

MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

KOMPPANIATASON TIEDUSTELULENNOKIN RAKENNE JA VAATIMUKSET

SK-tutkielma

Kadetti

Pajula Jukka

Kadettikurssi 93

Ilmatorjuntalinja

Huhtikuu 2009

MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

Kurssi Kadettikurssi 93	Linja Ilmatorjunta	
Tekijä Kadetti Jukka Pajula		
Tutkielman nimi Komppaniatason tiedustelulennokin rakenne ja vaatimukset		
Oppiaine, johon työ liittyy Sotatekniikka	Säilytyspaikka Kurssekirjasto (MPKK:n kirjasto)	
Aika Huhtikuu 2009	Tekstisivuja 21	Liitesivuja 0
<p>TIIVISTELMÄ</p> <p>Tutkimuksen pääongelma on: Minkälaisia vaatimuksia komppanian tasolla operoivalle tiedustelulennokille on asetettava? Lisäksi tutkimuksessa pyritään vastaamaan kysymyksen: Minkälaisia ja -tasoisia sensoreita lennokissa tulisi olla, jotta se vastaisi komppaniatason tiedon tarpeisiin?</p> <p>Tutkielman tarkastelutapa on kirjallisuusselvitys, eikä tutkielmaan liity empiirisiä kokeita. Jalkaväkitaktiikka otetaan huomioon pohdittaessa erilaisten teknisten ratkaisuiden soveltuvuutta komppaniatason tiedustelulennokijärjestelmään.</p> <p>Tutkimus on kirjallisuustutkimus, jossa lähteenä on käytetty eri internetsivuja, tutkimuksia ja kirjoja. Kysymyksiin haetaan vastauksia tutustumalla maailmalla kehitettyihin SUAV ja TUAV CR -järjestelmiin sekä niihin liittyviin tekniikoihin.</p> <p>Tutkielmassa ilmeni, että komppaniatason taktiseen tiedusteluun käytetään pääasiassa mini-UAV -kategorian lennokijärjestelmiä, joiden suurin tehokas toimintasäde on noin 10 kilometriä, sensoreina käytetään näkyvän valon alueella sekä infrapuna-alueella toimivia videokameroita, sekä lisäksi sensoreita biologisten ja kemiallisten taisteluaineiden havaitsemiseen.</p>		
Avainsanat UAV, UAS, mini-UAV, SUAV, TUAV, tiedustelulennokit, miehittämätön ilma-alus		

KOMPPANIATASON TIEDUSTELULENNOKIN RAKENNE JA VAATIMUKSET**SISÄLTÖ**

1. JOHDANTO	4
1.1. Tutkielmakysymys	4
1.2. Aiheen rajaus	5
1.3. Toteutus	5
2. TEKNIKOIDEN ESITTELY	7
2.1. Erilaisia pieniä lennokkijärjestelmiä maailmalta	7
2.1.1. Dragon Eye	7
2.1.2. RQ-11 Raven	8
2.1.3. Patria MASS	8
2.1.4. ZALA 421-08	9
2.1.5. NightHawk - TACMAV	9
2.1.6. AeroVironment Black Widow	10
2.1.7. Skylite	10
2.1.8. Yhteenveto	11
2.2. Radio	11
2.3. Lennokki	12
3. LENNOKKIJÄRJESTELMÄN RAKENNE	13
4. LENNOKILLE ASETETTAVAT VAATIMUKSET	15
3.1. Informaation tarve	15
3.2. Informaation laatu	16
3.2.1. Paikkatieto	16

	3
3.2.2. Erottelukyky	16
3.2.3. Pimeätoimintakyky	17
3.3. Koko, siirrettävyys, muita vaatimuksia	18
5. PÄÄTELMÄT JA LOPETUS	19
4.1. Päätelmät	19
4.2. Lisätutkimuskohteet	20
6. LYHENTEET	21
7. LÄHTEET	22

KOMPPANIATASON TIEDUSTELULENNOKIN RAKENNE JA VAATIMUKSET

1. JOHDANTO

Viime vuosikymmenten aikana miehittämättömät ilma-alukset ovat osoittaneet sotakelpoisuutensa operaatioissa ympäri maailman. Yhdysvaltojen Ilmavoimien ensimmäinen taktinen tiedustelulennokki, Lightning Bug, oli operatiivisessa käytössä jo Vietnamin sodassa. Pienet tiedustelulennokit, kuten Raven, Pointer ja FPASS näyttelivät tärkeää roolia niin Afganistanin kuin Irakinkin operaatioissa. Nämä kevyet ja kannettavat, matalalla lentävät pienen kantaman lennokit lisäsivät Yhdysvaltalaisjoukkojen perusturvallisuutta, osallistuivat force protection -toimintaan ja tarjosivat tiedustelutietoa sekä maalinosoituksia. Pienet UAV:t lisääntyvät nopeasti niin malleiltaan kuin käyttötarkoituksiltaan. [1] Nykyisin Israelia pidetään UAV-tekniikan edelläkävijänä, mutta myös monet muuta maat kehittelevät omia järjestelmiään menestyksellisesti. Trendinä taktisen tason lennokeilla näyttäisi olevan lennokkien koon pieneneminen akku- ja sensoritekniikan kehittyessä, sekä pyöriväsiipiset ilma-alukset. [2]

