

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Lentokonetekniikka

Tutkintotyö

Jukka Vittaniemi

TEHTÄVÄNTALLENNIN HAWK-
HARJOITUSKONEESEEN

Työn ohjaaja Yliopettaja Heikki Aalto

Työn teettäjä Lentotekniikkalaitos, valvojana insinöörikapteeni Esa Lahtinen

Tampere 2007

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Lentokonetekniikka

Jukka Vittaniemi Tehtävällennin Hawk-harjoituskoneeseen

Tutkintotyö 43 sivua + 3 liitesivua

Työn valvoja Yliopettaja Heikki Aalto

Työn teettäjä Lentotekniikkalaitos, ohjaajana insinöörikapteeni Esa Lahtinen

Toukokuu 2007

Hakusanat Tehtävällennin, tehtävän purku

TIIVISTELMÄ

Hawk-harjoituskoneisiin on tulossa käyttöön tehtävällennusjärjestelmä ja tehtävänpurkujärjestelmä joiden avulla lentotehtävästä saadaan purettua runsaasti enemmän informaatiota kuin aiemmin käytössä olleilla menetelmillä.

Tässä tutkintoyössä esitellään tehtävällenninjärjestelmä ja tehtävänpurkujärjestelmä, tarkastellaan VS1500-tehtävällentimen hankinta- ja valintaperusteita sekä luodaan järjestelmän kuvaus. Kuvauksen perustana on työn tekijälle hankintaprosessin aikana kertynyt tieto tulevasta järjestelmästä sekä useista lähteistä ja käytännöistä saatu tieto.

Työn tekijä on ollut suunnittelemassa ja päättämässä käyttöönotettavan järjestelmän ominaisuuksia.

Tavoitteena on luoda kuvauksesta sotilasilma-aluksen lentokelpoisuusvaatimusten mukainen, riittävän kattava mutta ei liian yksityiskohtainen.

Kuvausta tullaan käyttämään pohjana luotaessa tehtävällenninjärjestelmän selostus Hawk harjoituskoneen ohjekirjallisuuteen esimerkiksi rakenne- ja huolto-selostuksiin sekä valmisteluohjeisiin. Kuvausta tullaan myös käyttämään oppimateriaalina järjestelmän käyttöhuoltokoulutuksessa.

TAMPERE POLYTECHNIC

Mechanical and Production Engineering

Aircraft Engineering

Jukka Vittaniemi Mission Recorder to Hawk trainer

Thesis work 43 pages + 3 Appendix pages

Supervisor Heikki Aalto

Commissioned by Finnish Air Force Air Materiel Command

May 2007

Keywords Mission Recording, Mission Debriefing

ABSTRACT

This thesis was written in order to introduce new mission recording and debriefing system for Hawk trainer and make System Technical Description. System is under design and soon in prototype testing.

Modification is primarily designed and managed by Finnish Air Force Air Materiel Command. Project is named as Hawk Upgrade Level 1.

Target for first flights with new system is August 2007.

SISÄLLYSLUETTELO	4
LYHENTEET JA MERKINNÄT	5
1 JOHDANTO.....	6
1.1 Hawk-harjoituskoneen yleisesittely.....	6
1.2 VS1500:n hankinta	7
1.3 Hankittavan järjestelmän ominaisuudet	8
1.4 Tarjouspyynnön sisältö	11
1.5 Hawk-harjoituskonekaluston Upgrade Taso 2	14
1.6 Tarjousten sisältö ja vertailu.....	14
1.7 Esitys valittavaksi järjestelmäksi.....	16
1.8 Tilaus 012047-06-TLH	17
2 TEHTÄVÄNTALLENNUSJÄRJESTELMÄN LAITTEET.....	18
2.1 Tehtävätalennin VS1500-AW/AY	18
2.2 Muistiyksikkö SC1551-8.....	20
2.3 Kytöntärasia ST-CU-20-0S	21
2.4 Tähtäinvideokamera Mekel 340A	22
2.5 Elektroniikkayksikkö Mekel EU340A	23
2.6 GPS-antenni S67-1575-39	24
3 GPS-järjestelmä.....	25
4 TEHTÄVÄNTALLENNUSJÄRJESTELMÄN TOIMINTA	27
5 TEHTÄVÄNPURKIJÄRJESTELMÄ.....	28
5.1 Tehtävänpurkuohjelmisto	28
5.2 Tehtävän aikana kerätyn datan esittäminen.....	28
5.2.1 Videonäkymä.....	31
5.2.2 Karttanäkymä	32
5.2.3 3D-näkymä	33
5.2.4 Datanäkymä.....	36
5.3 Tehtävänpurkuasemat.....	38
6 TEHTÄVÄNTALLENNUSJÄRJESTELMÄN INTEGROINTI.....	39
6.1 Testit ja koelennot	40
6.2 Tehtävätalennus ja tehtävänpurkujärjestelmien käyttöönotto	41
7 TULOKSET	42
LÄHDELUETTELO	43

LYHENTEET JA MERKINNÄT

ADC	Air Data Computer, ilma-arvolaskin
CEP	Circular Error Probable, tarkkuuden ilmaisyksikkö
dBm	desibeliä verrattuna milliwattiin, tehon yksikkö
DZUS	lentokoneissa yleisesti käytetty kiinnitysjärjestelmä
EMC	Elektromagnetic Compatibility, sähköinen häiriöttömyys
EMI	Elektromagnetic Interference, sähköinen häiriölähde
fh	flight hour, lentotunti
GB	Giga Byte, tietoyksiköiden lukumäärä
GPS	Global Positioning System, paikannusjärjestelmä
HN	F-18 Hornet hävittäjän tunnus
HW	Hawk harjoituskoneen tunnus
HUD	Head Up Display, ohjaamon näyttölaite
IEEE 1394	Standardi nopealle tiedonsiirtoväylälle, FireWire 400
INS	Inertial Navigation System, suunnistusjärjestelmä
MTBF	Mean Time Between Failures, vikaväli
MFD	Multi Function Display, ohjaamon monitoiminäyttölaite
NMEA-0183	National Maritime Electronic Association, tiedonsiirtoprotokolla
PAL	Phase Alternate Line, analogisen videokuvan värijärjestelmä
PC	Personal Computer
RMMD	Removable Mass Memory Device
RS-232C	Sarjaliikennestandardi
RS-422A	Sarjaliikennestandardi
USB	Universal Serial Port, sarjaväyläarkkitehtuuri

1 JOHDANTO

1.1 Hawk-harjoituskoneen yleisesittely

Englantilaisia yksimoottorisia Hawk-harjoituskoneita tilattiin Suomeen kaikkiaan 50 kappaletta vuonna 1977. Vuonna 1990 päätettiin tilata seitsemän Hawkia (Hawk Mk51A), jotka toimitettiin vuosina 1993–1994. /1/

Hawk kalustolla on lennetty Suomessa yli 200 000 lentotuntia ja koneita on käytössä 49, lento-onnettomuuksissa on menetetty 8 konetta. Konekohtaiset lentotuntimäärät vaihtelevat välillä 2232 - 4643 fh, tilanne 30.4.2007, koneiden laskennallinen käyttöikä on 6 000 fh, joten kalustolle suunnitellusta lentotuntimäärästä on jäljellä noin kolmannes.

Taulukko 1. Hawk-lentokoneen teknisiä tietoja /1/

Konetyyppi:	British Aerospace (HS 1182)Hawk Mk 51 ja Mk 51A
Alkuperämaa:	Englanti
Tyyppi:	Kaksipaikkainen suihkuharjoituskone
Voimalaite:	Yksi 2 420 kp Rolls-Royce Turbomeca Adour Mk 851 - ohivirtausmoottori
Suoritusarvot:	Suurin nopeus vaakalennossa matalalla 1 038 km/h, korkealla 0,88 Machia, pisin lentomatka ilman lisäsäiliöitä korkealla 2 400 km ilman reserviä, lakikorkeus 14 500 m
Tyhjäpaino:	3 647 kg
Suurin lentopaino:	7 750 kg
Pituus:	11,9 m
Korkeus:	3,99 m
Kärkiväli:	9,39 m
Aseistus:	30 mm tykki, infrapunaohjukset
Miehistö:	2 henkilöä
Maksiminopeus:	Mach 1,2 matalalla 1000 km/h
Lakikorkeus:	14 500 m
Käyttö:	Ohjaajien perus- ja jatkokoulutus. Hawk on ollut Ilmavoimien käytössä joulukuusta 1980. Ensimmäinen kone saapui Suomeen 16.12.1980. 1990-luvun alussa tilattiin seitsemän lisäkonetta tyypiltään Hawk Mk51A. Ne lennettiin Suomeen vuosina 1993–1994. Tällä hetkellä koneita on käytössä 49.



Kuva 1. Hawk-harjoituskone /1/

1.2 VS1500-tehtävällentimen hankinta

Alkuna VS1500:n hankinnalle voidaan pitää nykyisin käytössä olevan, mutta lähitulevaisuudessa poistuvan V-250AB-R-videonauhatalentimen valmistajan TEAC:n vuonna 2003 lähettämää ilmoitusta varaosien valmistuksen lopettamisesta. Kyseinen ilmoitus aiheutti välittömästi tarvetta tarkastella, kuinka pitkälle käytävissä olevat varaosat riittäisivät.

Tarkastelun tuloksena syntyi laskelma joka osoitti että käytetyllä huoltointensiteetillä varaosat riittäisivät vuoteen 2006, jonka jälkeen nauhureita alkaisi poistua käytöstä varaosapuutteen vuoksi.

Varaosa yritettiin hankkia kaikista tiedossa olevista lähteistä ja saatiinkin hankittua pieniä eriä. Silti oli tarvetta muuttaa videonauhureiden huolto-ohjeistusta varaosakulutuksen vähentämiseksi. Huolto-ohjeistuksen muuttamisella saatiin jatkettua videonauhurin käyttöikä merkittävästi, mutta silti järjestelmä poistuu käytöstä vuoteen 2009 mennessä.

Tehokas lentokoulutus vaatii mahdollisuutta lentotehtävän tallennukseen ja purkuun. Koska käytössä olevan järjestelmän ylläpito käy mahdottomaksi, uuden tallennus ja purkujärjestelmän hankinta lisättiin hanke-esityksiin 2004.

Ilmavoimien esikunnan suunnitelmien mukaan Hawk kalustoa on tarkoitus käyttää lentokoulutukseen jopa vuoteen 2020 saakka, joten tarve uuden tehtäväntalennus- ja purkujärjestelmän käyttöön saamiseksi on suuri.

