

SATAKUNNAN AMMATTIKORKEAKOULU

Matti Pentti

ILSFDR-sovellus

TIETOTEKNIikka

Tietoliikennetekniikka

2006



Opinnäytetyön nimi: ILSFDR-sovellus

Tekijä: Pentti Matti

Ammattikorkeakoulu: Satakunnan ammattikorkeakoulu

Koulutusohjelma: tietotekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: tietoliikennetekniikka

Valmistumiskuukausi: lokakuu

Vuosi: 2006

Työn ohjaaja: Karri Kivi

Asiasanat: ilmaliikenne, lentonvarmistus, lentokentät, lentoturvallisuus, ohjelmointi

UDK: 004.41, 004.45, 656.7

Sivujen määrä: 21

TIIVISTELMÄ

Tämän työn tavoitteena oli suunnitella ja toteuttaa uusi ohjelmisto lentonvarmistuksessa tehtävään valvontatoimenpiteeseen. Ohjelmointiympäristönä käytettiin Microsoft Visual Basic 6.0:aa ja kohdealustana oli Microsoft Windows käyttöjärjestelmän eri versiot. Uuden ohjelmiston tavoitteena oli myös tuoda uusia ominaisuuksia. Osa ohjelmiston ominaisuuksista ostettiin kolmannelta osapuolelta valmiin ohjelmakomponentin muodossa. Työssä päästiin tavoitteisiin ja ohjelmisto on otettu käyttöön usealla lentokentällä. Ohjelmiston kehitys ei silti ole päättynyt ja tulevaisuudessa näkyy suunnitelmia uusista ominaisuuksista.



Name: ILSFDR application

Writer: Pentti Matti

Polytechnic: Satakunta polytechnic

Degree programme: Information technology

Specialisation: Telecommunications

Graduating month: October

Year: 2006

Supervisor: Karri Kivi

Keywords: aviation, airfields, air safety, avionics, programming

UDK: 004.41, 004.45, 656.7

Pages: 21

ABSTRACT

The goal for this project was to design and to code a new version of software that will be used in the monitoring function of airfield equipment. The programming platform used was Microsoft Visual Basic 6.0 and the target platform was Microsoft Windows with its many versions. The goal of this new version was to bring new functions into the software. Some of the functions of the software were purchased from a 3rd party in the form of commercial software components. The project reached its goals and the software has been taken in use at many airfields. Still, the development of this software has not yet ended and in the future there will be new versions to come.



SISÄLLYS	sivu
TIIVISTELMÄ	2
ABSTRACT	3
1 JOHDANTO	5
2 SYMBOLI- JA TERMILUETTELO	6
3 TEORIAOSA	7
3.1 ILS-järjestelmä	7
3.1.1 Suuntasäde	7
3.1.2 Liukupolku	9
3.1.3 Etäisyydenmittaus	9
3.2 Ratamittaustoimenpiteen kuvaus	10
3.3 Normarc NM 3710 – kenttämittauslaitteisto	10
3.3.1 Prosessoriyksikkö	11
3.3.2 Oheislaiteliitäntä	12
3.3.3 Teknisiä tietoja	13
4 PROJEKTIN KULKU	14
4.1 Projektin lähtöpiste, ositus ja kulku	14
4.2 Testaus ja raportointi	14
4.3 Tulevaisuuden näkymät	14
5 KENTTÄMITTAUSOHJELMISTO	15
5.1 ILSFDR:n esittely	15
5.1.1 Mittaustoimenpiteen suorittaminen	16
5.1.2 Tietokannan kuvaus	16
5.1.3 Tiedonsiirtoprotokollan kuvaus	17
5.1.4 Kolmannen osapuolen komponentit	18
5.2 Johtopäätökset työn vaiheista sekä omat kokemukset	18
LÄHTEET	
LIITTEET	