1.1. Tutkielmakysymys

Nykyaikaisessa sodankäynnissä tieto on tärkeä resurssi. Miehittämättömällä ilma-aluksella saa helposti kerättyä tilannekuvaa taistelulentältä [3]. Tutkimuksen tarkoituksena on ottaa selvää, millainen olisi tiedustelulennokki jolla komppania saisi ensikäden tietoa lähialueiltaan. Esimerkiksi asutuskeskuksessa taistelevalle komppanialle on ensiarvoisen tärkeää tarkka ja varsinkin ajanmukainen tieto vihollistilanteesta. Epätietoisuus voi aiheuttaa rakennetulla alueella suuriakin tappioita. Tukikohtaympäristössä miehittämättömillä tiedustelulenkoilla voisi joissain tapauksissa korvata jalkapartiointia, jolloin henkilöstöresursseja voitaisiin optimoida tehokkaammaksi. Tiedustelulennokin rakentaminen COTS -komponenteista voisi

olla hyvinkin halpaa. Mahdollisesti jo olemassa olevaa tekniikkaa ja laitteistoja (Esimerkiksi ilmatorjunnan maalilennokit, AT-04, AT-97 tms.) hyväksikäyttäen yksittäisen lennokin hinta voitaisiin saada hyvinkin alhaiseksi. Myöskään lennättäjäkoulutusta ei tarvitsisi keksiä alusta alkaen. Vuosittain Puolustusvoimissa koulutetaan kymmenkunta varusmiestä ilmatorjunnan maalilennokkimiehiksi, jotka kotiutunevat suoraan varareserviin, käytännössä ilman muuta taistelukoulutusta kuin p-kausi. Myös Ilmavoimien lentoreserviupseerikurssin käynyt reserviläinen voisi pienellä koulutuksella olla myös sopiva lennättäjä.

Tutkimuksen pääongelma on: Minkälaisia vaatimuksia komppanian tasolla operoivalle tiedustelulennokille on asetettava? Lisäksi tutkimuksessa pyritään vastaamaan kysymykseen: Minkälaisia ja -tasoisia sensoreita lennokissa tulisi olla, jotta se vastaisi komppaniatason tiedon tarpeisiin?

1.2. Aiheen rajaus

Tutkielmassa keskitytään komppanian kokoisen yksikön käyttöön tarkoitettuihin lennokkijärjestelmiin, joiden päätarkoitus on yksikön lähialueen (over-the-hill) tiedustelu.

Tutkielmassa en käsittele lennokin ja maa-aseman välisen datalinkin häirittevyyttä tai salauksia.

Tutkimuksessa oletetaan käyttäjänä olevan geneerinen, liikkuva tai paikallaan oleva komppania, jonka vastuualue on noin 1-2 x 1-2 km alue. Lennokkijärjestelmän ei tulisi olla riippuvainen komppanian moottoroinnin tai mekanisoinnin tasosta.

1.3. Toteutus

Tutkimus on laadullinen, eli kvalitatiivinen tutkimus, jossa käytetään tiedonkeruumenetelmänä asiakirja- ja tekstianalyysiä. Tutkimuksessa vertaillaan maailmalla käytössä olevia SUAV sekä TUAV CR -järjestelmiä joita käytetään maavoimien taistelevien joukkojen lähialueiden tiedusteluun. Lisäksi tutkimuksessa käsitellään tarkoitukseen sopivien sensoreiden ominaisuuksia ja pohditaan niiden tarkoituksenmukaisuutta komppaniatason tiedustelulennokkiin.

Pääasiallisina lähteinä on käytetty internetistä löytyviä artikkeleja erilaisista tiedustelulennokeista, joiden tietoja on täydennetty tai varmistettu kirjallisista lähteistä. Ajanmukaisten kirjallisuuslähteiden löytyminen on haastavaa, sillä järjestelmät kehittyvät huimaa vauhtia. Lähdekritiikki on otettu huomioon valittaessa internet-lähteitä yleisistä ja tunnetuista palveluista (mm. Jane's, Defense Update).

Tutkimukseen valitut lennokkijärjestelmät edustavat pääasiassa mini-UAV -kategoriaa, jota yleisesti käytetään taistelevien joukkojen "over-the-hill" -tiedusteluun. Järjestelmiä on valtava määrä, joista tutkimukseen on valittu tunnettuja sekä merkittäviä järjestelmiä, joista on löytynyt riittävästi tarpeellisen yksityiskohtaista tietoa.

2. TEKNIKOIDEN ESITTELY

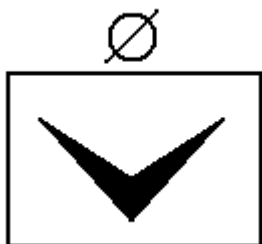
Tiedustelulennokilla pyritään tyydyttämään lennokkijärjestelmän käyttäjän tiedonjanoa. Tiedustelu on onnistunut, jos ajallisesti, määrällisesti ja laadullisesti riittävä tieto on pystytty hankkimaan, tiedon merkitys on kyetty tulkitsemaan oikein ja tulkinta on pystytty jakamaan tarvitsijoille ajoissa [4]

2.1. Erilaisia pieniä lennokkijärjestelmiä maailmalta

2.1.1. Dragon Eye

Dragon Eye -järjestelmä koostuu kolmesta miehittämättömästä ilma-aluksesta (UA) sekä maalaitteistosta (GCU). Kaikki komponentit ovat keveitä (ilma-alus 2,3 kg, maalaitteisto 5,4 kg) ja kannettavissa selkärepussa. Koneessa on kaksi siipiin asennettua 214 W sähkömoottoria jotka saavat voimansa litium-ioni-paristoista. Lennokki laukaistaan joko käsin heittämällä tai kuminauha-avusteisesti ja laskeutuminen tapahtuu automaattisesti "mahalaskuna". Maalaitteistoon kuuluu kannettava tietokone, jolla ohjelmoidaan reittipisteitä Dragon Eye:n GPS -navigointijärjestelmään. Lennokki lentää tehtävänsä täysin autonomisesti MicroPilot -järjestelmän avulla, mutta operaattori kykenee päivittämään reittipisteitä lennon aikana. Dragon Eye -järjestelmään kuuluu vaihdettavia kirkkiosia, jotka sisältävät erilaisia sivusuuntaan suunnattuja kameroita (täysväripäiväkamera tai heikon valaistuksen mustavalkokamera). Operaattori vastaanottaa lennokin lähettämää reaaliaikaista videokuvaa erillisillä laseilla (RVT) jotka ovat liitetty Panasonic CF-34 ToughBook kannettavaan tietokoneeseen ja radiolaitteistoon. Järjestelmän käyttötarkoitus on tarjota komppanian päällikölle reaaliaikaista informaatiota. Komppanian päällikkö voi katsoa alueita esteen (mäki, asutuskeskus, metsä) takaa paljastamatta omaa joukkoaan. [5]