Esittelyllä R2085/12.4/E/II 18.4.2005 Ilmavoimien komentajalle esitettiin käynnistettäväksi HW-kaluston koulutusarvon säilyttämiseen ja elinjakson turvaamiseen tähtäävän hankinnan valmistelu. Tarkoituksena on päivittää HW-kaluston järjestelmiä vastaamaan paremmin HN-kaluston ensimmäisen ylläpitopäivityksen ja lentokoulutustoiminnan vaatimuksia. Saavutettava hyöty on lentokoulutuksen merkittävä tehostuminen mahdollistamalla tietokoneavusteinen lentotehtävän purku ja analysointi./2/

Ilmavoimien komentaja hyväksyi esittelyn jossa esitettiin 30 Hawk-harjoituskonetta varustettavaksi tehtävätallentimella ja GPS-datan tallennusmahdollisuudella. Hankintaprosessi määrättiin Lentotekniikkalaitoksen tehtäväksi. /2/

1.3 Hankittavan järjestelmän ominaisuudet

Uuden tehtäväntallentimen ja tehtävänpurkujärjestelmän hankkimistehtävän tultua Lentotekniikkalaitokselle tiedoksi, alettiin Lentotekniikkalaitoksen Lentokoneosastolla ja HW-tyyppitoimistossa välittömästi toimenpiteisiin tehtävän suorittamiseksi. Projektista käytetään työnimeä HW-upgrade Taso1.

Tietoa saatavilla olevista tallentimista ja toimittajista hankittiin Internetistä ja tiedossa oleviin laitetoimittajiin otettiin yhteyttä tarkempien tietojen saamiseksi. Tarjolla oleviin vaihtoehtoihin tutustuttiin Pariisiin ilmailunäyttelyssä ja Suomessa pidetyissä laite- ja järjestelmäesittelyissä. Laite- ja järjestelmäesittelyn Suomessa järjestivät Enertec SA, Teac Aerospace, Thales Aero ja Insta DefSec.

Laite- ja järjestelmäesittelyjen jälkeen todettiin että tarjolla olleiden vaihtoehtojen joukossa ei ollut yhtään sellaista kokonaisuutta joka suoraan olisi otettavissa käyttöön korvaamaan käytöstä poistuvaa järjestelmää.

Tarjouspyynnön pohjaksi alettiin kartoittaa teknisiä ominaisuuksia, jotka hankittavan tallenninjärjestelmän haluttiin vähintään sisältävän.

Ensimmäinen ja tärkein ominaisuus on, että tallennin soveltuu käytettäväksi koko HW:n ympäristöolosuhde- ja suorituskykyalueella. Koska alkuperäisiä HW:n suunnitteluun käytettyjä vanhoja brittiläisiä BS-standardeja ei enää käytetä yleisesti ja niiden perusteella on vaikea suorittaa vertailua, niin vertailuperustaksi valittiin Mil-Std-810E. Tämän standardin vaatimustaso riittää hyvin HW:n laitteille. Samaa standardia käytettiin myös vertailupohjana hankittaessa laitteita edelliseen järjestelmämodifikaatioon eli imperialmodifikaatioon. Imperialmodifikaatiossa Hawk-kaluston ilma-arvomittarit muutettiin metrisistä yksiköistä imperial yksiköihin.

Nykyisen videonauhalle perustuvan tallennuksen suurin puute on tallennuskapasiteetin riittämättömyys. Maksimi nauhoitusaika on yksi tunti. Kun lentotehtävät usein kestävät yli tunnin jää osa tehtävästä tallentamatta. Hankittavan tallentimen muistiyksikön tallennuskapasiteetin on oltava riittävä tallentamaan vähintään kaksi tuntia kahta videokanavaa, audioääniä ja GPS-dataa.

Vaikka tallennin vaihtuukin jää edelleen käyttöön nykyinen sähköverkosto, videokamera, -kameran elektroniikkayksikkö sekä käyttölaite, joka muutetaan kytkentärasiksi, joten uuden tallentimen on oltava niiden kanssa yhteensopiva liittimiltään ja toiminnoiltaan.

Tallentimen on oltava fyysisiltä mitoiltaan nykyisen tallentimen tilaan sopiva ja asennettavissa suoraan DZUS-kiinnityskiskoisiin. Muistiyksikkö on voitava asentaa ylhäältä alaspäin. Tallentimen on toimittava ilman erillistä jäähdytyspuhallinta.

GPS-vastaanottimen suositeltavin sijainti on integroituna tallentimeen. GPS-antenni on voitava asentaa joko ohjaamoon tai koneen rungon ulkopintaan.

Hankittavan tehtäväntallentimen ominaisuuksia on voitava lisätä ja laajentaa HW Upgrade Taso 2:n vaatimusten mukaisiksi. Taso 2:n toiminnoissa käytetään Mil-std-1553B väylää datan siirtämiseen, joten tallentimeen on voitava asentaa väylän tarvitsemat liittimet ja piirikortit.

Tallentimen on oltava jo käytössä jossakin suoritusarvoiltaan vastaavassa koneessa kuin Hawk. Paras vaihtoehto on, jos tallennin on jo käytössä jossain Hawk-versiossa.

Järjestelmän käyttöiän on oltava vähintään yhtä pitkä tai pidempi kuin Suomen Ilmavoimien Hawk kaluston suunniteltu jäljellä oleva käyttöikä. Varaosien saatavuus on taattava vuoteen 2020 saakka.

Tehtävänpurkuohjelmalla on pystyttävä esittämään videokuvaa, audioääniä, lentoreittitietoa karttapohjan päällä, GPS dataan perustuvaa 2D ja 3D lennon visualisointia. Purkuohjelmalla on pystyttävä yhtäaikaisesti esittämään vähintään neljän muistiyksikön sisältämää dataa.

Tehtävänpurkuasemien on perustuttava hankintahetkellä mahdollisimman moderneihin, mutta kohtuuhintaisiin tehokkaisiin perus-PC-laitteisiin. Tehtävänpurkuasemia tarvitaan 12, joista osa pöytäkoneita ja osa kannettavia.

Puolustusvoimien Pääesikunnan Kaupallisen osaston laatimassa hallinnollisessa ohjeessa PAK B 01:02 määritellään yleisiä ohjeita, joita on noudatettava hankintoja suoritettaessa, hankittavan järjestelmän on oltava tämän ohjeen mukainen. /3/

Tammikuussa 2006 lähetettiin tarjouspyynnöt kuudelle laitetoimittajalle. Tarjousten viimeinen jättöaika oli 31.3.2006. /4/

1.4 Tarjouspyynnön sisältö /4/

Englannin kielisessä tarjouspyynnössä 00145–06-TLHA pyydettiin tarjoamaan 9 positiota:

1. Digitaalinen tehtäväntallennin	33 kpl
2. GPS-vastaanotin	33 kpl
3. GPS-antenni	33 kpl
4. Tehtävänpurkuvälineistö	12 kpl
5. Tehtävänpurkuohjelmisto lisenssit	12 kpl
6. Muistiyksiköt	70 kpl
7. Tekninen dokumentaatio	1 sarja
8. O-tason huoltovalmius	1 yks
9. Projektin hallintatoimet	1 yks

Positioille asetettiin seuraavia vaatimuksia:

Positio 1

Ilmailukäyttöön tarkoitettu digitaalinen tehtäväntallennin Hawk Mk51/51A koneisiin korvaamaan analoginen Teac V-250AB-R-videonauhuri.

Laitteen tulee

- olla täysin korvaava ja yhteensopiva koneen nykyisten laitteiden ja järjestelmien kanssa, esimerkiksi videokamera ja sähköverkosto.
- saavuttaa tai ylittää kaikki Hawk- harjoituskoneen toiminnalliset ja ympäristöolosuhdevaatimukset. Toimittajan velvollisuus on tosittaa vaatimusten toteutuminen.
- pystyä kahden videosignaalin, yhden audiosignaalin ja yhden GPS-signaalin yhtäjaksoiseen ja yhtäaikaiseen tallennukseen vähintään kahden tunnin ajan.

Positio 2

Ilmailukäyttöön tarkoitettu GPS-vastaanotin, jonka tulee

- saavuttaa tai ylittää kaikki Hawk harjoituskoneen ympäristöolosuhdevaatimukset kuten positiossa 1
- sisältää RS -232C, tai RS-422A-standardin mukainen sarjaliikenneväylä

- käyttää NMEA 0183 protokollaa
- olla asennettuna joko tallentimeen tai erilleen, asennusta tallentimeen suositellaan
- olla päivitystaajuudeltaan vähintään 2 Hz
- olla tarkkuudeltaan vähintään 4 m CEP
- olla herkkyydeltään vähintään -145 dBm
- olla uudelleenhakeutumisajaltaan alle 1 sekuntia.

Positio 3

Ilmailukäyttöön tarkoitettu GPS-antenni, jonka tulee

- saavuttaa tai ylittää kaikki Hawk harjoituskoneen ympäristöolosuhdevaatimukset kuten positiossa 1
- olla asennettavissa ohjaamoon
- olla teknisiltä ja toiminnallisilta ominaisuuksiltaan kuten positio 2.

Positiot 4 ja 5

Tehtävänpurkujärjestelmän välineet (kytkentäjohdot ja -välineet poislukien tietokoneet) ja ohjelmisto lisensseineen jos niitä tarvitaan.

- purku PC/Windows XP-ympäristössä
- yhtäaikainen vähintään neljän videon katselu GPS-aikaleimattuna
- video ja GPS-datan näyttö, audioäänet
- 2D/3D graafinen esitys
- karttanäyttö
- kauko-ohjattu tai verkkotoiminta mahdollisuus

Positio 6

Siirrettävä tallennusmuoto, muistiyksikkö

- kiintomuistiperustainen
- IEEE 1394- tai USB2 liitäntä

Positio 7

Tekninen dokumentaatio englanninkielisenä

- kirjallisena ja CD-kopiona

- tekninen spesifikaatio
- interface control documents (ICD)
- käyttöohjekirja
- hyväksymistimenettely
- hyväksymistestiraportti

Positio 8

O-tason huoltovalmius

- oppikurssi neljälle oppilaalle
- huoltovälineet ja -ohjeet

Positio 9

Projektin hallintatoimet

- kokoukset
- tekninen avustaminen ja paikanpäällä tapahtuva neuvonta protyyppivaiheessa

Optiona pyydettiin tarjoamaan

- tehtävänsuunnitteluohjelmistoa
- tehtävän suunnittelutietojen siirtokykyä Mil-Std-1553B-väylän kautta

Positiokohtaisten vaatimusten lisäksi tarjouspyynnössä esitettiin tallentimelle seuraavia yleisiä vaatimuksia

- Mil-Std-740A mukainen 28 V_{DC} jännitteen syöttö
- Mil-Std-810E mukaiset ympäristöolosuhdevaatimukset
- Mil-Std-461 mukaiset EMI-EMC-vaatimukset
- Mil-C-26483-sarjan 1 mukaiset liittimet
- Mil-Std-1553B mukainen väyläliitäntä
- MS25213 mukainen DZUS-kiskokiinnitys sivupaneeliin
- kaksikanavainen PAL-videoliitäntä
- yksikanavainen audioliitäntä
- GPS-liityntä aika-, paikka- ja korkeustiedolla
- videokuvan minimi piirtokyky 720 x 576, 25 kuvaa sekunnissa

- piirtokyvyn ja pakkauskertoimen oltava käyttäjän aseteltavissa
- kuvanlaadun oltava vähintään yhtä hyvä tai parempi kuin nykyisessä järjestelmässä
- luotettavuus vähintään 2000 fh MTBF Mil-HDBK-217 mukaisesti

Toimittajan laadunvalvonnan ja toimintojen on täytettävä vähintään ISO 9001:2000 ja AQAP 2110 julkaisu 1 tai myöhemmän version mukaiset vaatimukset. Jos tarjouspyyntö johtaa tilaukseen, toimittajan toimintojen on oltava edellä mainittujen vaatimusten mukaisia.

