



VÄYLÄVAKOILUKYVYN YLLÄPI- TO JA KEHITTÄMINEN

Eero Ylinen

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2013
Kone- ja tuotantotekniikka
Kone- ja laiteautomaation
suuntautumisvaihtoehto

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka
Kone- ja laiteautomaation suuntautumisvaihtoehto

YLINEN, EERO:

Väylävalvontajärjestelmän ylläpito ja kehittäminen

Opinnäytetyö 109 sivua, joista liitteitä 58 sivua
Huhtikuu 2013

Opinnäytetyön aihe oli väylävalvontajärjestelmän kehittäminen ja ylläpito. Väylävalvonta tarkoittaa laitteiden välillä kulkevien sanomien tutkimista. Tähän tarkoitukseen NH90-kokoonpanossa on ohjelma nimeltä Artist.

Helikopterin sisältämät erilaiset laitteet kytkeytyvät toisiinsa erilaisten väylien avulla. NH90-kuljetushelikopterissa on useita erilaisia väyliä kuten esimerkiksi Arinc429, Milbus 1553b ja RS-422, mutta tässä opinnäytetyössä keskityn Arinc429 ja Milbus 1553b -väyliin. Nämä kaksi väylää ovat NH90-helikopterissa yleisimmin käytössä. Opinnäytetyössä kerron näiden kahden väylän toimintaperiaatteet, sanomasisällöt ja sanomamuodot.

Arinc429-väylä on topologiaaltaan tyypillinen yksisuuntainen ”point-to-point” -väylä, sen sanomat sisältävät 32 bittiä. Sanoman datakenttä saattaa olla binääri-, BCD- tai diskreettimuodossa.

Milbus 1553b -väylän toiminta perustuu kysely/vastaus-periaatteeseen. Väylä on kahdenkertainen, kaksisuuntainen tiedonsiirtoväylä, jolla on hyvä häiriönsietokyky. Väylän pääkomponentit ovat väyläohjain, etäterminaali ja väylävalvoja.

Väylien toiminnan selvittäminen oli tärkeä osa opinnäytetyötä, jotta osasin selvittää Artist-ohjelman tietokantojen eli datan toiminnan. Artist on tietokoneohjelma, jolla pystyy reaaliaikaisesti lukemaan ja tulkitsemaan väylällä liikkuvat sanomat.

Kirjoitin ohjeen Artist-ohjelman käytöstä ja asentamisesta. Opinnäytetyössä on myös pohdittu muiden ohjelmien soveltuvuutta ja soveltamista NH90-kuljetushelikopterin väylien valvontaan, sekä näiden tärkeimpiä ominaisuuksia ja niihin liittyviä ongelmia.

Työhön liittyvät liitteet ja osa kuvaajista on luokiteltu luottamukselliseksi ja ne ovat toimitettu ainoastaan Patrialle.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical & production engineering
Machine- and device automation studying program

YLINEN, EERO:

Development and maintaining the capability of spying buses

Bachelor's thesis 109 pages, appendices 58 pages

April 2013

The subject of my Bachelor's thesis was development and maintaining the capability of spying buses. Bus spying means inspection of messages which are transmitted from one equipment to another one. For this purpose NH90 assembly line has a software called Artist.

Different equipment of the helicopters are connected together by using different types of buses. NH90 transport helicopter has a lot of different buses like for example Arinc429, Milbus 1553b and RS-422, but in this bachelor's thesis I kept the focus on buses Arinc429 and Milbus 1553b. These two buses are most commonly used on NH90-helicopter. In this thesis I told about operational principles, the message contents and message format of these two buses.

Arinc429 bus has a typical point-to-point topology and the transmitted messages contain 32 bits. The format of a data field on the message can be binary, BCD or discrete.

The operation of Milbus 1553b is based on command/response principle. Milbus is dual-redundant, bi-directional data bus, with good noise resistance. The main components of bus are bus controller, remote terminal and bus monitor.

