkot. Ilmavoimien omille operaatioille saattaa muodostua ongelmaksi järjestelmän käyttömahdollisuusmoodeista johtuva varakoneen hankala käyttöönotto.</p> <p>Link-16 -järjestelmä käyttää samaa taajuuskaistaa kuin ilmailussa käytettävä <i>Distance Measurement Equipment (DME)</i> -järjestelmä. Tästä johtuen maailmalla on luotu tiettyjä sääntöjä, joiden puitteissa Link-16 -järjestelmien päätelaitteiden on toimittava, jotta ne eivät häiritsisi DME-laitteiden toimintaa. Kyseiset säännöt lisäävät entisestään Link-16 -käyttäjien hallinnollista työmäärää. Rajoituksista johtuen kaikkia operaatioita on suunniteltava ja johdettava tarkasti, jotta Link-16 -järjestelmälle asetetut EMC-rajoitukset eivät ylittyisi. Link-16 -järjestelmän käyttö vaatii siis huomattavasti hallinnollista työtä. Suomen Ilmavoimat tutkii tällä hetkellä, minkälaisia organisatorisia muutoksia Link-16 -järjestelmän käyttöönotto ilmavoimille merkitsisi. Mikäli halutaan osallistua kansainvälisiin kriisinhallintaoperaatioihin yhdessä muiden NATO -maiden kanssa, Link-16 -järjestelmä on käytännössä pakollinen.</p>	
AVAINSANAT:	
Datalinkki, Link-16, Yhteisoperaatio	

LINK-16 -JÄRJESTELMÄN KÄYTTÖ PUOLUSTUSVOIMISSA

1 JOHDANTO	5
2 LINK-16 -TUTKIMUKSEN RAJOITTEET	7
3 YHTEISOPERAATIO	13
3.1 OPERAATIO IRAQI FREEDOM	13
3.2 YHTEISOPERAATIO SUOMEN OLOSUHTEISSA	21
4 DATALINKKIJÄRJESTELMÄN KÄYTTÖTARKOITUKSET	26
4.1 YHTEISOPERAATIO, JOSSA OSALLISTUJILLA ON YHTEINEN DATALINKKIJÄRJESTELMÄ	28
4.2 YHTEISOPERAATIO, JOSSA OSALLISTUJILLA EI OLE YHTEISTÄ DATALINKKIJÄRJESTELMÄÄ	30
4.3 ILMAVOIMIEN OMAT OPERAATIOT	31
5 LINK-16 -JÄRJESTELMÄN ESITTELY	33
5.1 LINK-16:N HISTORIA	34
5.2 LINK-16 -JÄRJESTELMÄN TOIMINTAPERIAATE	39
5.3 LINK-16 VERKONHALLINTA	42
5.4 LINK-16 -PÄÄTELAITTEET	47
6 LINK-16 -JÄRJESTELMÄN KÄYTTÖMAHDOLLISUUDET	60
6.1 OPERAATIOIDEN ASETTAMIEN VAATIMUSTEN TÄYTTYMINEN LINK-16 - JÄRJESTELMÄLLÄ	60
6.2 LINK-16 -JÄRJESTELMÄN TEKNILLISET RAJOITUKSET	71
7 JOHTOPÄÄTÖKSET	81

KUVIOT JA TAULUKOT	86
LÄHTEET	88
LIIITTEET	90

LINK-16 -JÄRJESTELMÄN KÄYTTÖ PUOLUSTUSVOIMISSA

1 JOHDANTO

Sodan kuva on lähihistorian aikana muuttunut entistä reaaliaikaisemmaksi. Taistelukentän tilannetta ja tapahtumia pidetään päätöksenteon pohjana, ja muutoksiin pyritään reagoimaan entistä nopeammin ja tarkemmin. Tällaisen toimintatavan on mahdollistanut viime aikojen huima kehitys tietoliikenteen ja tietotekniikan puolella. Samalla kun tämä kehitys on näkynyt ihmisten silmissä muun muassa kännyköiden kehityksenä kohti multimedialaitteita tai digi-television esiinmarssina, se on synnyttänyt myös erilaisia muita, ei niin näkyviä, sovelluksia. Esimerkiksi ilmailussa on mietitty, kuinka uusia viestintälaitteita voitaisiin käyttää turvallisuuden parantamiseen.

Teknisten laitteiden kehitys on jo tuonut käyttöön RVSM-ilmatilat, mikä on helpottanut liikennöintiä yhä enemmän ruuhkautuvassa ilmatilassa. Viestitekniikan avulla toivotaan vielä saatavan aikaan järjestelmä, jonka myötä koneiden avulla saataisiin automaattisesti esimerkiksi säätietoja ja tulevaisuudessa jopa lennonjohtoselvityksiä. Tällöin saataisiin helpotettua ruuhkautuvien lentokenttien lennonjohtajien työkuormaa.

Nykyisin kaikki yhteistoiminta lentäjien ja lennonjohtajien välillä hoidetaan perinteisten radioiden tarjoamalla puheyttyydellä. Viime aikoina digitaalinen tietoliikenneyhteys lentokoneen ja maa-aseman välillä on herättänyt kiinnostusta kuitenkin myös sotilasilmailussa: ajatuksena on,

että linkillä pystyttäisiin ylläpitämään yhteyttä esimerkiksi vihollisen radiohäirinnässä toimivaan lentokoneeseen.

Sotilaskäyttöön tarkoitettuja datalinkkejä on kehitetty eri puolilla maailmaa. Tunnetuin näistä järjestelmistä on Link-16 -järjestelmä. Link-16 -järjestelmä on käytössä esimerkiksi Natossa, ja sitä käyttävät muun muassa Yhdysvallat, Hollanti, Ranska ja Saksa. Maailmalla on käytössä myös muita järjestelmiä, ja esimerkiksi Ruotsi ja Suomi ovat molemmat kehittäneet oman kansallisen datalinkkijärjestelmänsä.

Valtioneuvoston turvallisuus- ja puolustuspoliittisessa selonteossa todetaan, että Suomen Puolustusvoimien kehittämisen yhtenä perusteena on luoda puolustusvoimille verkostokeskeisen sodankäynnin asettamat vaatimukset täyttävä, kaikki puolustushaarat kattava yhteinen tiedustelu-, valvonta- ja johtamisjärjestelmä. Vaikka Suomen Puolustusvoimien tärkeimpänä tehtävänä säilyy oman maan puolustaminen, myös osallistumista kansainvälisiin kriisinhallintatehtäviin pidetään tärkeänä. Suomen Puolustusvoimien on panostettava nykyisen toimintakyvyn ylläpitämisen lisäksi erikoistumista vaativien kykyjen ja yksiköiden kehittämiseen. Tämän takia yksiköitä kehittäessä otetaan huomioon kansainvälisten kriisinhallintatehtävien asettamat vaatimukset sekä suomalainen ammattitaito ja osaaminen korkean teknologian ja laadun hallinnassa. Valtioneuvoston turvallisuus- ja puolustuspoliittisessa selonteossa määrätäänkin, että kansainvälisen sotilaallisen yhteistoiminnan mahdollistamiseksi puolustusvoimien toiminnallista ja materiaalista yhteensopivuutta kehitetään Nato-standardien ja -normien mukaisesti. [27]

2 LINK-16 -TUTKIMUKSEN RAJOITTEET

Voidaan todeta, että Link-16 -järjestelmän käyttöönotto Suomen Puolustusvoimissa parantaisi puolustusvoimien kykyä osallistua kansainvälisiin kriisinhallintatehtäviin, sillä kyseinen järjestelmä on käytössä myös Natossa. Näin ollen varsinkin Suomen Ilmavoimissa on keskusteltu Link-16 -järjestelmän mahdollisesta käyttöönotosta. Suomen Puolustusvoimat on perustanut selvitystyöryhmän, jossa ovat edustettuina Yhdysvallat, Suomen Puolustusvoimat sekä teollisuus. Työryhmän tehtävänä on kehitellä Suomelle toteuttamiskelpoinen ratkaisumalli Link-16 -järjestelmän käyttöönottamiseksi. Suomen kansallisen datalinkkijärjestelmän kehittelyä on jäädytetty, mutta järjestelmä on käytössä, kunnes työryhmän työ on valmis ja uusi järjestelmä voidaan ottaa operatiiviseen käyttöön. [24]

Link-16 -järjestelmä käyttää TADIL J -viestiprotokollaa. Kyseessä on salattu viestijärjestelmä, joka välittää dataa eri asemien välillä. Asemat voivat sijaita joko maalla, merellä tai ilmassa. Tämän tutkimuksen tarkoituksena on pohtia, miten Link-16 -järjestelmää voitaisiin käyttää Suomen Puolustusvoimissa yli puolustushaararajojen, niin sanotuissa puolustusvoimien yhteisoperaatioissa. Yhteisoperaatioissa eri puolustushaarat eli maa-, meri- ja ilmavoimat toimivat koordinoitusti yhteisen tavoitteen saavuttamiseksi. Tässä tutkimuksessa pyritään antamaan kuva siitä, miten datalinkkijärjestelmää voitaisiin käyttää yhteisoperaatioissa sekä miten Link-16 sopisi Suomen Puolustusvoimien järjestelmäksi. Tutkimuksessa pureudutaan järjestelmän tarjoamiin palveluihin ja niiden hyödyntämismahdollisuuksiin. Aihe on rajattu yhteisoperaation ja ilmavoimien omien operaatioiden asettamiin vaatimuksiin, sillä maa- ja merivoimien asettamien vaatimusten huomioonottaminen olisi laajentanut työtä liikaa. Tutkijan ammattitaito ei olisi myöskään riittänyt maa- ja merivoimien operaatioiden asettamien vaatimusten arviointiin.

Tutkimuksen pääongelma voidaan esittää seuraavasti:

Millaisia ovat Link-16 -järjestelmän käyttömahdollisuudet puolustusvoimien yhteisoperaatioissa?

Pääongelmalle alisteisia, niin sanottuja alaongelmia ovat seuraavat:

- 1. Millaisia ovat järjestelmän tuomat hyödyt ja haitat eri tilanteissa?**
- 2. Toisiko Link-16 -järjestelmän käyttöönotto Suomen Puolustusvoimissa mukanaan muita kuin suoranaiseen käyttöön liittyviä ongelmia/haasteita?**

Tutkimuksen pääongelmaa lähestytään alaongelmien kautta: alaongelmia tarkastelemalla pyritään saamaan vastausta pääongelmaan.

Tärkeänä rajauksena tutkimukselle on toiminut Maanpuolustuskorkeakoulun Tekniikan laitoksen pro gradu -töille asetettu julkisuusvaatimus. Tämä on rajannut pois muun muassa tarkan teknillisen tarkastelun sekä Suomen Puolustusvoimien tarkkojen toimintaperiaatteiden käyttämisen tutkimuksen lähtökohtana.

Tutkimusmenetelminä käytetään kirjallisuustutkimusta ja sovellettua vaatimusmäärittelyä. Tutkimuksen tuloksia on myös varmennettu ja tarkennettu asiantuntijahaastattelulla. Vaatimusmäärittelyä ei aina ole pidetty varsinaisena tutkimusmenetelmänä. Voidaan kuitenkin huomata, että vaatimuksia määrittäessä joudutaan käyttämään monia erilaisia keinoja ja menetelmiä, jotta päästäisiin haluttuun lopputulokseen. Metodix-verkkoympäristössä julkaistun Marja-Liisa Kakkuri-Knuutilan artikkelin mukaan tieteellisellä menetelmällä tarkoitetaan suppean menetelmäkäsityksen mukaan ohjetta siitä, kuinka kerätä empiirinen aineisto, analysoida aineisto sekä muodostaa ja testata tutkimustuloksia aineiston analyysin nojalla [19]. Myös vaatimusmäärittelyn prosessi sisältää selkeitä toisistaan erotettavissa olevia osia, kuten keräämisen, jalostamisen, hyväksymisen ja hallinnan [28], ja verrattaessa näitä työvaiheita tutkimusmenetelmäksi luettaville prosesseille annettuihin vaatimuksiin voidaan prosessien välillä nähdä yhtäläisyyksiä.

Vaatimuksia määriteltäessä joudutaan ensin keräämään tietoa vaatimuksista, mitä voidaan verrata tieteellisessä tutkimuksessa tehtävään aineiston keruuseen. Vaatimuksia voidaan kerätä monella eri menetelmällä, kuten haastatteluin, kirjallisuuselvityksin, kyselylomakkein, seminaarein ja aivoriihen avulla. Vaatimusten keräämiseen on myös olemassa erityisiä menetelmiä, kuten Delfoi-menetelmä ja Skenaariotekniikka. Vaatimuksia voidaan kerätä myös havainnoimalla tai tiladiagrammien avulla. [21]

Vaatimuksia joudutaan tämän jälkeen systemaattisesti analysoimaan ja kategorisoimaan. Analysoinnissa on otettava kantaa vaatimusten tarkoituksiin, ominaisuuksiin ja laatuun. Tärkeä osa prosessia on myös vaatimusten dokumentointi. Dokumentoinnissa luodaan vaatimusryhmittely ja vaatimushierarkia. Vaatimuksia myös yksilöidään ja priorisoidaan. Vaatimusdokumentaatioon kuuluvat myös dokumentaation tarkastus, laadun arviointi, katselmointi, hyväksyntä ja jakelu sekä päivittäminen ja muutoshallinta. [21]

Vaatimusmäärittely on prosessina tarkasti ohjeistettu, ja sille on näin ollen asetettu tietyt standardit. Vertaamalla vaatimusmäärittelyä prosessina tieteellisen tutkimuksen prosessiin voidaan prosessien yhtäläisyyksien vuoksi nähdä vaatimusmäärittelyn täyttävän tutkimusmenetelmälle asetetut vaatimukset. [28]

Yleensä vaatimusmäärittelyä käytetään jonkin uuden teknisen järjestelmän hankinnan tukemiseksi tai helpottamiseksi. Vaatimusmäärittelyllä luodaan kriteerit eri valmistajien tarjoamien järjestelmien sopivuuden mittaamiselle. Kriteerejä luomalla varmistetaan myös, että lopulta valittu järjestelmä vastaa mahdollisimman hyvin tilaajan tarpeita. Vaatimusmäärittely tehdään myös laitetta toimittavia yrityksiä varten, jotta ne pystyisivät tekemään tarjouksen tilaajan vaatimusten mukaisesta laitteesta tai järjestelmästä. Lähettämällä vaatimusmäärittely tai sen osia tarjouspyynnön liitteenä voidaan siis ikään kuin taata oikeudenmukaiset puitteet hankintaprosessille.

Vaatimusmäärittely liittyy siis useimmiten johonkin hankkeeseen. Koko hankintaprosessin vaatimaa vaatimusten määrittämis- ja hallintaprosessia ei ole mahdollista kattaa yhdellä tutkimustyöllä, mutta varsinaisten järjestelmävaatimusten määrittäminen on yleensä sopiva

kokonaisuus tutkimustyöksi. Laajoissa hankkeissa on myös yleensä tapana rajoittaa tutkimustyö vain jonkin tietyn osajärjestelmän vaatimusmäärittelyyn, jolloin tutkimuksen lopputuloksena syntyy luonnos vaatimusmäärittelystä. Luonnoksen tai tutkimuksen tekoprosessi sisältää siis yleensä yleiskuvauksen tekemisen sekä vaatimusten keräämisen, jäsentelyn ja muokkaamisen. Tämän jälkeen tutkimuksen tulos annetaan hyväksyttäväksi niille tahoille, jotka tulevat käyttämään hankintaprosessin kohteena olevaa laitetta tai järjestelmää. Tämä tapahtuu ennen tarjouspyyntöjen tekemistä.[28]

Tässä työssä vaatimusmäärittely ei liity mihinkään laitehankkeeseen, joten sen periaatteita on hieman sovellettu. Tämän tutkimuksen julkisuusperiaatteen takia vaatimusmäärittelyssä ei ole myöskään pystytty laatimaan tarkkoja teknillisiä tai toiminnallisia vaatimuksia, vaan tarkastelussa pysytään yleisemmällä tasolla. Koska tutkimuksen tavoite ei liity mihinkään hankintaprosessiin, vaatimusmäärittelyn pitäminen suhteellisen suppeana kokonaisuutena on perusteltua. Laadittuja vaatimuksia on käytetty hyväksi Link-16 -järjestelmän käyttömahdollisuuksien arvioinnissa, mikä on tutkimuksen varsinainen tavoite.

Tässä tutkimuksessa vaatimusmäärittely on toteutettu luomalla kirjallisuustutkimuksen menetelmin kuvaa siitä, millainen Suomen olosuhteissa toteutettu yhteisoperaatio voisi olla ja mitä tällainen operaatio datalinkiltä vaatisi. Yleiskuvan luomiseksi tutkimuksessa tarkastellaan ensin sitä, miten yhteisoperaatioita kansainvälisissä konflikteissa on toteutettu. Varsinaiseksi esimerkiksi tarkasteluun valittiin Yhdysvaltojen johtaman koalition toiminta toisessa Persianlahden sodassa, eli operaatio Iraqi Freedom. Tarkastelussa on painotettu tapahtumia, joissa eri puolustushaarojen joukot ovat toimineet samaan aikaan ja samassa paikassa, yhteisen tavoitteen saavuttamiseksi. Myös sellaiset tilanteet, joissa jokin puolustushaara selkeästi on tukenut toista, on nostettu esille. Tämän jälkeen kuvaa on pyritty siirtämään Suomen olosuhteisiin, missä toimintakenttä ja toimintaresurssit ovat tyystin toisenlaiset. Lopulta olosuhteiden ja operaatioiden asettamia vaatimuksia on havainnoinnin avulla koottu ja lajiteltu yhteisten nimittäjien alle.

Link-16 -järjestelmästä esitellään tutkimuksessa sen syntyhistoriaa sekä pääasiallista toimintaperiaatetta. Tutkijan rajallisen teknisen koulutuksen ja ymmärryksen takia toimintaperiaatteen esittely on jätetty pintapuoliseksi. Toimintaperiaatteen esittelyssä on pyritty

pysymään olennaisimmissa asioissa ja selittämään periaatteet maallikollekin ymmärrettävällä tavalla.

Varsinaisessa vaatimusmäärittelyssä pohditaan, miten datalinkkijärjestelmää voidaan käyttää erilaisissa operaatioissa ja millaisia vaatimuksia nämä operaatiot asettavat datalinkkijärjestelmälle. Operaatioiden asettamia vaatimuksia tarkastellaan kahdesta eri näkökulmasta. Toisessa oletetaan, että kaikilla toimijoilla olisi yhteinen datalinkkijärjestelmä; toisessa tarkastellaan taas tilannetta, jossa kaikilla toimijoilla ei olisi datalinkkijärjestelmää käytössään. Koska Suomen Ilmavoimilla on nykyisin käytössä yhteistyössä suomalaisen yritysmaailman ja Oulun yliopiston kanssa itse kehitetty datalinkkijärjestelmä, tutkimuksessa pohditaan myös, millaisia vaatimuksia ilmavoimien omat operaatiot asettavat datalinkkijärjestelmälle. Vertaamalla Link-16 -järjestelmän ominaisuuksia asetettuihin vaatimuksiin saadaan hahmotettua kuvaa siitä, kuinka hyvin kyseinen järjestelmä suoriutuisi operaatioiden asettamista tehtävistä. Tutkimuksessa pohditaan myös niitä ongelmia, joita Link-16 -järjestelmän käyttöönotto Suomessa mahdollisesti toisi mukanaan.

Kaikki tutkimuksessa käytetty materiaali on peräisin julkisista lähteistä, kuten kirjoista, tutkimustöistä ja internetistä. Työn julkisuusvaatimuksen takia materiaalin hankinta on ollut etenkin yhteisoperaatioiden osalta haastavaa. Kansainvälisiä yhteisoperaatioita käsittelevä materiaali on pääasiassa peräisin internetistä, josta löytyy lukuisia aihetta käsitteleviä sivustoja, joista tutkija on yrittänyt valikoida käyttöönsä luotettavimmat. Päälähteenä on käytetty internetissä toimivan Globalsecurityn eli turvallisuus- ja sotilasasioihin panostavan aikakauslehden kotisivuja. Kotimaisten olosuhteiden määrittämisessä on käytetty hyväksi Valtioneuvoston turvallisuus- ja puolustuspoliittista selontekoa sekä Suomen Puolustusvoimien www-sivuilla käytössä olevaa materiaalia. Varsinaista taktisen tason julkista tietoa kansainvälisistä yhteisoperaatioista ei tämän tutkimuksen puitteissa ole onnistuttu hankkimaan, vaan datalinkille asetettuja vaatimuksia pyritään analysoimaan julkisen tiedon pohjalta. Tiedon luotettavuuteen tulee kuitenkin suhtautua kriittisesti, sillä esimerkiksi Irakin sodan tapahtumista kertovat raportit ovat pääasiassa koalition sotajoukkojen itse julkisuuteen antamia tietoja. Tällainen sotaa käyvä koalitio harkitsee tarkkaan, millaista tietoa julkisuuteen annetaan. Näin ollen tämän tutkimuksen pohjalla oleva informaatio on ollut jonkin toisen tahon valikoimaa tietoa. Myös Suomen Puolustusvoimien tarkkojen toimintamallien kuvaaminen on tutkimuksen

julkisuusvaatimuksen takia ollut vaatimusmäärittelyä tehtäessä mahdotonta. Tästä syystä Suomessa tapahtuvan yhteisoperaation kuvailu ei koostu varsinaisesta taktisen tason tarkasti kuvatusta skenaariosta vaan lähinnä Suomen olosuhteiden aiheuttamien erikoisvaatimusten pohtimisesta.

Link-16 -järjestelmän esittely perustuu pääasiassa ruotsalaisen Majuri Hagenbon tekemään vertailututkimukseen sekä Northrop Grumman Corporation Information Technology Communication & Information Systems Divisionin tekemään Link-16 -ohjekirjaan. Majuri Hagenbon tutkimuksessa Link-16 -järjestelmää verrataan Ruotsin omaan TARAS -datalinkkijärjestelmään ja tarjotaan katsaus molempien järjestelmien toimintaperiaatteisiin. Link-16 -järjestelmän syntyhistorian esittelemisessä lähteenä on käytetty Kenneth Allardin teosta Yhdysvaltojen johtamisjärjestelmän kehityksestä. Tarkan vertailun tekeminen Suomen oman datalinkkijärjestelmän ja Link-16 -järjestelmän välillä on ollut mahdotonta Suomen järjestelmää käsittelevän materiaalin salausasteen takia. Käytössä olleen materiaalin puitteissa on kuitenkin pyritty nostamaan esiin järjestelmien eroavaisuuksia sekä pohtimaan järjestelmien sopivuutta.

Tutkimusprosessi on lähtenyt käyntiin aiheen määrittämisellä. Tutkimusongelma on elänyt tutkimusprosessin aikana sen mukaisesti, miten aiheesta on ollut materiaalia saatavilla. Tutkija on pääasiassa työskennellyt itsenäisesti ohjaajien antamien ohjeiden perusteella. Tutkimusseminaarit Maanpuolustuskorkeakoululla ovat pitkin prosessia tuoneet esiin uusia, tutkijalle mielekkäitä näkökulmia sekä haasteita.

3 YHTEISOPERAATIO

Yhteisoperaatiolla tarkoitetaan tässä tutkimuksessa yksittäistä sotilaallista operaatiota, johon osallistuvat sekä maa-, meri- että ilmavoimat. Tällaisten yhteisoperaatioiden historia lähtee aina muinaisen Kreikan ajoilta ja jatkuu tähän päivään asti [2]. Aiemmin yhteisoperaatiot käsittivät lähinnä maa- ja merivoimien yhteistoimintaa, ja ilmavoimat tulivat mukaan vasta myöhemmin, kun ensin oli keksitty ilmaa raskaampia lentäviä laitteita [2].

Yhdysvallat on viimeisten vuosikymmenien aikana ollut maailman johtava sotilasvoima. Maa on aktiivisesti osallistunut YK:n ja Naton toteuttamiin rauhanpakottamis- ja rauhanturvaamisoperaatioihin. Tämän takia Yhdysvalloilla ja sen liittolaisilla Natossa on ollut tarve kehittää itselleen toimivat menettelytavat erilaisiin tilanteisiin taistelukentällä, erilaisten uhkakuvien alaisina. Tämä on johtanut yhteisoperaatioiden esiinmarssiin ja nostanut esiin vaatimuksen yhteisen kommunikaatiojärjestelmän kehittämistä eri aselajien välille. Yhdysvallat alkoi toden teolla kehittää itselleen nykyaikaista työkalua yhteistoimintaoperaatioihin sen jälkeen, kun Grenadan miehityksen yhteydessä vuonna 1981 tuli ilmi erinäisiä kommunikaatiovaikeuksia aselajien välillä. Huhujen mukaan miehityksessä välitettiin viestejä maa- ja merivoimien välillä jopa yleisöpuhelimien kautta. [1]

3.1 OPERAATIO IRAQI FREEDOM

Nykyaikaisten yhteisoperaatioiden kehitys on tapahtunut enimmäkseen Yhdysvalloissa. Maalla on ollut resursseja ja tarvetta kehittää sodankäyntiä tehostavia toimintatapoja. Kehityksen hedelmät ”esiteltiin” maailmalle edellisen kerran viimeisimmässä Irakin sodassa operaatio Iraqi Freedomissa. Tarkkoja tietoja siitä, miten erilaiset tehtävät sodan aikana suoritettiin, on julkisista

lähteistä hyvin vaikea saada. Seuraavassa esitellään muutamia esimerkkejä, joista käy kuitenkin selvästi ilmi, että yhteistoimintaa eri puolustushaarajoukkojen välillä on ollut.