Toimittajan vastuulla on varmistua siitä, että toimitetut tuotteet ovat yhteensopivia Suomen Hawk Mk51- ja MK51A-koneisiin. /4/

1.5 Hawk-harjoituskonekaluston Upgrade Taso 2

Osaan Hawk-harjoituskoneita on aikomus toteuttaa avioniikkamodifikaatio, jossa koneisiin asennetaan muun muassa HUD- ja HUD-repeater-näyttölaitteet, GPS/INS- suunnistusjärjestelmä, MFD-näyttölaitteet, väyläohjatut yhteys- ja suunnistusradiot ja ADC-laite. Muutostyön työnimi on HW Upgrade Taso 2.

Muutostyössä on Patria vastuullisena pääsuunnittelijana ja toteuttajana. Ilmavoimat on tilannut muutostyön prototyypikoneen valmistuksen Patrialta.

Tehtävätalenninjärjestelmän tarjouspyynnössä 000145-06-TLHA esitetyt Mil-Std-1553B-väylätoiminnot ja tehtävänvalmistelutoiminnot liittyvät HW Upgrade Taso 2:n valmisteluun. HW Upgrade Taso 2 mainitaan myös tarjousvertailussa. Tässä tutkintotyössä ei käsitellä tätä muutostyötä tämän enempää.

1.6 Tarjousten sisältö ja vertailu

Tarjoukset saatiin määräaikaan mennessä viideltä toimittajalta

CMC Electronics Inc

Enertec SA

Insta DefSec Oy

Teac Aerospace
Thales Military Aero

BAE Systems ei jättänyt tarjouta liian lyhyeen valmistelu-aikaan vedoten./5/

Seuraavassa toimittajakohtaiset tarjousarvioinnit.

CMC Electronics tarjosi tehtävätallenninta, jonka tyyppiä, mallia, merkkiä tai alkuperämaata ei tarjouksessa mainittu. Tarjouksen GPS-laite on yleisajoneuvokäyttöön suunniteltu laite, eikä sitä ole testattu ja tositettu HW-tasoiseen lentokoneympäristöön. Tarjouksen kokonaishinta oli kolmanneksi korkein./5/

Edellä mainittujen syiden perusteella todettiin, että tarjous ei täytä tarjouspyynnön vaatimuksia ja sitä ei otettu huomioon toimittajaa valittaessa./5/

Enertec SA:n tarjous täyttää kaikki tarjouspyynnön vaatimukset.

Tehtävätallennintyyppi on aiemmin otettu käyttöön mm. Ison Britannian Royal Air Forcen Hawk Mk 128 – koneissa. GPS-laitteena on tallentimeen asennettava lisäkortti. Antenni on hävittäjä-tason koneisiin suunniteltu koneen ulkopintaan tai ohjaamoon asennettava laite. Tallennusvälineenä on erityisesti tähän tarkoitukseen kehitetty muistiyksikkö. /5/

Tehtävänpurkuohjelmiston soveltuvuus ohjaajakoulutukseen on heikohko. Kokonaishinnaltaan tarjous oli vertailun edullisin. /5/

Insta DefSec Oy tarjosi prototyyppiasteella olevaa tehtävätallenninta, joka on koottu nykyään käytössä olevan analogisen tähtäinvideonauhurin kuoriin. GPS-laitteena on tallentimeen asennettava lisäkortti, jonka antenni asennetaan ohjaamoon. Tasoon 1 tarjottava laite ei sisällä 1553B-väyläkorttia. Tallennusvälineenä on standardi USB 2.0-muistitikku. /5/

Tehtävänpurkuohjelmisto täyttää lentokoulutuksen vaatimukset.
Tehtävänpurkuohjelmiston Insta DefSec Oy on modifioinut HN-

tehtävänpurkuympäristöstä, ja sen räätälöiminen ohjaajakoulutuksen vaatimusten mukaiseksi on Instan mukaan helppoa. /5/

Laitteisto ei vielä täytä HW-kaluston ympäristövaatimuksia. Kokonaishinnaltaan tarjous oli vertailun toiseksi edullisin. /5/

Teac Aerospace Plc tarjosi tehtävätallenninta, joka on laajalti käytössä hävittäjätaisoissa koneissa ja täyttää tarjouspyynnön toiminnalliset sekä ympäristövaatimukset. Sen sijaan tarjottu GPS-laite on suunniteltu ja tositettu vain yleisilmailukoneisiin, joten sitä ei voida kelpuuttaa HW-käyttöön. Tallennusvälineenä on erityisesti tarkoitukseen kehitetty muistiyksikkö. /5/

Tehtävänpurkuohjelmisto täyttää lentokoulutuksen vaatimukset. Kokonaishinnaltaan tarjous oli toiseksi kallein. /5/

Thales Military Aero tarjosi tehtävätallenninta, joka sisältää tasoon 2 modifioituna myös tehtävä tietokoneen ja karttanäyttöyksikön ohjelmineen, joten se merkittävästi monipuolisempi laite kuin muut tarjotut tehtävätallentimet. GPS-laite on tallentimessa sisäisellä kortilla. Antenni on sisä- tai ulkoasennukseen sopivaa hävittäjäympäristöön suunniteltua mallia. Tätä laitetyyppiä ei ole aiemmin asennettu Hawk-koneisiin, mutta se täyttää kaikki asetetut toiminnalliset ja ympäristövaatimukset. /5/

Tehtävänpurkuohjelma on erittäin hyvä ja monipuolinen ja täyttää lentokoulutuksen vaatimukset.

Kokonaishinnaltaan tarjous on vertailun kallein vaihtoehto. /5/

1.7 Esitys valittavaksi järjestelmäksi

Tarjousten vertailun jälkeen päätettiin esittää, että laitteistotoimittajaksi valitaan Enertec SA. Perusteluina ovat tarjouspyynnön teknisten vaatimusten täyttäminen ja hankintahinta. /6/

Tehtävänpurkuohjelmiston toimittajaksi päätettiin esittää Insta DefSec Oy. Instan tarjoama purkuohjelma vastaa parhaiten lentokoulutuksen vaatimuksia. Lisäksi ohjelman yksityiskohtia voidaan vielä kehittää yhteistyössä ohjaajien ja Instan kanssa. /6/

1.8 Tilaus 012047-06-TLH /7/

Tilaus sisältää

- 15 kpl VS1500AW tehtävätallentimia
- 18 kpl VS1500AY tehtävätallentimia
- 33 kpl GPS-vastaanottimia
- 33 kpl GPS-antenneja
- 33 kpl muistiyksiköitä
- 12 sarjaa muistiyksikön tiedonpurkukaapelistoja
- teknisen dokumentaation
- O-tason huoltokoulutuksen
- projektin hallintakulut
- teknisen neuvonnan

Toimitusaikataulu

- C-version tallennin, muistiyksikkö ja GPS-antenni 1 kpl 29.6.2007
- VS1500AW tallentimet, muistiyksiköt ja antennit 15 kpl 15.10.2007
- VS1500AY tallentimet, muistiyksiköt ja antennit 10 kpl 15.11.2007 ja 7 kpl 15.12.2007
- Tiedonpurkukaapelit 1 kpl 29.6.2007 ja 11 kpl 15.10.2007
- Tekninen dokumentaatio 29.6.2007

2 TEHTÄVÄNTALLENNUSJÄRJESTELMÄN LAITTEET

2.1 Tehtävätallennin VS1500-AW/AY

Enertec VS1500-AW on yhdistetty digitaalisen datan, videokuvan sekä audioäänten tallennin pakattuna kompaktiin kuoreen. VS1500AY on sama laite kuin VS1500AW lisättynä Mil-Std-1553B-väyläkortilla./10/

Laite kykenee tallentamaan sisääntulokanavilta samanaikaisesti video-, audio-, GPS-signaalia ja diskreettisignaaleja yhdelle siirrettävälle massamuistiyksikölle. Laitteessa on sisäänrakennettu GPS-vastaanotin./10/

Tallentimen etukannessa on manuaalisesti avattava ja lukittava luukku, jonka alle muistiyksikkö asennetaan. Luukun sulkeminen asettaa muistiyksikön lukittuun tilaan./10/

Tallennin kiinnitetään lentokoneen takaohjaamon oikeaan sivupaneeliin etukannessa olevilla DZUS-kiinnittimillä joita on 6 kappaletta./10/

Alumiinikotelaisen mattamustaksi maalatun tallentimen jäähdytys tapahtuu johtumalla, joten puhallinjäähdytystä ei tarvita. Tallentimen paino on 4 +/- 0.2 kg./10/

Tallentimen käyttöjännite on 28 V_{DC} ja hyväksyttävä jännitealue on 20-32 V_{DC}. Laitteen maksimi ottoteho on 30W. /10/

Videosignaalin pakkausmetodi on MPEG-2, pakkaussuhde on käyttöhuolto-
toimenpiteenä säädettävissä välillä 1.5 - 8 megabittia sekunnissa. /10/



Kuva 2. Tehtävätallennin VS1500 /10

Tallentimen rungossa on neljä sähköliitintä J1, J2, J3 ja J4 /10/

- J1; video 1 sisäänmeno, video 1 monitorointi, audiosisäänmeno, diskreettisiinaalien sisäänmeno.
- J2; 28 V_{DC} syöttö
- J3; video 2 sisäänmeno, video 2 monitorointi, Mil-Std-1553B kanavat A ja B, Ethernet-liityntä huoltokäyttöön.
- J4; GPS-antenniliityntä

GPS-vastaanotinkortti vastaanottaa GPS-signaalia antennilta ja tuottaa ajan, paikan ja korkeuden sisältävää NMEA 0183-protokollan mukaista dataa. GPS-vastaanottimen tallennustaajuus on 4 Hz, tallennustarkkuus on parempi kuin 4m CEP, herkkyys parempi kuin -145 dBm ja uudelleenpaikantamisaika alle 1 sekunti./10/

2.2 Muistiyksikkö SC1551-8

RMMD SC1551-8 on kiinteä muistiyksikkö, joka lentotehtävän tai muun tallennuksen ajaksi asennetaan tallentimen-VS1500 etupinnassa olevaan asennusaukkoon. Muistiyksikön tallennuskapasiteetti on 8 GB./10/

Muistiyksikön asennus tapahtuu työntämällä muistiyksikköä asennusaukkoon kunnes ”push to eject” ilmaisin tulee näkyviin. Asennusaukossa on ohjaimet, jotka estävät muistiyksikön asentamisen väärinpäin./10/

Mustaksi oksitoidun alumiinikuorisen muistiyksikön paino on 0.5 +/- 0.05 kg. /10/

Muistiyksikössä on kaksi sähköliitintä:

- 19-napainen runkoliitin muistiyksikön kytkemiseksi tallentimeen
- 9-napainen IEEE-1394B liitin muistiyksikön kytkemiseksi PC-asemaan



Kuva 3. Muistiyksikkö SC1558-8 /10/

2.3 KytKentärasia ST-CU-20-0S

KytKentärasia perustuu modifioituun käyttölaitteeseen ST-CU-20-0. INSTA DefSec Oy Tampere on modifioinut kytKentärasian prototyypin, jonka osanumero on ST-CU-20-0S, rekisterinumero on 469491 ja sarjanumero on J98188. Protokappale valmistui ja luovutettiin Ilmavoimille 16.4.2007. Järjestelmän koelentojen perusteella päätetään, tuleeko varsinaiseen noin 35 kytKentärasian tuotantosarjaan muutoksia.