An important part of the thesis was to solve how the buses work because after that I was able to understand the function of Artist databases. Artist is computer software which allows real-time reading and analyzing of bus messages.

I wrote an instruction how to use and install the Artist software. On the thesis I also considered the applicability and usage of other software to spy NH90 transport helicopter buses and most important characters of the software and problems which could occur with the new software.

Attached files and some of the pictures of this thesis are confidential and delivered only to Patria.

Key words: bus, Arinc429, Milbus 1553b, NH90, Artist

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
2	PATRIA	8
	2.1 Patria yleisesti	8
	2.2 Patria Aviation	9
	2.3 Patria Helicopters	9
	2.3.1 Helicopters Halli	10
3	NH90	11
	3.1 NH90-helikopterin tilaus	11
	3.2 NH90-helikopteri yleistä	11
	3.3 NH90-väylät	12
	3.3.1 Milbus 1553b -Coreväylä	12
	3.3.2 Milbus 1553b -Missionväylä	13
	3.3.3 Arinc429-väylä NH90-helikopterissa	14
4	ARINC429	15
	4.1 Arinc429 yleisesti	15
	4.2 Sähköiset ominaisuudet	15
	4.3 Johtimien ominaisuudet	16
	4.4 Aallon muoto	17
	4.5 Protokolla	18
	4.5.1 Pariteettibitti Arinc-sanomassa	18
	4.5.2 Merkki / tilamatriisi (SSM)	19
	4.5.3 SSM diskreettimuodossa	19
	4.5.4 SSM-kenttä BCD koodattuna	20
	4.5.5 SSM BNR -koodattuna	20
	4.5.6 Data	21
	4.5.7 Data BCD-koodattuna	21
	4.5.8 Data BNR-koodattuna	22
	4.5.9 Data diskreettimuodossa	22
	4.5.10 SDI	23
	4.5.11 Label	23
5	MILBUS 1553B	25
	5.1 Milbus yleisesti	25
	5.2 Väyläkomponentit	26
	5.2.1 Väyläohjain	27

5.2.2	Etäterminaali	27
5.2.3	Väylävalvoja.....	28
5.2.4	Passiiviset komponentit.....	28
5.3	Sanomatyytit	29
5.3.1	Käskysana	30
5.3.2	Datasana	32
5.3.3	Tilasana	34
5.3.4	Yleislähetys	35
6	VÄYLÄVAKOILU PATRIAN NH90-KOKOONPANOSSA	36
6.1	Nykytilanne.....	36
6.1.1	Artist-ohjelma.....	39
6.1.2	Database	41
6.2	Artist-ohjelman pikaohje	42
6.2.1	Ohjelman asennus.....	44
6.2.2	Pikaohje Artistin käyttöön.....	44
6.2.3	Pikaohjeen testaaminen.....	46
6.3	Tulevaisuuden kehitysmahdollisuudet	46
6.3.1	PBA.pro.....	47
6.3.2	Datasims	48
6.3.3	Itse tehty ohjelma.....	48
7	POHDINTOJA.....	49
	LÄHTEET	50
	LIITTEET.....	51