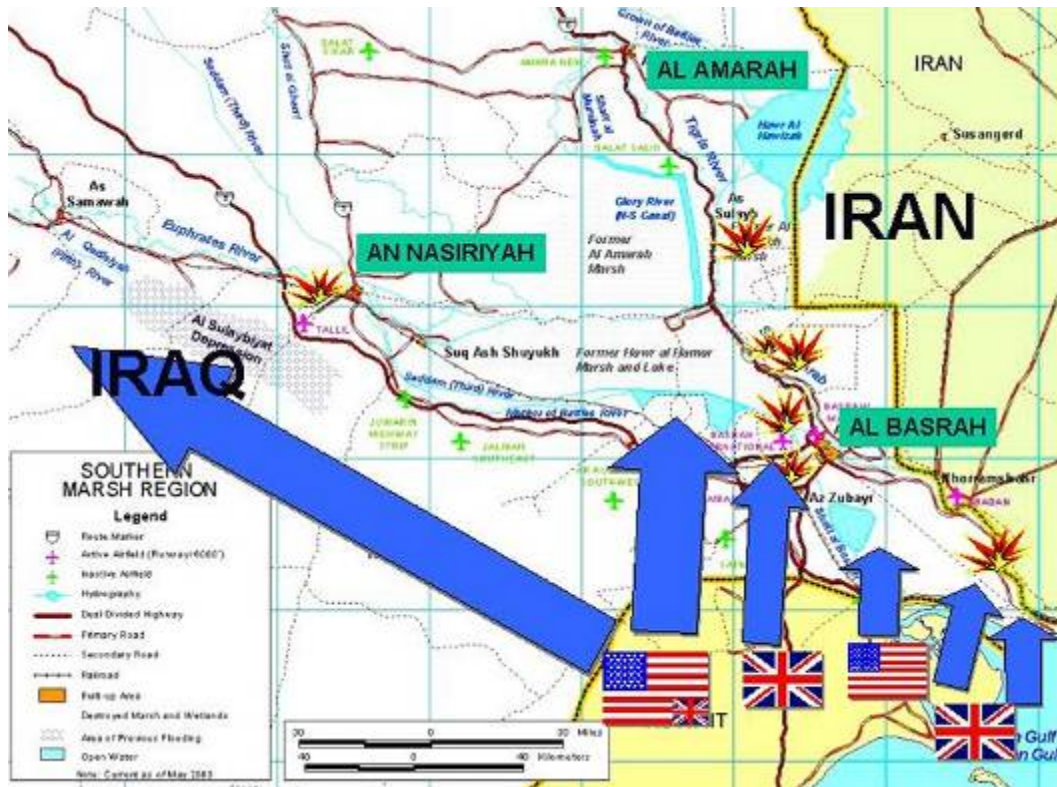
Yhdistyneiden Kansakuntien turvallisuusneuvosto (The United Nations Security Council) oli asettanut Irakille vaatimuksen tuhota kaikki massatuhoaseet sekä päästää YK:n asetarkkailijat maahan. Koska Irak ei Yhdysvaltojen mukaan suorittanut tarvittavia toimenpiteitä, Yhdysvallat painosti YK:ta kovempiin otteisiin. YK ei kuitenkaan antanut päätöslauselmaa, jonka perusteella Irakiin voitaisiin hyökätä.[9]

Vallitsevien tietojen perusteella Yhdysvallat ja sen liittolaiset päättivät kuitenkin, että Saddam Husseinin johtama Irak olisi vaarallinen maailmalle, minkä vuoksi päätettiin ryhtyä toimenpiteisiin ja käynnistää Operaatio Iraqi Freedom, jonka myötä Yhdysvaltojen johtama koalitio hyökkäsi Irakiin. Tavoitteena oli Irakin riisuminen massatuhoaseista sekä maan johdossa olleen hallitusjärjestelmän kaataminen. Operaatiolle oli määritelty kahdeksan sotilaallista tavoitetta [9]:

1. lopettaa Saddam Husseinin hallinto
2. tunnistaa, eristää ja tuhota Irakin massatuhoaseet
3. etsiä, vangita ja ajaa maasta siellä olevia terroristeja
4. kerätä terroristiverkkoihin liittyvää tiedustelutietoa
5. kerätä tiedustelutietoa liittyen maailmanlaajuiseen kiellettyjen massatuhoaseiden verkostoon
6. lopettaa pakotteet sekä toimittaa humanitaarista apua tarvitseville kansalaisille
7. turvata Irakin öljykentät ja -varat, jotka kuuluvat Irakin kansalaisille
8. auttaa Irakin kansaa luomaan olosuhteet siirtyä edustukseen perustuvaan itsehallintoon.

Hyökkäys aloitettiin 20. maaliskuuta kello 05.34 paikallista aikaa, jolloin Yhdysvaltojen ja Ison-Britannian joukot ampuivat 40 risteilyohjusta Irakiin. Kaksi F-117 -pommitushävittäjää aloitti samaan aikaan muiden lentokoneiden tuella oman hyökkäyksensä. Operaatio eteni siten, että ilmavoimat pommittivat irakilaisien johtoon ja johtamisjärjestelmään liittyviä kohteita. Samalla

maavoimat hyökkäsivät kovalla vauhdilla kohti Bagdadia ja Yhdysvaltojen sekä Ison-Britannian merijalkaväki kohti Basrahia. Merivoimat keskittyivät Irakin merivoimien tuhoamiseen sekä miinojen raivaamiseen. Merivoimat osallistuivat kuitenkin myös maa- ja ilmavoimien tukemiseen laukaisemalla risteilyohjuksia kohti Irakissa sijaitsevia maaleja.[9]



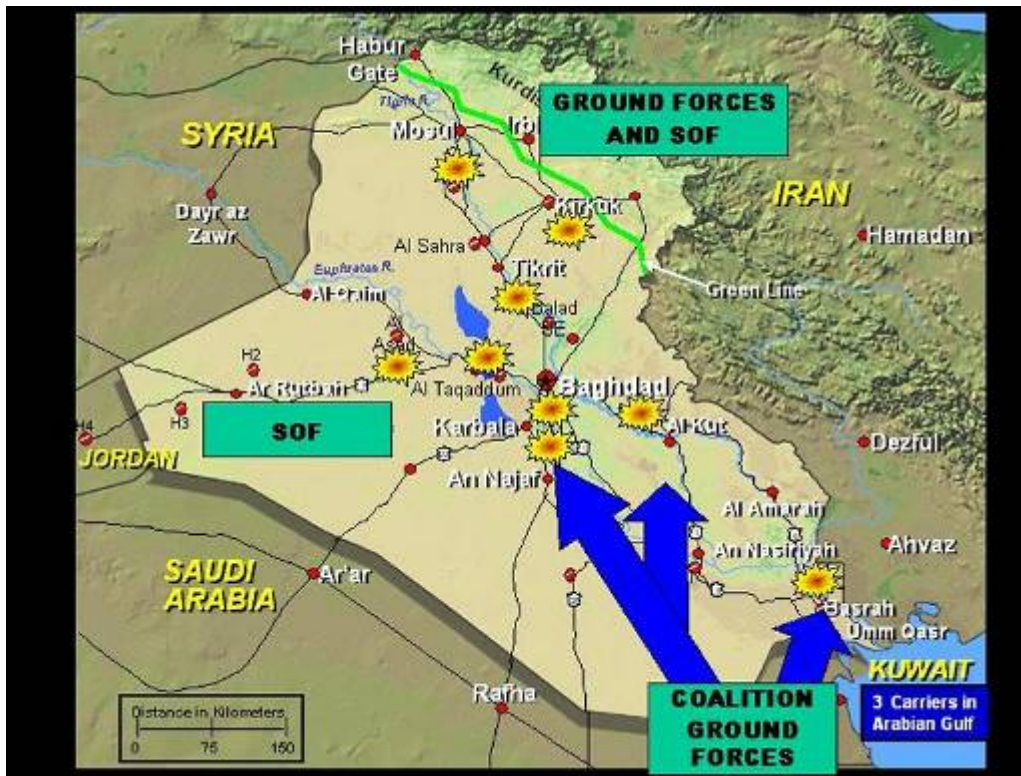
Kuvio 1. Koalition hyökkäyssuunnat sodan alkaessa [9]

KOKO OPERAATIO YHTEISOPERAATIONA

Koko sotaoperaatiota voidaan pitää yhtenä isona yhteisoperaationa, jossa maa-, meri- ja ilmavoimien toiminnot oli koordinoitu keskenään niin, että ne tukivat sekä toisiaan että yhteisten tavoitteiden saavuttamista. Seuraavasta kuviosta voidaan havaita, miten koalition maajoukot etenivät kohti Bagdadia ja Basrahia samalla kun ilmavoimat pommittivat omia kohteitaan. Myös merivoimat antoivat tukensa maasotatoimille laukaisemalla risteilyohjuksia Irakissa sijaitseviin kohteisiin. Merivoimat tulittivat myös tykistöllään Irakin rannikolla sijaitsevia maaleja. [9] Kuviossa maajoukkojen hyökkäykset esitetään sinisillä nuolilla ja pommitusten sekä

risteilyohjusiskujen kohteet räjähdyskuvina. Tarkasteltaessa kuviota voidaan havaita, että ilmaiskuja tehtiin omien joukkojen etupuolelle valmistaen näin niiden tietä. Iskuja tehtiin myös vihollisjoukkojen taakse, jolloin kohteina olivat johtamisjärjestelmät ja huoltoreitit. Koalition sotavoimien tarkoituksena oli alussa heikentää vastustajan sotavoimia pommittamalla niiden asemia. Tällä tavalla valmisteltiin koalition maavoimien hyökkäystä sekä helpotettiin niiden etenemistä. Näin saatiin varmistettua myös se, että omat tappiot pysyivät maasotatoimissa mahdollisimman pieninä. Tämä oli etenkin koalition omien ”kotirintamien” rauhallisuuden kannalta tärkeää.

Sodan alkuvaiheessa oli tärkeää pyrkiä tuhoamaan irakilaiden johtamisjärjestelmää, jolloin irakilaiset joukot ikään kuin ”jäisivät oman onnensa nojaan”. Sotatoimien edetessä huoltoyhteydet – sekä koalition että irakilaiden – nousivat avainasemaan. Koalitio tunkeutui nopeasti varsin syväälle Irakiin, jolloin huoltoyhteydet kasvoivat varsin pitkiksi. Tämä antoi irakilaisille mahdollisuuden häiritä koalition huoltojoukkoja, ja koalitio joutuikin sitomaan osan voimistaan omien huoltoyhteyksiensä varmistamiseen. Samalla koalitio yritti ilmasodan avulla katkaista irakilaiden joukkojen huoltoyhteyksiä. Pommituskohteina olivat paitsi sillat ja rautatiet myös huoltokolonnat. Päätavoitteena oli Bagdadissa olevien irakilaiden joukkojen huoltamisen estäminen.[9]



Kuvio 2. Iraqi Freedom -kampanjan hyökkäykset [9]

Tällainen koko sotatoimia koskeva yhteistoiminta voidaan nähdä strategisen tason yhteistoiminnaksi. Se tapahtuu sotatoimia johtavissa esikunnissa, missä suunnitellaan ns. suuret linjat. Esikunnissa on tärkeää suunnitella jokaiselle puolustushaaralle omat tarkat tehtävät ja maalit. Koska johonkin maaliin vaikuttaminen saattaa olla mahdollista sekä ilmavoimien lentokoneilla että merivoimien lentokoneilla tai mahdollisesti ilmavoimien tai merivoimien risteilyohjuksilla, on suunnittelun tapahduttava tasolla, jolla kokonaiskuvan hahmottaminen on mahdollista. Strategisen yhteisoperaation tasolla on määritettävä, millä keinoin isketään mihinkin kohteeseen. On myös suunniteltava iskujen aikataulutukset sekä suurpiirteinen toteutus, jotta samaan kohteeseen ei iskettäisi samaan aikaan eri aseilla ja näin heikennettäisi omien joukkojen turvallisuutta tai saataisi aikaan itse aiheutettuja tappioita. Samasta syystä hyökkäykset on suunniteltava sillä tavalla, että hyökkäävien joukkojen hyökkäyssuunnat eivät pääse risteämään toisiaan missään vaiheessa. Tämä korostuu etenkin ilmasodankäynnissä, missä kalusto mahdollistaa monta erilaista hyökkäyssuuntaa ja -tapaa.

OPERAATION PIENEMMÄT YHTEISOPERAATIOT

Iraqi Freedom oli myös täynnä pienempiä yhteisoperaatioita. Useimmiten nämä pienemmät yhteisoperaatiot muodostuivat maajoukkojen ja ilmavoimien tai merivoimien lentojoukkojen välisestä yhteistyöstä. Myös merivoimien operaatioihin osallistui sekä maa- että ilmajoukkoja, mutta koska Yhdysvaltojen merivoimilla on omia lentojoukkoja, näiden operaatioiden luokittelu puolustushaarojen väliseksi yhteisoperaatioiksi ei ole oikeutettua.

Heti ensimmäisenä päivänä raportoitiin, miten Yhdysvaltojen merijalkaväki oli kohdannut Irakilaisia SEAL:eja ja miten Ison-Britannian merijalkaväki oli tehnyt hyökkäysretkiä kahteen öljyterminaaliin. Ison-Britannian joukot suorittivat myös maahanlaskun Fawin niemimaalle ja valloittivat sen SEAL:eilta. Raporttien mukaan nämä kaikki operaatiot saivat ilmatukea AC-130:ltä ja A-10:ltä. [9] Tästä päätellen maajoukot ja ilmajoukot toimivat suunnitellusti yhdessä, ja lentokoneista annettiin maajoukoille taistelun aikana tukea reaaliajassa.

Yhteisoperaatioita suoritettiin myös joustavasti tilanteen niin vaatiessa. Sodan toisena päivänä Yhdysvaltojen 3. jalkaväkidivisioonan 3. prikaati joutui irakilaiden tykistön tulen alle lähellä Nasiriya, reilu sata mailia (160km) Kuwaitin rajasta kohti Bagdadia. Joukko kutsui merivoimien ja ilmavoimien rynnäkkökoneet avukseen, ja nämä voittivat lopulta irakilaiden 11. jalkaväkidivisioonan. [9] Tästä päätellen koalitio oli valmistautunut reagoimaan muuttuviin ja yllättäviin tilanteisiin tarpeellisella tavalla. Kun joukoille annetaan tukea tilanteeseen sopivalla tavalla, apu voi löytyä myös toisen puolustushaaran joukoista. Toinen esimerkki tällaisesta joustavasta toiminnasta oli F/A-18:ien, AV-8:ien, ja A-10:ien kutsuminen apuun silloin, kun koalition joukot joutuivat sodan neljäntenä päivänä väijytyksen kohteeksi. Tilanteeseen jouduttiin, kun irakilaiset hyökkäsivät koalition joukkoja vastaan teeskentelemällä antautuvansa mutta lopulta kuitenkin avaamalla tulen lähietäisyydeltä.

Operaation laajuudesta kertoo se, että koalition koneet suorittivat sodan viidentenä päivänä yli 1500 sotalentoa. Näistä lennoista yli 800 oli suoria hyökkäyksiä, mutta vain 200 suunnattu kohti ennakkoon suunniteltuja maaleja. Tämä tarkoittaa, että yli 600 ilmaiskua suoritettiin taisteluissa

ilmenneitä maaleja kohtaan. Nämä ilmenevät maalit tai ”targets of opportunity” koostuivat ballistisista ohjuslaveteista, kansalaiskaartin joukoista ja erikoisjoukoista sekä muista kohteista. Lisäksi niillä tuettiin omien erikoisjoukkojen toimintaa. Ennakkoon suunniteltuja kohteita mm. Bagdadin ympäristössä olivat hallituksen johtokeskukset, Irakin kansalliskaartin päämajat sekä tiedustelupalvelun päämajat. Myös merivoimat tukivat maalla tapahtuvaa toimintaa laukaisemalla ensimmäisen sotaviikon aikana yli 800 Tomahawk-risteilyohjusta. Nämä risteilyohjukset ammuttiin sekä laivoista että sukellusveneistä. [9]

Myös irakilaisten toimintaan vastattiin kaikkien puolustushaarojen voimin. Sotatoimien seitsemäntenä päivänä irakilaisten Basraa pitäneet joukot yrittivät huonon kelin ja yön turvin murtautua ulos piirityksestä. Yksi irakilainen prikaati (noin 2000 miestä) piti Basraa vahvistettuna 1000 miehen vahvuisella puolisolitaallisella joukolla. Irakilaiset yrittivät panssarivaunuilla ja muilla panssaroiduilla ajoneuvoilla murtautua ulos kaupungista. Basraa piirittäneet isobritannialaiset maajoukot koostuivat 7. Panssaroidun prikaatin ja 16. Maahanlaskuprikaatin joukoista. Joukot olivat yrittäneet pitää irakilaiset kaupungissa tykistötulen ja hyökkäysretkien avulla. Pyrkiessään lyömään murtoyrityksen britit käyttivät sekä Basraa piirittäneitä maajoukkoja että omia ilmajoukkojaan. Lähteessä ei kerrota tarkemmin ilmajoukkojen tyypistä.[9]

Koalitiossa yhteistoimintaa käytiin myös laajemmalti kuin pelkästään eri puolustushaarojen välillä. Tiedusteluelimien ja joukkojen välinen yhteistyö oli laajaa ja suhteellisen reaaliaikaista. Tästä on osoituksena Irakin hyökkäys ballistisella ohjuksella kohti Kuwaitissa sijaitsevia koalition installaatioita. Irak laukaisi sodan kahdeksantena päivänä ballistisen ohjuksen, jonka koalitio onnistui kuitenkin torjumaan Patriot-ohjuksella. Huomattavaa on, että raporttien mukaan Yhdysvaltojen ilmavoimien A-10 –lentokoneet kuitenkin tuhosivat laukaisualustan, mistä ohjus oli ammuttu, sekä lukuisia muita ajoneuvoja melkein heti laukaisun jälkeen. Tästä päätellen tiedustelutieto alustan sijainnista saatiin nopeasti toimitettua rynnäkköosastolle, joka ennätti paikalle ennen kuin alustaa oli ehditty siirtämään. Mikäli laukaisualustan sijainti olisi tiedetty ennen kuin se laukaisi ohjuksensa, se olisi todennäköisesti tuhottu jo aikaisemmin. Tiedustelun laajuudesta kertoo myös raportti, jonka mukaan sodan kahdentenatoista päivänä koalition lentokoneet lensivät 125 johtamiseen, valvontaan ja tiedusteluun liittyvää lentoa.

Myös yhteistoiminnasta erikoisjoukkojen kanssa raportoitiin. Erikoisjoukkojen toiminnasta ja erikoisoperaatioista ei ole saatavissa paljon tietoa, mutta tiedossa on kuitenkin, että erikoisjoukkoja toimi As Samawahin ja Ar Rubahin lähistöllä. Raporttien mukaan joukot suorittivat hyökkäysretkiä sekä ohjasivat ilmaiskuja.[9]

Yhteistoimintaa eri puolustushaarojen välillä tapahtui ilmailun kohdalla myös pakosta. Koska sekä ilmavoimat että merivoimat operoivat lentokoneilla, ilmatilassa oli samaan aikaan paljon lentokoneita. Raporttien mukaan sodan kymmenennen päivän iltapäivällä ilmassa oli samaan aikaan yli 300 lentokonetta[9]. Lentokoneet tulivat Yhdysvaltojen ilmavoimista, merivoimista ja merijalkaväestä sekä Ison-Britannian joukoista[9].

Koalitio koostui eri maiden joukoista, joilla oli erilaiset vastualueet. Näin ollen operaatiossa muodostui toisinaan tarve tehdä yhteistyötä myös joukkojen kansallisuusrajojen yli. Sodan kymmenentenä päivänä irakilaiset suorittivat hyökkäysretken kohti Basran kansainvälistä lentokenttää. Lentokenttää hallinneet brittijoukot raportoivat torjuneensa hyökkäyksen tuhoamalla kolme irakilaista panssarivaunua. Britit olivat käyttäneet tykistötulta ja panssarintorjunta-aseita. He olivat myös kutsuneet tuekseen yhdysvaltalaisia AH-1 Cobra -rynnäköhelikoptereita. Näin toimien Ison-Britannian joukot saivat tehokasta tukea oman maansa joukkojen ulkopuolelta.[9] Tällainen toiminta vaati ennakkosuunnittelua ja ennen kaikkea viestintälaitteiden yhteensopivuutta. Ilman niitä helikoptereiden paikalle kutsuminen ei olisi onnistunut.

Sodan edetessä merkittäväksi tekijäksi nousivat myös Irakin puolisolitaalliset joukot, jotka hyökkäsivät koalition huoltoyksiköihin. Yksi tällainen välikohtaus sattui sodan yhdentenätoista päivänä Najafissa, joka sijaitsee Eufrat-joen rannalla noin 160 kilometriä Bagdadista etelään. Näitä puolisolitaallisia joukkoja vastaan taistellut 101. Maahanlaskudivisioonan 1. prikaati käytti tykistöä ja ilmaiskuja. Raporteissa huomautetaan, että vaikka koalition ilmavoimat jatkoivat Irakin hallintoon liittyvien kohteiden pommittamista, pääosa tehtävistä oli lähitulitukitehtäviä koalition maajoukoille.[9]

Nämä pienemmät yhteisoperaatiot voidaan luokitella taktisen tason yhteisoperaatioiksi. Tällöin eri puolustushaarojen joukot tukevat toisiaan varsinaisten taistelujen aikana. Näiden operaatioiden onnistumiseksi vaaditaan, että toimintaa on ennakkoon suunniteltu ja harjoiteltu ja että osallistuvat joukot tietävät toistensa vastuut ja toimintatavat. Joukkojen yhteistoimintamenettelyt on suunniteltava ja sovittava johtotasolla etukäteen, jotta kaikki tietäisivät miten toimia. Tämän jälkeen joukkojen on harjoitettava toimintaa, jotta tämä muodostuisi normaalikäytännöksi. Onnistuminen edellyttää myös jonkinlaista viestintämenetelmää joukkojen välille, jotta joukot tietäisivät toistensa sijainnin ja aiheet tarkasti. Maassa toimivalla joukolla on oltava väline, jolla tilata esimerkiksi ilmahyökkäys ilmavoimilta yhtä helposti kuin se tilaa tykistöltään tulitukea. Ilmahyökkäyksen haluttu kohde on myös kyettävä ilmaisemaan, jotta isku kohdistuisi oikeaan paikkaan. Myös oma sijainti on kyettävä välittämään ilmaiskun suorittavalle yksikölle.

3.2 YHTEISOPERAATIO SUOMEN OLOSUHTEISSA

Esimerkkinä yhteistoimintaoperaatiosta voidaan Suomessa pitää saaristossa toimimista. Saaristossa tarvitaan luonnollisesti merivoimien aluksia liikkumiseen ja myös esimerkiksi tulitukeen. Maavoimia tarvitaan, jos halutaan esimerkiksi toimia jollain isommalla saarella. Ilmavoimat voivat tällaisessa tilanteessa tarjota sekä maa- että merivoimille esimerkiksi tiedustelutietoa tai tulevaisuudessa jopa jonkinäköistä tulitukea. Ilmavoimilla voidaan tietenkin turvata myös saariston yllä olevaa ilmatilaa.

Edellä kuvatunlaiseen operaatioon osallistuu siis monta eri osapuolta. Liikkuvia komponentteja on sekä vedessä että ilmassa, minkä lisäksi suhteellisen paikallaan pysyviä komponentteja on saarilla ja vedessä. Operaation onnistumiseksi vaaditaan, että kaikki nämä komponentit toimivat koordinoitusti ja hallitusti kohti yhtenäistä päämäärää. Kaikkien komponenttien on hoidettava oma osuutensa mahdollisimman hyvin, jotta operaatio onnistuisi. Tämä tarkoittaa, että jokainen mukana oleva osa on yhtä tärkeä. Tämä vaatii paljon etukäteissuunnittelua, johon kaikkien osapuolten on osallistuttava. Suunnittelun on tapahduttava korkealla tasolla johtoportaan, jossa kokonaiskuvan hahmottaminen onnistuu. On myös erittäin tärkeää, että joukot ovat jo rauhan

aikana harjoitelleet sellaisia yhteisoperaatioita, joita suunnitellaan toteutettavan kriisitilanteessa. Taktisella tasolla toimittaessa joukot tarvitsevat myös keinon keskinäiseen kommunikaatioon operaation aikana.

Irakin sota tarkasteltaessa voidaan todeta, että suurvallan yhteisoperaatio voi olla kohtuullisen monimutkainen palapeli. Yhdysvaltalaisella vara-amiraalilla voi olla jollain sotatoimialueella komennettavanaan 10–100 laivaa, lentokonetta ja sukellusvenettä. Hänen kollegansa ilmavoimissa saattaa samassa tilanteessa olla vastuussa 100–1000:sta lentokoneesta aina pommikoneista ja hävittäjistä rahtikoneisiin. Lisäksi hänellä voi olla vastuullaan maassa sijaitsevia tukijoukkoja. Maavoimien tai merijalkaväen kenraaliluutnantti taas voi samassa operaatiossa komentaa 1000–100 000 (tai jopa enemmän) liikuteltavia yksiköitä. [1] Tällaisen joukkomäärän yhteensovittaminen vaatii korkeatasoista suunnittelua komentoketjun ylimmillä tasoilla.

Suomen kokoisella valtiolla, jolla on rajalliset resurssit, on huomattavasti vähemmän joukkoja yhteisoperaatioiden toteuttamiseen. Merivoimien komentajan käytössä voisi olla noin 15 laivaa, ilmavoimien komentajalla noin 60 hävittäjää ja maavoimien komentajalla reilu 20 prikaatitason yksikköä [26]. Tästä syystä suurvaltojen toimintatapoja ei voida suoraan soveltaa Suomeen, vaan Suomelle on suunniteltava sen resurssien puitteissa sopivia toimintatapoja. Pienten valtioiden etuna on kuitenkin, että joukkojen joustava johtaminen on mahdollista eikä joukkojen tarvitse sitoutua tarkasti rajoitettuihin kaavoihin – siinä missä suurvallan joukkojen toiminta sodassa saattaa herkästi muuttua kaavamaiseksi. Suhteellisesti pienten resurssien johdosta Suomen Puolustusvoimissa toiminnan suunnittelu korostuu. Resursseja ei ole varaa tuhata epäolennaiseen, vaan voimavaroja tulisi aina kyetä suuntaamaan tärkeimpiin kohteisiin.

Suomen maantieteellinen sijainti suurvallan naapurina on otettava huomioon suunniteltaessa toimintaa kriisin aikana. Myös maailmalla esiintyneet eri maiden koalitiot on otettava huomioon, koska sellainen saattaa muodostua myös Suomen lähistöön. Vaikka kriisi ei suoranaisesti kohdistuisi Suomeen, sen kehitystä on seurattava ja samalla varauduttava siihen, että kriisi saattaa levitä myös Suomeen. Valtioneuvoston turvallisuus- ja puolustuspoliittisessa selonteossa vuodelta 2004 todetaankin, että vaikka tavanomaisen sodan uhka on Euroopassa väistynyt, Suomea on globalisaation myötä liitetty laajempaan turvallisuusympäristöön [27]. Maailmalla on

viime vuosina ilmennyt uusia turvallisuusuhkia, jotka vaikuttavat myös Euroopan maiden ulkoiseen ja sisäiseen turvallisuuteen. Suuriin tuhoihin tähtäävä terrorismi mainitaan turvallisuus- ja puolustuspoliittisessa selonteossa esimerkkinä uudesta uhasta, joka on viime vuosina nostanut päätään maailmalla.

Koska Suomi on osa suurempaa kokonaisuutta, sen turvallisuuteen eivät myöskään vaikuta enää pelkästään sotilaalliset aspektit vaan myös taloudellinen ja poliittinen kehitys, etenkin Euroopassa mutta myös maailmanlaajuisesti. Puolustussuunnittelun osalta turvallisuus- ja puolustuspoliittinen selonteko linjaa, millaista kriisi- ja uhkamallia vastaan puolustussuunnittelua on harjoitettava. Kyseinen kriisi- ja uhkamalli koostuu seuraavista osista [27]:

- alueellinen kriisi, jolla voi olla vaikutuksia Suomeen
- poliittinen, taloudellinen ja sotilaallinen painostus, johon voi liittyä sotilaallisella voimalla uhkaaminen sekä sen rajoitettu käyttö sekä
- sotilaallisen voiman käyttö, joka voi olla strateginen isku tai strategisella iskulla alkava hyökkäys alueiden valtaamiseksi.

Puolustussuunnittelussa varaudutaan myös estämään tai rajoittamaan epäsymmetristen sodankäynnin keinojen käyttöä yhteiskuntaa vastaan yhteistoiminnassa muiden viranomaisten kanssa. [27]

Suomen naapurissa oleva Venäjä on viime aikoina pyrkinyt vahvistamaan asemaansa suurvaltana sekä korostamaan asemaansa muiden johtavien valtioiden tasavertaisena kumppanina. Syventämällä yhteistyötään Yhdysvaltojen, EU:n ja Naton kanssa Venäjä pyrkii lisäämään vaikutusvaltaansa maailmalla. Venäjän tavoitteena on Valtioneuvoston turvallisuus- ja puolustuspoliittisen selonteon mukaan lisätä vaikutusvaltaansa IVY-alueella. Vaikka asevoimien kehitys ei Venäjällä ole pysynyt muun maailman tahdissa ja olemassa oleva kalusto on vanhenemassa, Venäjän kyky perinteiseen voimankäyttöön Suomen lähialueilla säilyy. Näin ollen Venäjä säilyy Suomen(kin) näkökulmasta vielä vuosia vahvana toimijana. [27]

Venäjällä on Suomen lähialueilla joukkoja seuraavasti [26]:

Pohjoisessa laivastossa:

Strategisia sukellusveneitä	10
Sukellusveneitä	22
Laivoja	19
Helikoptereita	30

Itämeren laivastossa:

Sukellusveneitä	2
Laivoja	11
Helikoptereita	41

Muita joukkoja:

Maavoimia	160 000 miestä
Panssarivaunuja	850
Hävittäjiä	450
Helikoptereita	90

Näin ollen suurvallan tai koalition ollessa osallisena Suomen lähistöllä esiintyvässä kriisissä tai kriisissä, jossa myös Suomi on mukana, voitaisiin operaation aikana vihollisen joukkoja olettaa olevan alueittemme läheisyydessä mahdollisesti satoja. Jotta Suomella olisi realistiset mahdollisuudet varautua toimimaan tällaista vastustajaa vastaan, järjestelmien avulla tulisi kyetä seuraamaan näiden joukkojen liikkeitä mahdollisimman tarkasti. Tämä tieto pitäisi myös kyetä jakamaan omille joukoille niin, että ne osaisivat toimia oikein.