Muutostyössä laitteen etukannesta poistetaan pääkytkin, nauhurinohjauskytkin ja nauhurin-V-250AB-R toimintatilaa ilmaisevat merkkivalot. Laitteesta poistetaan myös muutoskilpi, koska aiemmat muutostyöt eivät koske modifioitua laitetta /11/.

KytKentärasian tuodaan 28 voltin tasajännitesyöttö koneen sähköverkoston pääkiskolta sulakkeen 115 kautta, analoginen videosignaali videokameran elektroniikkayksiköltä, audiosignaalit audiojärjestelmästä ja huomiomerkkisignaali ohjaussauvalta /13/.



Kuva 3. KytKentärasia ST-CU-20-0S /11/

2.4 Tähtäinvideokamera Mekel 340A

Kamera on CCD-ilmaisimella varustettu puolijohdekamera, jonka objektiivin läpi kuvaelementille kulkevan valon määrää säädetään täysin sähköisellä nestekidejärjestelmällä, jossa ei ole mekaanisesti liikkuvia osia. /13/

Kamera muodostaa kuvasta kolmen perusvärin (punaisen, vihreän ja sinisen) analogiasignaalin ja lisäksi tarvittavat käyttöjännitteet sekä tarvittavat tahdistus- ja kellopulssit./13/

Kameran kuvauskulma n. 10° (175 mrad) pystysuunnassa ja n. 14° (245 mrad) vaakasuunnassa. Kamera voidaan säätää asetuslevyn avulla kahteen eri asentoon. Asennossa 1 kameran kulma on 50 mrad lentokoneen perusviivasta ylös ja 125 mrad alas. Asennossa 2 kameran kulma on 10 mrad perusviivasta ylös ja 165 mrad alas. Asennossa 1 asetuslevyssä näkyy yksi merkkiviiva ja asennossa 2 kaksi merkkiviivaa. Kameraa Mekel 340A on käytetty myös videonauhurin-Teac-V-250AB-R kanssa. /13/

Taulukko 2. Kameran tekniset tiedot /13/

Polttoväli	$f=25$ mm
Valovoima	$F=3,5$
Avauskulma	10,7 x 14,3
Ilmaisim	CCD
Kuva-alkioiden määrä	732 x 580
Herkkyysalue	400...700 nm
Videojärjestelmä	CCIR
Videonanto	1 V_{h-h} , 75 Ω symmetrinen
Käyttöjännite	24...32 VDC
Liitäntäteho	11 W / 28 VDC
Paino	0,9 kg



Kuva 4 Videokamera Mekel 340A

2.5 Elektroniikkayksikkö Mekel EU340A

Elektroniikkayksikkö muodostaa kamerasta tulevista signaaleista ja tahdistuspulsseista täydellisen värivideosignaalin tallentimen muistiyksikölle tapahtuvaa tallennusta varten. Yksikkö muodostaa säätöjännitteen kameran valotusautomaatiikan (nestekide-elementti) ohjausta varten. Yksikkö saa käyttöjännitteen kytkentärasialta. /13/

Elektroniikkayksikkö sijaitsee etuohjaamon tähtäinpään edessä heijastussuojan alla. Kameran liitäntäkaapeli on kytketty yksikköön ruuvilukitteisella moninapaliittimellä /13/.



Kuva 5. Elektroniikkayksikkö /13/

2.6 GPS-antenni S67-1575-39

GPS Antenni S67-1575-39 on Sensor Systems Inc:n valmistama L1-aaltoalueen vahvistinantenni. Sisäinen 26 dB tehovahvistin saa tarvitsemansa tasajännitesyötön tehtävätallentimelta antennikaapelia myöten.



Kuva 6. GPS-antenni /10/

3 GPS-järjestelmä

GPS eli Global Positioning System on Yhdysvaltojen puolustusministeriön kehittämä ja rahoittama satelliittipaikannusjärjestelmä, viralliselta nimeltään Navstar GPS. Se on nykyään yleisimmin käytetty GNSS-järjestelmä (*Global Navigation Satellite System*), itse asiassa tällä hetkellä ainoa täysin toimiva järjestelmä. Navstar-GPS:n kehitystyö aloitettiin 1970-luvun puolivälissä ja tarkoituksena oli luoda sekä sotilas- että siviilikäyttöön tarkka, reaaliaikainen ja yksisuuntainen paikannusmenetelmä. /12/

Navstar-GPS-järjestelmä koostuu kolmesta segmentistä: avaruus, kontrolliverkko ja käyttäjäosa. Avaruussegmentin muodostavat *satelliitit*. Vuoden 2004 maaliskuussa satelliitteja oli yhteensä 29, jotka ovat yli 20 000 km:n korkeudessa. Kontrolliverkossa tarkkaillaan satelliittien tilaa, ratoja ja toimintoja. Päävalvontakeskus on Yhdysvalloissa, Coloradossa. Päävalvontakeskuksen lisäksi päiväntasaajan tuntumassa on neljä tarkkailuasemaa. Käyttäjäosan muodostavat miljoonat GPS-vastaanottimet. /12/

GPS-paikannus perustuu siihen, että satelliitit lähettävät atomikellon ajan ja sijaintitiedon, jotka GPS-laite vastaanottaa. GPS-laite vastaanottaa samanaikaisesti signaalia useasta satelliitista. /12/

Näistä radiosignaaleista se laskee joko pseudoetäisyyttä käyttämällä satelliittisignaalin päälle moduloituja pseudosatunnaiskoodeja (PRN) tai kanta-aallon vaihetta. Molempia voidaan käyttää paikannukseen, jälkimmäisiä tosin vain monimutkaisissa geodeettisissa GPS-tarkkuusvastaanottimissa. Näistä mittaussuureista GPS-laite laskee sijaintinsa. /12/

Paikannus perustuu pseudoetäisyyden mittaukseen:

$$p = \sqrt{(x - X)^2 + (y - Y)^2 + (z - Z)^2} + c(\Delta t - \Delta T),$$

jossa

X, Y, Z on vastaanottimen paikka kolmiulotteisessa avaruudessa

x, y, z on satelliitin paikka avaruudessa, lasketaan satelliittien myös

lähettämistä ratatiedoista eli *efemeriideista*

Δt on satelliitin kellovirhe; pieni, tiedetty, satelliittien lähettämä

ΔT on vastaanottimen kellovirhe, tuntematon kuten sen koordinaatitkin

X, Y, Z ja ΔT ovat tuntemattomia muuttujia jotka voidaan ratkaista neljän

sopivissa paikoissa olevan satelliitin avulla. /12/

Lauseketta kutsutaan pseudoetäisyydeksi koska siinä on tuntemattomia kellovirheitä. Satelliittikello on erittäin tarkka atomikello. Vastaanottimen kello on yleensä edullinen kvartsikello joka on tarkka vain lyhyttä aikaa mitattaessa. /12/

GPS-paikannusta voidaan kutsua hyperboliseksi paikannusmenetelmäksi, koska se perustuu etäisyyserojen eikä etäisyyksien käyttöön. Laskemalla alkuperäisistä havainnoista erotussuureet kahden satelliitin tai kahden mittauspaikan välillä saadaan kellotuntemattomat eliminoiduiksi. Vrt. Decca-järjestelmä. /12/

Vaikka satelliittien minimimäärä on neljä, päästään sitä tarkempaan lopputulokseen, mitä useamman satelliitin avulla laskutoimitukset tehdään. Mitä enemmän mittauksessa käytettävät satelliitit ovat erillään toisistaan, sitä tarkempi lopputulos saadaan. Paikannus onnistuu myös kolmen satelliitin avulla, kun oletetaan, että vastaanotin on maan pinnalla. Navstar-GPS:n tarkkuus on siviilikäytössä vaakasuunnassa muutama metri. Korkeussuunnassa tarkkuus on n. 2–3 kertaa heikompi. Paikannusvirhettä tuovat satelliittien rata- ja kellovirhe, ilmakehä, monitieheijastuminen, satelliittigeometria, paikantimen virheet, tahallinen häirintä ja käyttäjän virheet. /12/

4 TEHTÄVÄNTALLENNUSJÄRJESTELMÄN TOIMINTA

Kun pääkisko tulee jännitteelliseksi, 28 V tasajännite kytkeytyy kytKentärasiaan, elektroniikkayksikköön kameraan ja tallentimeen. Kameran objektiivi muodostaa lentokoneen etusektorin näkymästä ja tähtäinpään heijastinlasiin heijastuvasta tähtäyskuvioista kuvan CCD-ilmaisimen pinnalle. Ilmaisimien muuttaa kuvan sähköiseksi kolmen perusvärin eli punaisen (R= red), vihreän (G= green) ja sinisen (B= blue) analogiasignaalksi, ns. RGB-signaalksi /13/.

Valo ilmaisimelle kulkee tuulilasin, heijastinlasin, viisikulmioprisman, objektiivin, elektronisen sulkimen ja infrapunasuodattimen läpi. Elektroninen suljin säättää ilmaisimen pinnalle menevän valon määrää. Ilmaisimien on herkistetty 400...1100 nm aallonpituusalueelle, josta leikataan infrapunasuodattimella yli 700 nm menevä osa. Kamera toimii näkyvän valon aallonpituusalueella 400...700 nm, ja sen valotusaika on 1/50 s. Elektroniikkayksikkö muodostaa kamerasta tulevasta RGB-signaalistista värivideosignaalin/13/.

Ohjaussauvan huomiomerkkikytkimeltä tarvittaessa saatava huomiomerkkisignaali kytkeytyy kytKentärasian kautta tallentimen sisäänmenoon.

Tallennin vastaanottaa kytKentärasiaasta tulevan videosignaalin ja äänisignaalin, sekä antennilta tulevan GPS aika- ja paikkatiedon. Tallentimen vastaanottamat signaalit tallennetaan muistiyksikköön, josta ne ovat lentotehtävän jälkeen purettavissa ja analysoitavissa tehtävänpurkuasemissa erityisellä tähän käyttöön suunnitellulla ohjelmistolla.

5 TEHTÄVÄNPURKUJÄRJESTELMÄ

Tilauksella 12070–06-TLHA tilattiin tehtävänpurkuohjelmisto ja tehtävänpurkulaitteisto. Tilaus sisältää 12 tehtävänpurkuohjelmistolisenssiä sekä 12 tehtävänpurkuasemaa. Tilauksen toimittaja on Insta DefSec Oy. /8/

5.1 Tehtävänpurkuohjelmisto

Purkuohjelmisto on työkalu harjoituslennon aikana lentotallentimella kerätyn tiedon graafiseen analysointiin. Ohjelmistolla voidaan tarkastella yhden tai useamman koneen keräämää tietoa yhtäaikaisesti. /14/

Tehtävän aikana tallennettu tieto voidaan visualisoida lennon jälkeen video-, kartta-, 3D- ja datanäkymissä. Eri näkymien toisto on synkronoitu, kaikki näkymät toistavat samaa ajanhetkeä. /14/

Ennen tietojen analysointia jokaisen harjoitukseen osallistuneen koneen lentotallentimen muistimoduulit kytketään purkutyöasemaan ja tallennettu tieto kopioidaan työaseman kiintolevyille. Siirtoon kuluva aika riippuu tehtävän pituudesta ja tallennettavien tietojen (lähinnä videokanavien) lukumäärästä. Ohjelmistolla voidaan myös tyhjentää tallentimen muistimoduuli. /14/

5.2 Tehtävän aikana kerätyn datan esittäminen

Purkuohjelmisto esittää harjoituslennolta kerättyä dataa neljän eri näkymän avulla.