ERITYISSANASTO

AIM	Yhtiö, joka tuottaa laitteita ja ohjelmistoja väylien analysointiin
ACC	Servojen ohjaustietokone, Actuator Control Computer
Arinc	Aeronautical Radio, Inc
Arinc429	”point-to-point” - tyyppinen väylä
BC	Väyläohjain, Bus Controller
BM	Väylävalvoja, Bus Monitor
BCD	Binary Coded Desimal
BNR	Binääri
BOB	KytKentärasia, Break Out Box
Corebus	Ydinväylä NH90-helikopterissa
CMC	Väyläohjain ydinväylällä, Core Management Computer
Database	Tietokanta, jota käytetään kääntämään väyläsanomat reaaliaikaisesti tulkittavaksi.
EADS	European Aeronautic Defence and Space Company
FCC	Lennonhallinta tietokone, Flight Control Computer
IBIT	Itsetesti, jonka käyttäjä on pyytänyt, Initial Build In Test
IRS	Suunnistustietokone, Inertia Reference System
INS	Inertia Navigation System
Label	Osa Arinc-sanomasta, joka kertoo sanoman sisällön ja tyyppin.
Missionbus	Tehtäväväylä NH90-helikopterissa
Milbus 1553	Sotilasilmailussa käytetty väylä
MTC	Väyläohjain tehtäväväylällä, Mission Tactical Computer
NH90	Nato helicopters from the 90`s
Pariteetti	Tarkistusbitti
PMC	Kunnonvalvonta tietokone, Plant Management Computer
RT	Etäterminaali, Remote terminal
SDI	Lähde/kohde tunnistus, Source/Destination identifier
SSM	Merkki ja tila matriisi, Sign Status Matrix
Stub	Haaroytus väylällä

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön nimi väylävakoilukyvyn ylläpito ja kehitys on sinänsä hieman harhaanjohtava, koska se ei liity millään tavalla teollisuus- tai sotilassalaisuuksien vakoiluun. Väylävakoilulla tässä opinnäytetyössä tarkoitetaan kykyä tutkia helikopterin eri laitteiden lähettämiä sanomia, joko testaus- tai vianetsintätarkoituksessa.

Opinnäytetyön aihe valikoitui muista vaihtoehtoista marraskuussa 2012, ja sen tarkoituksena on tutkia NH90-kokoonpanossa nykyään käytössä olevaa Artist-ohjelmaa, sekä miettiä muita mahdollisuuksia Artist-ohjelman korvaajaksi.

Artist-ohjelma on ollut NH90-kokoonpanossa käytössä jo useita vuosia. Tätä ohjelmaa on alussa käytetty enemmänkin testauksessa, jolloin väyläsanomien todenmukaisuutta tarkasteltiin testiohjeen mukaisesti. Nykyään käyttö testauksessa on huomattavasti vähäisempää, mutta vianetsinnässä se on edelleen paljon käytetty ohjelma.

Ongelmana tässä ohjelmassa on se, että se on ostettu NH90-kokoonpanon helpottamiseksi ja Eurocopterin antama tämän ohjelman tuotetuki uhkaa loppua helikoptereiden kokoonpanon loppuessa. Toinen ongelma Artist-ohjelman käytössä on käytön ohjeistamattomuus. Uudet testausasentajat, jotka eivät olleet ohjelmaa ennen käyttäneet, eivät voi osata käyttää ohjelmaa vianetsintätarkoituksessa, koska nykyisissä helikopterin testausohjeissa ei ole mainintoja ohjelman käytöstä.

Näihin ongelmiin ratkaisuksi tein pikaohjeen Artist-ohjelman käytöstä, sekä selvitin mitä muita kaupallisia ohjelmia väylävakoiluun on markkinoilla.

2 PATRIA

2.1 Patria yleisesti

Patria on suomalainen puolustus- ja turvallisuusvälineiden, sekä ilmailualan tuotteita myyvä, huoltava ja tuottava yritys. Patria tarjoaa palveluita omille tuotteilleen koko elinkaaren ajalle. Yrityksen omistavat Suomen valtio 73,2% ja EADS 26,8%. (www.patria.fi)

Patrian konserni jakautuu kahdeksaan eri liiketoimintaan jotka ovat:

- Aviation
- Aerostuctures
- Systems
- Land Systems
- Land Services
- Patria Hägglunds
- Millog
- Nammo