2.1.2. RQ-11 Raven



Kuva 1: Raven partion taktinen merkki

Raven on pieni, käsin laukaistava UAS, jota käytetään ympärivuorokautisesti tarjoamaan tiedustelu- ja valvontatietoa (R&S) jolla tuetaan tilannetietoisuutta, maalinosoitusta ja jälkitiedustelua. USSOCOM otti järjestelmän käyttöön vuonna 2004. Raven tarjoaa pienille yksiköille reaaliaikaista tiedustelutietoa mäkien takaa tai 10 - 15 km etäisyydeltä. Kaksi miehinen Raven -partio alistetaan komppaniatasolle. Partiolla on käytössään kaksi tai kolme lennokkia, kolme eteen ja sivulle suunnattua päiväkamerapodia, kaksi eteen ja kaksi sivulle suunnattua lämpökamerapodia, maa-asema (GCU), videon vastaanottoterminaali (RVT), järjestelmän akut, laturit, kantolaitteet, suojuukset, varaosat sekä työkalut. Raven korvaa käyttöikänsä loppuun palvelleeseen FQM-151 Pointer -järjestelmän sekä Desert Hawk -järjestelmän. [6] [7] [8]

2.1.3. Patria MASS

Patria MASS (Modular Airborne Sensor System) on Patrian ensimmäinen UAV -tuote. MASS on pieni tiedustelulennokki, kärkiväli vain 1,5 m ja paino 3 - 3,5 kg, joka voidaan varustaa päivä- ja infrapunakameralla sekä NBC -ilmaisulaitteistolla. Järjestelmän kantama on yli 10 km ja toiminta-aika 60 - 70 minuuttia. Lennokki toimii täysin autonomisesti eikä vaadi operaattoriltaan lennätystaitoa. Koko järjestelmä painaa alle 40 kg ja on kahden henkilön kannettavissa sekä tarvitsee operaattoriksi ainoastaan yhden henkilön. [9] [10]

Järjestelmän maa-asemana on rakennettu ruggeroidun tietokoneen pohjalle. Järjestelmä sisältää lisäksi teleskooppisen antennimaston, laukaisujärjestelmän, akut latureineen sekä varaosat. Tehtävänsuunnittelu tehdään suoraan maalaitteistolla merkitsemällä reittipisteet karttapohjan päälle ja tehtävää voidaan päivittää lennon aikana. Digitaalilinkin välittämä reaaliaikainen sensoridata, kuten videokuva tai säteilymittaustieto tallentuu maalaitteiston muistiin. Linkin katkeamistilanteiden aikana (esim. maastoesteet) on mahdollista tallentaa kerättyä hyötykuormadataa lentolaitteeseen myöhempää analysointia varten. [11]

2.1.4. ZALA 421-08



Kuva 2: ZALA 421-08 [12]

A Level Aerosystems'in Zala 421-08 on venäläinen tiedustelulennokkijärjestelmä, jonka ainakin Venäjän sisäasiainministeriö sekä Gazprom öljy-yhtiö ovat tilanneet. Järjestelmässä on mielenkiintoisena ominaisuutena puheohjaus. [13]

Kärkiväli	0,8 m
Pituus	0,41 m
Paino	1,7 kg
Lentokorkeus	Max. 3600 m
Radiolinkki	Max. 15 km
Lentoaika	60 - 90 min
Navigointitapa	GPS
Hyötykuorma	1) värikamera (550 TV-lines) 2) IR -kamera 3) 10 megapikselin valokuvakamera

[14]

2.1.5. NightHawk - TACMAV

Komppaniatason käyttöön tarkoitettu NightHawk on Applied Research Associatesin (ARA) valmistama taktinen mini-UAV -järjestelmä, joka on tällä hetkellä yhdysvaltalaisjoukkojen käytössä Afganistanissa. Järjestelmä testattiin ja evaluoitiin Irakin sodan aikana. Yhteen järjestelmään kuuluu kolme lennokkia, modulaariset hyötykuormat sekä GCU. Itse lennokka on 50 cm pitkä ja sen kärkiväli on 53 cm. Siivet voidaan taittaa rungon ympäri, jolloin

lennokki voidaan säilyttää 56 cm pitkässä ja 13 cm halkaisijaltaan olevassa putkessa, joka kulkee helposti sotilaan selkäreppussa. Lennokin uusimman version lentoaika on 70 - 90 minuuttia.