Joutuessaan hyökkäyksen kohteeksi saaristoalueella Suomella olisi siis todennäköisesti vastassaan kymmenkunta laivaa ja sukellusvenettä, sadasta noin neljäänsataan lentokonetta ja satakunta helikopteria. Kun kuvitteellinen vihollinen alkaisi saada haltuunsa saaria, Suomella olisi vastassaan vielä maajoukkoja. Tällöin Suomella olisi arviolta 200–500 kohdetta, joiden liikkeitä pitäisi kyetä seuraamaan. Tämä tieto pitäisi sitten pystyä jakamaan omille joukoille, jotka koostuisivat noin sadasta yksiköstä. Tiedon tulisi sisältää myös muita tietoja kuin joukkojen sijainnit. Oman suunnittelun kannalta sekä omien että kuvitteellisen vihollisen joukoista olisi

hyvä tietää esimerkiksi asevarustus, ammustilanne ja liikkumiskyky. Eri aselajit asettavat myös tiedoille erilaisia vaatimuksia: esimerkiksi ilmavoimien hävittäjistä tai pommikoneista tarvittava tieto on erilaista kuin maavoimien joukkoyksiköstä tarvittava tieto. Ohessa oleva taulukko antaa esimerkin joukoista, jotka saaristossa saattaisivat toimia, sekä niiden ominaisuuksista. Taulukko perustuu tutkijan lähdemateriaaleista löydettyjen tietojen perusteella tekemään arvioon. Osasta joukoista, kuten esimerkiksi helikoptereista ja sukellusveneistä, saattaa olla myös hankala saada tietoa. Tämä johtuu esimerkiksi siitä, että helikopterit pystyvät lentämään matalalla ja sellaisella nopeudella, että ne eivät näy tutkassa. Myös merenpinnan alapuolella liikkuvien sukellusveneiden havaitseminen voi olla ongelmallista.

	JOUKKOTYYPPI	MÄÄRÄ		OMINAISUUDET			
	kuvitteellisen vihollisen		omat	sijainti	nopeus	havaittavuus	aseistus
ilmav.	hävittäjä	20	20	liikkuu	kova	ok	tutka&IP ohjukset
	pommikone	100	-	liikkuu	kova	ok	täsmä&perinteiset
	tukeva kone	5	-	liikkuu	kova	ok	-
	tukikohta	-	1	koordinaatit	-	ennakkotieto	ilmatorjunta
meriv.	sukellusv.	2	-	liikkuu	keskikova	vaikea	torpedoja x-määrä
	laivoja	8	7	liikkuu	keskikova	ok	torpedoja/tykkejä/miinoja
maav.	jalkaväki	100 yksikköä	30 yksikköä	suht. Paikallaan	hidas	ok	ammustilanne ok
	panssarivaunut	-*	-*	liikkuu	melko hidas	ok	ammustilanne ok
	helikopterit	100	tulevaisuutta	liikkuu	keskikova	vaikea	konekivääri / -

* eivät toimi saaristolosuhteissa

HUOM!! kaikki arvot perustuvat tutkijan omaan arvioon

Taulukko 1. Esimerkki saaristossa toimivista joukoista

Vihollistiedon reaaliaikaisuus ja paikkansapitävyys ovat joukkojen menestyksen kannalta ensiarvoisen tärkeitä. Myös paikkaansa pitävät tiedot omien joukkojen tilanteesta ovat edellytyksenä oman toiminnan suunnittelulle. Ideaalitalanteessa kaikista joukoista olisi riittävä määrä tietoa, jolloin pystyttäisiin joustavaan toimintaan uhkaa vastaan ja joukkojen vaikutus uhkaan olisi optimaalinen. Tämä ei koske ainoastaan laajamittaisen sodan aikaa vaan myös sotaa edeltävää kriisin aikaa. Myös muiden mahdollisten kriisien, kuten esimerkiksi terrori-iskujen tai luonnonkatastrofien, aikana joukkoja tulisi kyetä johtamaan joustavasti olemassa olevaan uhkaan nähden. Näin ollen kriisin aiheuttamat negatiiviset vaikutukset yhteiskunnalle ja talouselämälle kyettäisiin minimoimaan.

4 DATALINKKIJÄRJESTELMÄN KÄYTTÖTARKOITUKSET

Datalinkkijärjestelmiä käytetään yhteisoperaatioissa muun muassa ilmatilannekuvan ja maalitiedon jakamiseen omille joukoille. Maaleja voi olla monia erilaisia, ja maalien paikkaa voidaan myös ilmaista monella eri tavalla. Maalin laatu vaikuttaa myös siihen, mitä tietoa maalista tarvitaan. Esimerkiksi laivan ollessa kyseessä tarvitaan tietoja siitä, missä laiva sijaitsee, onko se liikkeessä ja jos on, mihin suuntaan ja millä nopeudella. Lentolaitteen ollessa kyseessä olennaista on myös tietää, millä korkeudella se lentää. Maajoukko, joka on suhteellisen paikallaan, voidaan ilmaista pelkällä paikkatiedolla, mutta jos joukon sisältä halutaan ottaa maaliksi esimerkiksi yksi panssarivaunu, maalitiedon tarkkuusvaatimukset nousevat kohteen suhteellisen pienuuden takia huomattavasti. Myös maalitiedon päivitysfrekvenssi vaihtelee maalin laadun mukaan. Paikallaan olevan maajoukon paikkatietoa ei kannata päivittää koko ajan, mikäli tiedetään, että se ei ole siirtymässä mihinkään. Joukon sisällä olevan panssarivaunun paikkatiedot sekä muut liikkumiseen liittyvät tiedot pitää päivittää useammin, koska panssarivaunun pienetkin liikkeet ovat tärkeitä, mikäli halutaan pitää sitä maalina tai kohteena. Myös lentävän lentokoneen paikka-, nopeus-, korkeus- ja suuntatietoa on päivitettävä usein, koska lentokone liikkuu kolmiulotteisesti koko ajan ja melko suurella nopeudella.

Maalin paikkaakin voidaan ilmaista monella eri tavalla. Yksi tunnettu tapa on ilmoittaa maalin paikka koordinaateilla. Toinen käytetty tapa on ilmaista maalin suunta ja etäisyys jostain tunnetusta pisteestä. Mikäli näitä tietoja halutaan välittää datalinkillä omille joukoille koko ajan, maalitiedot pitää koodata digitaaliseen muotoon. Koordinaatit koostuvat kuusinumeroisista sarjoista, joihin liittyy yksi kirjain (XX XX XX N, XX XX XX E) ja joilla ilmaistaan kohteen sijaintia maapallon koordinaatistossa. Tunnetun pisteen tai napapisteen suhteen annettu paikkatieto annetaan suuntatietona ja etäisyytenä napapisteen suhteen, XXX°, XXX km (tai NM).

Binäärimatematiikalla voidaan koodata koordinaatit tai napapisteen suhteen esitetty paikkatieto pelkillä ykkösillä ja nollilla käyttäen seuraavaa taulukkoa:

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001

Taulukko 2. Binääri numeroiden muutostaulukko

Näin ollen esimerkiksi koordinaatti 65 23 43 N 23 43 87 E tulisi muotoon 01100101 00100011 01000011 N 00100011 01000011 10000111 E. N:n paikalla voidaan sopia, että 0=N ja 1=S, ja E:n paikalla vastaavasti, että 0=E ja 1=W. Binäärimuotoon muutettuna koordinaatit voidaan ilmaista käyttämällä yhteensä 50 merkkiä eli bittiä. Napapisteen suhteen oleva paikkatieto voi olla esimerkiksi 123°, 148km. Tämä voidaan ilmaista binääriluvuilla seuraavasti: 000100100011, 000101001000. Napapisteen suhteen esitetty paikkatieto käyttää siis 24:ää merkkiä eli bittiä. Tämä toimii vain silloin, kun on olemassa vain yksi napapiste. Jos napapisteitä on monta, on ilmaistava myös, minkä napapisteen suhteen paikkatieto ilmoitetaan. Tällöin joudutaan käyttämään enemmän bittejä.

Näihin paikkatietoihin pitää lisätä tieto maalin laadusta, liikkeistä jne. Maalin laatu voidaan ilmaista esimerkiksi kolmesta kirjaimesta muodostetulla koodilla. Tiedot maalin liikesuunnasta ja nopeudesta voidaan ilmaista samalla tavalla kuin maalitieto napapisteen suhteen. Aakkosten muuttaminen binääriluvuiksi ja kolmikirjaimisen koodin esittäminen bittiaakkosten avulla vie vähintään 15 bittiä, ja suuntatiedon ja nopeuden ilmaiseminen vie vähintään 24 bittiä. Lentokoneen korkeustieto vie arviolta noin 20 bittiä. Näin ollen maalitiedon tarkka esittäminen vie yhteensä vähintään 83–109 bittiä riippuen siitä, miten paikkatieto halutaan esittää. Se, kuinka montaa maalia datalinkkijärjestelmällä voidaan seurata, on täysin kiinni järjestelmän tiedonsiirtokapasiteetista.

4.1 YHTEISOPERAATIO, JOSSA OSALLISTUJILLA ON YHTEINEN DATALINKKIJÄRJESTELMÄ

Tulevaisuuden operaatiossa on hyvinkin todennäköistä, että operaatioiden onnistumiseen tarvitaan kaikkien puolustushaarojen panos. Operaatiot voivat olla rauhanajan etsintäoperaatioita, jolloin maavoimien osasto liikkuu maastossa ja ilmavoimien lentokoneet etsivät esimerkiksi lämpökameroilla ilmasta käsin. On myös mahdollista, että puolustusvoimien joukkoja tarvitaan avuksi jonkin yhteiskunnallisen kriisin sattuessa. Mikäli esimerkiksi Suomenlahteen joutuisi onnettomuuden johdosta huomattava määrä öljyä, puolustusvoimien apu voisi olla tarpeen. Operaatiot voivat myös olla kriisinajan toimintaa, jolloin varmistetaan jonkin tärkeän kohteen turvallisuus tai toiminta. Sodan aikana kyseessä voi olla vastustajan pitäminen poissa Suomen alueelta voimakeinoin. Jotta yhteistoiminta eri puolustushaarojen välillä olisi näissä tilanteissa mahdollista, tarvitaan kanava, jonka kautta pitää yhteyttä. Myös yhteisen suunnittelun koordinoimiseksi tarvitaan väline, jolla eri aselajit kommunikoivat keskenään

Mikäli kaikki puolustushaarat varustettaisiin yhteisellä datalinkkijärjestelmällä, niille annettaisiin yhteinen työkalu keskinäiseen kommunikointiin. Tällaisen datalinkkijärjestelmän tulisi mahdollistaa reaaliaikainen viestintä, jotta saataisiin aikaan reaaliaikaista reagointia tilanteen muuttuessa. Rauhan ajan etsintäoperaatiossa ilmassa lentävän lentokoneen havaitessa mahdollisen kohteen esimerkiksi lämpökameralla tai visuaalisesti tieto havainnosta ja sen paikasta siirtyisi suoraan maajoukoille, jotka voisivat käydä tarkastamassa paikan. Mahdollisten öljylauttojen liikkeitä Suomenlahdella pystyttäisiin myös seuraamaan lentokoneista käsin. Yhteisellä datalinkkijärjestelmällä pystyttäisiin nopeasti ja tarkasti ohjaamaan öljyntorjuntajoukkoja oikeille rannoille öljylauttaa vastaanottamaan. Molemmat tehtävät pystyttäisiin kuitenkin suorittamaan myös perinteisen radion avulla. Mikäli datalinkkijärjestelmä olisi kytketty lentokoneen navigointijärjestelmään, tarkkojen koordinaattien lähettäminen olisi mahdollista. Tällöin kohteen paikkatiedon tarkkuus olisi paljon parempi kuin silloin, jos paikkatieto välitettäisiin esimerkiksi suullisesti radion avulla. Mikäli maajoukolla olisi käytössään datalinkkijärjestelmän kanssa yhteensopiva suunnistusjärjestelmä, kohde voitaisiin löytää tehokkaammin.

Kriisin ja sodan aikana myös viestinnän salattavuusaste nousee olennaiseksi tekijäksi. Perinteisellä radiolla toimittaessa salaaminen ei ole mahdollista. Datalinkkijärjestelmä tarjoaisi kriisin ja sodan aikaa varten salatun tietoyhteyden. Datalinkkijärjestelmällä on myös mahdollista siirtää salattua puhetta, joten kriisin ja sodan aikaan datalinkkijärjestelmällä voitaisiin suorittaa myös perinteisen radion tehtäviä salausasteesta tinkimättä.

Yhteisellä datalinkkijärjestelmällä puolustushaarojen olisi helppo toimia keskenään ja viestintä olisi vaivatonta. Yhteinen datalinkkijärjestelmä helpottaisi puolustushaarojen yhteistoiminnan harjoittamista rauhan aikana, jolloin joukkojen toimintavalmius kriisin sattuessa nousisi. Salaustoimintojen käyttö rauhan aikana, vaikka se ei olisikaan salattavuustarpeen tai häirinnän siedon kautta perusteltua, toimisi harjoitteluna ja joukkojen tutustuttamisena järjestelmään ennen kuin sitä oikeasti tarvitaan. Kaikkia salattavuustoimintoja ei kuitenkaan ulkopuolisten tiedustelun takia kannata rauhan aikana käyttää.

Ongelmana edellä kuvatussa järjestelyssä on, että mikäli datalinkkijärjestelmä kaatuu, ei minkäänlainen kommunikointi ole enää mahdollista. Järjestelmän kaatuessa loppuisi siis paitsi puolustushaarojen välinen viestiliikenne myös niiden sisäinen kommunikointi. Jotta tällaiseen tilanteeseen ei päädyttäisi, olisi suotavaa pitää yllä varajärjestelmää, ainakin puolustushaarojen sisäisen viestinnän varmistamiseksi. Yhdellä datalinkkiverkolla toimiminen kuormittaisi myös kyseistä verkkoa huomattavasti. Puolustushaarojen toimiessa yhdessä niiden tarve sisäiseen viestintään kuitenkin säilyy. Tämä vaatisi datalinkkijärjestelmältä kohtuullisen suurta tiedonsiirtokapasiteettia. Järjestelmän pitäisi sisältää myös toiminto, jonka avulla viestit voitaisiin ohjata oikealle vastaanottajalle – tämä siitä syystä, että esimerkiksi maavoimien sisäisistä viesteistä ei todennäköisesti ole hyötyä merivoimille tai ilmavoimille ja päinvastoin. Viesteille pitäisi siis kyetä määrittelemään selvä kohderyhmä.

4.2 YHTEISOPERAATIO, JOSSA OSALLISTUJILLA EI OLE YHTEISTÄ DATALINKKIJÄRJESTELMÄÄ

Tulevaisuuden tuomat tehtävät ja vaatimukset Suomen Puolustusvoimille ovat samat, vaikka puolustushaaroilla ei olisikaan yhteistä datalinkkijärjestelmää. Näin ollen yhteistyövaatimukseen ei muutu. Jos kaikki puolustushaarat toimisivat oman viestijärjestelmän avulla, joista joko yksi, kaksi tai jokainen olisivat datalinkkijärjestelmiä, jouduttaisiin pohtimaan, millä saataisiin muodostettua toimivaa viestintää eri puolustushaarojen joukkojen välille. Tällaisessa tilanteessa datalinkkijärjestelmän tarkoituksiksi jäisi lähinnä sitä käyttävän puolustushaaran tarpeiden täyttäminen. On kuitenkin olemassa muutamia аспектеja, jotka pitäisi huomioida tilanteessa, jossa puolustushaaroilla ei ole käytössä yhteistä datalinkkijärjestelmää.

Mikäli jokaisella puolustushaaralla on oma viestijärjestelmänsä, mutta suoritettavan tehtävän luonteen vuoksi puolustushaarojen pitää pystyä keskustelemaan keskenään, viestijärjestelmien välille pitää rakentaa silta. Tämä voisi olla esimerkiksi viestikeskus tai reititin, jonka kautta kaikki puolustushaarasta toiselle tarkoitetut viestit kulkisivat. Keskuksessa olisi laite tai ihminen, joka kääntäisi tai siirtäisi yhden viestijärjestelmän sanomat toiselle järjestelmälle. Rauhan ajan etsintäoperaatiossa tai öljyntorjuntaoperaatiossa viestien reitittäminen viestikeskuksen kautta ei todennäköisesti aiheuttaisi viestien kulkuun niin suurta viivästystä, että operaation suorittaminen vaarantuisi. Sen sijaan kriisin aikana viestiliikenteeseen aiheutuvat viiveet voisivat aiheuttaa ongelmia. Mikäli viestiliikenne ei olisi täysin reaaliaikaista, joukkojen toiminta saattaisi kangistua. Tämä voitaisiin kuitenkin välttää hyvällä ennakkosuunnittelulla ja joukkoja harjoituttamalla. Kriisin aikana jo rauhan aikana tehty työ nousisi siis tärkeään rooliin.

Järjestelystä koitua hyöty olisi, että vaikka yhden puolustushaaran viestiverkko kaatuisi, muiden viestiverkot toimisivat ja ne voisivat suorittaa omia tehtäviään tai toimia yhdessä, mikäli verkkoja yhdistävä rakenne edelleen toimisi. Myöskään viestiverkkoja yhdistävän järjestelmän kaatuminen tai häiriintyminen ei vaikuttaisi puolustushaarojen sisäiseen viestiliikenteeseen tai toimintaan. Erillisistä verkoista olisi myös se hyöty, että puolustushaarojen sisäiset viestit eivät kuormittaisi koko viestiverkkoa. Kaikki reitittimen kautta tulevat viestit olisivat tarkoitettuja kaikkien

puolustushaarojen käyttöön. Suotavaa kuitenkin olisi, että viesteille voitaisiin määrittää kohdejoukko tai -joukkoja.

Puolustushaarojen eri viestiverkkoja yhdistettäessä syntyisi koko puolustusvoimia kattavaan viestiverkkoon viestikeskusten/reitittimien kohtiin ns. solmukohtia. Nämä solmukohtat saattaisivat muodostua viestiverkon heikkoudeksi. Solmukohtien läpi kulkevan tiedon määrä saattaisi monimutkaisen yhteisoperaation aikana nousta niin suureksi, että solmukohdan tiedonsiirtokapasiteetti ei riittäisikään.

Myös solmujen määrä saattaisi aiheuttaa ongelmia. Jos solmukohtia on vain muutama, kuvitteellinen vihollinen saavuttaa kriisin ja sodan aikana huomattavan edun tuhoamalla solmukohtat ja katkaisemalla näin puolustushaarojen välisen viestiliikenteen. Solmukohtien tuhoaminen tekisi puolustushaarojen suorittaman joustavasti toteutetun yhteisoperaation käytännössä mahdottomaksi. Tällöin toiminta kangistuisi ja puolustushaarat eivät kykenisi suoraan tukemaan toisiaan. Niin monen solmukohdan rakentaminen, että järjestelmästä tulisi taistelunkestävä, ei todennäköisesti olisi kustannusten takia mahdollista.

Eri järjestelmien yhteen sitominen saattaa myös teknisellä tasolla valmistajien tai järjestelmien toimintaperiaatteen takia muodostua mahdottomuudeksi. Mikäli yhdellä puolustushaaralla on käytössään digitaalinen datalinkkijärjestelmä mutta muilla ei, saattaa viestien siirtäminen järjestelmien välillä muodostua hankalaksi. Tällöin solmujen rakentaminen saattaa tulla hyvinkin kalliiksi.

4.3 ILMAVOIMIEN OMAT OPERAATIOT

Ilmavoimien omiksi operaatioiksi lasketaan ne rauhan ja kriisin ajan tehtävät, jotka ilmavoimille on määrätty. Nämä tehtävät ovat moninaisia, mutta niiden tarkoitus on Suomen ilmatilan turvaaminen sekä rauhan, kriisin että sodan aikoina. Rauhan aikana suoritetaan ilmavalvontaa ja tunnistuslentotoimintaa. Kriisin ja sodan aikana tehtävänä on hävittäjätorjunta, mikä tarkoittaa

vastustajien lentokoneiden torjumista omilla hävittäjillä. Torjunnoissa tehtävänä on keskittyä maa- ja merivoimille vaarallisimpiin maaleihin eli pommi- ja rynnäkkökoneisiin. Lisäksi lentokoneilla suoritetaan lentotiedustelua, laskuvarjopudotuksia, erikoisoperaatioita sekä muita tukitehtäviä.

Jotta kaikkia tehtäviä olisi mahdollisuus suorittaa, tarvitaan ilmatilannekuvaa. Sitä muodostetaan lennostojen pääjohtokeskuksissa tutkahavaintojen perusteella. Ilmatilannekuva on käyttökelpoinen heti kun se on tunnistettu, eli silloin kun ilma-alusten kansalaisuus ja aiheet ovat tiedossa. Tunnistuksia suorittavat siviili- ja sotilasilmaluviranomaiset yhteistyössä. Ilma-alukset tunnistetaan lentosuunnitelmien ja muiden käytössä olevien tietojen avulla. Jos ilma-alusta ei muuten pystytä tunnistamaan, vastuussa oleva pääjohtokeskus käskää tunnistuskoneen ilmaan. Tunnistuskone on aseistettu, ja se käy määrittämässä tunnistamattoman maalin kansalaisuuden ja muut yksilötiedot. Mikäli kyseessä on Suomen ilmatilaan eksynyt kone, se ohjataan pois Suomen alueelta tai tarvittaessa pakotetaan laskuun.[11]

Datalinkkijärjestelmää käytetään ilmavoimien omissa operaatioissa koko ajan. Hävittäjä, joka on suorittamassa esimerkiksi tunnistustehtävää, voi datalinkkijärjestelmän avulla kommunikoida vastuussa olevan johtokeskuksen kanssa ja saada sieltä tarvittavan tiedon maalista. Kriisin ja sodan aikana vaatimukset datalinkkijärjestelmälle ovat kovat. Ilmavoimat joutuu kriisiin ja sodan aikana toimimaan vihollisen häirinnän alaisena, ja samaan aikaan ilmavoimien tulisi kyetä joustavasti reagoimaan vihollisen toimintaan. Tämä vaatii datalinkkijärjestelmältä hyvää häirinnänsietoa sekä sellaisia toimintoja, jotka mahdollistavat hävittäjäkoneiden joustavan käytön.

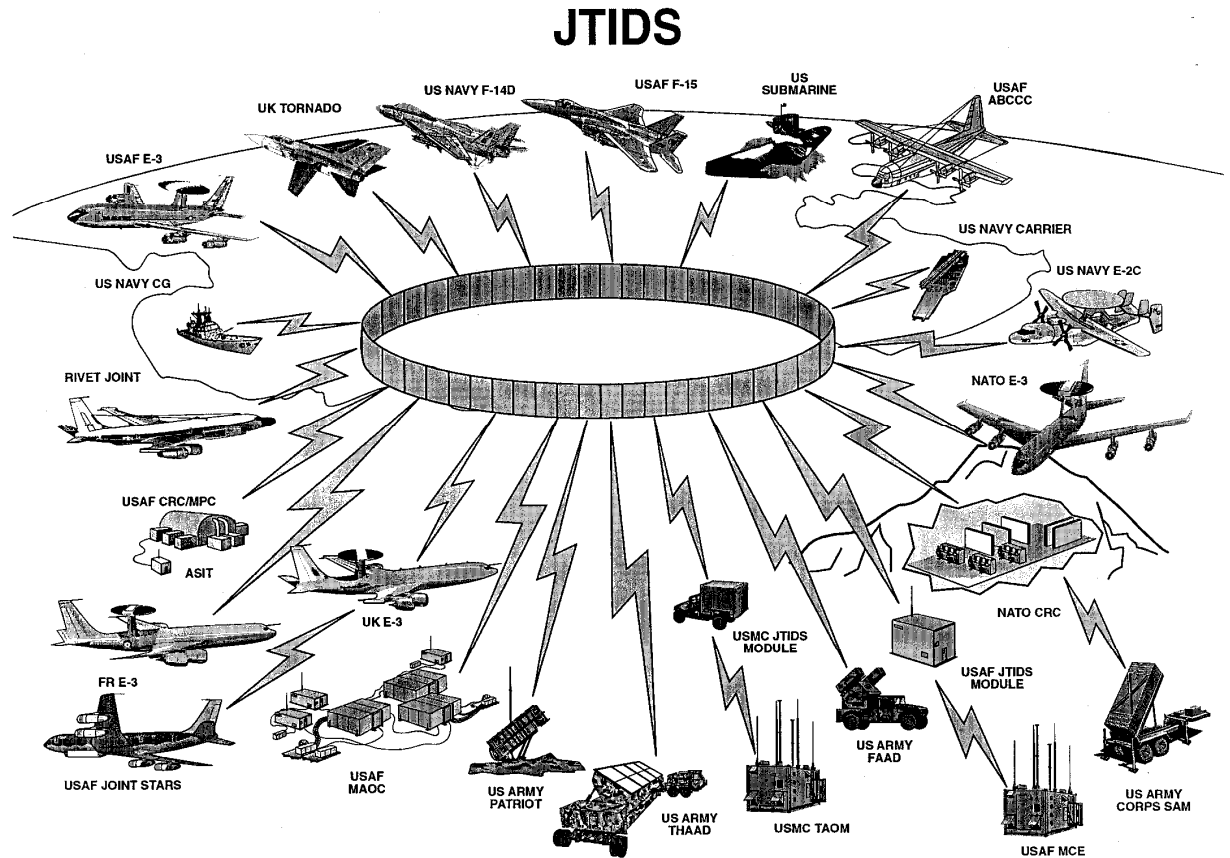
5 LINK-16 -JÄRJESTELMÄN ESITTELY

Link-16 on datalinkijärjestelmä, jolla voidaan siirtää digitaalista tietoa eri asemien välillä. Asemat voivat sijaita joko maalla, merellä (laivassa) tai ilmassa (lentokoneessa). Siirrettävä tieto voi olla esimerkiksi maalitietoa, ilmatilannekuvaa tms.