Näkymät ovat:

- videonäkymä
- karttanäkymä
- 3D-näkymä
- datanäkymä.

Videonäkymässä toistetaan harjoituksen aikana tallennettuja digitaalisia videoita. Videonäkymiä voi olla käytössä useita yhtä aikaa (0-4 kpl).

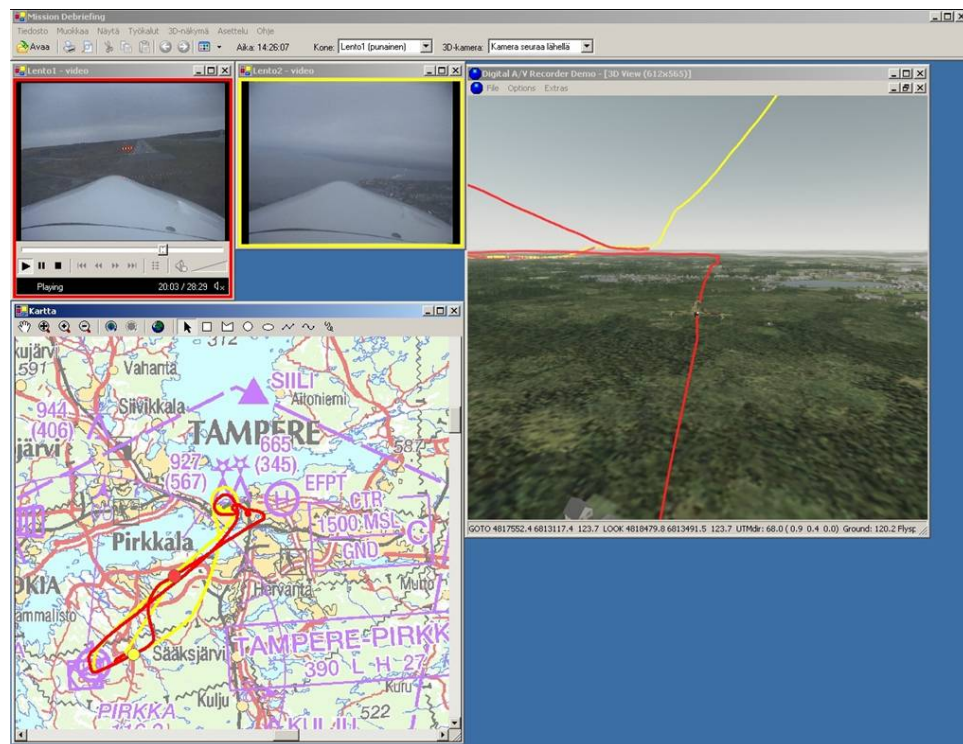
Karttanäkymässä esitetään koneiden lentoreitit ja sijainnit karttapohjalla.
Karttanäkymiä voi olla käytössä yksi (0-1 kpl). /14/

3D-näkymässä esitetään koneiden lentoreitit ja sijainnit virtuaalisessa 3D-
maailmassa. 3D-näkymiä voi olla yksi (0-1 kpl). /14/

Datanäkymä esittää numeerista tietoa harjoituksen koneista. Datanäkymiä voi
käytössä olla yksi (0-1 kpl). /14/

Halutut näkymät ja niiden lukumäärät voidaan valita ja sijoitella vapaasti
purkutyöaseman näytöllä. Näkymien asetuksia ja mittasuhteita voidaan muuttaa
kesken katselun. Käyttöliittymä tukee kahden näytön käyttöä (näyttö ja näyttö tai
näyttö ja videoprojektori). /14/

Käyttöliittymän prototyyppi on esitetty kuvassa 7. Kuvassa tehtävän-
purkuohjelmistossa on avattuna kahden koneen harjoituslennot. Käytössä on kaksi
video näkymää sekä kartta- ja 3D-näkymät. /14/



Kuva 7. Käyttöliittymän periaatekuva /14/

Yhteistä kaikille näkymille on keskitetty ajan kontrollointi ja näkymien synkronointi. Esimerkiksi videonäkymä tietyllä ajanhetkellä täsmää kartan ja 3D-visualisoinnin kanssa. /14/

Aika ja ajan eteneminen esitetään aikajanalla (

Kuva 8). Aikajana piirretään reaaliaikaisena perustuen GPS-aikaan. Meneillään oleva ajan hetki näkyy janalla pystyviivana. Jokaisen harjoitukseen osallistuneen lentokoneen keräämä data

esitetään vaakapalkkina omalla rivillään siten, että nauhoitettua tietoa sisältävä palkin osuus on korostettu. Aikaikkuna valitaan oletuksena siten, että kaikkien koneiden palkit näkyvät. Aikaikkunan mittakaavaa voidaan muokata. Jos koko aika ei tällöin sovi näyttöön, voidaan aikajanaa vierittää.



Kuva 8. Aikajanan periaatekuva /14/

Eri näkymissä esitettävä tieto voidaan toistaa normaalinopeudella, hidastettuna tai nopeutettuna. Toisto voidaan pysäyttää ja sitä voidaan jatkaa. Aikajana mahdollistaa myös hyppäämisen haluttuun ajanhetkeen. Aikajanalalle voidaan lisätä ”kirjanmerkkejä” esimerkiksi kiinnostavien tapahtumien yhteyteen. Ne voidaan nimetä ja niihin voidaan hypätä helposti jälkikäteen. Aikajanalla esitetään myös aikaleimat (lentäjän tekemät liipaisut lennon aikana). Sovellus mahdollistaa hyppimisen aikaleimasta toiseen. /14/

Tallenteessa koneiden reittitieto (GPS-paikkatieto) on tallennettu vähintään kaksi kertaa sekunnissa. Tarkasteluetäisyydestä riippuen kartta- ja 3D-näkymä saattavat tarvita tiheämpää näytteenottotaajuutta koneen lentoreitin ja paikan esittämiseen. Tällöin paikka lasketaan interpoloimalla viereisistä näytteistä. Tarvittaessa

reittipisteitä myös suodatetaan, jotta epäluonnolliset jyrkät muutokset saadaan poistettua reitistä. /14/

Näkymiä on mahdollista täydentää erilaisin symbolein. Symboleita voidaan laajentaa liittämällä niihin tekstiä, joka kertoo esimerkiksi koneen tunnuksen ja koneen sen hetkiset nopeuden. Kartalla ja 3D-näkymässä tiedot näkyvät kyseisen koneen symbolin yhteydessä, videonäkymissä tiedot voidaan liittää tekstinä kuvan päälle. Eri näkymien symboliikka on yhtenevää. Esim. koneen symboleissa ja reiteissä käytetään samoja värejä eri näkymissä.

Yksikköinä purkuohjelmistossa käytetään imperiaalisia yksiköitä. /14/

5.2.1 Videonäkymä

Näkymässä esitetään harjoituslennon aikana talletettua digitaalista videota.

Purkuohjelmisto mahdollistaa usean eri koneen videomateriaalin tarkastelun synkronisesti. Esimerkki neljän lentokoneen videonäkymistä on kuvassa 9. /14/

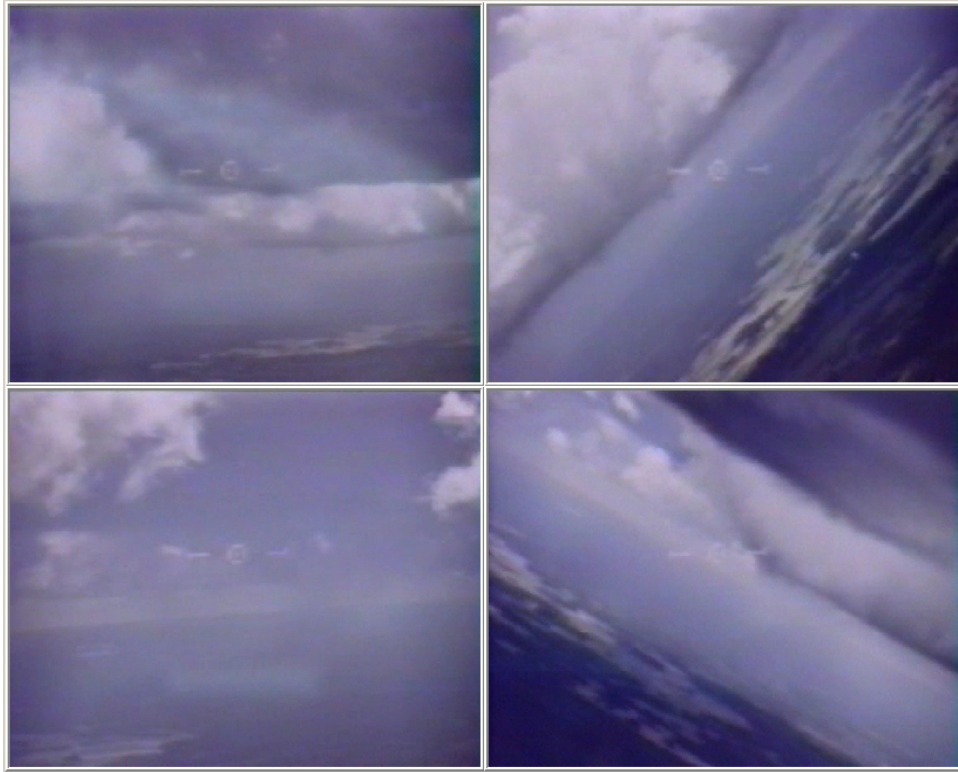
Ohjelmisto toistaa useaa dataa sisältävää videokanavaa yhtä aikaa. Jokaisen harjoitukseen osallistuneen koneen keräämä video näkyy omassa kanavassaan. Kanavien toisto on aikatahdistettu. Tallennukset toistuvat synkronisesti, vaikka niiden aloitushetket ja kestot vaihtelevat. Jos kanavan video loppuu, se ei vaikuta muiden kanavien toistoon. /14/

Sovellus toistaa lennon aikana tallennetun ääniraidan. Toistettavat ääniraidat voidaan valita tarpeen mukaan. Äänen voimakkuutta voidaan säätää kanavakohtaisesti ja häiritsevät kanavat voidaan mykistää. /14/

Videon yhteydessä on mahdollista esittää myös muita tallennettuja tekstimuotoisia (numeerisia) tietoja. Tiedot voidaan sijoittaa tekstinä joko suoraan videon päälle tai videoikkunan otsakkeeseen. Esitettäviä tietoja ovat

- koneen kutsutunnus
- lentonopeus
- lentokorkeus.