Patria Aerostuctures valmistaa ja suunnittelee vaativia komposiittirakenteita kuten esimerkiksi lentokone- ja avaruustekniikan käyttöön. Systems-liiketoiminta tarjoaa järjestelmä- ja laitetoimitusten tukea puolustusvoimille ja turvallisuusviranomaisille. Liiketoiminnat Land Systems ja Land Services tuottavat ajoneuvojen ja asejärjestelmien kokoonpano-, huolto-, myynti- ja tuotekehityspalveluita. ”Patrian 50% omistama Patria Hägglunds vastaa AMOS-kranaatinheitinjärjestelmähankkeista” (www.patria.fi). Millog, jonka omistuksesta Patrialla on 55%, tuottaa palveluita maavoimamateriaalien elinkaaren tukitoimintoihin. Nammo keskittyy tuottamaan ja kehittämään ammus- ja ohjustuotteita. Nammon omistavat Suomen valtio (50%) ja Norjan valtio (50%). (www.patria.fi)

2.2 Patria Aviation

Patria Aviation tuottaa tuotteita ja palveluita ilmailualan tarpeisiin koko niiden elinkaaren ajalle. Sen tuotteisiin kuuluu lentäjäkoulutus, puolustusvoimien lentokaluston huolto-, korjaus- ja modifikaatiotyöt, NH90-koptereiden kokoonpano, sekä siviilikoptereiden huolto ja korjaustyöt Ruotsissa.

Patria Aviation jakaantuu kolmeen liiketoimintaan, jotka ovat Aircraft, Helicopters, ja Training.

Aircraft huoltaa, korjaa ja modifioi puolustusvoimien käytössä olevat lentokoneet:

- Torjuntahävittäjä Hornet F/A-18 C/D
- Harjoitushävittäjä Hawk Mk51/51A ja Mk66
- Harjoituskone Vinka
- Yhteyskone Redigo
- Kuljetuskone CASA C-295
- Kuljetuskone Fokker F-27

Aircraftiin sisältyvä Engines yksikkö tuottaa huoltopalveluita sekä edellä mainittujen lentokoneiden moottoreihin että teollisuuden diesel- ja suihkumoottoreihin. (Patria intranet)

Training liiketoiminta keskittyy lennonopetukseen kolmella paikkakunnalla, jotka ovat Helsinki-Malmi, Kauhava ja Tikkakoski. Yksiköt tuottavat teoria-, simulaattori- ja lentokoulutusta puolustusvoimille ja siviileille. Vuosittain yksikössä opetusta saa n.250 oppilasta.(Patria intranet)

2.3 Patria Helicopters

Patria Helicopters toimii kolmessa toimipisteessä, jotka ovat Helicopters Halli, Helicopters Arlanda ja Helicopters Utti.

Helicopters Arlandan toiminta keskittyy helikoptereiden runkojen ja laitteiden huoltoihin ja korjauksiin. Se tarjoaa myös varaosia sekä sotilas- että valtiollisille operaattoreil-

le. Arlandalla on myös valtuutus toimia huoltokeskuksena, sekä laite- ja varaosapalveluiden toimittajana valikoiduille alkuperäisvalmistajille. (Patria intranet)

Helicopters Utti tuottaa NH90-helikopterin kaikki 50 lentotunnin välein tehtävät määräaikaistarkastukset, sekä vikakorjauksia. (Työnjohtaja J.Vanhatalo)

2.3.1 Helicopters Halli

Helicopters Hallin päätoiminnot ovat Suomen ja Ruotsin tilaamien NH90-helikoptereiden kokoonpano, sekä lisäksi Suomen NH90-helikopterille suuret huollot esimerkiksi 600h/6v ja tulevaisuudessa retrofitit. Retrofit tarkoittaa koneen päivittämistä uudelle tasolle. Suomelle luovutetut NH90-helikopterit ovat olleet kolmella eri konfiguraatio-tasoilla, joita nimitetään IOC, IOC+ ja IOC++. Nämä kaikki helikopterit tullaan päivittämään tasolle FOC (Final Operational Configuration), tasolle jonka Suomi on tilannut.