Link-16 on Yhdysvaltojen ja sitä kautta Naton käyttämä datalinkijärjestelmä. Se otettiin käyttöön Yhdysvaltojen laivaston laivoissa ja lentokoneissa vuonna 1994. Sen edeltäjiä ovat Link-11 ja Link-4A. Link-16:ta ei kuitenkaan ole otettu laajaan käyttöön Yhdysvaltojen maa- tai ilmavoimissa. Maavoimilla on käytössä oma datalinkijärjestelmänsä, jolla on osittain sama syntyhistoria kuin Link-16:lla. Ilmavoimilla Link-16 on asennettuna vähäisessä määrin eri konetyyppeihin, joista tunnetuimpia ovat ehkä AWACS-koneet. Ilmavoimien omassa operaatioissa käytetään kuitenkin toisenlaista yhteyttä lentokoneiden välillä. Link-16:lla on sama käyttötarkoitus kuin molemmilla vanhemmilla linkeillä, eli reaaliaikaisen taktisen datan siirto sotajoukkojen eri yksiköiden välillä. Erona muihin linkeihin on sen solmuttomuus, häirinnänsieto, joustavuus kommunikaatio-operaatioissa, erillinen lähetys- ja dataturvallisuus, järjestelmän mahdollistama lisääntynyt käyttäjämäärä, suurempi datansiirtokapasiteetti, verkon navigointiominaisuudet sekä turvattu puhetoiminto.[6]

Link-16:sta puhuttaessa esiin nousee usein myös muita nimiä, joista mainitsen tässä selvyuden vuoksi muutamia. Yhdysvaltojen laivasto käyttää Naton Link-16 -termiä synonyyminä *Tactical Digital Information Link J*:lle (TADIL J). TADIL J -nimeä käyttävät kaikki muut Yhdysvaltojen yhteistoimintajoukot. Link-16 ja TADIL J -termit kattavat kaikki järjestelmässä olevat laitteet, kuten tietokoneet, päätelaitteet jne. Link-16 -järjestelmän mahdollisesti tärkein komponentti on varsinaisen datasiirron suorittava komponentti eli *Joint Tactical Information Distribution System* (JTIDS). JTIDS koostuu päätelaitteista, jotka ovat Class2 -versiota. Class2 -pätelaitteet sisältävät ohjelmistoa (software), laitteita (hardware), Link-16 -järjestelmän radiolaitteet sekä

niiden tuottaman aaltomuodon. Natossa JTIDS -laitteista käytetään myös termiä *Multifunctional Information Distribution System* (MIDS). [23]



Kuvio 3. JTIDS laitteet luovat verkon, jossa viesti kulkee monille eri käyttäjille.[10]

5.1 LINK-16:N HISTORIA

Link-16 -järjestelmän selkärankana on JTIDS, joten sen historia on käytännössä sama kuin Yhdysvaltojen JTIDS-ohjelman. JTIDS-ohjelma juontaa 1970-luvulle, jolloin Yhdysvaltojen laivasto ja ilmavoimat käynnistivät tietämättä toistensa suunnitelmista yhteensä neljä ohjelmaa, joilla oli tarkoitus ratkaista niiden sen hetkiset suurimmat ongelmat. Laivaston ohjelmat olivat *The Integrated Tactical Air Control Program* ja *The Integrated Tactical Navigation System*. Ohjelmien päämääränä oli tuottaa digitaalinen järjestelmä laivojen, lentotukialusten sekä niiltä operoivien lentokoneiden koordinoimiseksi. Ilmavoimilla oli samantyyliisiä päämääriä omissa

ohjelmissaan *Position Location Reporting and Control of Tactical Aircraft* ja *Integrated Communications, Navigation and Identification*. Kaikkien neljän ohjelman tulokset olivat niin lupaavia, että niille haettiin virallista OSD:n (Office of the Secretary of Defence) hyväksyntää ja rahoitusta vuonna 1973. Ilmavoimien ohjelmien johtovastuu oli aikaisemmin ollut Mitre Corporation -nimisellä siviiliyrityksellä. Tämän yhtiön asiantuntijat huomasivat pian, että laivaston ja ilmavoimien projekteissa oli hämmästyttäviä yhtäläisyyksiä. Mitren insinöörit huomasivat, että uuden teknologian (kuten mikroprosessorin) avulla voitaisiin rakentaa liikkuva, solmuton ja kaikille tarjoilla oleva viestintäjärjestelmä. Koska samaan aikaan tehtiin harppauksia pii-sirujen kehityksessä, voitiin myös olettaa, että itse laitteet voitaisiin rakentaa riittävän pieniksi ja tarpeeksi edullisiksi. Tuloksena olisi viestintäjärjestelmä, joka voitaisiin ohjelmoida vastaamaan jokaisen käyttäjän asettamia vaatimuksia. Tulosten perusteella vuonna 1974 perustettiin JTIDS Joint Program Office, jossa kaikkien aselajien tuli olla edustettuina. Ilmavoimien Mitre-yhteydet sekä se, että ilmavoimat myös ostaisivat suurimman määrän kalustosta, johtivat siihen, että ilmavoimat asetettiin toimiston johtoon. [1]

Kehityksen alkuvaiheessa kaikki osapuolet näkivät JTIDS-järjestelmän hyödylliseksi. Ilmavoimat odottivat, että JTIDS:n avulla voitaisiin jakaa vuonna 1978 operatiiviseen käyttöön tulevan AWACS -koneen tuottamia tietoja tarvitseville. Ilmavoimissa arveltiin myös, että F-15 -hävittäjälle olisi apua JTIDS-järjestelmästä. Ilmavoimien ainoa huolenaihe oli järjestelmän lentäjälle tuottama lisäkuormitus. Laivasto näki JTIDS-järjestelmässä ratkaisun ongelmaan, millä sitoa kaikki niiden viestintäverkot, kuten ilma-, meri- ja sukellusvenejärjestelmät, yhteen. Ne odottivat myös saavansa osan AWACS:n tuottamista tiedoista ja samalla välineen, jolla jakaa oman tiedustelukoneensa E2C Hawkeye:n tietoja. Laivaston väki ei myöskään nähnyt lentäjien lisäkuormitusta ongelmana, koska heillä oli vain kahden istuttavia koneita, joissa oli tutkaupseeri, joka pystyisi hoitamaan myös JTIDS:n käytön. Maavoimat saivat taas JTIDS-järjestelmästä salatun tiedonsiirtoväylän, jonka avulla voitaisiin antaa esimerkiksi paikkatietoja. JTIDS tarjoaisi myös välineen, jolla erottaa toisistaan omat ja vihollisen joukot sekä lentokoneet. [1]

Ohjelman aluksi sovittiin, että ensin kehitettäisiin Class1 -päätelaitteita ratkaisemaan jo olemassa olevaa ongelmaa AWACS-koneiden datalinkistä. Tämän jälkeen rakennettaisiin Class2 -päätelaitteista täysimittainen JTIDS-järjestelmä. Class2 -päätelaitteiden piti olla riittävän pieniä mahtuakseen hävittäjäkokoluokan lentokoneisiin, ja suunnitelmana oli ottaa 5000 tällaista

yksikköä käyttöön maa-, meri- ja ilmavoimissa. Lisäksi suunniteltiin, että tulevaisuudessa tekniikan kehittyessä syntyisi vieläkin kehittyneempiä Class3 -luokan päätelaitteita. [1]

Pian syntyi kuitenkin erimielisyyksiä järjestelmässä käytettävistä teknisistä toteutuksista. Aluksi erimielisyydet koskivat järjestelmässä käytettävää viestiformaattia. Ilmavoimat olisi halunnut kehittää väliaikaisen tekniikan AWACS-koneissa käytettäville Class1 -pätelaitteille, mutta laivasto halusi käyttää Class1 -pätelaitteissa niillä jo aikaisemmin käytössä ollutta viestiformaattia, TADIL:ia. Oli jo sovittu, että Class2 -pätelaitteisiin kehitettäisiin kokonaan uusi formaatti, TADIL J. Lopulta laivasto hävisi kiistan, ja AWACS -koneisiin kehitettiin oma, väliaikainen standardi. [1]

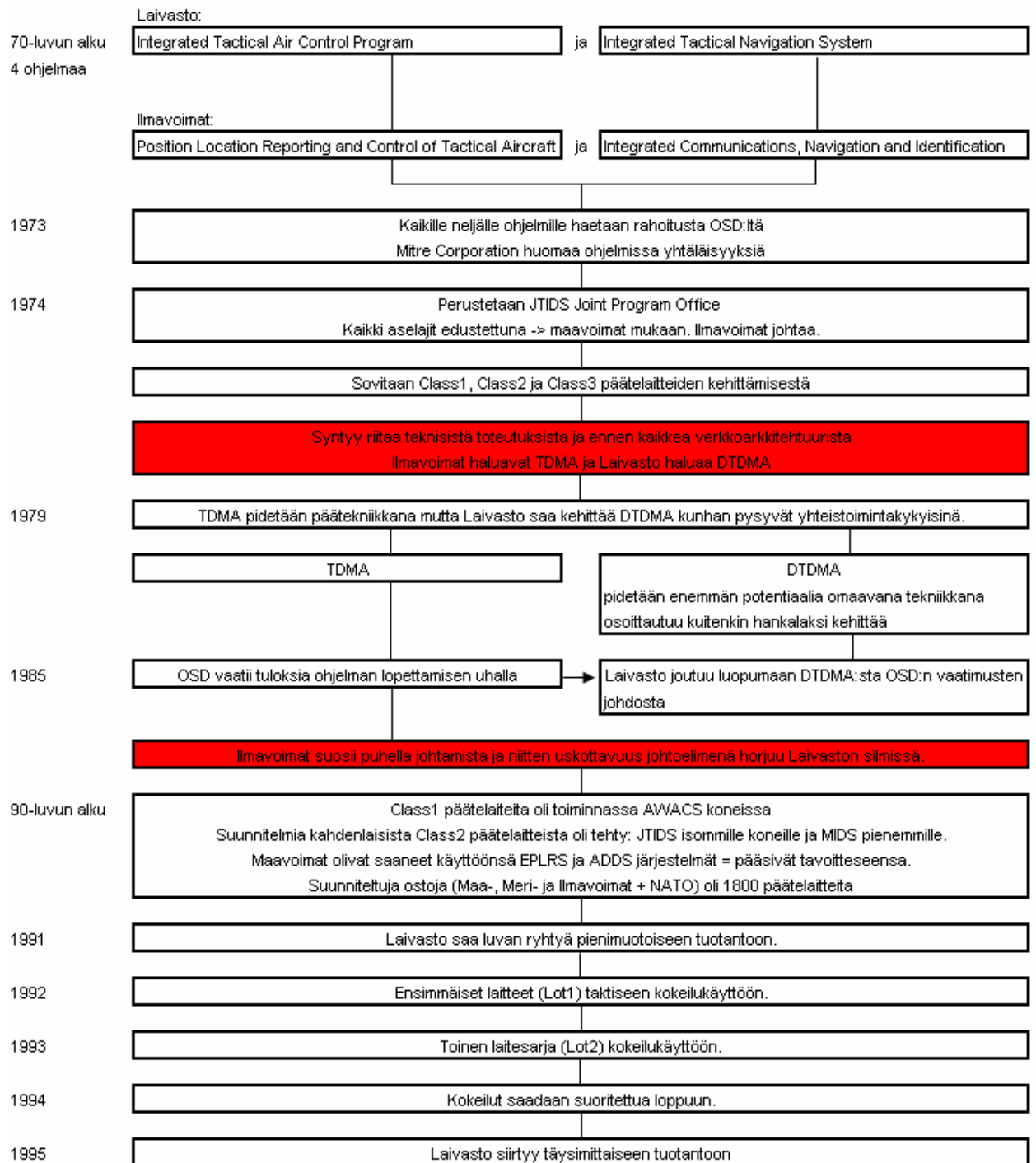
Suurempi riita laivaston ja ilmavoimien välille syntyi käytettävästä verkkoarkkitehtuurista. Laivasto halusi käyttää DTDMA-tekniikkaa, kun taas ilmavoimat suosivat TDMA-tekniikkaa. Maavoimat tyytyivät lähinnä sivustakatsojan rooliin. Maavoimien tavoitteena oli nimittäin liittää JTIDS-järjestelmä niiden jo olemassa olevaan *Position Location Reporting System*:iin (PLRS), mikä onnistuisi sekä TDMA- että DTDMA -tekniikoilla. Riita verkkoarkkitehtuurista johti siihen, että vuonna 1979 päätettiin pitää TDMA-tekniikka JTIDS:n päätekniikkana, mutta laivastolle annettiin lupa jatkaa DTDMA-tekniikkansa kehittelyä. Laivaston järjestelmien oli kuitenkin oltava yhteistoimintakykyisiä ilma- ja maavoimien TDMA-järjestelmien kanssa. DTDMA-tekniikkaa pidettiin yleisesti kehittyneempänä ja kasvumahdollisuuksiltaan parempana, mutta laivasto kohtasi vaikeuksia sen kehittäessään. Vuonna 1985 laivasto joutui luopumaan DTDMA-tekniikan kehittelystä, koska Yhdysvaltojen House of Representatives pakotti OSD:n valitsemaan tekniikoista jomman kumman, uhkaamalla muuten lopettaa koko JTIDS-ohjelman. Kehittelyvaikeuksien johdosta DTDMA:sta luopuminen oli luonnollinen valinta. [1]

Erimielisyyksiä syntyi myös muilla alueilla. Ilmavoimissa taktisten lentokoneiden johtamiseen datalla suhtauduttiin varauksellisemmin, sillä ilmavoimissa suosittiin perinteistä puheella johtamista. Ilmavoimat, joka totesi toimivansa syvemmillä vihollisen alueella ja sen takia kohtaavansa myös enemmän häirintää, epäili myös JTIDS-pätelaitteiden häirinnänsietoa. Tämän myötä ilmavoimien sitoutuminen JTIDS-ohjelmaan alkoi myös laivaston silmissä rakoilla, ja koska johtovastuu oli ilmavoimilla, sitoutumattomuus herätti laivastossa ärtymystä. [1]

1990-luvun alkaessa Class1 -päätelaitteita oli onnistuneesti asennettu AWACS -lentokoneisiin, ja ne toimivat Naton ilmapuolustuksessa koneiden ”ilmasta maahan” -datalinkkinä. Maavoimien PLRS-JTIDS -järjestelmästä oli kehittynyt EPLRS (Enhanced PLRS), joka vastasi sitä, mitä maavoimat olivat JTIDS-ohjelmalta jo alun perin hakeneet. Maavoimat oli myös ottanut käyttöönsä ADDS:n (Army Data Distribution System), jonka piti alun perin toimia ilmavoimien yhteytenä ilmapuolustukseen mutta josta tuli lopulta koko ilmavoimien johtamisjärjestelmän työkalu.

Class2 -päätelaitteita oli suunniteltu lentokoneisiin kahdenlaisia. Jo täydessä kehityksessä ollut versio oli tarkoitettu valvontalentokoneisiin (AWACS) ja isommille hävittäjille (F-14 ja F-15) sekä merialuksille ja maa-asemille, joihin kyseiset koneet olivat yhteydessä. Toinen versio eli ”MIDS” oli tarkoitettu pienemmille hävittäjille, kuten F-16 ja F-18 sekä mahdollisesti myös eurooppalaiset Tornado ja Rafale. Yhdysvaltojen ilmavoimat, joka edelleen suhtautui varauksellisesti datalinkijärjestelmän asettamiseen hävittäjään, oli ostamassa vähiten Class2 -päätelaitteita (200 kpl), joista suurin osa (180 kpl) oli suunniteltu valvonta- ja johtamisyksiköille. Laskettaessa kaikki suunnitellut ostot yhteen (maa-, meri-, ilmavoimat ja Nato) Class2 -päätelaitteiden myyntiluvuksi saadaan kuitenkin yli 1800 kpl. [1] Voidaan siis todeta, että tähän mennessä suurin hyöty JTIDS-ohjelmasta oli tullut maavoimille, ja johtovastuussa ollut ilmavoimat, jonka alun perin piti hankkia kalustoa eniten, olikin lopulta hankkimassa vähiten.

Kesäkuussa 1991 laivasto sai luvan siirtyä Class2- ja Class2H -päätelaitteiden pienimuotoiseen tuotantoon. Tuolloin alkoivat myös laitteiden kehityskokeilut. Helmikuussa 1992 ensimmäiset laitteet (Lot 1) otettiin taktiseen ja operatiiviseen kokeilukäyttöön, mitä jatkettiin Lot 2:lla helmikuussa 1993. Kokeilut saatiin suoritettua vuoden 1994 aikana, ja laivasto päätti siirtyä täysimittaiseen tuotantoon maaliskuussa 1995. Link-16 on laivastossa integroitu F-14D ja E-2C -lentokoneisiin sekä niiden tukialuksina toimiviin laivoihin. Tämänhetkisen arvion mukaan vuonna 2007 olisi käytössä 1116 Link-16 -päätelaitetta.[6]



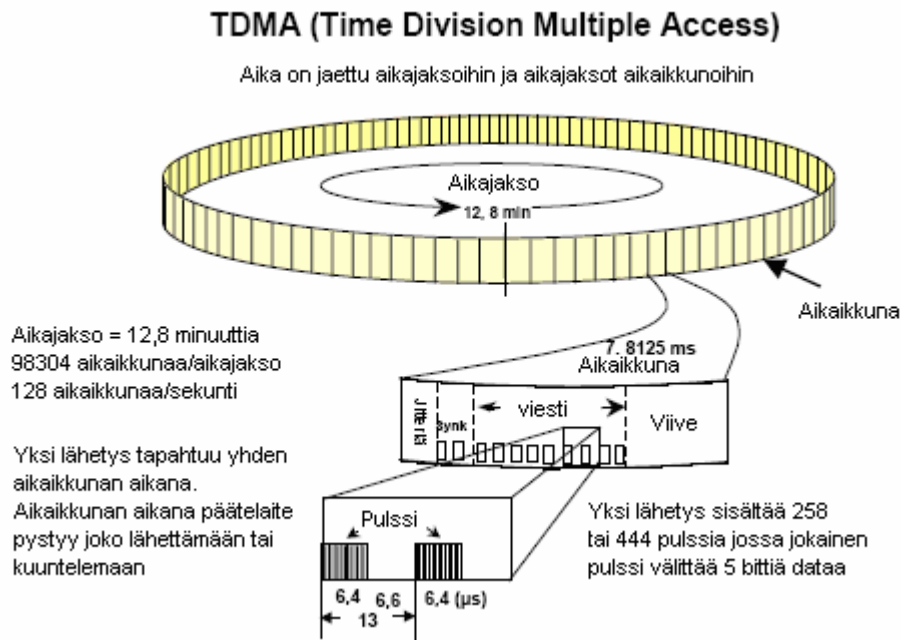
Taulukko 3. Link-16 -järjestelmän syntyhistoria

5.2 LINK-16 -JÄRJESTELMÄN TOIMINTAPERIAATE

Link-16 käyttää TDMA (Time Division Multiple Access) -verkkoarkkitehtuuria. Jokaiselle päätelaitteelle on määrätty tiettyjä aikaikkunoita 12 sekunnin aikakehyksestä, jolloin ne lähettävät ja vastaanottavat dataa ohjelmointinsa mukaisesti. Data liikkuu purskeissa, jotka ovat joko 258 tai 444 pulssia pitkiä. Jokaisessa kehyksessä on 1536 aikaikkunaa eli 128 aikaikkunaa/s.[4]

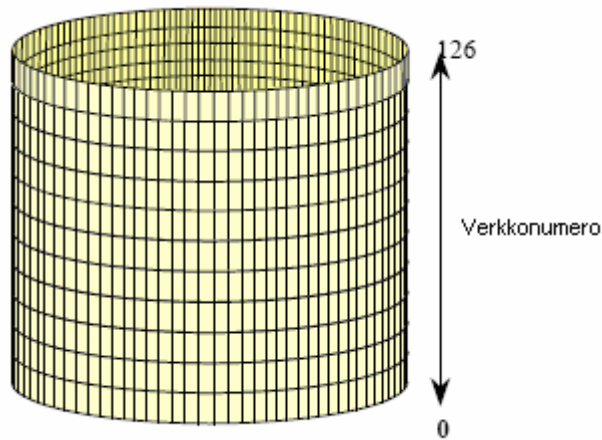
Rakentamalla päätelaitteiden käyttämää verkkoa aikaansaadaan *Frequency Division Multiple Access* (FDMA) ja *Code Division Multiple Access* (CDMA) -tekniikkoja käyttäen moniverkkotoiminto, jossa päätelaitteet näennäisesti toimivat eri verkoissa samanaikaisesti. Jokainen verkko toimii 12,8 minuutin aikajaksoissa. Nämä aikajaksot jaetaan 98304 aikaikkunaan, eli aikaikkunoita on 12 sekunnin pituisen aikakehyksen aikana 1536. Helpolla laskulla voi todeta, että 12 sekunnin aikakehyksiä on yhden aikajakson aikana 64. Voidaan siis sanoa, että aikaa jaetaan aikajaksoihin, jotka sitten jaetaan aikaikkunoihin. Koska jokainen aikaikkuna on 1/128 sekuntia, aikaikkunat ovat 7,8125 millisekuntia pitkiä. Jokainen aikaikkuna on jaettu seuraaviin osiin: alkujakso (jitteriä), synkronointiosa, tiedonsiirto-osa ja loppuviive. Loppuviive on suunniteltu niin, että tiedonsiirtoetäisyys on 300 merimailia eli 555 kilometriä. Tämä viive on välttämätön, koska muuten esimerkiksi viestien kulku aika päätelaitteesta päätelaitteeseen aiheuttaisi yhteyttä häiritsevää interferenssiä. Erikoismoodilla, pienentämällä alkujaksoa, on aikaansaatava 500 merimailin eli 926 kilometrin yhteysväli.

Aikaikkunoita ei jaeta 12 sekunnin kehyksen aikana tasan eri päätelaitteiden kesken, vaan päätelaitteille annettu määrä riippuu siitä, mitä verkkopalvelua päätelaite käyttää. Yhden verkon aikajakson aikaikkunat sen sijaan jaetaan kolmeen yhteen suureen ryhmään (32768 ikkunaa/ryhmä), joissa ne nimetään ja numeroidaan niin, että jokainen aikaikkuna saa oman yksilöllisen tunnuksensa. Näitä ikkunoita jaetaan eri verkkopalveluille vaihteleva määrä (kuten esimerkiksi ilmatilannekuvalle koko aikajakson aikana joka neljäs ikkuna). Kyseistä palvelua käyttävät päätelaitteet kuuntelevat kyseisiä aikaikkunoita.[4]



Kuvio 4. TDMA-verkkoarkkitehtuuri [4]

Käyttämällä taajuushyppelyhajaspektritekniikkaa saadaan aikaan niin kutsuttua kasattua verkkorakennetta. Tämä tarkoittaa, että eri päätelaitteet suorittavat samoja toimintoja käyttäen samoja aikaikkunoita mutta ovat eri taajuuksilla, koska ne käyttävät erilaisia taajuushyppelykaavoja. Näitä kasattuja verkkoja on 127 erilaista numerosta 0 numeroon 126, ja numeron perusteella päätelaitteet tietävät, mitä taajuushyppelykaavaa niiden tulee käyttää. Tässä järjestelmässä eri verkot eivät häiritse toisiaan, vaikka ne lähettävätkin samaan aikaan. Yhden aikaikkunan aikana tietoa liikkuu normaalisti 258 pulssia. Nämä pulssit ovat 6,4 mikrosekuntia pitkiä, ja niiden väli on 6,6 mikrosekuntia. Koska jokainen pulssi lähetetään eri taajuudella, tämä tarkoittaa, että taajuus vaihtuu 13 mikrosekunnin välein ja taajuudenvaihtotahti on 76923 hyppyä/s. Taajuus ei siis ole vakio yhdessä aikaikkunassa. Tämän takia tietty päätelaite on sidottu aina yhteen verkkoon yhden aikaikkunan ajaksi, mutta se voi aikaikkunoiden välissä vaihtaa verkkoa. Käytännössä yksi päätelaite joko lähettää tai kuuntelee jossain verkossa jokaisen aikaikkunan aikana. Näin saadaan aikaan toiminto, jossa päätelaitteet toimivat monessa eri verkossa näennäisesti samaan aikaan. Taajuushyppelykaavat perustuvat tiettyyn kryptomuuttujaan ja ovat näennäisesti sattumanvaraisia. Kaikkien päätelaitteiden, jotka haluavat käyttää tiettyä verkkoa, on tunnettava verkon hyppelykaava. Link-16 -läheteille on varattuna 51 eri taajuutta 969–1206 MHz:n taajuuskaistasta 3 MHz:n taajuusvälillä.[4]



Kuvio 5. Kasattu verkkorakenne [4]

Jotta päätelaitteet voisivat keskustella keskenään, niiden pitää tietää, milloin lähettää ja milloin kuunnella. Tämän takia päätelaitteiden on oltava samassa ajassa. Tämän koordinoimiseksi määrätään yksi päätelaite Net Time Referenceksi (NTR), joka toimii aikavertailukohtana. NTR lähettää aikalähetteitä, joiden perusteella muut päätelaitteet synkronoivat aikaikkunoihinsa. Koska järjestelmä voi toimia tuntikaupalla ilman NTR:n synkronointilähetteitä ja koska NTR-vastuu voidaan joustavasti siirtää toiselle päätelaitteelle, voidaan katsoa, että Link-16 on käytännössä solmuton järjestelmä.

Link-16 -pätelaite synkronoituu verkkoon kahdessa vaiheessa. Ensin tapahtuu ns. karkea synkronointi, jonka jälkeen tapahtuu hienosynkronointi. Karkea synkronointi tapahtuu käyttämällä synkronoinnin aloituskaaviota, jota käytetään (numeron avulla) tunnistamaan, milloin tietty aikaikkuna esiintyy. Hienosynkronoinnissa päätelaitteen kello asetetaan samaan aikaan kuin NTR:n tai paremman järjestelmäkäsityksen omaavan päätelaitteen kello. NTR-pätelaitteena toimiva laite on ohjelmoitu asettamaan oman aikalaatunsa suurimpaan mahdolliseen arvoon eli Q_t 15:een. Muut päätelaitteet asettavat arvonsa Q_t 14:sta alaspäin Q_t 0:aan riippuen siitä, milloin ne viimeksi ovat olleet yhteydessä NTR:ään. Hienosynkronointiin on käytössä kaksi mahdollista menetelmää, aktiivinen ja passiivinen. Aktiivisessa menetelmässä päätelaite lähettää ja vastaanottaa Round-Trip-Timing (RTT) -viestejä. Passiivisessa menetelmässä päätelaite taas säätää kelloaan muilta päätelaitteilta vastaanotettujen aika- tai paikkatietoa sisältävien viestien perusteella. Kellojen synkronointiin voidaan käyttää myös GPS-järjestelmää. Silloin käytetään ns. External Time Referenceä (ETR).[4]

Tiedon lähettämiseen aikaikkunassa on olemassa neljä eri aikaikkunarakennetta: standardi tuplapulssi, pakattu 2 tuplapulssi, pakattu 2 yksipulssi ja pakattu 4 yksipulssi. Aikaikkunarakennetyyppejä voidaan käyttää joustavasti, riippuen siitä, millaista tietoa siirretään. Standardi tuplapulssi sietää häirintää parhaiten, ja pakattu 2 tuplapulssi sekä pakattu 4 yksipulssi rajoittavat yhteysvälin 300 merimailiin (555 km). Aikaikkunassa voidaan haluttaessa käyttää myös virheenkorjausta. Virheenkorjauksen käyttäminen hidastaa kuitenkin tiedonsiirtoa. Virheenkorjausmenetelmänä käytetään Reed-Solomon -koodia. Tiedonsiirtonopeus vaihtelee sen mukaan, millaista pulssia käytetään ja onko virheenkorjaus päällä vai ei. Tiedonsiirto on hitaimmillaan, 28,8 kbits/s, silloin kun käytetään standardi tuplapulssia ja virheenkorjaus on päällä. Nopeimpaan tiedonsiirtoon eli nopeuteen 238 kbits/s päästään käyttämällä pakattua 4 yksipulssia ja jättämällä virheenkorjaus pois päältä.[4]

Link-16 -järjestelmässä käytetään puheensiirtämisessä AD -muuntimena 16-bittistä *Continuously Variable Slope Delta* (CVSD) -modulaatiota. Itse siirtoa varten puhetta koodataan käyttämällä *Linear Predictive Coder-10*:ä (LPC-10), jolla on 2,4 kbit/s:n nopeus.[4]

5.3 LINK-16 VERKONHALLINTA

Link-16 -järjestelmä toimii verkossa, mutta se ei pysty luomaan tätä verkkoa automaattisesti. Jokainen verkkorakenne pitää suunnitella ja määrittää etukäteen. Näitä verkkoja luodaan erilaisia erilaisille operaatioille tehtävien asettamien vaatimusten mukaan. Yhdysvaltain laivastossa näitä verkkoja suunnittelee *Naval Research and Development Division* (NRaD), joka sijaitsee osana *Naval Command Control and Ocean Surveillance Centeriä* (NCCOSC) Pennsylvanian Warministerissa. Verkot tallennetaan magneettinauhoille ja säästetään mahdollista käyttöä varten. [23] Samaa asiaa hoitaa Isossa-Britanniassa *Data Link Operations Centre* (DLOC). Rauhan aikana DLOC sijaitsee RAF High Wycombessa ja toimii *Joint Force Air Component Headquartersin* (JFACHQ) alaisuudessa. DLOC on myös vastuussa kaikkien eurooppalaisten Link-16 -käyttäjien koordinoinnista. [4]

Verkkoa rakennetaan jakamalla kapasiteettia virtuaalisiin piireihin ja antamalla jokaiselle piirille yksi tehtävä. Piirin kaikki tietoliikenne on sidoksissa tähän tehtävään. Näin verkkoon muodostuu niin kutsuttuja toiminnallisia ryhmiä eli ”functional groups”. Verkon käyttäjille annetaan tehtäviensä perusteella käyttöoikeudet eri toiminnallisiin ryhmiin. Erilaisia toiminnallisia ryhmiä voivat olla esimerkiksi seuraavat [23]:

- omien tunnistaminen
- paikan ilmoittaminen
- ilmatilan valvonta
- maalienjako hävittäjien kesken
- suojattu puhekanava jne.