Jos koneesta ei ole saatavilla videotallennetta, se ei vaikuta muiden näkymien käyttöön. Kartta ja 3D-näkymä toimivat tällöin normaalisti. /14/



Kuva 9. Neljän koneen videonäkymät sovitettuna koko näyttöön /14/

5.2.2 Karttanäkymä

Karttanäkymä esittää koneiden liikkeen harjoituksen aikana lennolta kerätyn paikkatiedon avulla. Periaatekuva karttanäkymästä on kuvassa (**Kuva**).

Koneiden lentoreitti piirretään käyränä karttapohjan päälle. Koneiden reitit erotellaan toisistaan eri värein. Koneiden sijainti lentoreitillä tietyllä ajanhetkellä esitetään symbolilla. Symbolin orientaatio päätellään reitin avulla. /14/

Karttasymboliin voidaan liittää tekstimuotoista tietoa. Tietoina on

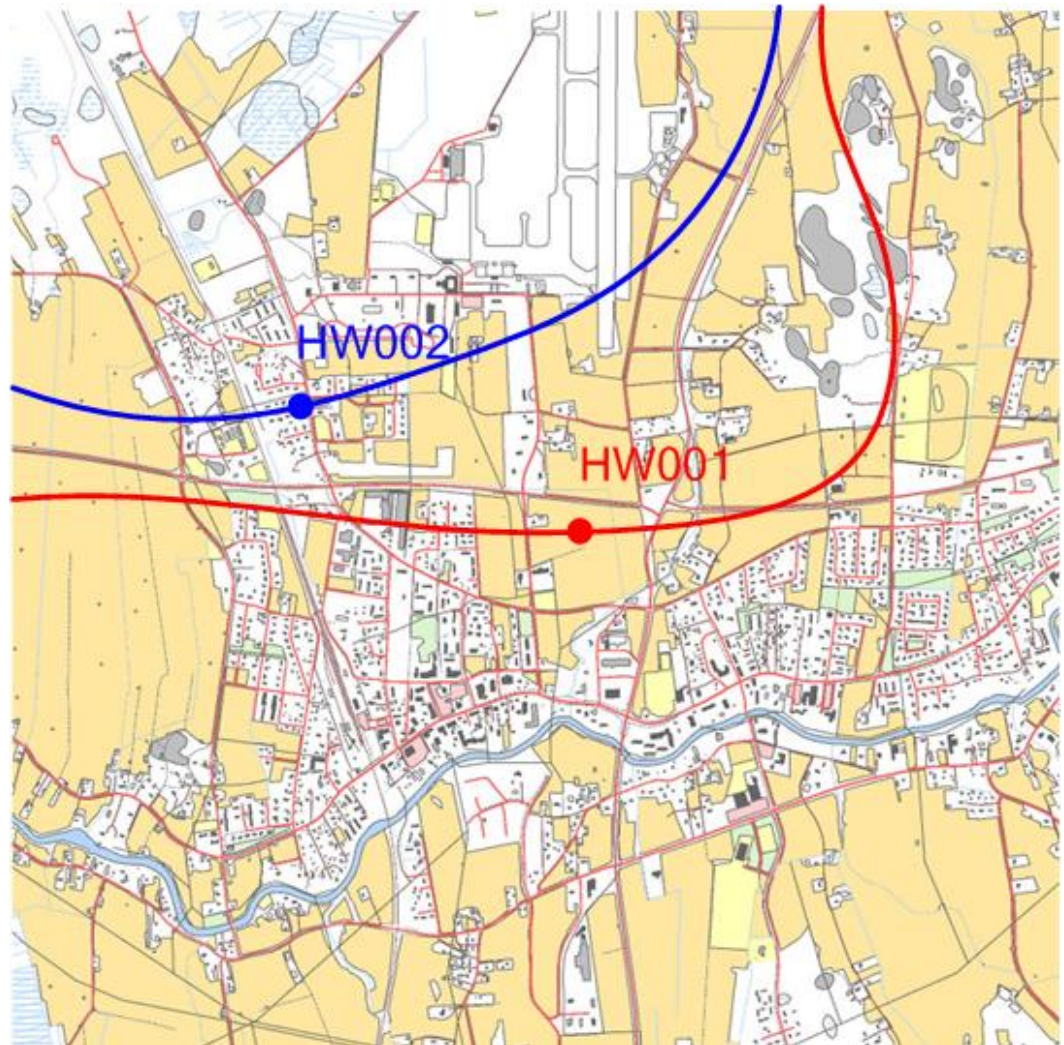
- koneen kutsutunnus

- lentonopeus
- lentokorkeus.

Karttapohjana käytetään ilmailukarttaa. Karttaa voidaan vierittää ja katselumittakaavaa muuttaa karttaa zoomaamalla. /14/

Kartan kirkkautta reittien taustalla voidaan säätää. Tarvittaessa kartta voidaan piilottaa, siten että vain reitit näkyvät.

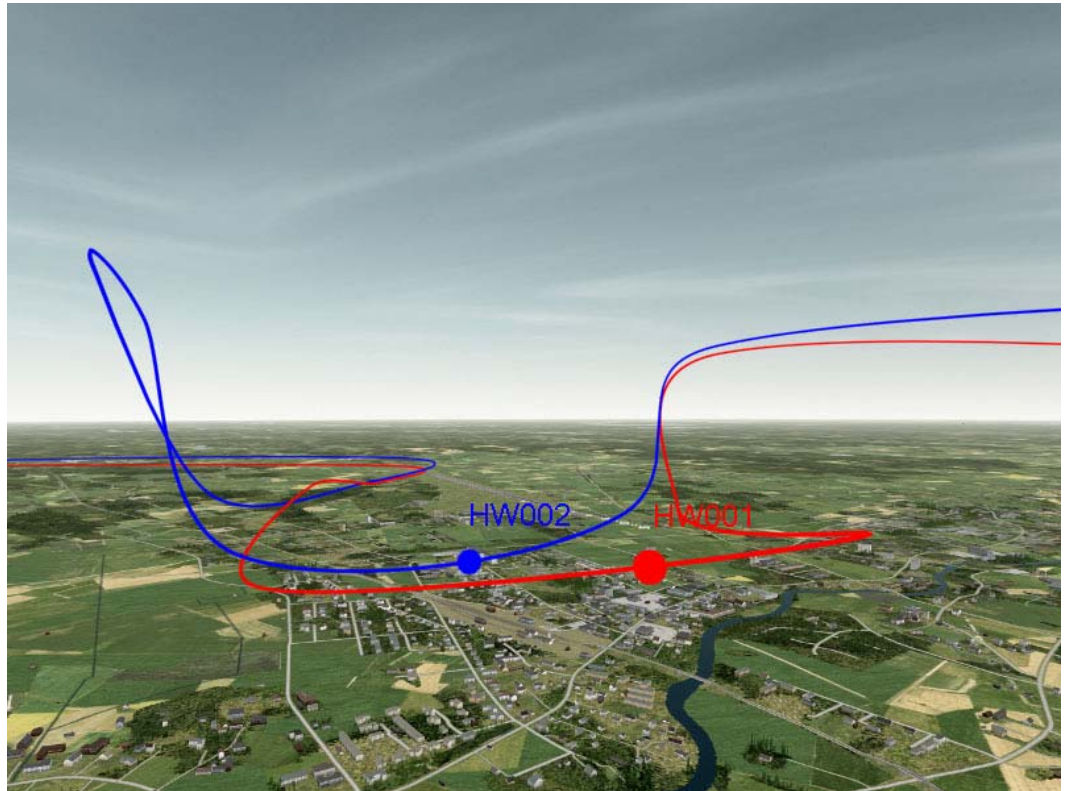
Kartta toteutetaan Esrin karttakomponenttia käyttäen. /14/



Kuva 10. Periaatekuva karttanäkymästä /14/

5.2.3 3D-näkymä

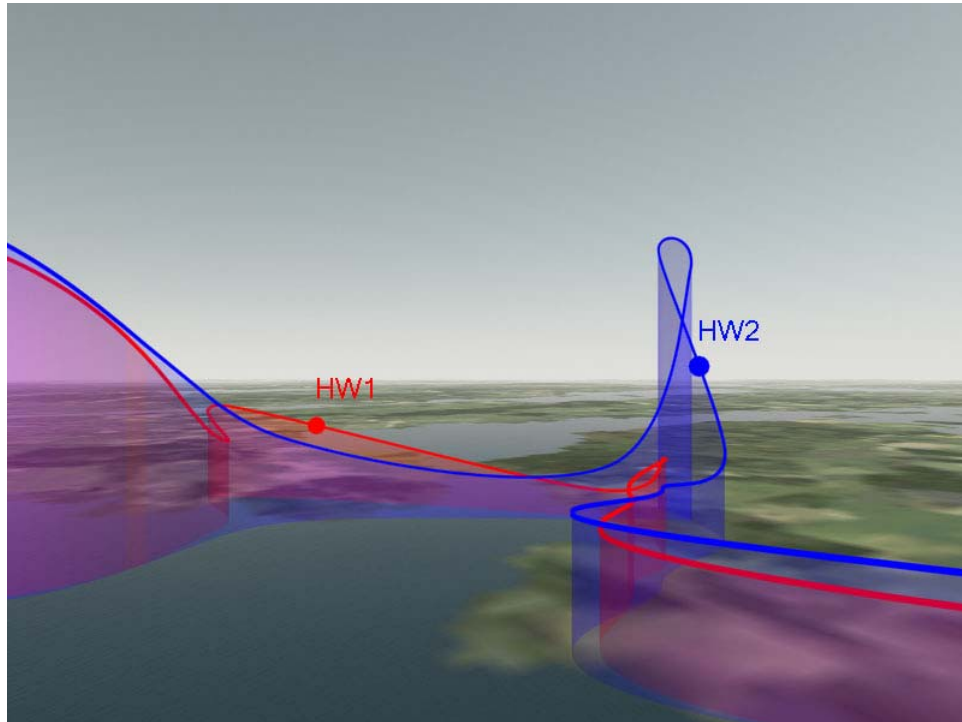
Näkymässä esitetään harjoitukseen osallistuneiden koneiden sijainti virtuaalisessa 3D-maailmassa. Toisin kuin kartta, 3D-maailma mahdollistaa myös lentokorkeuden esittämisen. Näkymän periaate on esitetty kuvassa 11. /14/



Kuva 11. Periaatekuva 3D-näkymästä /14/

Virtuaalinäkymässä harjoituksen osallistuneita lentokoneita esittävät 3D-mallit liikkuvat pitkin GPS-tallenteesta muodostettua reittiä. Koneiden reitit erotellaan toisistaan eri värein. Jos koneen asentotieto (yaw, pitch, roll) ei ole saatavissa, ei 3D-näkymä vastaa täysin todellista tilannetta. Koneen 3D-mallin asento pyritään tällöin sovittamaan reittiin mahdollisimman luonnollisesti. /14/

Lentoreitti piirretään viivana 3D-maailmaan. Lentoreitin ja koneen jälkeensä jättämän historian (ns. trail) aikaikkunaa voidaan säätää (kuinka pitkälle reittiä piirretään koneen etu- ja takapuolelle) tai ne voidaan jättää piirtämättä kokonaan. Reitien korkeusprofiilia voidaan tarvittaessa korostaa piirtämällä reitti verhoikäyränä. /14/



Kuva 12. Periaatekuva lentoreitin korkeusprofiilin korostuksesta /14/

Katselijan paikka eli kamera voidaan asettaa vapaasti 3D-maailmassa. Kamera voidaan kiinnittää seuraamaan mitä tahansa harjoitukseen osallistunutta konetta, se voidaan pakottaa pitämään näkyvissä halutut koneet tai sitä voidaan ohjata vapaasti. Kameran tiloja ovat

- vapaa kamera
- kamera seuraa valittua konetta
 - katselusuunta koneen lentosuunta
 - katselusuunta ylhäältä
 - katselusuunta sivulta
 - katselusuunta vapaa
- kamera seuraa valittuja koneita ja pitää ne näkyvissä

Vapaata kameraa ohjataan joko näppäimistö ja hiiri yhdistelmällä tai peliohjaimella. Kameran käyttöä helpottaa kameran tiloja varten tehdyt pikavalinnat. Näkymään toteutetaan kompassi, joka kertoo kameran katselusuunnan. /14/

3D-visuaalin maisemaa voidaan himmentää tai sen kirkkautta voidaan muuttaa reittien näkyvyyden parantamiseksi. Koneita esittävien 3D-mallien näkyvyyttä voidaan parantaa piirtämällä 3D-malli tekstuurin sijasta reitin värillä.