TACMAV:n sensoripodi sisältää kaksi kameraa, joista toinen on infrapunakamera, sekä lähettimen videolle. Yksi sensoripodi painaa vain 40 grammaa. [15] [16]



Kuva 3: NightHawk:n GCU:n käyttöliittymä [15]

2.1.6. AeroVironment Black Widow

Black Widow on DARPA -projektissa mukana ollut 15 senttimetrin kärkivälin mikro UAV, jonka kehitystyö on aloitettu 1996. Lennokissa on pieni videokamera, jonka kuva välittyy maa-asemaan. Lennokki painaa vain 6 grammaa ja sen toiminta aika on yli 20 minuuttia. Maa-aseman laitteisto, eli ohjain ja monitori ovat kannettavia ja kädessä pidettäviä. Kaikki järjestelmän osat mahtuvat tavalliseen salkkuun. [17]

Yksittäisen Black Widow -lennokin kantama on hieman alle 2 kilometriä. Järjestelmään on kehitetty releointijärjestelmä jolla kantamaa voidaan kasvattaa. Releointilaitteistolla varustetulla FQM-151 Pointer ja Black Widow -lennokilla on saavutettu 20 kilometrin videolinkki lennokista maa-asemaan. [18]

2.1.7. Skylite

Skylite on Israelilaisen Elbit Systemsin valmistama mini UAV, jota käytetään joukkojen lähialueiden tiedusteluun sekä terrorisminvastaisiin operaatioihin. Skylite ammutaan

kuljetusputkestaan rakettimoottorin avulla kuten olkapääohjus, siivet ja ohjainpinnat rungon myötäiseksi taivutettuna. Laukaisuputkesta tapahtuva laukaisu mahdollistaa lennokin laukaisemisen rakennusten katveesta kadulta, linnoitteesta tai jopa rakennuksen sisätiloista. Skyliten toiminta-aika on 60 - 90 minuuttia ja lennokin toimintamatka on 5 - 10 kilometriä. Lennokki lentää sähkömoottorillaan suhteellisen suurella nopeudella, jolloin tuulen ja ilman pyörteilyn vaikutus kuvan vakauteen vähenee. Hyötykuormia järjestelmään on saatavilla useita eri vaihtoehtoja, joista yksi on Controp D-STAMP -sensoriperhe. Sensorivaihtoehtoihin kuuluu kolme CCD -kameraa, joista yksi huonoihin valaistusolosuhteisiin, sekä jäähdyttämätön lämpökamera. Päiväkameroiden avauskulma $5,2^\circ - 47^\circ$, hämäräkameran $7,3^\circ - 65^\circ$ ja lämpökameran 14° . Kaikki järjestelmän kamerat ovat vakautettuja. Skylite kykenee lentämään täysin autonomisesti seuraten ennakkoon suunniteltua reittiä tai valvoa määrättyä aluetta ennalta ohjelmoidun lentoradan mukaan. [19] [20]

2.1.8. Yhteenveto

Maailmalla komppanioiden (vast.) käytössä olevat mini-UAV -järjestelmät ovat yhden tai kahden miehen partiolla operoitavissa olevia, autonomiseen lentoon kykeneviä tiedustelulennokeita, joita voidaan käyttää jopa 10 km päässä maa-asemasta. Lennokit tuottavat videokuvaa maa-asemalle, joko päivänvalo- tai infrapunavideokamerasta. Toiminta aika järjestelmillä on yleensä reilu tunti.

2.2. Radio

Lennokin ja maa-aseman välillä tulee olla radiolinkki, jolla lennokin sensoreiden tuottama data toimitetaan tulkitsijalle tai käyttäjälle. Linkin toteutustapa vaikuttaa lennokin kantamaan, siirrettävään datan määrään sekä havaittavuuteen elektronisella tiedustelulla. Komppaniatasan tiedustelulennokkien kantama maailmalla on noin 10 km. Tämä tarkoittaa, että jos panssarivaunu liikkuu maantiellä 60 km/h ja se havaitaan lennokin kantaman rajoilta, jää komppanialle 10 minuuttia aikaa järjestää panssarintorjunta tieuran varten. Lennokin autonominen toimintakyky poistaa maa-asemalta tarpeen lähettää radiosäteilyä. Ainoastaan reittipisteiden muutokset jouduttaisiin lähettämään maa-asemasta. Tällöin maa-aseman sijaintia ei pysty suuntimaan sen lähettämän radiosäteilyn perusteella. Jos lennokkijärjestelmän radiolinkki toteutetaan radioverkolla, kuten WiMAX, voidaan yksittäistä lennokkia käyttää toistinasemana toisen lennokin lennättämiseen. Ad-hoc infrastruktuuri vähentänee lennokkien häiritävyyttä.

2.3. Lennokki

Lähes kaikki modernit, pienet tiedustelulennokit käyttävät propulsiojärjestelmään akkukäyttöistä sähkömoottoria. Sähkömoottorin etuja polttomoottoriin ovat hiljainen käyntiäänä, pieni huollon tarve sekä käytön helppous. Kun sensorit, ohjailu sekä radiolinkki toimivat myös sähköllä, ei energiavarastoja tarvita kuin yksi. Järjestelmän lennokkeja voidaan ladata maa-aseamalla samalla kun operaatio yhdellä lennokilla on käynnissä.