1 JOHDANTO

Lopputyön tavoitteena oli toteuttaa uusi, modernimpi ja ominaisuuksiltaan laajempi versio lentokenttien lennonvarmistuksessa käytettävästä kenttämittausohjelmistosta. Lennonvarmistuksen tehtäviin kuuluu huolehtia lentokenttien laskeutumisjärjestelmistä sekä niihin kuuluvien instrumenttien toiminnasta joita valvotaan eri menetelmin. Yhdessä näistä menetelmissä käytetään työn aiheena olevaa kenttämittausohjelmistoa. Työn tilaajana toimi vantaalainen T:mi FATSE, Finnish Air Traffic Safety Engineering, Erkki Hurttila. Uusi ohjelmisto toimii Microsoft Windows - käyttöjärjestelmissä, vanhan toimiessa vain ”MSDOS-tilassa”. Tarkempien näyttötilojen ansiosta mittausten analysointi tehostuu. Uusi ohjelmisto on otettu hyvin vastaan ja se on käytössä yleisesti. Ennen ohjelmistoon syventymistä käydään läpi lentokenttien laskeutumisjärjestelmän sekä kiitorata-ajon teoriaa ja lisäksi esitellään käytettyä laitteistoa.

Haluan kiittää erityisesti Karri Kiveä, Jarmo Paleniusta, Erkki Hurttilaa ja lisäksi opiskelijakavereitani sekä opettajia Satakunnan ammattikorkeakoulussa.



2 SYMBOLI- JA TERMILUETTELO

ILS Instrument Landing System. Lentokenttien mittarilähestymisjärjestelmä, jonka avulla lentokoneet voivat lähestyä kiitotietä ilman näköhavaintoja lentokentästä.

ILS FDR ILS Field Data Recorder. ILS Kenttämittausohjelmisto.

Suuntasäde Yksi ILS-järjestelmän alijärjestelmistä, joka opastaa lentokonetta sivusuunnassa. Suuntasäteen laitteistosta käytetään myös sanaa Localizer.

Kenttämittauslaite

Kenttämittausohjelmiston käyttämä mittauslaite. Normarc NM3710.



3 TEORIAOSA

3.1 ILS-järjestelmä

ILS eli Instrument Landing System on järjestelmä, jonka avulla lähestyvät lentokoneet voivat ilman näköhavaintoa tarkasti lähestyä lentokenttää. ILS-järjestelmän avulla saadaan jokaiselle lentokoneelle selkeä opastus turvalliseen lähestymiseen sekä laskeutumiseen. ILS-järjestelmässä ei ole koneiden lukumäärää rajoittavaa tekijää, ainoana lentokoneiden laskutiheyttä rajoittavana tekijänä on lentokoneiden turvavälejä koskevat määräykset. /1, s. 3-32/

ILS koostuu vähintään kahdesta itsenäisestä alijärjestelmästä, joista toinen opastaa sivu- ja toinen korkeussuuntaisesti. Molemmat järjestelmät käyttävät hyväkseen voimakkaasti suuntaavia antennejä sekä tarkkaa modulointitekniikkaa. ILS-järjestelmä voi sisältää myös lisäjärjestelmiä. Järjestelmät myös monitoroivat itseään vikatapauksien varalta ja tarpeen tullen sulkeutuvat täysin, jotta lentokoneille ei vahingossakaan välitettäisi tietoa virhemarginaalin ylittäneellä laitteistolla. /1/

3.1.1 Suuntasäde

Sivusuuntaisesta opastusjärjestelmästä käytetään nimitystä suuntasäde (localizer). Suuntasäteen avulla lentokoneessa olevat instrumentit kykenevät ilmaisemaan sen ollaanko kiitoradan keskilinjan vasemmalla vaiko oikealla puolen. Suuntasäteen antenniryhmä koostuu useasta suuntaavasta antennista ja ne ovat yleensä sijoitettu lentokentän ”poistumispäähän”. Suuntasäteen kantotaajuus on väliltä 108 MHz ja 111,975 MHz. Suuntasäteen signaaliin moduloidaan matalataajuisia signaalia, 90 Hz ja 150 Hz. Käyttäen voimalla suuntaavaa antennirivistöä joka on hieman viuhkamaisesti aset



syöttämällä eri antenneihin hieman eri modulaatiosyvyyksillä moduloituja signaaleita, saadaan aikaan säteilykeila, jonka akselilla modulaatiosyvyyksien erotus on nolla. Suuntasäde on kiitoradan keskilinjan suuntainen ja siirryttäessä keskilinjan ohi vastaanotetussa signaalissa olevien kahden matalataajuisen signaalin modulaatiotasojen erotuksessa tapahtuu muutos. Muutos tapahtuu myös lentokoneen ohjaamossa olevassa laskeutumisinstrumentin osoittimessa. /1/