3D-näkymässä liikkuviin 3D-malleihin voidaan liittää tekstimuotoista tietoa. Se esitetään esimerkiksi em. mallin vieressä leijuvana tekstinä. Tietoina on

- koneen kutsutunnus
- lentonopeus
- lentokorkeus.

Näkymässä voidaan lisäksi visualisoida myös lentokoneiden tulitoimintaan liittyviä toimintoja. Näitä ovat esimerkiksi ammunnan liipaisu (marker). Toiminnot esitetään 3D-symbolilla koneen reitillä. /14/

3D-visualisointi toteutetaan SimCore IG -visuaali-ohjelmistolla (käytössä WTSAT- ja Hawk-simulaattoreissa) ja se kattaa koko Suomen alueen. Maasto sisältää tarkat vesistöjen, peltojen ja metsien reunat, tiet ja rakennukset. Lisäksi maasto sisältää lentoesteet lentoesterekisteristä. Katseluolosuhteet ovat vapaasti asetettavissa. /14/

5.2.4 Datanäkymä

Datanäkymä esittää harjoituksessa lentäneiden koneiden tallentimen tallentamaa tai paikkatiedosta laskettua numeerista tietoa koostettuna taulukkomuotoon. Toiston aikana taulukon tiedot päivittyvät vastaamaan sen hetkistä lentotilaa.

Datanäkymä voidaan piirtää kahdella eri tavalla, taulukkona tai matriisina. /14/

Taulukkonäkymässä jokaisesta harjoituksen koneesta voidaan esittää tiedot /12/:

- koneen kutsutunnus
- lentonopeus
- pystynopeus
- lentokorkeus
- suunta (heading)

Periaatekuva taulukkonäkymästä on esitetty taulukossa 3. /14/

Taulukko 3. Taulukkonäkymän periaatekuva /14/

	HW001	HW002	HW003	HW004
nopeus				
korkeus				

Matriisinäkymässä esitetään tietoja koneesta suhteessa harjoituksen muihin koneisiin. Esitettäviä tietoja ovat:

- koneen kutsutunnus
- lähestymisnopeus
- etäisyys
- suunta (bearing)
- TA = target angle

Esimerkki matriisinäkymästä on esitetty taulukossa 4. /14/

Taulukko 4. Matriisinäkymän periaatekuva /14/

	HW001	HW002	HW003	HW004
HW001	X			
HW002		X		
HW003			X	
HW004				X

5.3 Tehtävänpurkuasemat

Tehtävänpurkujärjestelmän tilaukseen 12070–06-TLHA liittyvät myös tehtävänpurkuun tarvittavat tietokonelaitteistot, joista käytetään nimitystä ”Tehtävänpurkuasema”. Asemia on tilattu 12 joista 3 on tehokkaita pöytä tietokoneita kahdella LCD-näytöllä, 9 asemaa on tehokkaita kannettavia tietokoneita. Laitteiden mallit valitaan mahdollisimman lähellä järjestelmän toimitusajankohtaa, jotta saadaan käyttöön mahdollisimman modernit laitteet.

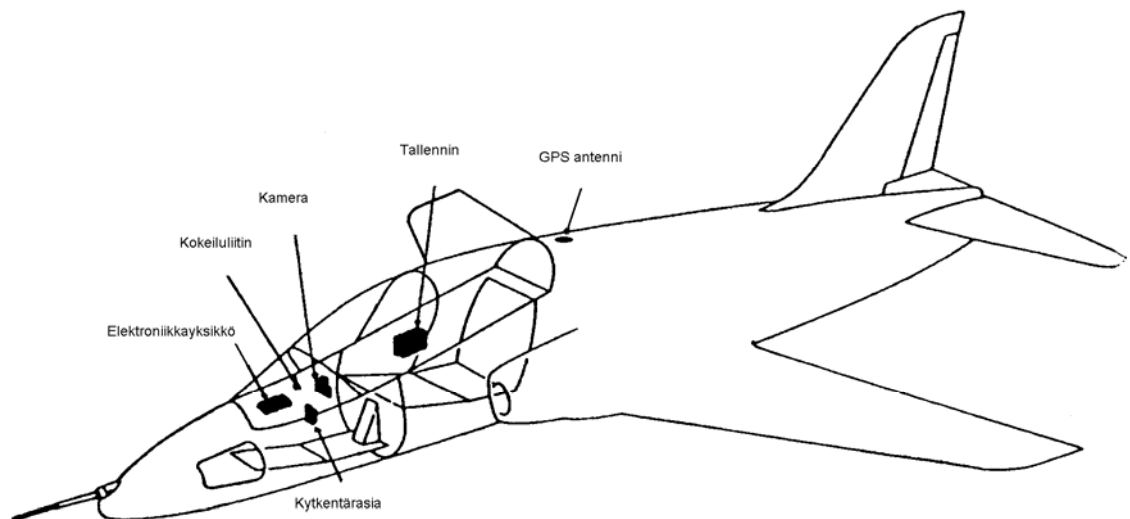
Tehtävänpurkuasemista pääosa sijoitetaan Lentosotakouluun Kauhavalle, Koelentokeskus ja Patria Aviation saavat myös yhden purkuasemat.

6 TEHTÄVÄTALLENNUSJÄRJESTELMÄN INTEGROINTI

Järjestelmän asennussuunnittelun ja asennuksen protoversion tekee Patria Aviation. Asennussuunnitteluun sisältyy GPS- antennin asennuspaikan määrittäminen, antennikaapelin reitityksen suunnittelu, sähköverkoston muutosten suunnittelu ja lisäpeitelevyjien suunnittelu takaohjaamon oikeaan sivupaneeliin. /9/

Sarja-asennukset toteuttaa Lentosotakoulun Lentokonekorjaamo sekä Patria Aviation. /15/

Toukokuussa 2007 asennussuunnittelu on vielä kesken, ensimmäinen kone johon uusi järjestelmä asennetaan on HW-340. Tavoitteena on että järjestelmä olisi valmiina testaukseen ja koelentoihin viikolla 32. Koko tuotantosarjan asennusten valmistumisella tavoiteajankohta on Kesäkuu 2008. /15/



Kuva 13. Laitteiden sijainti koneessa /13/

6.1 Testit ja koelennot

Alustavan suunnitelman mukaisesti ensimmäinen modifioitu kone HW-340 on valmiina testaukseen ja koelentoihin viikolla 32/2007. /15/

Testausta ja koelentovaihetta käsittelevässä neuvottelussa 23.5 2007 keskusteltiin mitä tarvitsee testata ja miten testaukset toteutetaan. /16/

Ennen koelentoja tehtäväntallennusjärjestelmälle tehdään toimintakokeilu ja EMC testi. /16/

Koelennoilla selvitettäväksi määriteltiin ainakin /16/

- tallennuksen käynnistymisviiveen määrittelyminen
- tallennusajan tarkastaminen, oltava vähintään 2 tuntia
- GPS paikkatiedon tarkkuuden tarkastaminen, onko CEP tarkkuus vaatimusten mukainen
- videokuvan laadun analysointi
- tähtäintoimintojen tarkastaminen asejärjestelmän toimiessa
- GPS datan katkosajat
- uudelleenkytkentä-aika
- audioäänten tallentuminen ja laatu
- lentoreitin piirron kulmikkaus 3D näytössä

Koelentoja suunniteltiin tehtäväksi kaksi joista ensimmäinen huoltokoelennon profiililla ja toinen suunnistuslennon profiililla. /16/

Koelentokeskus laatii koelentosuunnitelman ja koelentomääräyksen joiden on oltava valmiina 3.8.2007. /16/

6.2 Tehtävällennus ja tehtävänpurkujärjestelmien käyttöönotto

Sotilasilmailun luonne ja toimintaolosuhteet asettavat ilma-aluksen rakenteelle ja ominaisuuksille siviili-ilma-aluksiin verraten erityisiä lisävaatimuksia. Ilmailulainsäädännössä on ilmailulain nojalla säädetty sotilasilmailuasetus. Asetuksessa veloitetaan sotilasilma-aluksen lentokelpoisuudesta, katsastuksesta ja muusta valvonnasta noudattamaan Ilmavoimien Esikunnan antamia määräyksiä ja ohjeita /17/.

Laitteet ja varusteet on tyyppitarkastettava ja todettava ilma-alustyyppin ja kyseisen järjestelmän vaatimusten mukaisiksi. Tärkeät toiminta- ja turvallisuusvaatimukset tulee kokeellisesti osoittaa täytetyksi /17/.

Tyyppitarkastuksella tarkoitetaan niitä tarkastustoimenpiteitä, joilla varmistetaan että rakenneosa, laite, varuste tai ohjelmatuote on sellainen kuin kyseisessä spesifikaatiossa on määritelty ja että se on turvallinen käytettäväksi ilmailussa /17/.

Tehtävällentimen hyväksyntä käyttöön tehdään PAK I 2.07 luvun 5 mukaisella tyyppihyväksyntämenettelyllä /17/.

Kummankin järjestelmän käyttöönotosta laaditaan erillinen TMT järjestelmän mukainen muutostiedote, MT /18/

7 TULOKSET

Tehtävätallennin- ja purkujärjestelmähankkeen tuloksena on syntymässä tallennuskyvyltään hyvä ja ohjelmistoltaan nykyaikainen lentokoulutusta palveleva työkalu. Hankkeen tuloksia päästään arvioimaan ja mittaamaan elokuussa 2007, kun järjestelmällä on tallennettu ja purettu ensimmäiset lentotehtävät.

Tutkintotyön tuloksena syntyy tehtävätallennin- ja tehtävänpurkujärjestelmän kuvaus. Vaatimus järjestelmän kuvauksen laadinnasta ja sisällöstä on esitetty sotilasilma-aluksen lentokelpoisuusvaatimuksissa /17/.