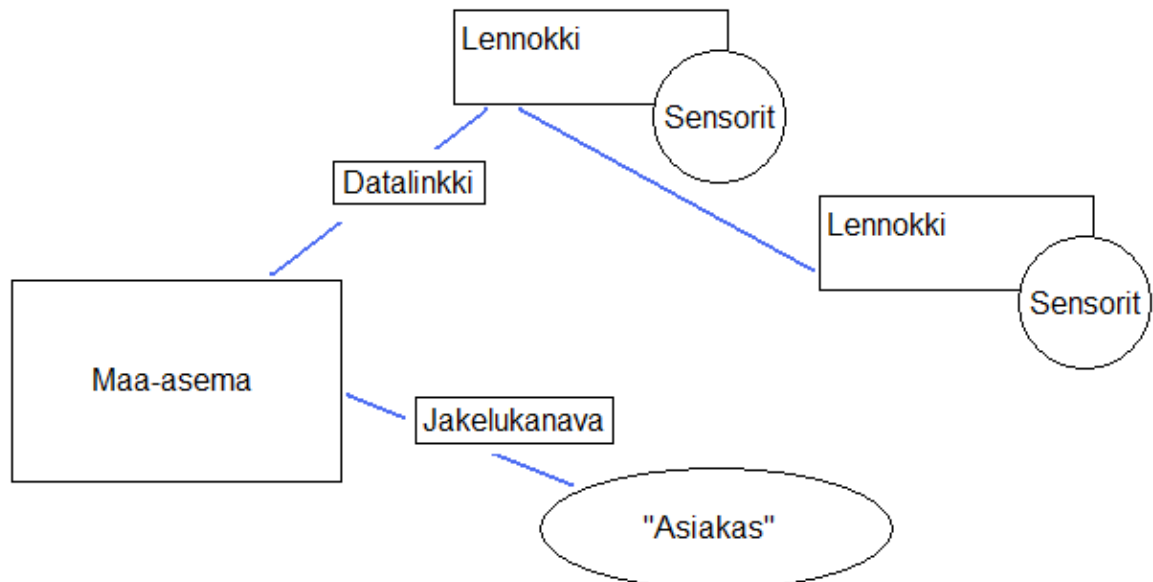
3. LENNOKKIJÄRJESTELMÄN RAKENNE

Lennokkijärjestelmiä jaotellaan yleisesti usein toimintasäteen, lentokorkeuden ja toiminta-ajan suhteen. Komppanian tasalla operoidaan pääasiassa SUAV sekä TUAV CR järjestelmillä.

Taulukko 1: Miehitämättömistä ilma-aluksista käytettyjä lyhenteitä [21]

Lyhenne	Selvennys	Toiminta-säde [km]	Lentokor-keus [km]	Toiminta-aika [h]
MAV	Mikroilma-alus	<10	<0,3	1
Mini UAV	Pienikokoinen taktinen UAV	<10	<1	2
TUAV CR	Taktinen UAV lähietäisyydelle	10-20	<3	2-4
TUAV SR	Taktinen UAV lyhyille etäisyyksille	20-70	<3	3-6
TUAV MR	Taktinen UAV keskimittaisille etäisyyksille	70-200	2,7-5	6-10
MA(L)E	"medium-altitude long-endurance"	>500	5-8	12-24
HA(L)E	"high-altitude long-endurance"	>1000	13-18	24-48
LADP	"low-altitude deep-penetration"	>250	0,1-8	1
VTUAV	Pyöriväroottorinen pystysuoraan nouseva UAV	10-100	<3	6
UCAV	Miehitämätön taisteluilma-alus			
UCAR	Miehitämätön pyöriväsiipinen taisteluilma-alus			
URAV	Miehitämätön tunkeutumiskykyinen tiedusteluilma-alus			
SUAV	Pieni (small) UAV, sisältää käytännössä mikro- ja minityypit			

Yksittäinen tiedustelulennokkijärjestelmä voidaan jakaa toiminnallisuuksien mukaan suurpiirteisesti viiteen eri komponenttiin:



Kuva 4: Komponentteihin jaettu lennokkijärjestelmä kaaviokuvana.

<i>Komponentti:</i>	<i>Kuvaus:</i>
- Lennokki	Lavetti, jolla hyötykuorma kuljetetaan kohdealueelle. Lennokin merkitsevät ominaisuudet ovat hyötykuorman kantokyky, toiminta-aika, koko sekä lennokin lento-ominaisuudet.
- Sensorit	Tiedusteltavan tiedon keräämiseen tarkoitettu laitteisto. Pääasiassa erilaisia kameroita, mutta myös NBC -sensorit ovat mahdollisia.
- Datalinkki	Sensoreiden keräämän informaation sekä mahdollisten ohjaukskomentojen välittämiseen tarkoitettu linkkijänne. Datalinkin laitteistoja voidaan käyttää myös yhteyksien releointiin pidemmän kantomatkan muodostamiseksi
- Maa-asema	Operaattorin toimipiste, josta lennokkia ohjailaan ja jonne sensorien keräämä informaatio välitetään. Ohjailu voi tapahtua joko ennen operaatiota asettamalla lennokille reittipisteitä, tai lähettämällä päivitettyt reittipisteet tai manuaaliset ohjauksennot lennokille. Maa-asemalla voidaan tulkita tiedustelutiedot.
- Tiedustelutiedon jakelukanava	Tapa, jolla tiedustelutiedot välitetään tarvitsijalle joko raakadatana tai tulkittuna. Voi olla esimerkiksi langaton verkko jolla sensorilta saatu videokuva lähetetään komppanianpäällikön kämmentietokoneeseen tai vaikka vain huutoyhteys.

4. LENNOKILLE ASETETTAVAT VAATIMUKSET

Lennoilla siis halutaan saada informaatiota joukon ympäristöstä. Tieto siitä että, ”jossain joukon lähimaastossa tapahtuu jotain” ei auta päätöksenteossa juurikaan, mutta jos komppanian päällikkö saa tiedon, että ”kaksi vihollisen tiedustelupanssarivaunua liikkuu etelään tiellä Miehikkälä-Virolahti, ovat juuri nyt Haapalan risteyksen kohdalla”, on jo huomattavasti hyödyllisempää informaatiota.