Kenttämittausohjelmiston avulla kyetään valvomaan vain suuntasädettä vaikka kenttämittauslaitteella voidaan mitata liukupolkuakin. Liukupolku mitattaessa istutaan lentokoneessa ja suuntasädettä mitattaessa istutaan yleensä ajoneuvossa. Kenttämittausohjelmistolla siis tarkkaillaan sitä, että suuntasäteen keskilinja on kiitoradan keskilinjan suuntainen.

Suuntasädejärjestelmä lähettää myös ILS-järjestelmätunnusta. Tunnus on uniikki ja sen avulla voidaan varmistua siitä, että vastaanotettava signaali on juuri oikealta kiitoradalta. /1/



Kuva 3.1.1. Suuntasäteen antennijärjestelmä.



3.1.2 Liukupolku

Korkeussuuntaisen alijärjestelmän eli liukupolun (glideslope) käyttämä antennijärjestelmä sijaitsee kiitoradan vieressä lähellä suositeltua laskeutumiskohtaa. /1/

Liukupolku käyttää vastaavaa tekniikkaa kuin suuntasäde, mutta signaalin kantotaajuus on huomattavasti korkeampi, välillä 328,6 MHz ja 335,4 MHz. Liukupolun signaalin nousukulma on noin 3° horisontista. Liukupolun signaalin avulla lentokoneeseen välittyvä tieto sijainnista liukupolulla. Liukupolun ja suuntasäteen radiotaajuudet ovat määritelty pareiksi jolloin yhdellä taajuusvalinnalla voidaan virittää molemmat vastaanottimet. /1/

Lentokoneen ohjaamossa on instrumentti joka osoittaa lentokoneen sijainnin suhteessa suuntasäteeeseen sekä liukupolkuun. Instrumenttia seuraamalla pilotti voi ohjata konetta pitkin ILS-signaalin keskilinjaa. Signaalit voidaan ohjata myös autopilotille. /1/

3.1.3 Etäisyydenmittaus

ILS-laitteistoon voi kuulua myös etäisyydenmittausjärjestelmä joka voi olla toteutettu kiinteillä merkkimajakoilla tai etäisyystutkalla. Vaihtoehtoina voi olla myös GPS- tai tutkalaitteisto. Etäisyydenmittaus ei ole eikä sen tarvitse olla kovinkaan tarkkaa. Tutkallakin saavutetaan vajaan 200m etäisyystarkkuus. Tulevaisuudessa GPS korvaa tai liittyy nykyisiin järjestelmiin tavalla tai toisella. /2/

Merkkimajakoita on määritelty yleensä kolme kappaletta jotka sijaitsevat kiitoradan suuntaisesti eri etäisyyksillä. Ne lähettävät signaalia kapeana keilana ylöspäin jonka läpi lentäessään lentokone ohjaamossa syttyy aina majakan kohdalla etäisyyttä ilmaiseva valo.



merkkivalo. Ulkomerkki-majakka sijaitsee noin 10 km etäisyydellä, välimerkki-majakka noin kilometrin etäisyydellä ja lähimerkki sijaitsee aivan kiitoradan päässä. Majakoilla on oma modulaatiotaajuutensa sekä lähetysmerkkinsä joka koostuu morsekoodin tapaan viivoista ja pisteistä. /1, s. 3-34/

3.2 Ratamittaustoimenpiteen kuvaus

Onnistuneen ratamittaustoimenpiteen tuloksena on kenttämittausohjelmistoon tallennettu mittaus. Mittauksen data saadaan kenttämittauslaitteelta. Yleisenä käytäntönä on ollut toteuttaa ratamittaus ratamittausajoneuvolla. Ratamittausajoneuvolla ajetaan pitkin kiitotien keskilinjaa vakionopeudella jolloin mittalaitteiston avulla kerätään dataa suuntasäteen signaalin ominaisuuksista. Ratamittausajoneuvossa on mittaukseen tarvittava laitteisto eli antenni, kenttämittauslaite, GPS-vastaanotin sekä tietokone kenttämittausohjelmistoa varten. Paikkatiedon ja ajomatkan pituuden määrittämiseen on määrää käyttää GPS-paikannusta. Nykyinen kenttämittausohjelmiston versio ei sisällä GPS-vastaanottimen käsittelyä.