3 NH90

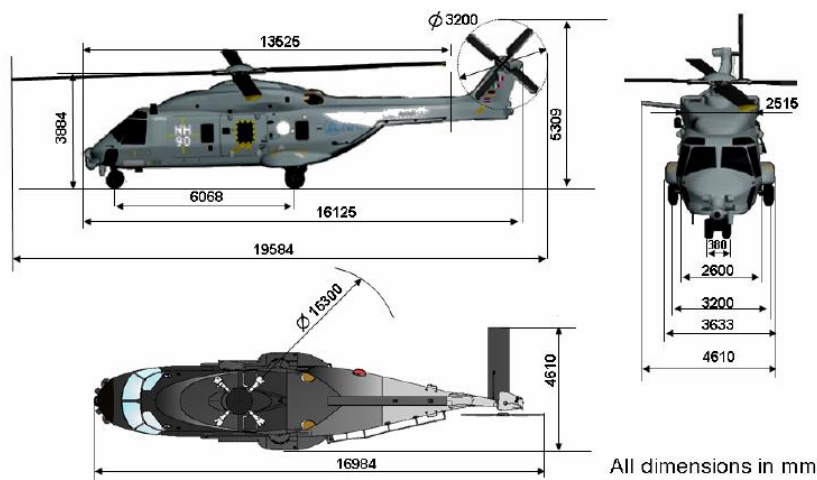
3.1 NH90-helikopterin tilaus

Vuonna 2001 Suomen puolustusvoimat tilasi 20 kappaletta NH90-kuljetushelikoptereita, korvaamaan jo vanhaksi käyneen neuvostovalmisteisen MI-8 kuljetushelikopterin. Näistä 20 kuljetuskopterista 19 kokoonpano tullaan suorittamaan Patrian Helicopters Hallin toimipisteessä. Ensimmäinen NH90-kuljetushelikopteri luovutettiin Suomen puolustusvoimille huhtikuussa 2008.

Tällä hetkellä puolustusvoimille kuljetuskoptereita on luovutettu 15 kappaletta. Yksikään näistä 15 helikopterista ei vielä ole siinä konfiguraatiossa, joka on tilaushetkellä määritetty. Viimeiset viisi NH90-kuljetushelikopteria tullaan luovuttamaan FOC-konfiguraatiossa, joten näille ei retrofitia tarvitse tehdä.

3.2 NH90-helikopteri yleistä

NH90-kuljetushelikopteri on NHIndustries:n suunnittelema kuljetushelikopteri. Helikopteri on moderni monella tapaa, se on mm. komposiittirunkoinen ja täysin ”fly-by-wire” -ohjattu, eli helikopterin ohjaus tapahtuu täysin sähköisesti. Sähköisellä ohjauksella saavutetaan huomattava painon säästö mekaanisella ohjauksella varustettuihin helikoptereihin verrattuna. Alla olevassa kuviossa 1. on esitettyä NH90-helikopterin päämitat.



KUVIO 1. NH90-helikopterin mitat (Tyypikurssimateriaali)

3.3 NH90-väylät

Nykyaikaisissa helikoptereissa on suuri määrä erilaisia laitteita, sekä väyliä joilla laitteet keskustelevat toistensa kanssa. NH90 ei ole poikkeus, helikopterissa väyliä on mm. RS-422, RS-485, Arinc429, Stanag 3350, Milbus 1553b ja valokuitu, jota käytetään sisäpuhelinjärjestelmässä. Näistä väylistä tässä opinnäytetyössä keskityn Milbus 1553b:hen ja Arinc429:ään, koska näiden käyttö laitteiden välillä on yleisintä.

3.3.1 Milbus 1553b -Coreväylä

Suomen tilaamissa NH90-helikopterissa on kaksi redundantista Milbus 1553b -väylää. Näistä toista kutsutaan nimellä Corebus eli ydinväylä ja siihen on liitettyä avioniikkalaitteet, jotka välittävät tietoa, joka yleisesti liittyy lentämiseen. Tämän väylän väyläohjaimena toimii CMC (Core Management Computer). CMC:itä ydinväylällä on kaksi, joista toinen toimii väyläohjaimena ja toinen etäterminaalina. Etäterminaalina toimiva CMC ottaa väyläohjaimen tehtävät toisen CMC:n vikaantuessa. Väyläohjaimesta ja etäterminaalista kerron enemmän kappaleessa 5.2. Kuviossa 2 on esitettyä Coreväylä ja siihen liittyvät laitteet.