3.1. Informaation tarve

Yhdysvaltalaisen mukaan [3] komppanian ja joukkueen tasalla tiedustelulennoilla voidaan toteuttaa tai tukea muun muassa seuraavanlaisia tehtäviä (tärkeysjärjestyksessä):

- Tiedustelu (Reconnaissance)
- Tulenjohto ja maalinosoitus (Precision Target Location and Designation)
- Kemiallinen ja biologinen tiedustelu (Chem/Bio Reconnaissance)
- Taistelutilan hallinta (Battle Management)
- Viesti- ja johtamisyhteydet (Communications/Data Relay)
- Etsintä ja pelastustehtävät (Combat SAR)

Puoleen tehtävistä (tiedustelu, taistelutilan hallinta, etsintä- ja pelastustehtävät) riittää käytännössä paikkatiedolla varustettu videokuva tai sen tulkinta, joka on riittävän nopeasti päätöksenteon tukena. Tulenjohtoon ja maalinosoitukseen voi käyttää pelkkää paikkatiedolla varustettua videokuvaa lähettävää tiedustelulennoa, jos lennokka lentää suoraan maalin yläpuolelta. Tällöin on kuitenkin riski, että maalitettu kohde tietää paljastuneensa. Erilaisten sensoreiden ja järjestelmien lisääminen lennokkiin lisää kuorman painoa ja siten vähentää toiminta-aikaa. Pienissä lennokeissa on tehtävä kompromisseja suorituskyvyn, toiminta-ajan sekä liikuteltavuuden suhteen.

3.2. Informaation laatu

Lennoikkijärjestelmän tuottaman tiedustelutiedon tulee olla riittävän laadukasta ja ajanmukaista. Jotta lennokista saataisiin halutun laatuista informaatiota, voidaan lennokille asettaa erillisiä vaatimuksia liittyen paikkatietoon, erottelukykyyn, pimeätoimintakykyyn, saatavuuteen ja niin edelleen.

3.2.1. Paikkatieto

Itse lennokin paikka on helppo saada selville lisäämällä lennokkiin satelliittipaikannusjärjestelmä (GPS, Galileo, GLONASS tms.) jonka paikkatieto joko lähetetään erillisenä maa-asemalle tai liitetään lennokin muodostamaan kuvamateriaaliin tai näiden yhdistelmä. Erillisenä datana lähetettävää paikkatietoa voidaan käyttää muuhunkin kuin vain kuvan tulkitsijan käyttöön. Muu käyttö voisi olla esimerkiksi lennokin sijainnin ilmoittaminen ilmapuolustuksen johtokeskukselle ilmatilannekuvan lisäinformaatioksi, kohteen tunnistamiseksi omaksi tiedustelulennokiksi tai tykistön tulenjohtamiseen lähettämällä lennokin koordinaatit maalipisteeksi. Paikkatiedon lisääminen suoraan kuvamateriaaliin selkeyttää oikein toteutettuna kuvantulkitsijan käyttöliittymää.

3.2.2. Erottelukyky

Jotta lennokin tarjoamasta datasta saisi informaatiota ja tietoa johtamisen apuvälineeksi, tulee datasta kyetä tunnistamaan vihollisen määrä ja laatu. Jotta lennokista olisi hyötyä komppanian taistelussa, tulee lennokin videokuvasta kyetä erilaisissa sääolosuhteissa identifioimaan (identification) maali, eli erottelemaan normaalilta lentokorkeudeltaan maastosta vähintään ihminen, hänellä oleva varustus (ase, taisteluvarustus) sekä onko maali oma, vihollinen vai jotain muuta [22].

Kuitenkin kameran kuva-alan tulee olla riittävän suuri kohteen paikallistamiseksi (kuvassa olisi hyvä näkyä samaan aikaan vaikkapa talo, tienristeys sekä metsän reuna). Kameran tulisi kyetä erottelemaan pieniä yksityiskohtia useiden kymmenien metrien kuva-alasta (efektiivinen tarkkuus). Nykyisillä valokuvausjärjestelmillä voidaan päästä 500 metrin korkeudesta noin 0,05 metrin erottelukykyyn [23], mutta jos samalla pitää valvoa laajaa aluetta, tarvitaan hyötykuormaan laajempi kuva-alainen kamera. Lentokorkeuden vähentäminen parantaa kuvan tarkkuutta ja lisää yksityiskohtien havaitsemiskykyä.

Seuraavassa taulukossa on lueteltu kokeellisia arvoja havaitsemiseen, tunnistamiseen ja yksilöintiin tarvittavasta resoluutiosta.

Taulukko 2: Erialaisten kohteiden havainnointiin vaadittava resoluutio [23]

Kohde	Tarvittava resoluutio metreinä		
	Havaitseminen	Tunnistaminen	Yksilöinti
Silta	6	1,5	0,9
Tutka	3	0,9	0,3
Lentokone (hävittäjä)	4,6	0,9	0,15
Tie	9	1,8	0,6
Materiaalivarasto	3	0,5	0,15
Ajoneuvo	1,5	0,3	0,015

Nykyaikaisella, pienikokoisellakin lämpökameralla päästään samoihin resoluutioihin ja kuva-aloihin kuin päivänvalokameralla, mutta hinta on moninkertainen. Lämpökameran edut näkyvänvalon alueella toimiviin kameroihin ovat huomattavia. Lämpökamera ei ole niin riippuvainen säästä, taistelualan epäpuhtauksista eikä pimeydestä. Lisäksi havainto vihollisesta voidaan tehdä aluskasvillisuuden takaa tai linnoitteesta [24].

3.2.3. Pimeätoimintakyky

Yö ei enää keskeytä taisteluja ja taistelua käydään säästä ja pimeydestä huolimatta koko ajan. Myös vihollistietoja tarvitaan pimeällä tai rajoittavissa sääoloissa. Huonoissa valaistusolosuhteissa toimiminen edellyttää lennokilta käytännössä lämpökameraa. Lämpökameralla voidaan havaita jopa naamioidut kohteet, päivälläkin, sillä naamiointi lämpökameroita vastaan on monimutkaisempaa kuin naamiointi muita optisia sensoreita vastaan taustan ja kohteen lämpötilan muuttuessa eri nopeudella eri vuorokauden aikoina [24].