Verkkoon muodostuu myös verkon ylläpitoon tarkoitettuja toiminnallisia ryhmiä. Kaikkia toiminnallisia ryhmiä kutsutaan nimellä *Network Participation Groups* (NPG) eli verkkoon osallistumisryhmät. Jokaiselle verkkoa käyttävälle päätelaitteelle on määritelty, mitä NPG:itä se saa käyttää, jolloin se pystyy toimimaan vain niiden puitteissa. [23]

On mahdollista luoda verkkoon yhteensä 512 (0–511) osallistumisryhmää (Participation Group, PG). Näistä 30 (0–29) on varattu NPG:iksi. Nämä ovat tehtäväsidonnaisia, ja niissä liikkuva data perustuu tehtävän asettamiin vaatimuksiin. 22:lle NPG:lle on jo määritetty tehtävä. NPG:t 1–3 ovat varattuja verkon synkronointiin, NPG:t 4–29 taas operatiivisiin ja taktisiin toimintoihin. PG:t 30 ja 31 on varattu IJMS-viesteille. Loput PG:t (32–511) on varattu ”Needline PG”:iksi. Needline PG:t ovat vastaanottajasidonnaisia ja vaativat, että vastaanottajan osoite on määritelty. Yhdysvaltojen laivastossa ei käytetä Needline PG:itä, mutta sikäläisillä maavoimilla ne ovat käytössä. [23]

Functional group	PG
Initial Entry	1
RTT A	2
RTT B	3
Network Management	4
PPLI and Status A (dedicated)	5
PPLI and Status B	6
Surveillance	7
Mission Management (weapons coordination & management)	8
Control	9
Electronic Warfare	10
Voice A	12
Voice B	13
Indirect PPLI (U.S. Navy)	14
Imagery (proposed) (Suomeksi: Kuvansiirto)	17
Weapons Coordination	18
Fighter-to-Fighter (Non C2 – Non C2 JU A)	19
Fighter-to-fighter (Non C2 – Non C2 JU B)	20
Engagement Coordination	21
Composite A	22
Composite B	23
PPLI (Joint Net Broadcast)	27
Distributed Network Management	28
Free text (USAF) & Residual Messages	29
IJMS Position and status	30
IJMS Messages	31
Needline PGs	32-511

Taulukko 4. Mahdollinen PG -jako [4]

Verkon kapasiteettia jaetaan NPG:ille niiden tarpeiden mukaan. Jaossa huomioidaan esimerkiksi seuraavat asiat:

1. Kuinka moni ja minkälaiset päätelaitteet käyttävät kyseistä NPG:tä?
2. Kuinka usein näiden päätelaitteiden tarvitsee liikennöidä kyseisellä NPG:llä?
3. Kuinka paljon dataa NPG:llä ennakoitaan siirrettävän?
4. Kuinka usein NPG:n tieto päivittyy?
5. Tarvitseeko NPG reletointoja? [23]

Kun jokaiselle NPG:lle on jaettu osa verkkokapasiteetista, jokaiselle päätelaitteelle määritetään, kuinka paljon jonkin NPG:n kapasiteettia se saa käyttää. Yksi päätelaite voi toimia monessa NPG:ssä. NPG:iden kapasiteettia jaetaan päätelaitteille määrittelemällä aikaikkunablokkeja ja

käyttömahdollisuusmoodeja. [23] Käyttömahdollisuusmoodit määrittelevät päätelaitteille sen, missä aikaikkunoissa niillä on lupa lähettää. Aikaikkunablokit numeroidaan luvuin 1–64, jolloin yhdelle päätelaitteelle pystytään antamaan käyttöön maksimissaan 64 aikaikkunablokkia. Käyttömahdollisuusmoodeja on tällä hetkellä järjestelmässä kaksi ja kolmatta kehitellään. Käyttömahdollisuusmoodit ovat seuraavat [23]:

1. Dedicated Access
2. Contention Access
3. Time Slot Reallocation Access (kehitteillä)

Dedicated Access -moodissa aikaikkunoita annetaan jollekin tietylle päätelaitteelle lähetyksikäyttöön. Ainoastaan tämä päätelaite saa lähettää näissä aikaikkunoissa. Jollekin toiselle päätelaitteelle voidaan kuitenkin antaa käyttöön jotkin toiset aikaikkunat. Haittana tässä moodissa on, että jos jollain päätelaitteella ei ole dataa lähetettävänä, kun sille määritelty aikaikkuna esiintyy, tämä aikaikkuna jää kokonaan käyttämättä. Moodin hyvänä puolena pidetään sitä, että jokainen päätelaite tietää tarkasti, milloin lähettää ja milloin ei, jolloin ei synny päällekkäisiä lähetyksiä. Päällekkäisiä lähetyksiä voi kuitenkin syntyä, kun operoidaan monella verkolla. Haittana *Dedicated Access* -moodissa on myös se, että päätelaitteita ja näin ollen esimerkiksi lentokoneita ei pystytä vaihtamaan toisiin. Esimerkiksi jos lentokone A hajoaa, niin jotta sen tilalle voitaisiin ottaa lentokone B, pitää lentokone B:ssä oleva Link-16 -pätelaite ohjelmoida uudestaan käyttämään lentokoneelle A varattuja aikaikkunoita. Ongelmia tässä moodissa tuottaisi myös tilanne, jossa esimerkiksi verkossa 1 toimiva taistelunjohtaja 1 haluaisi antaa yhden koneistaan, esimerkiksi koneen 31, verkossa 2 toimivalle taistelunjohtaja 2:lle. Tällöin verkossa 2 olisi jo oma kone 32, joka todennäköisesti toimisi samoilla aikaikkunoilla kuin kone 31, jolloin syntyisi päällekkäisiä lähetyksiä verkossa 2. Jokaisessa verkossa pitäisi siis olla varalla aikaikkunoita muissa verkoissa toimiville koneille (mikäli halutaan siirtää koneita verkkojen/taistelunjohtajien välillä) tai sitten pitäisi pystyä ohjelmoimaan koneiden päätelaitteet uudestaan, vaikka kone olisikin ilmassa. Tämä ei nykyisin ole mahdollista.[23]

Contention Access -moodissa tietylle ryhmälle päätelaitteita jaetaan aikaikkunoita lähetyksikäyttöön. Jokainen päätelaite valitsee sitten itsenäisesti ja sattumanvaraisesti, missä

käyttöön annetuissa aikaikkunoissa se lähettää. Sitä, kuinka usein jokin yksittäinen päätelaite saa lähettää, rajoitetaan määrittelemällä jokaiselle päätelaitteelle oma access rate. Verkkosuunnittelua yksinkertaistaa, kun jokaisella päätelaitteella on samat ehdot, millä aloittaa lähetys. Samalla vähennetään verkon hallintaan tarvittavaa työmäärää. Tässä moodissa päätelaitteet eivät ole sidottuina tiettyyn tehtävään, kuten esimerkiksi jonkin tietyn lentokoneyksilön tietoliikenteen hoitoon. Näin ollen päätelaitteet ovat keskenään vaihdettavissa. Tämä on tärkeää toimittaessa lentokoneiden kanssa, koska tämä käytännössä mahdollistaa esimerkiksi rikkiäisen koneen vaihtamisen toiseen. Suurimpana haittana *Contention Access* -moodissa on, ettei lähettäjä koskaan voi olla sataprosenttisen varma viestin perillemenosta. Koska monet eri päätelaitteet käyttävät sattumanvaraisesti samoja aikaikkunoita lähetyksiinsä, on olemassa mahdollisuus, että kaksi päätelaitetta lähettääkin samaan aikaan eli samassa aikaikkunassa. Todennäköisyys, että näin tapahtuisi, riippuu seuraavista asioista:

- kuinka monta aikaikkunaa päätelaiteryhmälle on jaettu
- kuinka monta päätelaitetta ryhmässä on
- kuinka usein ryhmien päätelaitteilla on tarve lähettää.

Jos tai kun käy niin, että kaksi tai useampia päätelaitteita lähettää samassa aikaikkunassa, muut päätelaitteet kuulevat lähettäjän, joka sijaitsee niistä lähimpänä. Koska viestin perillemeno ei *Contention Access* -moodia käytettäessä voida taata, Yhdysvaltojen laivasto ei suuressa määrin sitä käytä. Pääasiassa moodia käytetään puheen siirtämisessä, koska tällöin Push-to-Talk -toiminto estää samanaikaiset lähetykset.[23]

Time Slot Reallocation -moodin kehitys on vielä kesken. Tulevaisuudessa sen tarkoitus on jakaa aikaikkunoita päätelaitteiden kesken niiden tarpeiden perusteella. Jokainen päätelaite ilmaisee lähetystarpeensa verkossa, ja aikaikkunoita jaetaan päätelaitteiden kesken tietyn algoritmin mukaisesti. Tämä tapahtuu jaksoittain, joten aikaikkunajako vaihtelee koko ajan. Jos päätelaitteiden aikaikkunatarve ylittää käytettävissä olevan aikaikkunamäärän, aikaikkunat jaetaan päätelaitteille suhteessa niiden ilmoittamiin tarpeisiin. Tällöin verkon toiminta hidastuu.[23]

Verkkoa suunniteltaessa pitää päätelaitteille aikaikkunablokkien ja käyttömahdollisuusmoodien lisäksi määrittää myös useita muita parametreja. Näihin kuuluvat esimerkiksi tarvittavat kryptovariaabelit (Message Security MSEC ja Transmission Security TSEC) sekä tieto siitä, pitääkö päätelaitteen vastaanottaa, lähettää vai välittää viestejä aikaikkunoissa.[23]

5.4 LINK-16 -PÄÄTELAITTEET

Vain Yhdysvaltojen hallituksen hyväksymät yhtiöt saavat valmistaa Link-16 -pätelaitteita. Tällä hetkellä on olemassa kolme tämän hyväksynnän saanutta yhtiötä, Data Link Solutions, Euromids ja Viasat. Kaikki kolme valmistavat MIDS -pätelaitteita, jotka edustavat kehittyneintä Link-16 -tekniikkaa. Data Link Solutionsilla on tarjolla myös vanhempaa tekniikkaa edustavia JTIDS -pätelaitteita. [15]

DATA LINK SOLUTIONS

Data Link Solutions on Rockwell Collinsin ja BAE Systemsin yhteinen Link-16 -pätelaitteita valmistava yhtiö. Yhtiö valmistaa sekä ensimmäisen sukupolven Class 2, 2H ja 2M -pätelaitteita että toisen sukupolven MIDS -pätelaitteita. Näistä maailmanlaajuiseen käyttöön ovat levinneet JTIDS Class2, MIDS FDL sekä Sea Harrereille suunnitellut pätelaitteet. [7]

Seuraavassa esitellään Data Link Solutionsin valmistamat ensimmäisen sukupolven pätelaitteet.

TIDS Class 2



Kuvio 6. TIDS Class 2 -pätelaitetekonaisuus

Class 2 -päätelaitteiden tarkoitus on tarjota turvallinen ja häirintää sietävä järjestelmä digitaalisen datan ja puheen siirtämiseksi. Päätelaitteet tarjoavat myös paikanmäärittämistoiminnon käyttäen sekä sisäistä suhteellista navigointitoimintoa että TACAN:ia. Laitekokonaisuus tunnistaa myös muut verkossa toimijat ja antaa näin tietoa omista joukoista. Laitekokonaisuus koostuu lähetin/vastaanotinlaitteesta sekä data-prosessointilaitteesta. Class 2 -päätelaitteita on käytössä seuraavissa sovelluksissa/organisaatioissa: *Joint Surveillance Target Attack Radar Systems (JSTARS)*, *Airborne Battlefield Command Control Center (ABCCC)*, *Air Operations Center (AOC)*, *Modular Control Equipment (MCE) -shelter*, F-14 Tomcat -lentotukialushävittäjä ja Tornadon (F.3) ilmapuolustusversio. [7]

Class 2 -päätelaitteen ominaisuudet ovat seuraavat [13]:

200 Watts RF Output

Up to 238 KBS Data Throughput

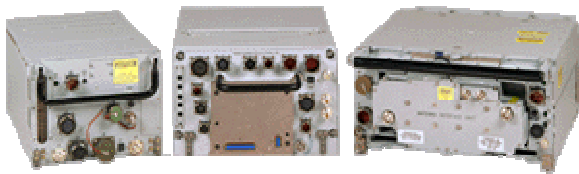
Dual Antenna Ports with Dynamic Switching

2 Channels Digital Voice (2.4 and/or 16 KBS)

Geodetic and Relative Navigation Integral TACAN

SRU Level BIT support 2 or 3 Level Maintenance

JTIDS Class 2H



Kuvio 7. JTIDS Class 2H -päätelaittekokonaisuus

Class 2H -päätelaitteet tarjoavat täysin muiden JTIDS -laitteiden kanssa yhteensopivan laitekokonaisuuden. Erona vanhempaan Class 2 -päätelaitteeseen verrattuna on Class 2H:n suurempi lähetysteho. Laitekokonaisuus koostuu lähetin/vastaanotinlaitteesta, data-prosessointilaitteesta sekä suurtehovahvistinlaitteesta. Class 2H -päätelaitteita on käytössä seuraavissa sovelluksissa/organisaatioissa: Yhdysvaltojen *E-3 Sentry Airborne Warning and*

Control System (AWACS) -lentokoneet, Ison-Britannian ja Ranskan AWACS -lentokoneet, Yhdysvaltojen *E-2C Hawkeye Airborne Early Warning and Control Center*, Yhdysvaltojen merkittävimmät laivat, Yhdysvaltojen *Marine Corps Tactical Air Operations Module* (TAOM) sekä maahan sijoitetut ilmatorjuntajoukot.[7]

Class 2H -päätelaitteen ominaisuudet ovat seuraavat [13]:

200 or 1000 Watts RF Out

Up to 238 KBS Data Throughput

Dual Antenna Ports with Dynamic Switching, 2 Channels Digital Voice (2.4 and/or 16 KBS)

Geodetic and Relative Navigation SRU Level BIT supports 2 or 3

Level Maintenance

JTIDS Class 2M



Kuvio 8. JTIDS Class 2M -päätelaite

Class 2M -päätelaite on suunniteltu sitomaan yhteen kaikki kolme puolustushaaraa. Päätelaite on käytössä Yhdysvaltain maavoimien suojissa ja ajoneuvoissa. Päätelaitteen konstruktio yhtenä laatikkona on toteutettu niin, että se kestää maasotatoimien olosuhteet. Päätelaitteessa on myös nopean käynnistymisen ominaisuus, jotta laitteen siirtäminen olisi mahdollisimman käytännöllistä. Päätelaite tarjoaa tarkan paikannus- ja tunnistustoiminnon liikkuvalla joukolla, ja siihen voidaan liittää sekä ympäri säteilevä että suuntaava antenni tilanteen asettamien vaatimusten mukaisesti. Class 2M -päätelaitteita on käytössä seuraavissa sovelluksissa/organisaatioissa: *Forward Area Air Defence* (FAAD), *High-to-Medium Altitude Air Defence* (HIMAD), *Theater High Altitude Area Defence* (THAAD), *Corps Surface-to-Air Missile* (CORPS SAM) ja saksalaisten Patriot. [7]

Class 2M -päätelaitteen ominaisuudet ovat seuraavat [13]:

Single Unit with Integral Receiver Transmitter

Data Processing

X.25 Interface

Cooling System

Same Performance as basic Class 2 except: No Voice / No TACAN

Toisen sukupolven MIDS -päätelaitteilla Data Link Solutions haluaa tarjota pienemmän ja kevyemmän Link-16 -päätelaitteen monikansallisten joukkojen käyttöön. Seuraavaksi esitellään Data Link Solutionsin valmistamat toisen sukupolven päätelaitteet.

MIDS LVT



Kuvio 9. MIDS LVT -päätelaittekokonaisuus

Mids Low Volume Terminal -päätelaitteella halutaan tarjota Link-16 -järjestelmän mukaiset ominaisuudet pienessä, luotettavassa ja kustannuksiltaan kohtuullisessa paketissa. Päätelaitte sisältää Link-16 -järjestelmän mukaisen digitaalisen datan- ja puheensiirron, TACAN:n sekä suhteellisen navigointiominaisuuden. Päätelaitteen tuotanto alkoi lokakuussa 2001, ja laitteita toimitetaan Yhdysvaltojen laivaston F/A-18 ja EA-6B sekä Yhdysvaltojen ilmavoimien F-16 koneisiin.[7]

MIDS LVT -päätelaitteen ominaisuudet ovat seuraavat [13]:

Capability of JTIDS Class II in a Smaller, Less Costly Package

200 Watts

Up to 238 Kbs Data Throughput

Dual Ant. Ports W/ Dynamic Switching

2 Channel Digital Voice (2.4 And/Or 16 KBS)

Geodetic and Relative Navigation

SRU Level Bit Supports 2 or 3 Level Maintenance

Terminal LRU Size

13.5 in Long = 34,29 cm

7.5 in Wide = 19,05 cm

7.62 in High = 19,35 cm

Weight 49.0 LB = 22,22 kg

Remote Power Supply Size

13.5 in Long = 34,29 cm

2.25 in Wide = 5,72 cm

7.62 in High = 19,35 cm

Weight 14.3 LB = 6,50 kg

MIDS FDL



Kuvio 10. MIDS FDL -päätelaitetekonaisuus

MIDS Fighter Data Link tunnetaan myös nimellä MIDS Low Volume Terminal 3 (LVT 3). Se on alun perin kehitetty Yhdysvaltojen ilmavoimien F-15 C/D -lentokoneita varten. Päätelaitetta on integroitu moneen F-15 -versioon, ja sitä on suunniteltu ilmaherruus-, syväälle vihollisen alueelle

suuntautuvien eristämisen- (deep interdiction-) ja ilmapuolustusoperaatioita varten. Päätelaitteen tuotanto alkoi tammikuussa 2000. Yhdysvalloissa ilmavoimien F-15C/D ja kansalliskaartin F-15A/B -hävittäjät tullaan varustamaan MIDS FDL -päätelaitteilla. Myös F-15E Strike Eagle -koneet, jotka on suunniteltu sekä syvälle vihollisen alueelle suuntautuvien eristämisen (deep interdiction) että ”ilmasta ilmaan” -tehtäviä varten, tullaan varustamaan MIDS FDL -laitteilla. Päätelaite välittää ohjaajalle tietoa sekä viholliskoneista että omista koneista esimerkiksi kertomalla niiden sijainnin, lentosuunnan, lentokorkeuden ja lentokonetyypin. Tavoitteena on, että ohjaajat pystyisivät seuraamaan tilannetta ilman puheviestintää.[7]

MIDS FDL -päätelaitteen ominaisuudet ovat seuraavat [13]:

Maximizes MIDS Commonality – No Voice or TACAN

50 Watt RF Output – TACAN Antenna Management

Same Size As MIDS LVT 1

Full Link 16 Interoperability, Growth Capability for Voice and Integral TACAN, TACAN Antenna Management

AN/URC-138 SHAR



Kuvio 11. AN/URC-138 SHAR -päätelaite

AN/URC-138 SHAR -päätelaite on suunniteltu Ison-Britannian Sea Harrier -lentokoneita varten. Päätelaitteen on tarkoitus liittää kyseinen konetyyppi Link-16 -järjestelmään. Päätelaitetta on Ison-Britanniassa asennettu Sea Harrierien lisäksi Sea King -helikoptereihin sekä Astor ja Nimrod -lentokoneisiin. Myös Ison-Britannian GRAP:ssa ja ilmatankkauslentokoneissa käytetään tätä Link-16 -päätelaiteversiota.[13]

AN/URC-138 SHAR -päätelaitteen ominaisuudet ovat seuraavat [13]:

Full Link 16 Interoperability

Same Link 16 Crypto as JTIDS/MIDS

RF Power -200 Watts

Voice, TACAN Optional, SEM-E Module Form Factor

PORTABLE FIELD TERMINAL



Kuvio 12. Portable Field Terminal -päätelaitte

Portable Field Terminal on suunniteltu varustamaan Yhdysvaltojen laivaston laivat Link-16 -järjestelmällä. Yhdysvaltojen laivasto on ottanut päätelaitteen käyttöön laivoissaan.[13]

Portable Field Terminal -päätelaitteen ominaisuudet ovat seuraavat [13]:

Internal Terminal and RPS blower cooling

Low Power RF (dual antenna) capability

1553 (primary and secondary) Pass Through capability

Voice capability

External Ethernet connector for PC

200 Watts RF Out (100W / Antenna)

115V, 400Hz, 3 - phase Delta Power input

115V, 60Hz, 3 - phase power input

Capabilities of MIDS LVT Terminal and RPS configured

PC based Terminal Controller

On / Off / Standby mode control

Crypto Fill Port

EUROMIDS

Euromids on neljän eurooppalaisen puolustusmateriaalituottajan yhteinen yritys. Yhtiön omistajia ovat THALES (Ranska), Marconi Selenia Communications (Italia), EADS (Saksa) ja INDRA (Espanja). Yhtiön päätelaitetta suunniteltaessa on tehty yhteistyötä myös Yhdysvaltojen kanssa. Tavoitteena on ollut kehittää ja tuottaa Link-16 -pätelaitteita, jotka olisivat pienempiä, kevyempiä, luotettavampia, halvempia sekä täysin yhteensopivia muiden JTIDS Class 2 -pätelaitteiden kanssa. Yhteistyötä ja kehitystyötä ovat hallinneet ja johtaneet osallistujamaat sekä San Diegoon sijoitettu *International Programme Office, IPO*. Tällä hetkellä yhtiöllä on tarjolla yksi MIDS -pätelaite. [8]

MIDS LVT(1)



Kuvio 13. LVT(1) -pätelaitekokonaisuus

Euromidsin Low Volume Terminal (1) -pätelaite on IPO:n määrittämien standardien mukainen. Pätelaiteen on tarkoitus antaa Link-16 -kykyä sellaisille alustoille, joilla on rajoitetusti tilaa, kuten esimerkiksi Yhdysvaltojen laivaston F/A-18, Yhdysvaltojen ilmavoimien F-16 sekä Rafale, Eurofighter. Pätelaite koostuu kahdesta osasta: toinen on lähetin/vastaanotin -yksikkö Receiver/Transmitter (R/T) ja toinen järjestelmän sähkönsyötöstä vastaava Remote Power Supply

(RPS). Euromidsin päätelaite on valittu käyttöön seuraaville alustoille / seuraavissa organisaatioissa: *Eurofighter Typhoon, Rafale, Mirage 2000, Tornado, NH 90, A400M, Hellenic AEW & C, SADA, ADS Martha, ADS SAMP/T, ACCS LOCI, HORIZON FRIGATE, F-100* sekä jotkin muut Espanjan, Ranskan, Italian, Saksan ja Norjan asevoimien alustat. [8]

LVT(1) -päätelaitteen ominaisuudet [8]:

Data Link TADIL-J, IJMS

Secure voice capability 2,4 kbps LPC-10, 16 kbps CVSD

Navigation TACAN, Relative and geodetic

Identification direct and indirect

Data throughput 238 kbps (107 for L 16), expandable to 2Mbps

Output Power: 200 W, 25 W, 1 W, HPA interface, Dual antenna, transmit and receiver

Power Source: Basic 115 VAC (400 Hz) , 3 phase 280 VDC

Power consumption <800 W

Physical Characteristics (W x H x L)

Main Terminal 190,5 x 193,5 x 343 mm

Remote Power Supply 57,2 x 793,5 x 343 mm

Weight

Main Terminal 19,65 kg

Remote Power Supply 6 kg

VIASAT

Viasat tarjoaa ainoastaan toisen sukupolven MIDS -päätelaitteita. Viasatin työryhmä on pyrkinyt päivittämään monia päätelaitteiden komponentteja paremman joustavuuden, teknillisten ominaisuuksien, luotettavuuden sekä kustannustehokkuuden saavuttamiseksi. Käyttämällä uudelleenohjelmoitavia komponentteja sekä modulaarisia rakenteita työryhmä on onnistunut luomaan halvemmän kokoonpanon antaen samalla tilaa tuleville vaatimuksille. Viasatin

suunnittelemissa päätelaitteissa olevat komponentit mahdollistavat koodatun datasiirtokapasiteetin nostamista nykyisestä maksimista 115.2 kbit/s:stä (pakatulla 4 yksipulssilla ja virheenkorjaus päällä) yli 800 kbit/s:iin. Tämän ominaisuuden käyttöönotto loppukäyttäjän päätelaitteissa on vielä suunnitteluasteella. [15]

MIDS LVT 1



Kuvio 14. LVT 1 -pätelaite

Viasatin MIDS Low Volume Terminal 1 -pätelaite on kehitetty Yhdysvaltojen asevoimien sekä muiden Link-16:ta käyttävien maiden tarpeita varten. LVT 1 -pätelaite on suunniteltu asennettavaksi hävittäjälentokoneisiin kuten F-16, F/A-18 ja Eurofighter 2000. Pätelaite on otettu käyttöön myös laivoilla sekä EA-6B, P-3 ja B-2 -lentokoneissa.[15]

LVT 1 -pätelaitteen ominaisuudet [15]:

Link-16 Messaging TADIL-J and IJMS

Receive Sensitivity Classified (meets spec with 2 - 3 dB margin)

Transmit Spectral Performance Greater than -60 dBc in 1030/1090 MHz Bands

Output Transmit Power 1, 25 or 200 Watts + HPA Interface

Host Interfaces MIL-STD-1553, X.25, Ethernet and STANAG 3910

Data Throughput 26.8 through 1102 (Growth) kbps TADIL-J Coded

Keyfill DS-101

Voice Capability 2.4 kbps LPC-10 and 16 kbps CVSD

TACAN Capability Air-to-Ground, Air-to-Air

General Characteristics

Predicted MTBF 1822 hours (Shipboard Aircraft Fighter Environment)

Cooling External conductive air

Physical Characteristics

Main Terminal (HWD) 7.6 x 7.5 x 13 in 19.3 x 18.9 x 34.3 cm

Remote Power Supply (HWD) 7.6 x 2.25 x 13.5 in 19.3 x 5.7 x 34.3 cm

Volume 1000 in³ 16,300 cc

Weight

Main Terminal 42.4 lb 19.3 Kg

Remote Power Supply 9.1 lb 4.1 Kg

Power

Power Source Alternatives 115 VAC (400 Hz) 3 Phase or \pm 140 VDC

Power Consumption 0 % TSDF 150 Watts, 70 % TSDF 350 Watts

Other Configurations

LVT(4) no TACAN

LVT(6) no Voice

LVT(7) no Voice, no TACAN

MIDS LVT 2



Kuvio 15. LVT 2 -päätelaitte

MIDS LVT 2 -päätelaitte on suunniteltu helpottamaan Link-16 -järjestelmän asentamista maassa sijaitseviin kohteisiin. Päätelaitte on asennettu Yhdysvaltojen maavoimien PATRIOT ICC, *Battery Command Post, Forward Area Air Defence Command and Control Unit (FAADC2)* sekä SLAMRAAM -yksiköihin. Ilmavoimissa LVT 2 -päätelaitteita käyttävät *U2, Air Operations Center (AOC)* sekä *JICO Support Systems* -yksiköt.[15]

LVT 2 -päätelaitteen ominaisuudet [15]:

Link-16 Messaging TADIL-J and IJMS

Receive Sensitivity Classified (meets spec with 2 - 3 dB margin)

Transmit Spectral Performance Greater than -60 dBc in 1030/1090 MHz Bands

Output Transmit Power 25 or 200 Watts

Host Interfaces Dual ADDSI (Increased speed X.25) and Multiple Ethernets

Data Throughput 26.8 through 1102 (Growth) kbps TADIL-J Coded

Keyfill DS-101

Voice Capability (Optional) 2.4 kbps LPC-10 and 16 kbps CVSD

Note: The nomenclature for an LVT(2) with voice is LVT(11)

General Characteristics

Predicted MTBF 4537 hours (Ground Mobile Environment)

Cooling Self-contained Conductive Air

Physical Characteristics

Main Terminal (HWD) 7.6 x 7.5 x 13.5 in 19.3 x 18.9 x 34.3 cm

Power Supply Assembly (HWD) 7.6 x 5.7 x 16 in 19.3 x 11.4 x 40.5 cm

Volume 2300 in³ 27,800 cc

Weight

Main Terminal 38.4 lb 17.4 Kg

Power Supply Assembly 25.6 lb 11.6 Kg

Cooling Unit 10.1 lb 4.6 Kg

Mounting Base 6.8 lb 3.1 Kg

Total 80.9 lb 36.7 Kg

Power

Power Source Alternatives 115 VAC (50/60/400 Hz) or 220 VAC (50/60 Hz) Single Phase or +28 VDC

Power Consumption 0 % TSDF 295 Watts, 70 % TSDF 575 Watts

6 LINK-16 -JÄRJESTELMÄN KÄYTTÖMAHDOLLISUUDET

Jotta Link-16 -järjestelmää voitaisiin käyttää puolustusvoimissa, sen on kyettävä suoriutumaan niistä tehtävistä, jotka puolustusvoimille määritetyt tehtävät myös datalinkkijärjestelmälle asettavat. Tarkastelussa on otettava huomioon Link-16 -järjestelmän käyttömahdollisuuksista myös järjestelmän tuomat vaatimukset organisaatiolle. Datalinkkijärjestelmän hallinnointi saattaa vaatia myös muuta kuin tietoliikenneverkkojen suunnittelua ja tietoliikennekapasiteetin ohjaamista sitä eniten tarvitseville toimijoille.