DELETED NATO CLASSIFIED

KUVIO 2. NH90 Coreväylä ja laitteet. (Testausohje TS SxxxAxxxxE01 iss. x)

3.3.2 Milbus 1553b -Missionväylä

Toista väylää kutsutaan nimellä Missionbus, eli tehtäväväylä. Sen tehtävänä on tuottaa lentäjille tiedot, jotka liittyvät tehtävän suorittamiseen. Missionbusin väyläohjaimena toimii MTC (Mission Tactical Computer). Toinen väylällä olevista MTC:stä toimii etäterminaalina, mutta on valmiina ottamaan väyläohjaimen tehtävät niin vaadittaessa. Kuviossa 3. on esitettyä Missionväylä ja kaikki siihen liittyvät laitteet.

DELETED NATO CLASSIFIED

KUVIO 3. NH90 Missionväylä ja laitteet. (Testausohje TS SxxxMxxxxE01 iss.x)

3.3.3 Arinc429-väylä NH90-helikopterissa

Arinc429-väyliä NH90-helikopterissa on yli 150 kappaletta. Tyypilliset väylällä liikkuvat sanomat ovat enemmän saadun anturitiedon välittämistä, kuin lentäjän tekemien valintojen välittämistä. Tyypillinen Arinc-sanoma on esimerkiksi PMC:n (Plant Management Computer) näytöille lähettämä tieto akkujen varaustilasta.

Lähes kaikki NH90-helikopterin väylät ovat liitetty PMC:hen ja tämä toimiikin väylien kokoajana. PMC:n tehtävä on kerätä analogisia tietoja erilaisilta antureita ja lähettää nämä tiedot Arinc-väylää pitkin näytöille lentäjien nähtäviksi.

4 ARINC429

4.1 Arinc429 yleisesti

Yksisuuntaisen Arinc429-väylän käyttö mahdollistaa suuren käyttövarmuuden, ja niinpä se on yleisesti käytössä siviili-ilma-aluksissa. Arinc429 on topologiaaltaan tyypillinen yksisuuntainen point-to-point -väylä. Laitteet ja järjestelmät kytketään toisiinsa suojatulla kierretyllä parikaapelilla. Väylän toiminta perustuu yhtäjaksoiseen lähettämiseen. Sanomien lähettäminen tapahtuu joko 12,5kbit/s tai 100kbit/s kaistanopeudella. Väylässä liikenne tapahtuu aina vain yhteen suuntaan, joten jos viestiin vaaditaan vastaus, tulee sen tapahtua toista väylää käyttäen. Arinc429 määrittelee väylällä käytettävien johtimien ominaisuudet, väylän sähköiset ominaisuudet, aallon muodon, laitteiden tunnistusnumeron eli ID:n sekä sanoman sisällön. (ZHHKTECH 2005;Aim GmbH 2010)

Nykyaikaisissa ilma-aluksissa on monia erilaisia laitteita ja järjestelmiä, joiden on pysyttävä keskustelemaan toistensa kanssa. Tästä syystä Arinc429-standardiin on määritetty laitteille ID, joka kertoo laitteen antaman tiedon nimestä ja valmistajasta riippumatta. Esimerkiksi NH90-helikopterin asentotiedon antaa laite nimeltä IRS (Inertia Reference System), mutta monissa muissa ilma-aluksissa tämä laite on nimeltään INS (Inertia Navigatin System).