Huonot valaistusolosuhteet estävät lennokin operoinnin käsiohjauksella, joten autonominen lentokyky on pimeällä tai rajoitetuissa sääoloissa vaatimus.

3.3. Koko, siirrettävyys, muita vaatimuksia

Itse lennokka ei saa olla liian pieni, mutta ei myöskään liian iso. Liian pieni lennokka heittelee tuulessa ja lennokin kantama, lentoaika ja hyötykuorman määrä voivat jäädä liian pieneksi. Liian suurta lennokkia taas voi olla vaikea operoida ja siirrellä sen ollessa maassa sekä sen havaittavuus ja haavoittuvuus taivalla lisääntyvät suuremman koon myötä. Maailmalla käytettyjen, komppanian (vast.) tasolla operoivien tiedustelulennokkien siipien kärkiväli asettuu pääpiirteisesti välille 0,5 - 1,5 m. Tämän kokoluokan lennokkeja voidaan vielä helposti siirtää toiminta-alueelle operaattorin selkärepussa kantamalla. Hyötykuormana näin pieneen lennokkiin mahtuu muutamia kameroita, jotka ovat löytyvät kaikista "over-the-hill" -tiedustelulennokeista.

Suomen metsäisissä maasto-olosuhteissa laskeutumistapoja on käytännössä vain yksi: vertikaalinen laskeutuminen joko laskuvarjon avulla tai ilman. Laukaisuun vaihtoehtoja on heittäminen tai kuminauhalaukaisu. Komppanian liikesodankäynnin mukana katapulttilaukaisulaitteiston kuljettaminen voi olla haastavaa ryhmällä tai partiolla ilman erillistä ajoneuvoa.

Maa-asemalta tiedustelutieto on kyettävä välittämään tarvitsijoille. Lennokkijärjestelmän tiedustelutietojen käyttäjällä on oltava pääte, johon tiedustelutiedot lähetetään ja jolla tiedustelua suunnataan alueille tai kohteisiin, joista tarvitaan lisätietoa. Toinen vaihtoehto on, että maa-aseman laitteisto on niin liikkuva, että järjestelmästä saatava tiedustelutieto on käytössä johtamisen tueksi komppanian johtamispaikalla suoraan maa-asemalta. Maa-aseman tietojärjestelmän liitettävyys tai integroiminen MATI-järjestelmään toisi huomattavaa lisäarvoa tiedustelutuloksille, vaikkakin MATI-järjestelmän tiedonsiirtokapasiteetin rajoitukset voivat muodostua ongelmaksi.

5. PÄÄTELMÄT JA LOPETUS

4.1. Päätelmät

Komppanian tasolla toimivan tiedustelulennokkijärjestelmässä tulee tutkimuksen perusteella olla vähintään seuraavanlaisia ominaisuuksia:

- Niin pieni koko, että partio kykenee siirtämään järjestelmän lihasvoimin operaatioalueelle.
- Maailmalla käytössä olevat järjestelmät kykenevät 10 km kantamaan, joka on riittävä komppaniatason käyttöön.
- Lennokin on kyettävä autonomiseen toimintaan koko operaation ajan.
- Sensorivalikoimalla on kyettävä toimimaan kaikissa valaistusolosuhteissa ja kaikissa sääoloissa, joissa myös lennokka kykenee lentämään.
- Sensoreilla on kyettävä tunnistamaan tiedusteltavat kohteet normaalilta operaatiokorkeudelta.
- Tiedustelutieto on välitettävä jatkuvasti maa-asemalle tulkittavaksi, josta se on kyettävä toimittamaan tarvitsijoille viivyttämättä.
- Toiminta aika on tunteja (vähintään 60 - 90 minuuttia).
- Järjestelmään tulee kuulua useita lennokkeja, koska lennokin tuhoutumisriski voi olla suuri.
- Hyötykuormia tulee olla erilaisia yhdistelmiä, jotta kallista lämpökameraa ei tarvitse altistaa tuhoutumiselle jos halvempi päivänvalokamera mahdollistaa tiedusteluoperaation.

Tutkimuksesta käy ilmi, että itse lennokka ei ole suuressa roolissa tiedustelulennon onnistumisessa, kunhan se täyttää hyötykuorman kantokyvylle ja lentoajalle asetetut vaatimukset. Hyötykuorman eli sensorien, automaattiohjauksen ja radiolinkin ominaisuudet ovat ratkaisevassa asemassa järjestelmän sopivuutta tiettyyn tehtävään arvioitaessa.

4.2. Lisätutkimuskohteet

Lennoikkijärjestelmien kehitys on erittäin nopeaa. Erilaisia järjestelmiä valmistetaan kiihtyvällä tahdilla ympäri maailman. Nopeinta kehitys on autonomian ja tekoälyn kehityksessä. Järjestelmiä pyritään rakentamaan oppiviksi ja taistelun alueen olosuhteisiin sopeutuviksi. Myös tietoliikennetekniikan kehitys vaikuttanee vahvasti tiedustelutiedon välittämiseen lennokista tarvitsijoille. Erilaiset langattomat verkot sulauttavat järjestelmiä suurempiin kokonaisuuksiin.

Taktiikan tutkimuksella komppaniatasen tiedustelulennokeista saataisiin selvempiä perusteita tekniselle toteutukselle.

Tiedustelulennokin salaustekniikat ovat laajuutensa vuoksi rajattu kokonaan tästä tutkielmasta. Selvitettäviä aiheita ovat ainakin datalinkin salaukset, sekä lennokin sisäisten tallenteiden salaaminen lennokin menettämisen varalta.