6.1 OPERAATIOIDEN ASETTAMIEN VAATIMUSTEN TÄYTTYMINEN LINK-16 -JÄRJESTELMÄLLÄ

Datalinkkijärjestelmän käyttäminen yhteisoperaatiossa, jossa kaikilla puolustushaaroilla on yhteinen datalinkkijärjestelmä käytössään, asettaa datalinkkijärjestelmälle päätelaitteiden fyysisiin ominaisuuksiin sekä tiedonsiirtoverkon ominaisuuksiin liittyviä vaatimuksia. Järjestelmän tuottamalla tiedonsiirtoverkolla tulisi olla riittävän suuri tiedonsiirtokapasiteetti sekä riittävä salausaste ja luotettavuusaste. Verkon tulisi myös mahdollistaa puolustushaarojen sisäinen kommunikointi. Mikäli puolustushaaroilla ei ole yhteistä datalinkkijärjestelmää, puolustushaarojen erilliset viestijärjestelmät joudutaan sitomaan toisiinsa. Jotta viestien välitys sujuisi vaivattomasti ja järjestelmästä saataisiin taistelunkestävä, solmukohtia tulisi olla tarpeeksi ja niissä tulisi olla riittävä tiedonsiirtokapasiteetti. Jotta Link-16 -järjestelmää voitaisiin käyttää eri operaatioissa, järjestelmän tulisi vastata operaatioiden datalinkkijärjestelmälle asettamiin vaatimuksiin. Ilmavoimilla on nykyisin käytössään nimenomaan sen tarpeisiin suunniteltu datalinkkijärjestelmä. Link-16 -järjestelmän tulisi käyttöön otettuna kyetä tuottamaan myös samoja toimintoja kuin nykyinen datalinkkijärjestelmä tuottaa.

VAATIMUS	YHTEINEN LINKKI	EI YHTEISTÄ LINKKIÄ	ILMAVOIMIEN OP	LINK-16
tiedonsiirtokapasiteetti	suuri	solmuissa suuri	joustava	28,8 - 238 kbit/s
salaus	vaaditaan	vaaditaan	vaaditaan	taajuushyppely, koodaus
häirinnäsielo/luotettavuus	kohtalokas	vaaditaan	vaaditaan	hyvä / tahdistus
sisäinen viestintä	kuormittaa verkkoa	-	-	monta verkkoa
päätelaitteet	samat/vastaavanlaiset	solmujen laitteet	samat	ok
viestien kohdentaminen	vaaditaan	vaaditaan	-	verkkosuunnittelu
joustavuus	vaaditaan	vaaditaan	vaaditaan	verkkosuunnittelu

Taulukko 5. Operaatioiden datalinkkijärjestelmälle asettamat vaatimukset

TIEDONSIIRTOKAPASITEETTI

Perinteisesti datalinkkejä on käytetty esimerkiksi ilmatilannekuvan jakamiseen omien joukkojen kesken. Ilmatilannekuvassa tietoja omista ja vihollisen joukoista voidaan sitoa maantieteellisiin paikkoihin monella eri tavalla. Maalitietoon voidaan myös liittää paljon erilaista lisäinformaatiota maalista. Jotta maalitiedon siirtäminen datalinkillä olisi mahdollista, tieto pitää koodata digitaaliseen muotoon. Riippuen siitä, miten paikkatieto esitetään sekä mitä tietoja maalitietoon lisätään, maalitiedon koodaaminen digitaaliseen muotoon vie yhteensä vähintään 83–109 bittiä. Kun verrataan tätä bittimäärää Link-16 -järjestelmän tiedonsiirtokapasiteettiin, joka on 28,8–238 kbit/s voidaan laskea, että teoriassa voitaisiin siirtää vähintään 264 maalitietoa sekunnissa sekä maksimissaan 2867 maalitietoa sekunnissa – voitaisiin siis seurata vähintään 264:ää maalia ja päivittää niiden maalitieto kerran sekunnissa.

Käytännössä tilanne on aivan toinen. Verkon tiedonsiirtokapasiteettiä kuluttavat mm. verkon hallinnointiin tarkoitetut viestit, kuten RTT-viestit. [23]. Myös itse verkon rakenne saattaa rajoittaa tiedonsiirtokapasiteettia. Verkkoa suunniteltaessa kokonaistiedonsiirtokapasiteetista on varattu vain osa esimerkiksi ilmatilannekuvan tai maalitietojen siirtämiseen [23]. Se, kuinka paljon verkkokapasiteettia tähän tarkoitukseen on varattu, riippuu täysin siitä, mihin tarkoitukseen verkkoa on rakennettu. Verkossa on 31 toiminnallista ryhmää ja sen lisäksi 480 Needline PG:tä. Näiden kaikkien kesken on jaettu tiedonsiirtokapasiteettia, ja maalitiedon jakelu on vain yksi näistä ryhmistä. Jos verkkokapasiteetti jaettaisiin tasan (mitä ei oikeasti tehdä) kaikkien 31:n toiminnallisen ryhmän kesken, jokainen ryhmä voisi siirtää tietoa 0,929–7,677 kbit/s. Tämä tarkoittaisi, että maalitieto-NPG voisi välittää 8–78 maalitietoa sekunnissa.

Puolustushaarojen sisäisen viestinnän toteuttaminen yhdellä Link-16 -verkolla ei todennäköisesti olisi järjestelmän tiedonsiirtokapasiteetin takia mahdollista, vaan viestiverkko ylikuormittuisi. Jotta viestiverkko ei kuormittuisi liikaa, Link-16 -verkkoja voitaisiin tehdä neljä kappaletta: voitaisiin rakentaa yksi oma verkko jokaiselle puolustushaaralle sekä yksi yhteinen verkko. Puolustushaarojen omat verkot voisivat periaatteessa käyttää samoja aikaikkunoita lähetykseen ja vastaanottoon, koska ne toimivat omina verkkoina. Käytännössä ne siis lähettäisivät samoissa aikaikkunoissa mutta eri taajuuksilla ja niille annettaisiin siis eri taajuushyppelykaavat. Kaikkien puolustushaarojen yhteiselle verkolle tulisi varata X-määrä aikaikkunoita, jotta tarvittava viestiliikenne mahdollistuisi. Nämä aikaikkunat eivät saa olla samoja, joissa puolustushaarojen sisäiset viestit liikkuvat, sillä mikäli puolustushaarojen välistä viestintää tapahtuu, kaikkien puolustushaarojen päätelaitteet pitää kuunnella ja lähettää näissä ikkunoissa.

Link-16 -järjestelmän tiedonsiirtokapasiteetin suuruuden hahmottamiseksi sitä voidaan verrata esimerkiksi kaupallisten teleoperaattorien kännyköihin tarjoamiin tiedonsiirtokapasiteetteihin. Esimerkiksi Soneran tarjoamien gprs-yhteyksien nopeudet ovat noin 53 kbit/s, ja umts-verkon nopeus voi parhaimmillaan olla 384 kbit/s. [14] Toisen kaupallisen matkapuhelinoperaattorin Elisan tarjoaman Mobiilidata-palvelun tiedonsiirtonopeus on maksimissaan 64 kbit/s [5]. Link-16 -järjestelmän tiedonsiirtokapasiteetti on siis samaa luokkaa kuin se, minkä tavallinen kuluttaja voi saada kännykkäänsä. Link-16 -järjestelmässä tiedonsiirtokapasiteetti jaetaan kuitenkin monien eri toimintojen eli NPG:itten kesken, joten yhdellä NPG:llä käytössä oleva tiedonsiirtokapasiteetti on pienempi kuin kännyköiden tiedonsiirtokapasiteetti. Link-16 -järjestelmän tiedonsiirtokapasiteettia voidaan kuitenkin pitää riittävänä järjestelmän toimintojen suorittamiseksi.

SALAUUS, HÄIRINNÄNSIETO JA LUOTETTAVUUS

Link-16 -järjestelmässä viestit salataan KGV-8 -salauslaitteella. Laitteessa on muistitilaa kahdeksalle kryptovariaabelille/salausavaimelle, joiden avulla siirrettävä tieto koodataan ja avataan. Tieto salataan kahdessa vaiheessa: *message security* (MSEC) -kryptovariaabelilla ja *transmission security* (TSEC) -kryptovariaabelilla. MSEC -kryptovariaabelilla viestin data

koodataan ennen kuin siitä aletaan tehdä RF-pulssia. TSEC -kryptovariaabeli määrittää, kuinka pitkä aikaikkunan alkujakson tulee olla (siis kuinka paljon jitteriä siihen tulee sisällyttää) sekä mitä kohinavariaabelia tulee käyttää. TSEC -kryptovariaabeli vaikuttaa myös yhdessä verkkonumeron ja aikaikkunanumeron kanssa siihen, mitä taajuushyppelykaavaa tulee käyttää. Viestiturvallisuutta parantaa myös järjestelmän taajuushyppelyominaisuus, joka hankaloittaa ulkopuolisten vaikutusmahdollisuuksia järjestelmän toimintaan.[23]

Link-16 -järjestelmän häirinnänsietoon ja luotettavuuteen liittyvät tiedot herättävät huomiota. Järjestelmän erittäin suuren taajuushyppelytaajuuden ansiosta järjestelmän häirinnänsieto on perinteisessä mielessä hyvä. Kuitenkin muun muassa järjestelmän kehityksestä vastuussa olleen organisaation eli Yhdysvaltojen ilmavoimien varsin kielteisen suhtautumisen järjestelmää kohtaan väitetään liittyvän järjestelmän häirinnänsietokykyyn [1]. Yhdysvaltojen ilmavoimien voisi olettaa tietävän järjestelmän ominaisuuksista eniten, joten herää kysymys, miksi Yhdysvaltojen ilmavoimat ei ole hankkinut näitä laitteita omiin koneisiinsa. Ongelma Link-16 -järjestelmän häirinnänsiedossa voi johtua esimerkiksi päätelaitteiden synkronointijärjestelmästä. Link-16 -järjestelmä käyttää päätelaitteidensa synkronointiin tiettytyyppistä synkronointiviestiä (eli Round-Trip-Timing viestejä). Nämä viestit ovat aina samanlaisia tai ainakin samantyyllisiä. Tästä johtuen ne saattavat toistua niin usein, että ulkopuolisten tiedustelu kykenee ne havaitsemaan. Mikäli ulkopuoliset onnistuvat sieppaamaan ja uudelleenlähettämään näitä RTT -viestejä sillä tavalla, että Link-16 -päätelaitteiden aikakäsitys menee sekaisin, ulkopuoliset saavat kaiken viestiliikenteen lakkaamaan. Täten olisi ensiarvoisen tärkeää, että viestien sieppaaminen voitaisiin estää. Mitään toimenpidettä tämän mahdollistamiseksi ei järjestelmässä kuitenkaan ole olemassa.

Tutkijan käsityksen mukaan paras tapa ehkäistä edellä mainitun kaltainen tilanne olisi säätää päätelaitteiden lähetystehoa, mikä ei ole Link-16 -järjestelmässä mahdollista. Link-16 -päätelaitteet lähettävät aina samalla teholla, joka on yleensä 200W. Uudemmat MIDS FDL -päätelaitteet voivat lähettää pienemmällä teholla (25 tai 50W), ja laivoille tai maa-aseille tarkoitettut päätelaitteet voivat lähettää jopa 1000W:n teholla. [13, 15] Suomessa nykyisin käytössä olevassa datalinkissä on *Low Probability of Intercept* (LPI) ja *Low Probability of Detection* (LPD) -moodit, jotka säätävät lähetystehon pienimmäksi mahdolliseksi viestin perillemenoon vaadittavaksi. Suomen järjestelmä myös synkronoi päätelaitteet ilman erillisiä

synkronointiviestejä, jolloin vastapuolen on huomattavasti vaikeampi puuttua synkronointisykliin. [20]

PÄÄTELAITTEET JA VIESTIEN KOHDENTAMINEN

Link-16 -järjestelmä tarjoaa riittävän määrän päätelaitteita, jotta järjestelmä voitaisiin ottaa käyttöön kaikissa puolustushaaroissa. Link-16 -järjestelmä tarjoaa sekä varta vasten hävittäjille suunniteltuja päätelaitteita että maa-asemille, laivoille ja maavoimien liikkuville yksiköille tarkoitettuja päätelaitteita. Päätelaitteiden koot on suunniteltu sellaisiksi, että niiden asentaminen tarkoituksenmukaisesti aluksiin tai tiloihin on mahdollista. Alustoissa, joissa tilaa on rajoitetusti (kuten esimerkiksi lentokoneissa tai panssarivaunuissa), saattaa kuitenkin muodostua ongelmaksi se, että alustaan ei välttämättä mahdu kahta viestijärjestelmää samaan aikaan. Tällöin puolustushaarojen omien, sisäisten varaviestijärjestelmien toteuttaminen muodostuisi mahdottomaksi. Puolustushaarojen toiminta vaarantuisi, mikäli puolustusvoimat toimisi yhdellä yhteisellä datalinkkijärjestelmällä ja tähän järjestelmään tulisi jokin toimintahäiriö, kuten tekninen vika tai ulkopuolisten aiheuttama häiriö. Suomessa nykyisin käytössä olevan datalinkkijärjestelmän päätelaitteet on asennettu F-18 -hävittäjiin, joten voidaan olettaa, että kokonsa puolesta nekin tarvittaessa mahtuisivat muiden puolustushaarojen alustoihin.

Suomen Ilmavoimien nykyisessä datalinkkijärjestelmässä taistelunjohtaja voi valita, mille koneelle hän haluaa lähettää viestinsä [12]. Link-16 -järjestelmässä pitää verkkoa suunniteltaessa määrittää, mitkä päätelaitteet saavat keskustella keskenään. Esimerkiksi hävittäjäparvelle pitää määrittää etukäteen, minkä taistelunjohtajan kanssa se toimii. Tämä määrittely tapahtuu antamalla hävittäjäparvelle oikeudet toimia tietyssä verkossa NPG 19:llä. Taistelunjohtajalle annetaan tämän jälkeen oikeudet toimia samassa verkossa, jossa johdettavat hävittäjät toimivat. Taistelunjohtajalle voidaan antaa monta 2–8:n koneen osastoa johdettavakseen antamalla hänelle oikeudet useampaan verkkoon. Sen sijaan hävittäjät voidaan sitoa vain yhteen verkkoon. [23] Viestien lähettäminen sellaisten päätelaitteiden (koneiden/joukkojen/osastojen) välillä, jotka eivät toimi samoilla NPG:llä, on mahdotonta. [23] Tästä syystä puolustushaarojen suorittaessa yhteisoperaatiota pitää etukäteen suunnitella esimerkiksi se, mikä ilmavoimien yksikkö tukee mitään maavoimien joukkoa. Tämä heikentää puolustusvoimien kykyä vastata joustavasti ja

reaaliajassa esimerkiksi vihollisjoukkojen toimintaan. Eri aselajien kommunikointi keskenään yhteisoperaation aikana saattaisi olla toteutettavissa luomalla viestien välitysjärjestelmä. Viestien välitysjärjestelmä parantaisi näin ollen Suomen joukkojen kykyä toimia. On kuitenkin otettava huomioon, että viestien kulku saattaa hidastua hieman viestien mennessä välitysjärjestelmän kautta. Välitysjärjestelmää suunniteltaessa tuleekin kiinnittää erityistä huomiota näiden vasteaikojen pitämiseen mahdollisimman pieninä. Tällaisen järjestelmän luominen voi olla aiheellista myös siksi, että sen avulla voidaan estää esimerkiksi tilanne, jossa maavoimien jääkäri johtaa ilmavoimien F-18 -hävittäjää suoraan pelkästään oman tilannekuvansa perusteella. [18]

Operaatioissa, jossa kaikilla puolustushaaroilla olisi Link-16 -järjestelmä käytössään, edellä mainittu rajoitus nousisi operaatioiden suunnitteluvaiheessa suureksi tekijäksi. Myös käynnissä olevan taistelun aikana voisi syntyä tilanne, jossa yhtä tai useampaa joukkoa ei kyettäisi tukemaan sen takia, että viestiyhteyttä joukkojen välillä ei olisi tarjolla. Luomalla välitysjärjestelmä voitaisiin helpottaa molempia tilanteita. Myös toimittaessa tilanteessa, jossa vain yhdellä puolustushaaralla olisi Link-16 -järjestelmä käytössään, viestien kohdentaminen oikealle vastaanottajalle muodostuisi hankalaksi. Kaikilla yhteisoperaatioon osallistuvilla Link-16 -järjestelmää käyttävien osastojen päätelaitteilla pitäisi käytännössä olla yhteys koko puolustusvoimat kattavan viestiverkon solmukohtiin. Solmukohdissa pitäisi sitten olla kyky päätellä, kenelle sinne lähetetty viesti on tarkoitettu. Solmukohtien käyttöön pitäisi varata Link-16 -verkosta omat aikaikkunat sekä lähetystä että vastaanottamista varten. Jotta viestin vastaanottajan puolustushaara kyettäisiin määrittelemään, pitäisi noin puolet solmukohtien vastaanottoon varatuista aikaikkunoista jakaa maavoimille tarkoitettujen viestein vastaanottoon ja toinen puoli merivoimille tarkoitettujen viestien vastaanottoon. Ilmavoimien omissa operaatioissa verkon suunnitteleminen niin, että viestien kohdentaminen onnistuisi, olisi ehkä helpommin toteutettavissa, koska toimintaan osallistuvien osastojen määrä olisi huomattavasti pienempi. Ilmavoimien omissa operaatioissa hankaloittaviksi tekijöiksi nousee kuitenkin joitakin muita Link-16 -järjestelmän ominaisuuksia.

JOUSTAVUUS

Suomen Ilmavoimilla on nykyään käytössään Instrumentointi Oy:n, Patrian ja Oulun Yliopiston kanssa kehitetty ja rakennettu datalinkkijärjestelmä, joka on asennettuna Suomen F-18 Hornet -hävittäjiin. Se on osa Suomen johtamisjärjestelmää ja tarjoaa tehokkaan ja turvallisen datayhteyden jopa erittäin häiriityissä olosuhteissa. Järjestelmä on moduulirakenteinen ja käyttöalgoritmit ovat ohjelmointipohjaisia, mikä johtaa siihen, että jatkuva järjestelmän kehittäminen ja päivittäminen on mahdollista. Maali- ja omakonetietoa lähetetään maasta ilmaan, ilmasta ilmaan ja ilmasta maahan. Järjestelmää on pidetty operatiivisessa käytössä eri versioina Suomen J-35 Draken ja F-18 Hornet -hävittäjissä, ja se voidaan integroida myös muihin lentokoneisiin.[12]

Link-16:n käyttöönotto voisi pahimmassa tapauksessa aiheuttaa ilmavoimille askelten ottamista taaksepäin omissa operaatioissaan. Hagenbon mukaan jokainen Link-16 -terminaali suorittaa omia toimintojaan jokaisen 12 sekunnin aikajakson jälkeen [4]. Tämä aiheuttaisi tutkijan käsityksen mukaan sen, että järjestelmälle muodostuisi 12 sekunnin päivitysväli. Osastoinsinööri Tuomo Reilin mukaan päivitysväli ei kuitenkaan ole näin pitkä. Reilin mukaan päivitysväli riippuu siitä, kuinka monta aikaikkunaa jollekin toiminnalle on annettu käyttöön järjestelmän 12 sekunnin aikakehyksestä. Jos jollekin toiminnalle annetaan vain yksi aikaikkuna, päivitysväliksi tulee 12 sekuntia. Aikaikkunoiden jakoa on pohdittava hyvin tarkkaan verkkoja suunniteltaessa. Mikäli jollekin toiminnalle jää liian suuri päivitysväli, toiminta saattaa hankaloitua oleellisesti. Pahin mahdollinen 12 sekunnin päivitysväli jollain tärkeällä toiminnolla voidaan havainnollistaa seuraavan vertauksen avulla: Maakunnissa lentää Hornet nopeudella 1000km/h. Hornet saa jonkinnäköistä tietoa Link-16 -järjestelmän kautta. Seuraava tieto samasta asiasta tulee 12 sekunnin kuluttua. Tässä ajassa Hornet on liikkunut noin 3300 m. Jos ulkopuolisten lentokone liikkuu suurin piirtein samalla nopeudella, myös se on tämän 12 sekunnin aikana liikkunut saman verran eli noin 3300 m. Jos päivittyvä tieto olisi oleellinen Hornetin tehtävän kannalta, Link-16 -järjestelmällä voitaisiin tässä tilanteessa toimia noin 3–6 km:n tarkkuudella, mikä on huomattavasti tarkkuus kuin millä nykyisin toimitaan.

Osastoinsinööri Reilin mukaan Link-16 -järjestelmä tarjoaa hyvin joustavan verkkosuunnittelumahdollisuuden. Verkkoa rakennettaessa voidaan käytännössä luoda käyttäjille vapaasti palveluita, ja samaa palvelua voi käyttää melkein kuinka moni käyttäjä tahansa. Moniverkkorakenteen ansiosta järjestelmään kyetään luomaan myös eri käyttäjien kesken alaverkkoja. Näin ollen verkot voidaan suunnitella vastaamaan tarkasti käyttäjäorganisaation tarpeita. Verkkosuunnittelussa pitää kuitenkin luoda perusteet kaikelle viestitoiminnalle. Kaksi yksikköä, joiden välille ei ole verkkosuunnittelussa luotu viestiyhteyttä, eivät kykene kommunikoimaan keskenään. Tällainen tarkasti rajoitettu toiminta on Reilin mukaan välttämätöntä kaikissa datalinkkijärjestelmissä, eikä siis ole Link-16 -järjestelmän erikoisominaisuus. [18]

Link-16 -järjestelmän käyttömahdollisuusmoodit saattaisivat kuitenkin aiheuttaa ongelmia ilmavoimien omille operaatioille. Koska Yhdysvaltojen laivasto ei itse käytä Contention access -moodia viestien perillemenon epävarmuuden takia, lienee perusteltua, ettei myöskään Suomen Ilmavoimien kannata tätä moodia käyttää. Täten Suomen Ilmavoimien käytössä olisi Dedicated Access -moodi. Tällä moodilla toimittaessa olisi kuitenkin hankala esimerkiksi vaihtaa lentokoneita keskenään nopeasti, koska konetta vaihtaessa joudutaan ohjelmoimaan koneiden Link-16 -päätelaitteet uudestaan. Esimerkiksi yhden osaston koneen hajotessa voi olla, ettei sen tilalle onnistuta saamaan toista. Varakoneen käyttöönotto riippuu Link-16 -päätelaitteiden alustus- ja aikautusmenetelmistä, joista ei vielä ole Suomen Ilmavoimissa tarkkaa tietoa [18]. Myös taistelunjohtotoiminta kangistuisi, koska yksittäisiä koneita ei pystyttäisi siirtämään taistelunjohtajalta toiselle. Tämä voisi pahimmassa tapauksessa aiheuttaa sen, että koska Suomen omat koneosastot toimisivat eri verkoissa, ne eivät pystyisi kommunikoimaan keskenään eikä niitä näin ollen myöskään pystyttäisi koordinoimaan. Näin ollen ei kyettäisi iskemään vihollisen koneisiin tarvittavalla voimalla, koska jo ilmassa olevia koneita ei voitaisi siirtää samalle taistelualueelle. Insinööriyliluutnantti Moilasen mukaan koneiden siirtäminen taistelunjohtajien kesken olisi ehkä toteutettavissa moniverkkorakennetta hyväksi käyttäen [18].

Ilmavoimien nykyisellä järjestelmällä ohjaaja tuo mukanaan lentokoneelle muistiyksikön, joka sisältää datalinkille asetukset, jotka datalinkki automaattisesti ottaa käyttöön järjestelmän käynnistyessä. Näin ollen mikäli lentokoneessa on jokin vika, joka estää sen käyttämisen kyseiseen tehtävään, ohjaaja voi joustavasti ottaa varakoneen käyttöön. Tällöin tehtävä ei jää

suorittamatta, niin kun se saattaisi jäädä Link-16 -järjestelmää käytettäessä. Ilmavoimien nykyinen järjestelmä mahdollistaa myös joustavan liittymisen tai poistumisen verkkojen välillä. Näin ollen saman taistelunjohtajan alla toimivien koneiden määrä saattaa vaihdella jatkuvasti, ja taistelunjohtajat voivat halutessaan joustavasti siirtää jo ilmassa olevia koneita toistensa käyttöön. Tällä varmistetaan, että käytössä oleva voima saadaan kohdennettua vaaditulle alueelle. [20]

Suomen Ilmavoimille saattaa olla Link-16 -järjestelmästä hyötyä siinä, että järjestelmä ei vaadi tiedonsiirtokapasiteetin ja viestien välittämistoimintojen ansiosta kovinkaan paljoa tukiasemia, jolloin verkossa voi olla enemmän jäseniä kuin monia muita järjestelmiä käytettäessä. [18] Taistelunjohtajien ja hävittäjäohjaajien toimintaa helpottaisi, jos heidän ei tarvitsisi vaihtaa tukiasemia operaatioiden aikana. Myös verkon ylläpito saattaisi muodostua pienemmän tukiasemaverkon ansiosta käytännössä helpommaksi, koska laitteita olisi vähemmän huollettavana. Toisaalta laitteet pitäisi kuitenkin levittää samalle maantieteelliselle alueelle, jolloin ne olisivat maantieteellisesti harvemmassa. Koko maan kattavan radiopeiton aikaansaamiseksi nykyisen tukiasemaverkon ylläpitäminen saattaakin muodostua välttämättömäksi [18]. Näin ollen tukiasemien määrä ei kuitenkaan siis merkittävästi vähenisi, jolloin järjestelmästä saatava hyöty jäisi vähäiseksi. Radiopeittoon vaikuttaa ensinnäkin hävittäjien haluttu lentokorkeus: mitä korkeammalla lennetään, sitä harvemmassa tukiasemat voivat olla. Tukiasemaverkkoa mietittäessä pitää ottaa huomioon myös järjestelmän taistelunkestävyys. Jos tukiasemia on liian vähän, yhden tukiaseman tuhoutuminen saattaa muodostua järjestelmän toiminnan kannalta kohtalokkaaksi.