3.3 Normarc NM 3710 - kenttämittauslaite

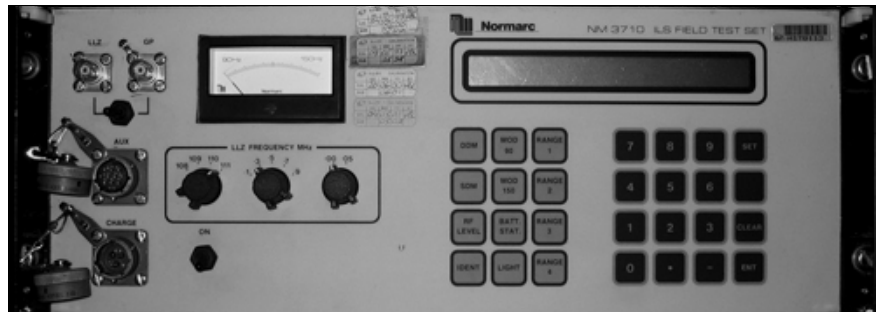
Normarc NM 3710 on ILS kenttämittauslaite joka sisältää suuntasäteen sekä liukupolun signaalien vastaanottimet, mikroprosessoriyksikön, digitaalisen sekä analogisen näyttölaitteen, liitännät ulkoisille laitteille, pienen näppäimistön ja ladattavan akuston. /3/



Kuvassa 3.3 näkyy mittalaitteen käyttöpaneeli. Paneelin vasemmassa ylänurkassa sijaitsevat kaksi BNC-liittimin varustettua antenniliitintä. Toiseen liitetään suuntasädettä vastaanottava antenni ja toiseen liukupolun signaalia vastaanottava antenni. Liittimien alapuolella on vaihtokytkin jonka avulla valitaan kumpaa signaalia analysoidaan.

Antenniliitännän lisäksi paneelissa on liitännät ulkoiselle virtalähteelle joka myös lataa laitteen sisäistä akkua.

Liitteessä 1 on kuva mittalaitteen sisältämien mikropiirien välisistä yhteyksistä ja logiikasta. /3/



Kuva 3.3. Kenttämittausinstrumentin käyttöpaneeli.

3.3.1 Prosessoriyksikkö

Mittauslaitteen mikroprosessoriyksikkö suorittaa vastaanotetulle signaalille ns. FFT-käynnöksen ja laskee kanta-aaltosignaaliin moduloitujen kahden eri taajuuden, 90 Hz sekä 150 Hz, modulaatiosyvyyksien summan sekä erotuksen ja lisäksi ilmaisee vastaanotetun signaalin voimakkuuden. Nämä yksittäiset tulokset ovat ratamittauksessa muodostuvan mittaustapahtuman dataa. Data siirretään ulkoisen liitännän kautta ratamittausohjelmistolle tai ilmaistaan paneelin 32-merkkisessä digitaalisessa näytössä tai analogisessa mittarissa. /3/



Normaalitilassa prosessoriyksikkö laskee keskiarvon kuuden peräkkäisen mittaustuloksen perusteella jonka jälkeen keskiarvoistettu data lähetetään ulostuloon taikka ilmaistaan näytössä. /3/

Keskiarvotilassa lasketaan kaikkien tilan aikana vastaanotettujen mittaustuloksien välistä keskiarvoa. /3/

Mittalaitteen ollessa niin sanotussa raakatilassa minkäänlaista keskiarvon laskentaa ei suoriteta jolloin ulostulevia mittaustuloksia valmistuu tiheämmin, noin kolme kappaletta sekunnissa. /3/