6. LYHENTEET

UA	Unmanned Aircraft, lennokki
UAV	Unmanned Aerial Vehicle, miehittämätön ilma-alus
UAS	Unmanned Aircraft System, lennokkijärjestelmä
SUAV	Small Unmanned Aerial Vehicle (sisältää käytännössä mikro- ja minityypit)
MAV	Mini-UAV
TUAV CR	Tactical UAV Close Range
GCU	Ground Control Unit, maa-asema
GCS	Ground Control Station
USSOCOM	United States Special Operations Command
RVT	Remote Video Terminal
COTS	Commercial of the Shelf
FPASS	Force Protection and Surveillance System

7. LÄHTEET

- [1]. **US AIR FORCE.** *The U.S. Air Force Remotely Piloted Aircraft and Unmanned Aerial Vehicle Strategic Vision.* 2005.
- [2]. **David, Alon Ben;ym.** Jane's verkkopalvelu. *SPECIAL REPORT: UAVs - FRONTLINE FLYERS.* [Online] Jane's Information Group, 10. 8 2006. [Viitattu: 26. 4 2009.]
<https://www.milnet.fi/search.janes.com/>.
- [3]. **US DoD.** Unmanned Aircraft Systems Roadmap 2005 - 2030. [Online] 2005. [Viitattu: 21. 4 2009.] http://www.fas.org/irp/program/collect/uav_roadmap2005.pdf.
- [4]. **Wikipedia.** Tiedustelu. [Online] [Viitattu: 21. 4 2009.]
<http://fi.wikipedia.org/wiki/Tiedustelu>.
- [5]. **Jane's verkkopalvelu.** NRL RQ-14A Dragon Eye and Sea ALL. [Online] [Viitattu: 7. 1 2009.]
- [6]. **U.S. Army FMI 3-04.155.** *ARMY UNMANNED AIRCRAFT SYSTEM OPERATIONS.* 2006.
- [7]. **Jane's verkkopalvelu.** AV RQ-11 Raven. [Online] [Viitattu: 7. 2 2009.]
- [8]. **Air Force Link.** RQ-11 RAVEN SMALL UNMANNED AIRCRAFT SYSTEM. *Official Web Site of United States Air Force.* [Online] [Viitattu: 27. 2 2009.]
<http://www.af.mil/factsheets/factsheet.asp?fsID=10446>.
- [9]. **Jane's verkkopalvelu.** Patria MASS. *Jane's Unmanned Aerial Vehicles and Targets.* [Online] [Viitattu: 28. 12 2008.]
- [10]. *Patria Corporate Magazine.* **Patria FOCUS.** Helsinki : Patria Oyj, 2/2007. ISSN 1795-8768.
- [11]. **Mäkpaja, Simo.** Ilmatorjuntaupseeri 1/2007. *Patrian "MASS" mini-UAV.* [Online] [Viitattu: 24. 4 2009.] http://www.ilmatorjuntaupseeriyhdistys.fi/1_2007/tekstit/miniuav.htm.
- [12]. http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Zala_421-08.jpg. [Online] [Viitattu: 28. 12 2008.] <http://www.zala.aero/>.
- [13]. **Flightglobal.** A Level Aerosystems - ZALA 421-08. [Online] Reed Business Information Limited, 4 2009. [Viitattu: 26. 4 2009.]

<http://www.flightglobal.com/directory/uav/a-level-aerosystems-22913/zala-421-08-7591.html>.

[14]. **Беспилотные системы A Level Aerosystems.** A-Level Aerosystems ZALA AERO. [Online] [Viitattu: 28. 12 2009.] <http://zala.aero/en/uav/1205400722.htm>.

[15]. **Defense Update.** TACMAV. *Year 2005 Issue 2.* [Online] 2005. [Viitattu: 7. 2 2009.] <http://www.defense-update.com/products/t/TACMAV.htm>.

[16]. **Defense Update.** NightHawk - Miniature UAV System. [Online] [Viitattu: 21. 4 2009.] <http://defense-update.com/products/n/nighthawk.htm>.

[17]. **Jane's.** *Unmanned Aerial Vehicles and Targets.* Surrey : Jane's Information Group Limited, 2002. ISBN 0 7106 1257 5.

[18]. **Defense Update.** Black Widow Micro UAV. [Online] 26. 7 2006. [Viitattu: 23. 4 2009.] <http://defense-update.com/products/b/black-widow.htm>.

[19]. **Hasharon, Hod.** Jane's verkkopalvelu. *Controp D-STAMP.* [Online] Jane's Unmanned Aerial Vehicles and Targets , 2. 3 2009. [Viitattu: 26. 4 2009.]

[20]. **Defense Update.** Skylite Miniature Aerial vehicle. [Online] 23. 11 2005. [Viitattu: 26. 4 2009.] <http://defense-update.com/products/s/skylark2-uav.htm>.

[21]. **Kari, Mikko;ym.** *Sotatekninen arvio ja ennuste 2025 osa 1 - Teknologian kehitys.* Ylöjärvi : Puolustusvoimien Teknillinen Tutkimuslaitos, 2008. ISBN 978-951-25-1888-3.

[22]. **Honkonen, Juha.** *luentomoniste Matematiikan ja fysiikan soveltaminen sotateknikassa.* 2008.

[23]. **Kadettikersantti Lipsonen, Saku.** *Lentotukikohdan kuvaustiedustelu tiedustelusatelliitilla ja lentokoneella.* s.l. : Pro Gradu -tutkielma, 2008. KADK91.

[24]. **Kadetti Takamaa, Rami.** *Lämpökameran käytön mahdollisuudet ja rajoitukset tiedustelussa.* 2001. SM 305.