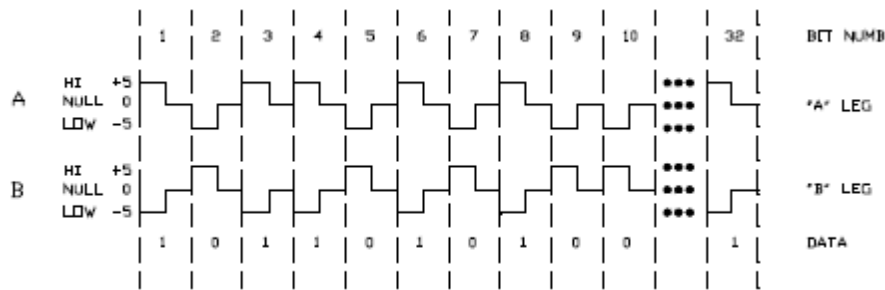
4.2 Sähköiset ominaisuudet

Arinc-sanomat lähetetään käyttäen kaksijohdinjärjestelmää, jonka toinen johdin on ”HI” ja toinen ”LO”. Kaikki signaalit eli bitit loppuvat jännitetasolle nolla, joka mahdollistaa väylän toiminnan ilman erillistä kellosignaalia, joka on käytössä esimerkiksi Mil1553b -väylässä. Nimellinen lähetys jännite johdinten välillä on $10 \pm 1V$, joten huippujännitteet ovat silloin ideaalitalanteessa $+5 \pm 0,5V$ ja $-5 \pm 0,5V$.(ZHHKTECH 2005;Aim GmbH 2010)

TAULUKKO 1. Sallitut lähetys- ja vastaanottojännitteet.

Lähetysjännitte	Tila / bitin arvo	Vastaanottojännite
+10.0±1.0 V	Hi / 1	+6.5 - +13V
0±0.5V	Ei tilaa	+2.5 - (-)2.5V
-10.0±1.0V	Lo / 0	-6.5 - (-)13V

Jännitetasot mitataan lähettimen lähtöliittimestä ja vastaanottimen tuloliittimestä, jännitetasojen sallitut arvot on määritelty Arinc429-standardissa. Nämä sallitut jännitearvot on kuvattuna taulukossa 1. Jännitetasot ovat riippuvaisia väylän pituudesta ja vastaanottimien tai väylässä olevien haarojen lukumäärästä. Sallitut jännitetasot tulee ottaa huomioon suunniteltaessa väylää ja siihen liittyviä laitteita.



KUVIO 4. Bittien muodostuminen (ZHHKTECH, Arinc tutorial)

Yllä olevassa kuviossa 4 on esimerkki siitä, miten bitit muodostuvat. Kuvion tapauksessa johdin HI on A ja johdin LO on B. Bitti saa arvon yksi, kun johtimella A on positiivinen jännite ja johtimella B negatiivinen. Ja toisinpäin ilmoitettuna; kun johtimella A on negatiivinen jännite ja johtimella B positiivinen, saa bitti arvon 0.

4.3 Johtimien ominaisuudet

Väylällä käytetään kaapeleina suojattua kierrettyä parikaapelia, jonka ominaisimpedanssi on 78Ω. Häiriöiden minimoimiseksi kaapelin suojaus tulee maadoittaa molemmista päistä, sekä mahdollisten haarojen kohdalta.

Lähettimen sisäisen impedanssin tulee olla Hi ja Lo linjan välillä $75 \pm 5 \Omega$. Kaapelin ja lähettimen impedanssin pitää olla lähellä toisiaan, jotta epäsovituksista johtuvia virheitä

ei tapahtuisi. Vastaanottimen impedanssiksi Arinc429 määrittelee vähintään $8k\Omega$. (ZHHKTECH 2005;Aim GmbH 2010)