Kenttämittausohjelmisto kykenee myös jälkikäteen laskemaan kuvaajille ns. tasoitettuja arvoja seuraavan kaavan mukaisesti. /3/

$$Y_N = k(X_N - Y_{n-1}) + Y_{n-1} \quad \text{jossa} \quad k = (1 - e^{\frac{-1}{f_s * RC}})$$

X_n = mitattu arvo, f_s = näytteenottotaajuus, RC = nopeusvakio

3.3.2 Oheislaiteliitäntä

Oheislaiteliitäntään voidaan kytkeä erillinen näyttölaite, paitsi jos liitäntään on jälkiasennuksena muokattu RS-232 standardia hyväksi käytävä tiedonsiirto-ominaisuus, tällöin näyttölaiteen käyttö on mahdotonta. RS-232 liitännän kautta ratamittausohjelmisto tallentaa mittauslaitteesta mittausdataa sekä välittää ohjaukomentoja takaisin mittalaitteelle. Liitäntä mahdollistaa myös kolme analogista ulostuloa joiden herkkyysasetuksia voidaan muuttaa näppäimistön avulla. /3/



3.3.3 Teknisiä tietoja

NM3710 – kenttämittauslaitteen teknisiä tietoja: /3/

Proessori:	Z80 (2,4576 MHz)
Käyttöjännite:	12 V DC
Taajuusalue:	
Suuntasäde:	108,1...111,975 MHz
Liukupolku:	328,6...335,4 MHz
Vastaanottimien selektiivisyys	
Suuntasäde:	6 dB @ ± 15 kHz 60 dB @ ± 50 kHz
Liukupolku:	6 dB @ ± 30 kHz 42 dB @ ± 300 kHz
Operointilämpötila:	-20..+55 °C
Koko:	150 x 300 x 425 mm
Paino:	10 kg



4 PROJEKTIN KULKU

4.1 Projektin lähtöpiste, ositus ja kulku

Projektin alkaessa ratamittausohjelmiston määrittely oli valmis ja liikkeelle lähdettiin jakamalla ohjelman pääpiirteiset toiminnot pienempiin projekteihin.

Ensimmäisenä vaiheena oli toteuttaa toimiva tietoliikenneyhteys kenttämittauslaitteeseen, tallentaa dataa tietokantaan sekä tulkita datan sisältämä informaatio ohjelman näytölle. Toisena vaiheena oli kuvaajakomponenttien integrointi mittausinformaation graafiseen esittämiseen. Kolmas vaihe lisäsi graafisten kuvaajakomponenttien käsittelymahdollisuuksia ja viimeinen neljäs vaihe tulostusominaisuudet.

4.2 Testaus ja raportointi

Ohjelmiston kehityksen aikana ohjelmaa testattiin useaan otteeseen aina uusien ominaisuuksien osalta. Ilmitulleet ohjelmistovirheet raportoitiin joko suullisena tai kirjallisena. Määriteltyjen ominaisuuksien toimiessa moitteetta voitiin siirtyä seuraavan projektin vaiheeseen. Myös vanhojen ominaisuuksien osalta on paljastunut virheitä joten testauksessa on todennäköisesti ollut puutteita. Kuitenkin kaikki paljastuneet virheet on korjattu mahdollisimman nopeasti, mutta siitä huolimatta projektin aikataulu pääsi venymään.

4.3 Tulevaisuuden näkymät

Ohjelmisto on otettu aktiiviseen käyttöön ja tulevaisuudessa sitä tullaan laajentamaan ominaisuuksiensa osalta. Suunnitelmissa on GPS-paikannuksen hyödyntäminen jolloin on mahdollista tallentaa ilmaista kenttämittausinstrumentin arvojen lisäksi ratamittauspaikkatieto, matkanpituus, nopeus ja tarkka kellonaika.



5. KENTTÄMITTAUSOHJELMISTO

5.1 ILSFDR:n esittely

Ohjelmiston asennus suoritetaan asennuspaketilla. Asennusohjelma vastaa käyttöliittymältään yleisimpiä Windowsissa ajettavia asennusohjelmia. Asennusohjelman kokoamiseen käytettiin ilmaista InnoSetup-ohjelmaa. Asennusohjelman avulla käyttöjärjestelmään rekisteröidään kenttämittausohjelmiston käyttämät ohjelmakomponentit sekä luodaan ohjelmiston hakemistorakenteet ja pikakuvakkeet. Asennusohjelma luo kätevästi myös ohjelman poistamiseen tarvittavat tiedostot ja pikakuvakkeet.