Järjestelmän kuvausta käytetään perustana luotaessa ohjekirjamuutoksia HW:n ohjekirjallisuuteen. Näitä ohjekirjoja ovat esimerkiksi Rakenne- ja Huoltoselostus, RHS, HW1-11S8 sekä Valmisteluohje, VO, HW2-11S2.

Kuvaus on tehty poimimalla lähteistä käyttöhuoltohenkilöstön kannalta oleelliset asiat sekä. Kuvausta tullaan myös käyttämään opetusmateriaalina.

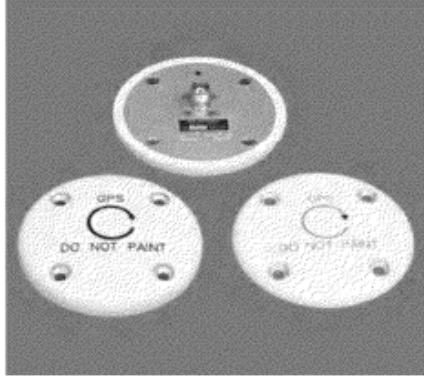
Tutkintotyössä luotu järjestelmän kuvaus riittää perustaksi ohjekirjatyön aloittamiseksi. Mahdolliset testaus- ja koelentovaiheessa tulevat muutokset järjestelmään toteutetaan ohjekirjojen osalta normaalilla ohjekirjamuutosmenettelyllä /18/.

LÄHDELUETTELO

1. <http://www.ilmavoimat.fi> (viitattu 8.5.2007)
2. Ilmavoimien Esikunta, Esittely R2085/12.4/E/II Ilmavoimien Komentajalle, esittelyasiakirja, 18.4.2005
3. Pääesikunnan kaupallinen osasto PAK B 01:02 Puolustusvoimien hankintaohje, 01:02.01 Yleistä, 2002
4. Lentotekniikkalaitos 00145–06-TLHA tarjouspyyntö, 2006
5. Lentotekniikkalaitos, Evaluointi raportti, 2006
6. E Lahtinen, HW-upgrade Taso 1 tekninen yhteenveto, 2006
7. Lentotekniikkalaitos 12047-06-TLH tilaus, Enertec VS1500 Digital Mission Recorders, 2006
8. Lentotekniikkalaitos 12070–06-TLHA tilaus, Insta DefSec Palautejärjestelmä, 2006
9. Lentotekniikkalaitos 12086–06-TLH tilaus, Patria Aviation, tehtävätallentimen asennussuunnittelu ja asennustyö, 2006
10. ENERTEC SA, FiAF VS1500-AW/AY Technical Specification , ref:VSC.ST109097.EN, rev B on 25.01.07
11. Insta DefSec, muutostiedote A0156SB01, versio A, 13.4.2007
12. <http://fi.wikipedia.org/wiki/GPS> (viitattu 14.5.2007)
13. Ilmavoimat, HW1-11S8 Rakenne- ja Huoltoselostus, RHS 84–20
14. Insta DefSec Oy, Tehtävänpurkujärjestelmä, tehtävänpurkuohjelmisto, alustava spesifikaatio, versio a, dok.nro D10224SD01, 15.2.2007
15. Lentotekniikkalaitos ja Patria Aviation, Taso 1 integrointikokous 4.5.2007
16. J Vittaniemi lentokoneteknikko, M Suomela koelentäjä, V-M Koskela tarkastaja, Ilmavoimat, neuvottelu testaus- ja koelentosuunnitelmasta 23.5.2007
17. Ilmavoimien esikunta lentotekninen osasto PAK I 2:7, Sotilasilma-aluksen lentokelpoisuusvaatimukset, 2002
18. Ilmavoimien esikunta lentotekninen osasto PAK I 2:6, Lentoteknillinen muutos-, tiedotus- ja raportointijärjestelmä, 2003

GPS S67-1575-Series

L1



DESCRIPTION

S67-1575-20: L1 GPS antenna operating at 1575.42 MHz. Spherical radius molded radome provides enhanced protection against rain, ice and lightning strikes. Application for airborne, marine, ground vehicles and manpack installation.

S67-1575-39: Same as (-20) except preamplifier/filter assembly. Internal 26 dB gain amplifier requires +4 to +24 VDC which is provided through the coaxial connector. Height .57 inches.

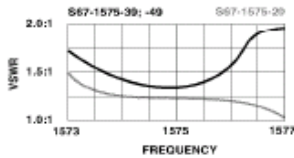
NSN: 5985-01-441-5048

S67-1575-49: Same as (-39) except 40 dB gain preamplifier. Height .60 inches.

S67-1575-59: Same as (-49) except 13 dB gain preamplifier.

FEDERAL & MILITARY SPECS: FAA TSO C115a and C129, DO-160, MIL-STD-810, MIL-C-5541, MIL-E-5400.

PERFORMANCE



1575 MHz
L1



RADIATION PATTERN



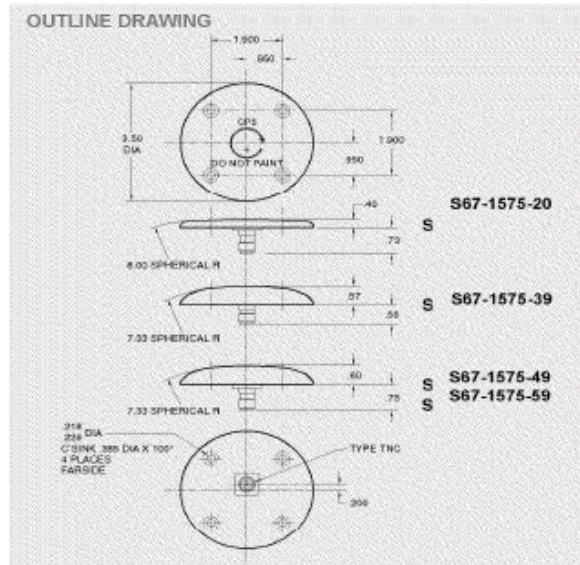
SPECIFICATIONS	GPS		
	S67-1575-20	S67-1575-39	S67-1575-49 S67-1575-59
ELECTRICAL			
Frequency	1575.42 MHz	1575.42 MHz	1575.42 MHz
VSWR	1.5:1	2.0:1	2.0:1
Polarization	RHCP	RHCP	RHCP
Impedance	50 ohms	50 ohms	50 ohms
Antenna Gain (Typ)	3 dBic @ Zenith		
Gain Coverage (min)	-1.0 dBic 0° ≤ θ ≤ 75°		
	-2.5 dBic 75° < θ ≤ 80°		
	-4.5 dBic 80° < θ ≤ 85°		
	-7.5 dBic θ = 90° @ Horizon		
Gain (preamp)	26.0 dB	40.0 dB (-49)	13.0 dB (-59)
Noise Figure	2.8 dB	2.8 dB	2.8 dB
Power Handling	1 watt	1 watt	1 watt
Voltage	+4 to 24 VDC	+4 to 24 VDC	+4 to 24 VDC
Current	25 mA	45 mA	45 mA
Lightning Protection	DC grounded		

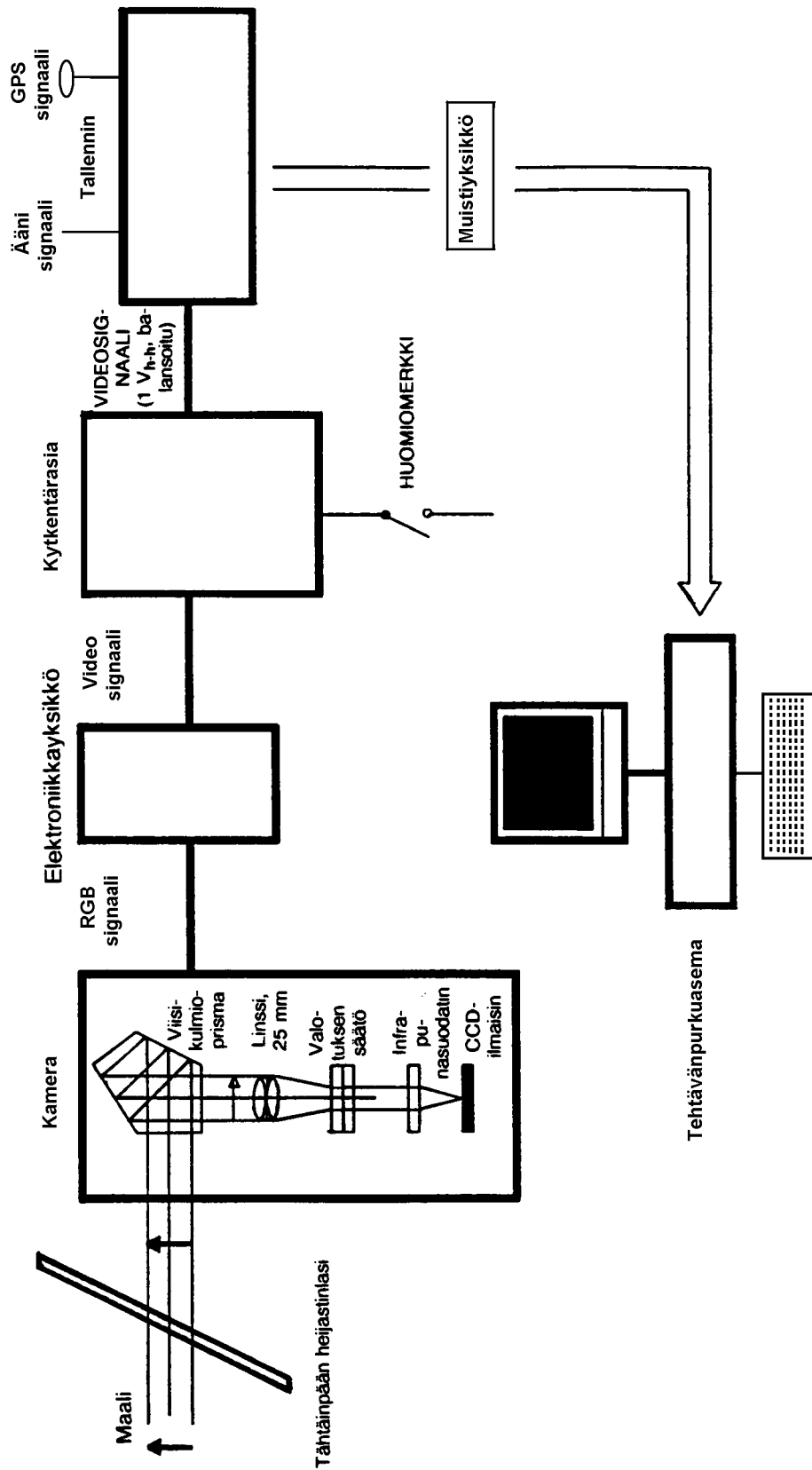
MECHANICAL

Weight	3 oz.	5 oz.	5 oz.
Height	.40 in.	.57 in.	.60 in.
Width	3.5 in.		
Material	6061-T6 aluminum / thermoset plastic		
Finish	Skydrol resistant enamel		
Connector	TNC		

ENVIRONMENTAL

Temperature	-67°F to +185°F		
Vibration	10 G's		
Altitude	55,000 ft.		





Tehtävëntallennus- ja purkujärjestelmän periaatekuva