MUUT HAVAINNOT

Tilanteessa, jossa vain yksi puolustushaara (todennäköisesti ilmavoimat) käyttäisi Link-16 -järjestelmää, solmukohtien ominaisuudet nousisivat yhteisoperaatioissa ratkaisevaksi tekijäksi koko puolustusvoimien toiminnan kannalta. Solmukohtien suunnittelun ja rakentamisen pitäisi myös olla yhteisoperaatio, jotta kaikkien puolustushaarojen vaatimukset voitaisiin täyttää mahdollisimman hyvin. Jotta vaatimukset solmukohdille voitaisiin määrittää, tarvittaisiin rauhan aikaista kokonaisvaltaista suunnittelua kaikkien puolustushaarojen toiminnasta kriisitilanteessa. Se, millaisia näiden solmukohtien tarkalleen pitäisi olla, olisi kokonaan toisen tutkimuksen arvoinen kysymys. Solmukohdissa pitäisi kuitenkin olla tarvittava tiedonsiirtokapasiteetti,

viestien kohdentamisen oikealle vastaanottajalle tulisi onnistua, ja solmuja pitäisi olla tarpeeksi, jotta järjestelmän taistelunkestävyys säilyisi. Solmukohtien rakentaminen saattaisi muodostua kalliiksi operaatioksi, koska pitäisi rakentaa järjestelmä, joka hallitsee kaikkien sisällytettyjen järjestelmien viestiprotokollia.

Suomessa nykyisin käytössä oleva datalinkkijärjestelmä on yksi osa Suomen Ilmavoimien johtamisjärjestelmää koko verkostokeskeisessä ilmapuolustusjärjestelmässä. Johtamisjärjestelmä on reaaliajassa toimiva taktinen johtamisjärjestelmä, joka kerää tietoa monesta eri sensorista. Järjestelmä jakaa ilmatilannekuvaa ja edesauttaa näin ollen päätöksentekoa. Vaikka ilmavoimien johtamisjärjestelmä on pääasiassa suunniteltu ilmavoimien johtamisvälineeksi, se tarjoaa tilannekuvaa myös muille puolustushaaroille. Muiden puolustushaarojen viestiverkot on kytketty ilmavoimien johtamisjärjestelmään, jolloin niille voidaan jakaa ja niiltä voidaan saada arvokasta tietoa reaaliajassa. Tämä yhteenkytkentä mahdollistaa myös yhteisoperaatioiden vaivattoman suorittamisen. Ilmavoimien johtamisjärjestelmä tarjoaa myös valmiit standardit muiden ulkopuolisten järjestelmien liittämiseksi verkkoon, mikä mahdollistaa esimerkiksi yhteistoiminnan ulkomaisten toimijoiden kanssa. [20]

Suomen Ilmavoimien nykyinen johtamisjärjestelmä voisi siis ehkä tarjota alustavia solmukohtia yhteiselle viestijärjestelmälle. Koska ilmavoimien nykyinen datalinkkijärjestelmä on kokonaan moduulirakenteinen ja käyttöalgoritmit ohjelmistopohjaisia, siihen on mahdollista liittää uusia toimintamoodeja ja verkkorakenteita [20]. Tämä voisi mahdollistaa Link-16 -moodin liittämisen nykyiseen datalinkkiin, jolloin syntyisi mahdollisuus yhteistoimintaan Link-16 -järjestelmää käyttävien toimijoiden kanssa. Näin Suomen Puolustusvoimat saisi käyttöönsä kanavan, jonka avulla voitaisiin toimia yhteistoiminnassa Link-16 -käyttäjien kanssa menettämättä oman datalinkkijärjestelmän etuja. Oulun Yliopiston Tietoliikennelaboratorio, joka on ollut mukana kehittämässä Suomen datalinkkijärjestelmää, arvioi oman järjestelmän etuja verrattuna Link-16 -järjestelmään seuraavan taulukon mukaisesti:

Property	Link-16	FDLW-5
Design Assumptions	EW superiority Armed power superiority	Superior AJ/LPD/LPI Tailored number of users and
Multiple Simultaneous Links per User	n/a	yes
Adaptive Antennas	No / ?	Under consideration
Interference Suppression	n/a	yes
LPI/LPD	good	excellent
AJ	good	excellent
Multiple Access	TDMA	TDMA
Duplexing	TDD	TDD
Positioning	RELNAV	no
FH rate	high	moderate
DS	32	high
Instantaneous Bandwidth	3 MHz	n/a
Network Data Rates	26.88-238 kbit/s	n-2.4 kbit/s
User separation	TDMA	DS/CDMA, TDMA
Channel reallocation	Complex	Easy

Taulukko 6. Link-16 verrattuna Suomen datalinkkijärjestelmään [22]

Ongelmaksi Suomen järjestelmän saattamisessa yhteistoimintakykyiseksi Link-16 -järjestelmän kanssa saattaa kuitenkin muodostua F-18 -hävittäjien radiokalusto. Suomen datalinkkijärjestelmä käyttää toiminnoissaan Suomen F-18 -hävittäjien vakioradiokalustoa. Radioita käytetään myös analogisten yhteyksien ylläpitämiseen esimerkiksi lennonjohdon kanssa. Nämä radiot toimivat 30–400MHz:n taajuuskaistalla [20], kun taas Link-16 -järjestelmä toimii 960–1215MHz:n taajuuskaistalla.

6.2 LINK-16 -JÄRJESTELMÄN TEKNILLISET RAJOITUKSET

Link-16 -järjestelmä käyttää 969–1206MHz: taajuusväliä. *The International Telecommunications Unionin* (ITU) Radio Regulations -asiakirjan viidennessä artiklassa taajuuskaista 960–1215MHz:iä varataan ilmailussa käytettävien radionavigointilaitteiden käyttöön. Tämä taajuuskaista määrätään Radio Regulations -asiakirjan neljännen artiklan kymmenennessä osassa suojattavaksi erikoistoimenpitein haitallista interferenssiä vastaan. Viidennen artiklan osassa 5.328 määrätään, että suojaustoimenpide on maailmanlaajuinen ja koskee kaikkia ilmailuun liittyvien radiosuunnistusjärjestelmien ja niihin liittyvien maa-asemien käyttöä sekä kehitystä. Suojaustoimenpide koskee kaikkia nykyisiä ja tulevia radiosuunnistuslaitteita. Tänä päivänä ICAO:n radiotaajuusohjekirjan (Handbook on radio frequency spectrum requirements for civil aviation) mukaan ko. taajuuskaistalla toimivat lennonjohdon käyttämät SSR-tutkat ja lentokoneiden navigoinnissaan käyttämät *Distance Measurement Equipment* (DME) -laitteet sekä lentokoneiden törmäysvaroitussjärjestelmä *Airborne collision avoidance system* (ACAS). Osa kyseisestä taajuuskaistasta on varattu GNSS (ITU kutsuu sitä RNSS:ksi) -järjestelmän kehittelyä varten [17]. ICAO:n radiotaajuusohjekirjassa mainitaan myös, että JTIDS/MIDS -järjestelmät operoivat ko. taajuuskaistalla ITU:n asettamien ehtojen puitteissa. ITU:n Radio Regulations -asiakirjan neljännen artiklan osa 4.4 antaa JTIDS/MTIDS -järjestelmille mahdollisuuden käyttää ko. taajuuskaistaa seuraavin ehdoin:

- JTIDS/MIDS -lähetykset eivät saa häiritä nykyisiä eivätkä tulevia radiosuunnistusjärjestelmiä.
- JTIDS/MIDS -järjestelmille ei voida vaatia suojaa haitallista interferenssiä vastaan.

Radio Regulations antaa myös kansallisille ilmailuviranomaisille oikeuden vaatia tarkempia kriteerejä JTIDS/MIDS -käyttöluvan saamiseksi. Jotta JTIDS/MIDS -järjestelmiä ja täten Link-16 -järjestelmää voitaisiin käyttää, on sen TDMA -rakennetta testattu ja yhteensopivuusastetta tutkittu siviili-ilmailuviranomaisten sekä sotilaallisten järjestöjen toimesta Yhdysvalloissa. Tutkimusten perusteella on laadittu ehtoja JTIDS/MIDS -järjestelmien käyttöä varten. Ehdot on julkaistu *The United States Navy Space and Naval Warfare (SPAWAR) System Command,*

Advanced Tactical Data Link Systems (PMW 159), JTIDS/MIDS Multinational Ad Hoc Spectrum Support Working Group Notebookissa [25]. Myös Yhdysvaltojen Chairman of the Joint Chief of Staff on julkaissut ohjeen *Link-16 spectrum deconfliction* [3].

Link-16 -järjestelmän taajuushyppely käyttää 960MHz–1215MHz:n taajuuskaistasta 51:tä eri taajuutta, jotka sijoittuvat 3MHz:n taajuuserolla kaistoille 969–1008MHz, 1053–1065MHz ja 1113–1206MHz. Käytössä olevat taajuudet selviävät taulukosta 7.

CARRIER FREQUENCIES

Carrier Number	Frequency (MHz)	Carrier Number	Frequency (MHz)	Carrier Number	Frequency (MHz)
0	969	17	1062	34	1158
1	972	18	1065	35	1161
2	975	19	1113	36	1164
3	978	20	1116	37	1167
4	981	21	1119	38	1170
5	984	22	1122	39	1173
6	987	23	1125	40	1176
7	990	24	1128	41	1179
8	993	25	1131	42	1182
9	996	26	1134	43	1185
10	999	27	1137	44	1188
11	1002	28	1140	45	1191
12	1005	29	1143	46	1194
13	1008	30	1146	47	1197
14	1053	31	1149	48	1200
15	1056	32	1152	49	1203
16	1059	33	1155	50	1206

Taulukko 7. Link-16 -järjestelmän käyttämät taajuudet 960–1215MHz:n taajuuskaistasta [25]

DME -järjestelmä käyttää 960–1215MHz:n taajuuskaistaa kokonaisuudessaan 962MHz:stä aina 1213MHz:iin asti yhden MHz:n taajuusväleillä. Useimmat DME -taajuudet on myös kytketty jonkin muun radiosuunnistus- tai laskeutumisjärjestelmän, kuten esimerkiksi VOR tai ILS -järjestelmien, taajuuksiin. Tämä mahdollistaa sen, että DME:tä on mahdollista käyttää automaattisesti kyseisten järjestelmien kanssa. [16] Tästä syystä SPAWAR:n ja Yhdysvaltojen Joint Chief of Staff:n julkaisemissa ohjeissa määrätään sekä maassa että ilmassa oleville (ns. liikkuvat ja stationäärit) Link-16 -päätelaitteille tarkat toimintaehdot, joiden puitteissa laitteiden on pysyttävä. Ehdoista käy ilmi, kuinka paljon JTIDS/MIDS -säteilyä tietyn maantieteellisen alueen puitteissa saa esiintyä. Lisäksi ehdot määräävät, millaisia verkkoja, viestinpakkausmuotoja ja taajuushyppelykaavioita JTIDS/MIDS -laitteet saavat käyttää. Ehdoissa määrätään myös, miten paljon JTIDS/MIDS -järjestelmän laitteet saavat poiketa standardien määräämistä taajuuksista, lähetystehoista, pulssipituuksista jne. [3, 25]

Tärkein rajoitus, jonka puitteissa koko JTIDS/MIDS -järjestelmän on pysyttävä, on Electromagnetic Compatibility (EMC, sähkömagneettinen yhteensopivuus) -rajoitus tietyn maantieteellisen alueen puitteissa.[25] EMC:llä määrätään, kuinka paljon elektromagneettista säteilyä jokin järjestelmä aiheuttaa, ja JTIDS/MIDS:stä puhuttaessa tämä liittyy siihen, kuinka monta lähetyspulssia on ilmassa samaan aikaan. Maantieteelliseksi alueeksi on määrätty sylinteri, joka muodostuu päätelaitteen ympärille ja jonka säde on 100 merimailia (185,2 km). Sylinterille ei ole määrätty korkeusrajoituksia, vaan se kattaa koko ilmatilan maasta avaruuteen. EMC:tä mitataan *Time Slot Duty Factorilla* (TSDF), joka lasketaan 12 sekunnin aikajakson puitteissa. Jokainen sekunti sisältää 128 aikaikkunaa ja jokaisessa aikaikkunassa järjestelmä lähettää 258 pulssia. Täten, kun TSDF on mahdollisimman suuri, ilmassa on $12 \cdot 128 \cdot 258 = 396288$ pulssia.[4] JTIDS/MIDS -järjestelmille on määrätty, että maksimi TSDF on 100/50. Tämä tarkoittaa, että alueella, joka muodostuu kaikkien päätelaitteiden sylintereistä, yhteenlaskettu TSDF ei saa ylittää 100 prosenttia. Yksittäinen päätelaite tällä alueella saa lähettää maksimissaan 50 prosenttia TSDF:ää. Jokaisen päätelaitteen EMC -valvontayksikön on katkaistava kyseisen päätelaitteen lähetykset, mikäli päätelaite tuottaa liikaa TSDF:ää tai poikkeaa jostain muusta asetetusta toimintarajoituksesta. [25]

Teknillisten toimintarajoitusten lisäksi JTIDS/MIDS -järjestelmän laitteille on määrätty, kuinka suuri maantieteellinen etäisyys niiden on säilytettävä lennonjohdollisiin laitteisiin nähden. Maahan sijoitettuihin lennonjohdollisiin laitteisiin on pidettävä seuraavanlaiset etäisyydet [25]:

- Etäisyyden maalla tai vedellä liikkuvasta JTIDS/MIDS -päätelaitteesta maahan sijoitettuun 960–1215MHz:n taajuuskaistalla toimivaan *Tactical Air Navigation* (TACAN) tai *Distance Measuring Equipment* (DME) -laitteeseen on oltava sellainen, että laitteelle tulevan signaalin vahvuus on -33dBm. Tämä vastaa noin 0,5 merimailin tai 0,9 kilometrin etäisyyttä 200 W:n JTID/MIDS -päätelaitteelle.
- Etäisyyden maalla tai vedellä liikkuvasta JTIDS/MIDS -päätelaitteesta maahan sijoitettuun 960–1215MHz:n taajuuskaistalla toimivaan *Air Traffic Control Radar Beacon System* (ATCRBS) tai *Secondary Surveillance Radar* (SSR=toisiotutka) tai *Mode Select* (Mode S) -laitteeseen on oltava sellainen, että laitteelle tulevan signaalin vahvuus on -20dBm. Tämä vastaa noin 900 jalan tai 274 metrin etäisyyttä 200 W:n JTID/MIDS päätelaitteelle.
- Pienin pystysuuntainen etäisyys ilmassa liikkuvan JTIDS/MIDS -päätelaitteen ja maahan sijoitetun 960–1215MHz:n taajuuskaistalla toimivan lennonjohdollisen järjestelmän välillä on 1000 jalkaa tai 305 metriä.

Ilmassa liikkuviin lennonjohdollisiin laitteisiin on pidettävä seuraavanlaiset etäisyydet [25]:

- Pienin porrastus ilmassa liikkuvan JTIDS/MIDS -päätelaitteen ja 960–1215MHz:n taajuuskaistalla toimivaa lennonjohdollista järjestelmää käyttävän siviili-ilma-aluksen välillä on 1000 jalkaa tai 305 metriä joka suunnassa.
- Pienin pystysuuntainen etäisyys ilmassa liikkuvan 960–1215MHz:n taajuuskaistalla toimivan lennonjohdollisen järjestelmän ja maahan sijoitetun JTIDS/MIDS -päätelaitteen välillä on 1000 jalkaa tai 305 metriä.

Tämän lisäksi tiedot kaikista lähetyksistä on tallennettava, jotta mahdollisia interferenssihäiriöitä 960–1215MHz:n taajuusalueella voidaan tutkia. Tietoja on säilytettävä vähintään vuoden verran,

ja sotilasviranomaisten on tehtävä yhteistyötä siviili-ilmailuviranomaisten kanssa interferenssihäiriöiden tutkinnassa. Tallennetuista tiedoista on käytävä ilmi seuraavat asiat [25]:

- käytetty verkko
- päivämäärä ja aika UTC -aikana (lähetyksen aloitus ja loppu)
- lähettäjän korkeus
- lähettäjän paikka tai vakiolentokuvio/reitti
- kaikki EMC -toimintojen toimenpiteet ja
- kaikki EMC -toimintojen kumoamiset, mikäli sellaisille on annettu lupa.

Ruotsi on myös kehittänyt oman datalinkkijärjestelmänsä. Tätä järjestelmää kutsutaan nimellä *Taktiskt Radiosystem (TARAS)*. Järjestelmä on puhtaasti ruotsalaista arkkitehtuuria, ja sen olennaisimmat osat ovat *Flygradio 90 (Fr90)* ja *Markradio 90 (Mr90)*, joita kutsutaan yhteisnimellä *Radio 90 (Ra90)*. TARAS -järjestelmä juontaa juurensa Ruotsin pyrkimykseen luoda neljännen sukupolven ilmavoimat, jonka motto on tilannetietoisuus. Järjestelmää on kehitetty asteittain: versiot yksi ja kaksi käyttivät perinteistä analogista radiota hyödykseen, kun taas versio kolme käyttää digitaalista radiota ja on käytössä Ruotsin Gripen hävittäjissä. JAS 39 Gripenissä asennettu laitejärjestelmä on osa TARAS -järjestelmää, ja sitä kutsutaan nimellä *Communication and Data Link 39*. Järjestelmä koostuu seitsemästä eri komponentista/laitteesta: *Flygradio 90 (Fr90)*, 2 kpl *Flygradio 41 (FR41)*, *Audio Management Unit (AMU)*, *Ground Telecommunication Amplifier (GTA)*, *Audio Control Panel (ACP)* ja *Communication Control and Display Unit (CCDU)*. *Flygradio 41* toimii normaalina lentoradiona, ja sillä hoidetaan mm. yhteydet lennonjohtoon. *Ra90* on digitaalinen radio, joka toimii taajuudella 960–1215MHz ja hyödyntää hajaspektritekniikkaa, salausta ja koodausta. Sillä on tarkoitus tarjota salattu ja häirintää sietävä tapa siirtää tietoa.[4] *Ra90* -radiota voidaan verrata *Link-16* -järjestelmän päätelaitteeseen.

TARAS:n tekninen toteutus ja arkkitehtuuri ovat hyvin samantapaiset kuin *Link-16*:ssa, mutta järjestelmät poikkeavat toisistaan muutaman olennaisen toiminnon kohdalla. Nämä poikkeukset tekevät *Link-16* -järjestelmän ja TARAS -järjestelmän yhteistoiminnan mahdolliseksi. Merkittävimmät erot voidaan listata seuraavasti:

1. Aikaikkunoiden pituus ja määrä/sekunti on molemmissa järjestelmissä sama, mutta järjestelmien aikakierto on erilainen.
2. Taajuushyppely käyttää hyppelyyn molemmissa yhtä monta taajuutta, mutta järjestelmien hyppelynopeudet ovat erilaiset.
3. Taajuushyppelykaavojen määrä ja sen myötä luotujen verkkojen määrä on järjestelmissä erilainen.
4. Järjestelmien luomien verkostojen aikasykronoinnissa aikalaatua merkitään eri tavalla.
5. Verkon aikajaksossa aikaikkunat jaetaan eri tavalla käyttöryhmiin ja aikaikkunoiden rakenteet ovat erilaisia.
6. Puheen siirtämiseen käytetään erilaista puheenkoodausta.

TARAS -järjestelmän verkkorakenteessa käytetään yhden minuutin mittaista aikajaksoa Link-16:n 12,8 minuutin sijaan. Tämä minuutti jaetaan 7680 aikaikkunaan, joiden pituus on 7,8125 ms. Tästä seuraa, että järjestelmässä on 128 aikaikkunaa/sekunti ja verkko.[4]

Ra90 käyttää taajuushyppelyhajaspektritekniikkaa, ja sen taajuushyppelyä ohjaa algoritmi, jota puolestaan ohjaa ns. *Transmission Security* (TSEC) -krypto. Taajuushyppely pitää sisällään 51 taajuutta 969–1215 MHz:n taajuuskaistalta.[4] Taajuus vaihtuu nopeudella 77000–78000 hyppyä/s [4].

TARAS -järjestelmä “kasaa” verkkoja samalla periaatteella kuin Link-16, ja se luo 256 eri verkkoa. Näin ollen sillä on 256 erilaista taajuushyppelykaavaa. Link-16 -järjestelmässä verkkojen määrä on 127. Järjestelmien verkkorakenteita voidaan verrata ajattelemaan ne sylintereiksi, joissa aikajakson pituus muodostaa ympärysmittan ja verkkomäärä korkeuden. Link-16:n verkkorakenne on siis ympärysmitaltaan suuri mutta matala, kun taas TARAS -järjestelmässä verkkorakenne on ympärysmitaltaan pieni mutta korkea.[4]

Edellytys sille, että Ra90 -radiot TARAS -järjestelmässä pystyisivät keskustelemaan keskenään, on sama kuin Link-16 -järjestelmässä: radioilla ja järjestelmillä pitää olla sama aikakäsitys. Aikaa

synkronoidaan Link-16 -järjestelmässä NTR:n perusteella, kun taas TARAS -järjestelmässä vastaavaa aikaa kutsutaan *System Tid Referenssiksi* (STR). Myös TARAS -järjestelmässä yksi asema, eli Ra90 -radio, määrätään STR:ksi, joka toimii aikavertailukohtana muille Ra90:ille. TARAS -järjestelmässä STR:ää käytetään muodostamaan nk. *systemnät* eli järjestelmäverkko. Jos käynnistettävä Ra90 ei heti saa yhteyttä järjestelmäverkkoon, se muodostaa oman paikallisen verkon niiden solmujen kanssa, joihin se saa yhteyden. Tämän jälkeen jokin näistä solmuista toimii *Lokal System Tid Referenssinä* (LSTR) eli paikallisena aikavertailukohtana. Heti kun joku paikallisverkon Ra90:stä saa yhteyden ns. järjestelmäverkkoon, kaikkia paikallisverkon solmuja eli Ra90:ita käsketään siirtymään järjestelmäverkkoon.[4] Käytännössä TARAS -järjestelmässä voi siis olla käynnissä radioita, jotka eivät kuulu varsinaiseen käytössä olevaan verkkoon (eli järjestelmäverkkoon) mutta jotka silti keskustelevat keskenään.

Verkossa toimivat Ra90 -radiot saavat automaattisesti tiedon lähellä olevien Ra90 -radioiden etäisyydestä *Time Synchronization Message* (TSM) -viestien ja *Position Status Message* (PSM) -viestien avulla. Jokainen Ra90 kuuntelee koko ajan PSM-viestejä, jotka sisältävät tietoja lähellä olevan lähettävän radion paikasta, aikalaadusta sekä siitä, millä taajuushyppelyavaimella se lähettää TSM-viestejään. Jos lähettävä solmu on Mr90, viesteistä ilmenee myös, mikä maakeskus lähettää S-dataa sekä mitkä S-kanavat ovat käytössä. (S-kanavia käytetään taistelunjohtotietojen siirtämiseen johtokeskuksesta lentokoneeseen) [4]. Jos vastaanottava radio toteaa lähettävän radion aikakäsityksen olevan laadullisempi, se aloittaa aikapäivityksen lähettämällä TSM-viestin kyseiselle radiolle pyytäen sen aikatieoa. Saatuaan ajan paluuviestinä radio päivittää oman aikansa ja aikalaatutietonsa.[4] Paras aikalaatu on luonnollisesti STR:llä, ja sille annetaan pieniin aikalaatua kuvaava arvo. TARAS siis eroaa tässä menettelyssä Link-16:sta, jota käytettäessä suurin aikalaatua kuvaava arvo annetaan parhaan aikalaadun omaavalle terminaalille eli NTR:lle. TARAS -järjestelmä mahdollistaa myös GPS:n käyttämisen synkronointiin, joka toteutetaan asettamalla GPS STR:ksi.[4]

TARAS -järjestelmässä yhden aikajakson 7680 aikaikkunaa jaetaan kahteen osaan: ns. *User Data Slot Pooliin* (UDSP) ja *Network Data Slot Pooliin* (NDSP). UDSP:hen jaetut aikaikkunat voivat siirtää käyttäjien dataa tai verkohallintaviestejä, ja niitä kutsutaan *User Time Slotiksi* (UTS). NDSP:hen jaetut aikaikkunat siirtävät vain verkohallintaviestejä, ja niitä kutsutaan *Network Time Slotiksi* (NTS). Jakauma UTS:n ja NTS:n välillä vaihtelee ja riippuu siitä, onko kyseessä

järjestelmäverkko vai paikallisverkko. Ero johtuu siitä, että paikallisverkossa oleville solmuille on annettava suurempi mahdollisuus löytää järjestelmäverkko johon synkronoitua. Järjestelmäverkossa yhdessä aikajaksossa on 7200 UTS:ää ja 480 NTS:ää, jolloin joka 16. aikaikkuna on NTS ja loput ovat UTS-aikaikkunoita. Paikallisverkossa suhde on 7440 UTS ja 240 NTS, jolloin joka 31.:n aikaikkuna on NTS.[4] Myös aikaikkunarakenteet TARAS -järjestelmässä poikkeavat Link-16 -järjestelmästä. TARAS -järjestelmässä on viisi erilaista rakennetta, joiden tiedonsiirtonopeus vaihtelee välillä 28,8–115,2 kbits/s.[4]

Myös puheen siirrossa on eroja TARAS -järjestelmän ja Link-16 -järjestelmän kesken. Ra90:ssä käytetään puhekoodaukseen *Improved Multiband Excitation* (IMBE), jonka nopeus on 4,2 kbits/s. Sen sijaan Link-16:n nopeus on 2,4 kbits/s. Ra90:n puhekoodaus perustuu *Digital Voice Systems, Inc.:n* (DSVI) kehittämään standardiin.[4]

Ruotsin TARAS -järjestelmän toimintaperiaate on hyvin samankaltainen kuin Link-16 -järjestelmän. TARAS -järjestelmä toimii kuten Link-16 -järjestelmä 960–1215MHz:n taajuuskaistalla. Tämä on aiheuttanut samanlaisia EMC-ongelmia Ruotsissa kuin Link-16 -järjestelmä käyttäjämaissaan. Ruotsi on tämän takia sitoutunut TARAS -järjestelmän osalta niihin toimintarajoihin, jotka Link-16 -järjestelmälle on asetettu. Hagenbo toteaa tutkimuksessaan, että Link-16:n ja TARAS -järjestelmän käyttöä varten vaaditaan laajaa hallinnollista suunnittelua ja johtamista, jotta operatiivisiin vaatimuksiin ilmassa voitaisiin vastata tarjoamalla ilmassa toimiville yksiköille oikeanlaista palvelua oikeaan aikaan. Varsinkin rauhan aikana EMC -vaatimusten täyttäminen vaatii huolellista laskemista ottaen huomioon sekä oman maan että naapurimaiden ilmatila. Ruotsissa vaaditaan myös yhteistoimintaa Link-16 -käyttäjämaiden kesken, jotta järjestelmät eivät häiritsisi toisiaan tai aiheuttaisi yhteisvaikutuksen kautta EMC -rajoitusten rikkomisia.[4]

Mikäli Link-16 -järjestelmä otettaisiin Suomessa käyttöön, myös Suomessa tulisi sitoutua järjestelmälle määrättyihin toimintarajoihin. Tämä asettaisi puolustusvoimien organisaatiolle uusia vaatimuksia. Link-16 -järjestelmän käyttäminen vaatii jatkuvaa suunnittelua ja johtamista, jotta EMC -rajoituksissa pysyttäisiin. *The United States Navy Space and Naval Warfare (SPAWAR) System Command, Advanced Tactical Data Link Systemsin* julkaisemassa *JTIDS/MIDS Multinational Ad Hoc Spectrum Support Working Group Notebook*:issa määrätään

JTIDS/MIDS -järjestelmille käyttörajoituksia ja -ehtoja. Dokumentissa sanotaan, että sitä voidaan käyttää pohjana tehtäessä sopimuksia taajuuskaistan 960–1215MHz käytöstä eri maiden ilmailuviranomaisten kanssa. Jokaisen suvereenin valtion omat rajoitukset ko. taajuuskaistan käytöstä voivat kuitenkin olla tiukemmat kuin taajuuskaistaa koskevat kansainväliset sopimukset. Mikäli rajoitukset ovat tiukemmat, jokaisen JTIDS/MIDS -käyttäjän tulisi sitoutua myös niihin tekemällä sopimus ko. valtion ilmailuviranomaisten kanssa. Dokumentissa määrättyistä JTIDS/MIDS -käyttöehdoista yksi määrää, että sotilaallisen viranomaisen tulisi valvoa kaikkia JTIDS/MIDS -operaatioita, jotta varmistettaisiin, ettei kansallisia käyttörajoituksia rikota. Myös mikäli JTIDS/MIDS -käyttäjämaan joukot vierailevat jonkin toisen valtion alueella, joukkojen on noudatettava JTIDS/MIDS -järjestelmien käyttämisen suhteen isäntänä toimivan valtion kansallisia säännöstöjä. Mikäli Link-16 -järjestelmä otettaisiin Suomessa käyttöön, järjestelmän hallintoa varten tulisi luoda oma organisaatio. Ilmavoimat tutkii tällä hetkellä ko. asiaa, eikä päätöksiä asiasta vielä ole tehty. Ilmavoimilla on kuitenkin olemassa organisaatio nykyisen datalinkkijärjestelmän hallinnoimiseksi, ja organisaatiota voidaan mahdollisesti muokata Link-16 yhteensopivaksi. Link-16 -järjestelmän hallinnollisista töistä selviytyminen vaatii kuitenkin mitä todennäköisimmin lisäresursseja. [18]

Suomessa nykyisin käytössä oleva datalinkkijärjestelmä toimii 30–400MHz:n taajuuskaistalla [20]. Tästä taajuuskaistasta on varattu osia siviili-ilmailun käyttöön. ICAO:n *Handbook on radio frequency spectrum requirements for civil aviation*:in mukaan siviili-ilmailulle varatut osat 30–400MHz:n taajuuskaistoilla ovat seuraavat [17]:

74.8–75.2MHz: Ilmailun radionavigointi, Marker-majakat

108–117.975MHz: Ilmailun radionavigointi, VOR/ILS localizer -majakat.