Asennuksen jälkeen ajettaessa ohjelmaa ensimmäistä kertaa, pitää ohjelmiston tietokantaan luoda käyttäjiä sekä määritellä ILS-järjestelmiä. Myös mahdolliset eroavaisuudet oletusasetuksissa pitää muuttaa käytettävissä olevan laitteiston mukaisiksi. Asetuksissa voidaan siis myös määritellä mittauksille oletusarvot jolloin mittaustapahtuman aloittaminen onnistuu yhdellä näppäimellä heti ohjelman käynnistymisen jälkeen.

Ohjelman pääkomponentteja ovat

- tietokannan hallinta
- tallennetun mittauksen graafisen analysoinnin ikkuna
- analoginen sekä digitaalinen mittaristo
- ”ratamittausvelho”, joka opastaa mittauksen läpi askel askeleelta

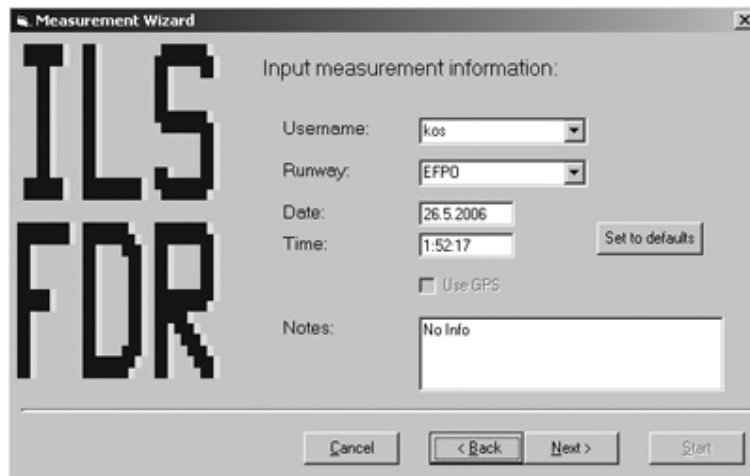
Liitteessä 2 on kuva kenttämittausohjelmiston käyttöliittymästä.

Kun tarpeelliset kytkennät sekä asetukset ovat kunnossa, voidaan suorittaa mittauksia.



5.1.1 Mittaus-toimenpiteen suorittaminen

Mittaus voidaan käynnistää valitsemalla ”Quick Start”, jolloin mittaus käynnistyy välittömästi ohjelman asetuksiin tallennetuilla oletusarvoilla. Oletusarvoja voidaan muuttaa ohjelman asetuksissa. Vaihtoehtoinen menetelmä on käynnistää mittausvelho, jonka avulla valitaan manuaalisesti tietokannasta löytyvä mittauksen käyttäjä, suuntasäteen tunnus ja voidaan lisäksi tallentaa mittaukseen tekstimuotoinen muistiinpano. Mittausvelho näyttää alusvetovalikoissa tietokantaan määritetyt ja mittaukseen valittavissa olevat käyttäjänimet sekä kiitoradat.



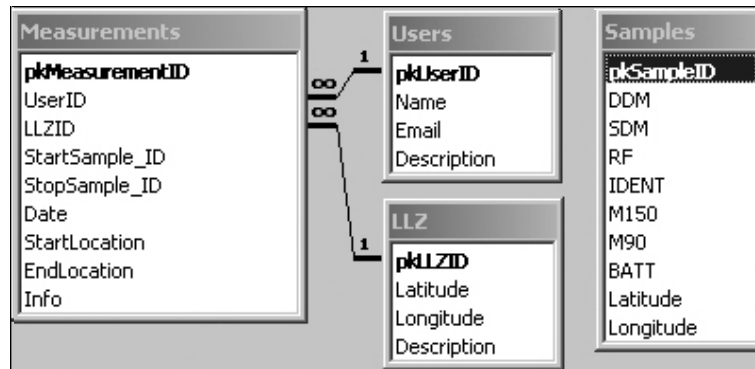
Kuva 5.1.1 Mittausvelho

Velhon seuraava ruutu näyttää mittaukseen asetukset jonka jälkeen voidaan aloittaa mittaus. Mittauksen jälkeen näytetään tietoja mittauksesta, kuten tallennettujen sekä hylättyjen näytteiden määrä. Tämän jälkeen voidaan valita lisätäänkö mittaus tietokantaan vai peruutetaanko se.

5.1.2 Tietokannan kuvaus

Tietokanta sisältää käyttäjien, kiitoratojen ja mittauksetapahtumien tiedot sekä datan. Ohjelmisto osaa luoda uuden tyhjän tietokannan tarvittaessa.





Kuva 5.1.2 Tietokannan taulukot, tietokentät ja niiden väliset yhteydet.

5.1.3 Tiedonsiirtoprotokollan kuvaus

Kenttämittauslaitteen RS-232 standardin mukainen ulostulo mahdollistaa kaksisuuntaisen tiedonsiirron mittalaitteen ja ohjelmiston välillä. Sarjaportin asetuksina on 9600 bps, 1 start-bitti, 8 data-bittiä ja 1 stop-bitti. Ohjelmistolta mittalaitteeseen siirtyvät viestit ovat ohjauskomentoja ja laitteesta ohjelmistolle tulevat viestit ovat vastauslauseita. /3/

Ohjauskomennot koostuvat kahdesta tavusta joista ensimmäisen tavun seitsemäs bitti on aina 1, toisessa tavussa tämä biti on aina 0. Lisäksi ensimmäisen tavun seitsemän vähiten merkitsevää bittiä määrittelee laitenumeron. Kenttämittauslaite tottelee vain komentoja joiden laitenumero kentän bittien osoittama laitenumero vastaa desimaalilukua 126. Toisen tavun seitsemän vähiten merkitsevää bittiä määrittelee 12 eri komentoa, joiden avulla voidaan valita mittarin vastauslauseissa välitettäviä parametreja sekä tarpeen vaatiessa pyytää mittausinformaatiota vain yksi näyte kerrallaan. /3/

Vastauslauseet koostuvat vähintään kuudesta tavusta. Tavujen lukumäärä riippuu välitettyjen parametrien lukumäärästä. Ensimmäinen vastauslauseen tavu on identtinen ohjauskomennon ensimmäisen kanssa. Toinen tavu on parametrin tai parametrijoukon ilmais-



varten. Kolmas tavu ilmaisee montako tavua viestiin vielä kuuluu kyseisen tavun jälkeen. Neljäs ja sitä seuraavat tavut ovat dataa. /3/

5.1.4 Kolmannen osapuolen komponentit

ILSFDR:ssä päädyttiin käyttämään kolmannen osapuolen valmistamia maksullisia ohjelmakomponentteja. Toinen hankituista komponenteista huolehtii grafisten kuvaajien esittämisestä ja toinen komponentti toimii analogisena mittarina. Komponenttien avulla säästettiin mittava määrä suunnittelua ja ohjelmointia.

5.2 Johtopäätökset työn vaiheista sekä omat kokemukset

Työtä aloitettaessa minulla ei ollut kokemuksia teollisesta ohjelmistosuunnittelusta tai projektien tekemisestä. Työn varrella on tullut todettua suunnittelun tärkeys sekä testauksen ja dokumentoinnin merkitys. Projekti on myös antanut vahvaa kokemusta ohjelmointikieleen sekä osoittanut sen, että asioihin perehtymällä tai apua kysymällä saa minkä tahansa ohjelmointiongelman ratkaistua.