117.975–137MHz: ilma–maa ja ilma–ilma–välinen VHF-kommunikointi, puhe ja data.

121.5MHz, 123.1MHz ja 243MHz: ilmailun hätätaajuudet.

328.6–335.4MHz: Ilmailun radionavigointi, ILS:n liukupolku.

Taajuuskaista sisältää siis osan, joka on nimenomaan varattu VHF-puhe- ja dataliikenteelle. Lisäksi taajuuskaistalla on osia, joita ei ole varattu muun ilmailun käyttöön. Tämä antaa paljon vapaammat mahdollisuudet käyttää Suomen datalinkkijärjestelmää kuin Link-16 -järjestelmää.

Suomen datalinkkijärjestelmää käytettäessä ei tarvitse huolehtia järjestelmän siviilijärjestelmille aiheuttamasta häiriöstä, EMC:stä. Tämä keventää sitä suunnittelu-, valvonta- ja johtamistaakkaa, joka datalinkkijärjestelmään liittyy ja joka on Hagenbon mukaan suuri käytettäessä Link-16 -järjestelmää (ja Ruotsin TARAS -järjestelmää).

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Link-16 -järjestelmän tiedonsiirtokapasiteetti riittäisi nykytilanteessa sellaisissa puolustusvoimien yhteisoperaatioissa, joissa kaikki puolustushaarat käyttäisivät Link-16 -järjestelmää. Järjestelmällä kyettäisiin toimimaan, mikäli jokaiselle puolustushaaralle luotaisiin oma viestiverkko ja lisäksi rakennettaisiin yksi yhteinen viestiverkko. Kaikissa operaatioissa edellytyksenä on toiminnan suunnittelu niin, että viestiverkon käyttöä voidaan ennakoida ja tätä kautta viestiverkon kapasiteettia jaettua käyttäjien kesken optimaalisesti. Yksittäisen puolustushaaran, kuten esimerkiksi ilmavoimien, toimintaan Link-16 -järjestelmän tiedonsiirtokapasiteetti riittää nykyisillä tiedonsiirtotarpeilla.

Kapasiteetin laajentaminen tulevaisuuden vaatimuksia ajatellen jää kuitenkin avoimeksi kysymykseksi. Link-16 -järjestelmän käyttämä TADIL J -viestiformaatti on tarkkaan standardoitu, joten sen tiedonsiirtokapasiteetin kasvattamismahdollisuudet ovat rajatut. Viasat -yhtiöllä on kuitenkin suunnitteilla MIDS -päätelaitteita, joille luvataan nykyistä huomattavasti suurempaa tiedonsiirtokapasiteettia.

Suomen nykyinen datalinkkijärjestelmä kestää hyvin vertailun Link-16 -järjestelmään tiedonsiirtokapasiteetin saralla. Suomen järjestelmän tiedonsiirtokapasiteettia pystytään räätälöimään täysin käyttäjän tarpeiden mukaan ja myös helposti lisäämään nykyisestä (katso Taulukko 6) [20]. Tämän takia Suomessa nykyisin käytössä olevalla datalinkkijärjestelmällä on paremmat edellytykset kyetä vastamaan tulevaisuudessa ilmeneviin tiedonsiirtokapasiteettia koskeviin vaatimuksiin.

Suurimmaksi kysymysmerkiksi Link-16 -järjestelmän suorituskyvyn saralla jää järjestelmän häirinnäsiedon taso. Jo järjestelmän kehittelyvaiheessa projektista vastuussa olleet

Yhdysvaltojen ilmavoimat ilmaisi huolensa järjestelmän häirinnänsietokyvystä. Pääsyyksi Yhdysvaltojen ilmavoimien vastahakoisuuteen ottaa Link-16 -järjestelmä käyttöön on ilmoitettu, että ilmavoimat suosivat datalla johtamisen sijaan puheella johtamista. Kuitenkin yhdeksi syyksi vastahakoisuuteen mainittiin Allardin kirjassa myös se, että Yhdysvaltojen Ilmavoimat toimivat syvällä vihollisen alueella, missä on enemmän häirintää [1]. Tämä herättää epäilyksiä Link-16 -järjestelmän luotettavuudesta häirityissä toimintaympäristössä, varsinkin kun otetaan huomioon, että Link-16 -järjestelmällä pystytään myös siirtämään digitalisoitunutta ja salattua puhetta.

Se, miten hyvin vihollinen pystyy havaitsemaan Link-16 -järjestelmän käyttöä tai vaikuttamaan siihen, liittyy myös salattavuuteen, häirinnänsietoon ja luotettavuuteen. Link-16 -järjestelmässä käytetään taajuushyppelytekniikkaa vaikeuttamaan ulkopuolisten kykyä vaikuttaa järjestelmän toimintaan. Kohtuullisen suuren ja vakioidun lähetystehon takia järjestelmän havaitseminen ei tuottane vaikeuksia. Päätelaitteiden synkronointiin käytettävien RTT-viestien takia on ehkä kuitenkin mahdollista vaikuttaa järjestelmän toimintaan. Suomessa nykyisin käytössä oleva datalinkkijärjestelmä ei käytä erillisiä viestejä päätelaitteidensa synkronointiin, joten järjestelmä on paremmin suojattu synkronoinnin sekoittamiseen tähtäävältä vaikuttamiselta. Suomessa käytössä olevassa datalinkkijärjestelmässä on myös LPD/LPI-toimintamoodit, jotka parantavat järjestelmän suojaa häirintää vastaan ja näin ollen parantavat myös järjestelmän luotettavuutta. Link-16 -järjestelmän käyttöönotto puolustusvoimissa saattaisi siis heikentää toimintakykyä tilanteessa, jossa ollaan vihollisen elektronisen sodankäynnin alaisena.

Link-16 -järjestelmä tarjoaa päätelaitteita käytännössä kaikille mahdollisille alustoille, joten sillä saralla järjestelmän käyttöönotto on helppoa. Koska vain kolmella yhtiöllä on lisenssit valmistaa Link-16 -pätelaitteita, kilpailu alueella on vähäistä, mikä taas saattaa vaikuttaa päätelaitteiden hinnoitteluun. Link-16 -järjestelmää käytettäessä viestien kohdentaminen vain tietyille vastaanottajalle / tietyille vastaanottajille ilman, että tälle toiminnalle olisi verkkosuunnittelussa luotu puitteet, on mahdotonta. Tästä syystä verkkosuunnittelun merkitys korostuu. Myös joukkojen toimintakyky saattaa joissain tilanteissa olla rajoittuneempi kuin tilanteessa, jossa käytetään Suomen Ilmavoimien nykyistä datalinkkijärjestelmää (jossa viesti voidaan kohdentaa mille päätelaitteelle tai verkkokäyttäjälle tahansa).

Voidaankin todeta, että Link-16 -järjestelmä on suhteellisen raskas järjestelmä. Jokaista operaatiota varten pitää luoda oma viestiverkko. Luodussa verkossa jokaisella verkkokäyttäjällä on tiukasti rajoitetut toimintamahdollisuudet, ja näin ollen kukin käyttäjä kykenee suorittamaan vain sille suunniteltuja tehtäviä. Tämä käytäntö ei aiheuta ongelmia suurvallan tai ison koalition toiminnassa, koska niiden toiminnassa jokaiselle toimijalle on joka tapauksessa annettava tarkasti rajoitetut tehtävät, jotta kokonaisuuden hallinta olisi mahdollista. Suomen kokoiselle valtiolle omien joukkojen joustava käyttö on kuitenkin ehto menestymiselle kriisitilanteessa. Link-16 -järjestelmän joustavan verkkosuunnittelun ansiosta omien joukkojen käyttäminen optimaalisesti on myös pienelle valtiolle mahdollista. Kaikki riippuu kuitenkin siitä, miten verkko suunnitellaan. Tästä johtuen Suomelle olisi tärkeää, että omassa käytössä olevat verkot pystyttäisiin suunnittelemaan ja rakentamaan itse. Tämä saattaa vaatia suurehkoa organisaatiota. Link-16 -järjestelmää tarkasteltaessa on myös otettava huomioon sen ilmavoimien operaatioille mahdollisesti aiheuttamat ongelmat esimerkiksi varakoneiden käyttämisessä. Myös Link-16 -järjestelmän mahdollisesti aiheuttamat rajoitukset taistelujohtajien toimintaan hankaloittavat ilmavoimien omia operaatioita. Suomen Ilmavoimilla nykyisin käytössä oleva datalinkkijärjestelmä on suunniteltu nimenomaan pienten ilmavoimien erikoistarpeita huomioiden, joten järjestelmä on siinä suhteessa Link-16 -järjestelmää joustavampi.

Solmukohtien asettamat vaatimukset saattavat nousta ongelmaksi, mikäli halutaan toimia koko puolustusvoimat kattavalla viestiverkolla, johon Link-16 -järjestelmä on liitetty yhden tai kahden puolustushaaran käyttämänä. Solmukohtien tekninen toteutus voi muodostua hankalaksi. Toisaalta Suomen Ilmavoimien nykyinen johtamisjärjestelmä mahdollistaa ulkopuolisten järjestelmien liittämisen verkostoon [20], joten Suomen Ilmavoimilla voi olla jo valmiita solmukohtia. Koko viestiverkon taistelunkestävyyden kannalta olisi tärkeää, että solmukohtia olisi tarpeeksi. Solmukohtien rakentaminen saattaa kuitenkin teknisten laitteiden asettamien vaatimusten takia muodostua haastavaksi. Link-16 -järjestelmän liittäminen Suomen Ilmavoimien nykyiseen johtamisjärjestelmään voisi joka tapauksessa tarjota ratkaisun Valtioneuvoston turvallisuus- ja puolustuspoliittisessa selonteossa määrätyle kansainvälisen yhteistoimintakyvyn kehittämisvaatimukselle. Tällöin ilmavoimien johtamisjärjestelmä toimisi linkkinä datalinkkijärjestelmien välillä, ja ilmavoimat kykenisi toimimaan yhteistyössä Link-16 -järjestelmää käyttävien maiden kanssa. Liittämällä Link-16 -moodi Suomen datalinkkijärjestelmään yhteistoimintakyky paranisi vielä enemmän.

Kaikki Link-16 -järjestelmään liittyvät huomiot korostavat yhtä asiaa: Link-16 -järjestelmän käyttö vaatii huomattavan paljon suunnittelua. Viestiverkon toiminta, tiedonsiirtokapasiteetin saaminen oikeille käyttäjille sekä viestien meneminen oikeille vastaanottajille – siis toisin sanoen järjestelmän käyttäminen – vaatii tarkkaa yksityiskohtaista suunnittelua. Myös Link-16 -järjestelmän käyttämisen taajuuskaistan mukanaan tuomat EMC-vaatimukset lisäävät järjestelmän käyttämiseen liittyviä hallinnollisia töitä.

Ominaisuuksiltaan Link-16 -järjestelmää voitaisiin käyttää puolustusvoimien yhteisoperaatioissa. Järjestelmän käyttö vaatisi joukkojen taistelunkestävyyden ylläpitämiseksi kuitenkin vähintään puolustushaarojen sisäisen varaviestijärjestelmän ylläpitoa. Mikäli Link-16 -järjestelmää halutaan käyttää, sen mukanaan tuomat hallinnolliset vaatimukset pitää huomioida Suomen Puolustusvoimien organisaatiossa. Se, että Suomen Ilmavoimien nykyinen datalinkkijärjestelmä tarjoaa monessa suhteessa paremmat ominaisuudet kuin Link-16 -järjestelmä, puhuu kuitenkin vahvasti Link-16 -järjestelmän käyttämistä vastaan. Nykyisen datalinkkijärjestelmän ohjelmistopohjainen rakenne ja ilmavoimien johtamisjärjestelmän tarjoama mahdollisuus liittää ulkopuolisia järjestelmiä itseensä on myös vahva argumentti jo käytössä olevan järjestelmän puolesta.

Edellä mainitut ominaisuudet mahdollistaisivat Link-16 yhteensopivuuden luomisen jo olemassa oleviin järjestelmiin. Näin ollen Valtioneuvoston turvallisuus- ja puolustuspoliittisessa selonteossa asetetut vaatimukset täyttyisivät. Oman maan puolustamiskyky säilyisi korkeana ja Suomen osaaminen korkean teknologian saralla olisi otettu huomioon puolustusmateriaalia kehitettäessä Nato-standardien ja -normien mukaisiksi.

Ruotsalaisen Hagenbon mielestä Link-16 -järjestelmä tulee leviämään entistä laajempaan käyttöön Nato-maiden sisällä siitä syystä, että kaikki kansainvälisesti merkittävimmät toimijat käyttävät järjestelmää ja näin ollen myös kaikki kansainväliset operaatiot suunnitellaan Link-16 -järjestelmän perusteella [4]. Mikäli Suomi haluaa liittyä tähän kansainvälisiin operaatioihin kykenevien valtioiden joukkoon, myös Suomessa tulee pohtia vakavasti Yhdysvaltojen laivaston Vara-amiraali Cebrowskin (Joint Chief of Staff J6) lausuntoa, jonka hän antoi Yhdysvaltojen

ilmavoimien Hanscomin tukikohdassa syyskuussa 1996 pidetyssä kansainvälisessä Link-16 -käyttäjämaiden konferenssissa:

”If you are not Link 16 (TADIL-J) capable, you will not be welcome on the US Battlefield and, in fact, you will be considered a blue on blue engagement generator – a threat to friendly and coalition forces.” [4]

Lopuksi voidaan todeta, että datalinkijärjestelmät ja niiden käyttö sotilaallisiin tarkoituksiin on kansainvälisestikin ”kuuma” aihe. Link-16 -järjestelmä on valtaamassa asemaa maailman johtavana datalinkijärjestelmänä, vaikka järjestelmässä ainakin pienten käyttäjämaiden kannalta useita puutteita onkin. Tämä tutkimus on tuottanut yhden näkökulman aiheeseen. Tutkimuksen julkisuusvaatimuksen ja rajatun laajuuden takia syvällistä teknistä tarkastusta tai vertaamista oikeiden kriisisuunnitelmien asettamiin vaatimuksiin ei ole ollut mahdollista tehdä. Myös tutkijan rajallinen tekninen koulutus on asettanut omat rajoitteensa tutkimukselle.

Mahdollisia lisätutkimuskysymyksiä aiheeseen liittyen voisivat olla esimerkiksi seuraavat:

- 1) Millaisia organisaatiomuutoksia Link-16 -järjestelmän käyttöönotto aiheuttaisi Suomen Puolustusvoimissa?
- 2) Link-16 -järjestelmän ja Suomen Ilmavoimien datalinkijärjestelmän tekninen vertailu
- 3) Millaisia mahdollisuuksia yhteensopivuuden luomiseksi Link-16 -järjestelmän ja Suomen datalinkijärjestelmän välillä on?

Edellä mainitut ovat vain muutamia esimerkkejä aiheeseen liittyvistä mahdollisista tulevista tutkimusaiheista.

KUVIOT JA TAULUKOT

Kuvio 1: Koalition hyökkäyssuunnat sodan alkaessa. - Lähde: [9] lähdeluettelon mukaan.

Kuvio 2: Iraqi Freedom kampanijan hyökkäykset. - Lähde: [9] lähdeluettelon mukaan.

Kuvio 3: JTIDS laitteet luovat verkon missä viesti kulkee monille eri käyttäjille. - Lähde: [10] lähdeluettelon mukaan.

Kuvio 4: TDMA-verkkoarkkitehtuuri. - Lähde: [4] lähdeluettelon mukaan.

Kuvio 5: Kasattu verkkorakenne. - Lähde: [4] lähdeluettelon mukaan.

Kuvio 6: TIDS Class 2 päätelaite kokonaisuus. - Lähde: [13] lähdeluettelon mukaan.

Kuvio 7: JTIDS Class 2H päätelaite kokonaisuus. - Lähde: [13] lähdeluettelon mukaan.

Kuvio 8: JTIDS Class 2M päätelaite. - Lähde: [13] lähdeluettelon mukaan.

Kuvio 9: MIDS LVT päätelaitekokonaisuus. - Lähde: [13] lähdeluettelon mukaan.

Kuvio 10: MIDS FDL päätelaitekokonaisuus. - Lähde: [13] lähdeluettelon mukaan.

Kuvio 11: AN/URC-138 SHAR päätelaite. - Lähde: [13] lähdeluettelon mukaan.

Kuvio 12: Portable Field Terminal päätelaite. - Lähde: [13] lähdeluettelon mukaan.

Kuvio 13: LVT(1) päätelaitekokonaisuus. - Lähde: [8] lähdeluettelon mukaan.

Kuvio 14: LVT 1 päätelaite. - Lähde: [15] lähdeluettelon mukaan.

Kuvio 15: LVT 2 päätelaite. - Lähde: [15] lähdeluettelon mukaan.

Taulukko 1: Esimerkki saaristossa toimivista joukoista. - Lähde: Tutkijan itse laatima.

Taulukko 2: Binääri numeroiden muutostaulukko. - Lähde: Tutkijan itse laatima.

Taulukko 3: Link-16 -järjestelmän syntyhistoria. - Lähde: Tutkijan itse laatima [1].

Taulukko 4: Mahdollinen PG jako. - Lähde: [4] lähdeluettelon mukaan.

Taulukko 5: Operaatioiden data-linkki järjestelmälle asettamat vaatimukset. - Lähde: Tutkijan itse laatima.

Taulukko 6: Link-16 verrattuna Suomen data-link järjestelmään. - Lähde: [22] lähdeluettelon mukaan.

Taulukko 7: Link-16 -järjestelmän käyttämät taajuudet 960 – 1215MHz:n taajuuskaistasta. -

Lähde: [25] lähdeluettelon mukaan.

LÄHTEET

- [1] Allard, C. Kenneth; Command, Control, and The Common Defence, 1990
- [2] Beamont, Roger A.; Joint Military Operations: A Short History, 1993
- [3] Chairman of the Joint Chief of Staff Instruction; Link-16 spectrum deconfliction, 30.6.2004, internetistä osoitteesta:
http://www.dtic.mil/cjcs_directives/cdata/unlimit/6232_01.pdf, 4.1.2006
- [4] Hagenbo, Mikael, C-UPPSATS, Försvarshögskolan 2.12.2002, internetistä osoitteesta:
<http://bibliotek.fhs.mil.se/publikationer/ uppsatser/2002/chpt0002/>, 29.10.2004
- [5] http://matkaviestinta.elisa.fi/public/elisa.do?id=hen_hinnasto_lisapalvelut,hen_hinnasto_0003.htm, 11.2.2006
- [6] http://prodevweb.prodev.usna.edu/SeaNav/NS40x/NS401_old/introduction/html/history, 11.11.2003
- [7] http://www.cnir.na.baesystems.com/cnir_link_16_overview.htm, 4.1.2006
- [8] <http://www.euromids.com/>, 15.2.2006
- [9] http://www.globalsecurity.org/military/ops/iraqi_freedom.htm, 24.11.2005
- [10] <http://www.globalsecurity.org/military/systems/ground/images/image69.gif>, 26.8.2005
- [11] <http://www.ilmavoimat.fi/index.php?id=16>, 24.11.2005
- [12] http://www.insta.fi/english/insta_defence/c3i_systems/data_link_systems/, 29.10.2004
- [13] <http://www.rockwellcollins.com/dls/products/index.asp>, 24.11.2005
- [14] http://www.sonera.fi/artikkeli/0,3842,1-fi_h-11202_a-254154,00.html, 11.2.2006
- [15] <http://www.viasat.com/mids/>, 24.11.2005
- [16] ICAO Annex 10, Volume 3, Part 1 - Digital Data Communication Systems, 2003
- [17] ICAO Doc 9718-AN/957, Handbook on radio frequency spectrum requirements for civil aviation, kolmas painos, 2003
- [18] Insinööriyliluutnantti Moilanen, Mikko, Osastoinsinööri Reili, Tuomo, Haastattelu Ilmavoimien esikunnassa 14.2.2006, materiaali tutkijan hallussa

- [19] Kakkuri-Knuutila, Marja-Liisa, Mitä on tutkimus? Argumentti, väittely ja retoriikka, 2001, www.metodix.com, 10.2.2006
- [20] Kontro Jarmo, Vanhatalo Leo, Finnish Air Force Combat Control System Operational and Technical Overview, toinen painos, 10.2004
- [21] Kosola Jyri, Pasivirta Pasi, Vaatimustenhallinnan Soveltaminen Puolustusvoimissa, 2004
- [22] Leppänen, Pentti, Pouttu, Ari, Oulun Yliopisto, Tietoliikennelaboratorio ja Center for Wireless Communications; Platform, Waveform and Network Development for Security and Defence, Power Point esitys Yhdysvaltain Asevoimien edustajille, 13.1.2005, materiaali tutkijan hallussa.
- [23] Northrop Grumman Corporation Information Technology Communication & Information Systems Division, Understanding Link-16 A Guidebook for New Users, kolmas painos, 11.2001
- [24] Salmi, Kari, Hornet -kaluston kehittämismahdollisuudet, Sotilas aikakauslehti, N:o 832 huhtikuu 4/2005, Helsingissä 1.4.2005
- [25] The United States Navy Space and Naval Warfare (SPAWAR) System Command, Advanced Tactical Data Link Systems (PMW 159), JTIDS/MIDS Multinational Ad Hoc Spectrum Support Working Group Notebook, 06.2004, internetistä osoitteesta: <http://www.jcs.mil/j6/cceb/jtidsmidswgnotebookjune2005.pdf>, 4.1.2006
- [26] Taskutietoa puolustusvoimista 2005 – 2006, Pääesikunnan viestintätoimiston julkaisu, Ensimmäinen painos, 2005
- [27] Valtioneuvoston kanslian julkaisusarja 16/2004, VN6/2004vp Valtioneuvoston turvallisuus- ja puolustuspoliittinen selonteko 2004, 24.9.2004
- [28] Viita-aho, Auvo, Vaatimusmäärittely tutkimusmenetelmänä, kirjassa Tekniset tutkimusmenetelmät Maanpuolustuskorkeakoulussa, s. 76-83, Toimittaneet: Esa Lappalainen ja Jorma Jormakka, 2004

LIITTEET

Liite 1 Työssä käytetyt lyhenteet

Työssä käytetyt lyhenteet:

ABCCC	Airborne Battlefield Command Control Center
ACAS	Airborne collision avoidance system
AOC	Air Operations Center
ATCRBS	Air Traffic Control Radar Beacon System
AWACS	Airborne Warning and Control System
CDMA	Code Division Multiple Access
CORPS SAM	Corps Surface-to-Air Missile
CVSD	Continuously Variable Slope Delta
DME	Distance Measurement Equipment
DLOC	Data Link Operations Centre
DSSS	Direct Sequence Spread Spectrum
DTDMA	Dynamic Time Division Multiple Access
EMC	Electromagnetic Compatibility
ETR	External Time Reference
EPLRS	Enhanced PLRS
FAAD	Forward Area Air Defence
FDL	Fighter Data Link
FDMA	Frequency Division Multiple Access
GNSS	Global Navigation Satellite System
GPS	Global Positioning System
HIMAD	High-to-Medium Altitude Air Defence
IJMS	Interim JTIDS Message Specification
ILS	Instrument Landing System

ITU	The International Telecommunications Union
JFACHQ	Joint Force Air Component Headquartersin
JSTARS	Joint Surveillance Target Attack Radar Systems
JTIDS	Joint Tactical Information Distribution System
LPC-10	Linear Predictive Coder-10
LPD	Low Probability of Detection
LPI	Low Probability of Intercept
LVT	Low Volume Terminal
MCE	Modular Control Equipment
MIDS	Multifunctional Information Distribution System
MSEC	Message Security
NCCOSC	Naval Command Control and Ocean Surveillance Center
NPG	Network Participation Group
NRaD	Naval Reseach and Development Division
NTR	Net Time Reference
OSD	Office of the Secretary of Defence
PG	Participation Group
PLRS	Position Location Reporting System
RNSS	Radionavigation Satellite Service
RTT	Round-Trip-Timing
RVS	Reduced Vertical Separation Minima
SPAWAR	The United States Navy Space and Naval Warfare
SSR	Secondary Surveillance Radar
TACAN	Tactical Air Navigation
TADIL J	Tactical Digital Information Link J
TAOM	Marine Corps Tactical Air Operations Module
TARAS	Taktiskt Radiosystem

TDMA	Time Division Multiple Access
THAAD	Theater High Altitude Area Defence
TSDF	Time Slot Duty Factor
TSEC	Transmission Security
VOR	VHF Omnidirectional Radio Range