LÄHTEET

Department of Defence, Department of Transportation. 2001. [online]. FEDERAL RADIONAVIGATIONAL SYSTEM. [Viitattu 25.5.2006]. Saatavissa: <http://www.navcen.uscg.gov/pubs/frp2001/FRS2001.pdf>

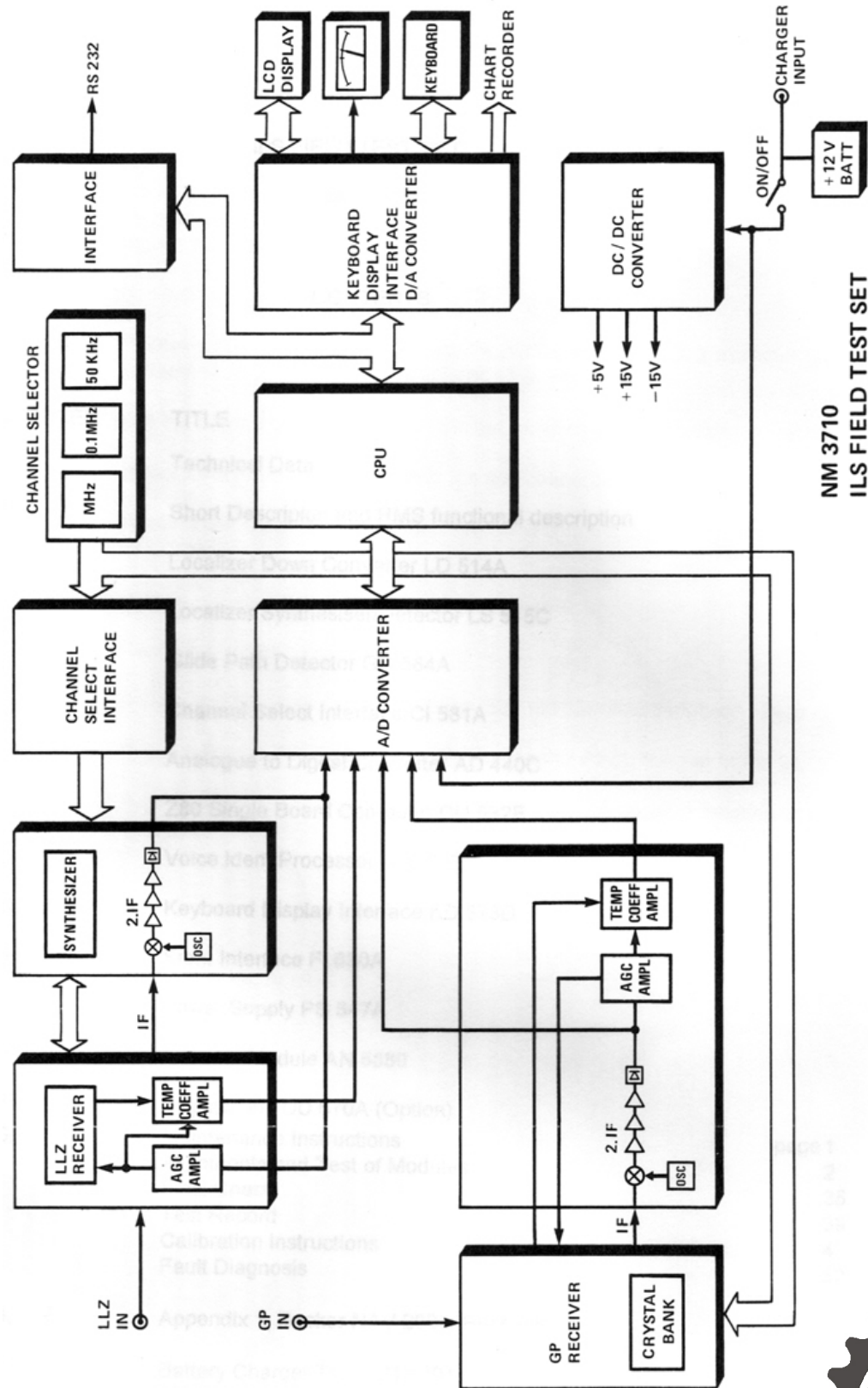
Rogers, T. 1998. DME Basics. [online]. The Internet's Aviation Magazine & News Service. [Viitattu 25.5.2006]. Saatavissa: <http://www.avweb.com/news/avionics/183230-1.html>

Normarc A/C. 1990. Technical Manual No: 850314-E754-2301.



NM3710 KAAVIO

LIITE 1



NM 3710 ILS FIELD TEST SET



Kenttämittausohjelmiston käyttöliittymä

LIITE 2