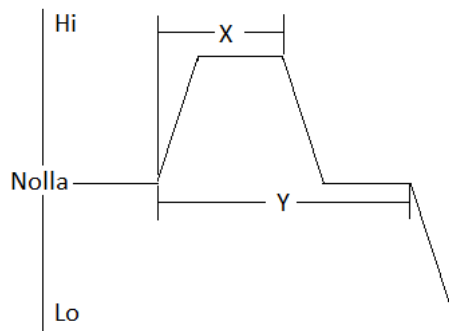
Kaapeleille ei Arinc429 ole määritelty maksimi pituutta, sillä se riippuu vastaanottimen määrästä ja virtalähteen tehosta. Yleisesti järjestelmät ovat suunniteltu alle 50 metriksi, mutta hyvissä olosuhteissa voi pituus kasvaa yli 100 metriin. (ZHHKTECH 2005;Aim GmbH 2010)

4.4 Aallon muoto

Kaistannopeus kertoo, kuinka monta bittiä kyseisellä nopeudella pystytään lähettämään sekunnissa. Tästä pystytään laskemaan, kuinka pitkä on yksi pulssi. Pulssin nousu- ja laskuajat kertovat kuinka kauan signaalilla kestää nousta 10%:n amplitudista 90%:n amplitudiin, kun mitataan pulssin johtoreunasta jättöreunaan. Pulssin nousu- ja laskuajat valvotaan RC-piirillä, joka on sisäänrakennettuna Arinc429-lähetimissä. Sallitut nousu- ja laskuajat molemmille kaistannopeuksille on näytetty taulukossa 2. Mikäli nousu- tai laskuajat eivät ole sallittuja, vastaanotin hylkää viestin. Kuviossa 5 on kuvattu aallonmuoto, sekä esimerkki bitin muodostumisesta.

TAULUKKO 2. Sallitut nousu- ja laskuajat kaistannopeuksilla 100- ja 12.5kB/s.

	Kaistannopeus	
	100kb/s	12.5kB/s- 14.5kB/s
Aika Y(yhden bitin aika)	$10\mu s \pm 2.5\%$	$1 / \text{kaistannopeus} \pm 2.5\%$
Aika X	$5\mu s \pm 5\%$	$Y/2 \mu s \pm 5\%$
Sallittu nousuaika	$1.5\mu s \pm 0.5\mu s$	$10 \pm 5\mu s$
Sallittu laskuaika	$1.5\mu s \pm 0.5\mu s$	$10 \pm 5\mu s$



KUVIO 5. Aallonmuoto ja bitin muodostuminen.

4.5 Protokolla

Protokollan mukaisesti väylällä voi olla ainoastaan yksi lähetin. Vastaanottimia väylällä on oltava vähintään yksi, mutta maksimissaan niitä voi olla jopa 20 kappaletta. Lähetin lähettää jatkuvasti 32-bittistä Arinc-sanomaa tai tilaa nolla. (ZHHKTECH 2005; Aim GmbH 2010)

Arinc-väylässä lähetetyt sanomat ovat aina 32-bittisiä ja tyypillisesti ne ovat muodossa, joka on kuvattu kuviossa 6. Sanoma sisältää viisi peruskenttää, jotka ovat pariteetti, SSM, Data, SDI ja Label. Arinc-sanomassa vähiten merkitsevä bitti on 1 ja eniten merkitsevä 32.

32	31	30	29	11	10	9	8	1
Pariteetti	SSM	Data			SDI	Label		

KUVIO 6. Tyypillinen Arinc-sanoma

4.5.1 Pariteettibitti Arinc-sanomassa

Merkitsevin bitti Arinc-sanomassa on aina pariteetti eli tarkistusbitti. Pariteetti on Arinc-sanomassa asetettu parittomaksi. Pariton pariteetti tarkoittaa että sanomassa on aina oltava pariton määrä bittejä, jotka saavat arvon yksi. Esimerkiksi jos sanoman bitit

1-31 saavat kaikki arvon 1, pitää pariteetti bitin saada arvo 0, jotta sanoma hyväksytään. Mikäli sanomassa on parillinen määrä bittejä, jotka saavat arvon yksi, tulee vastaanottavan laitteen hylätä viesti automaattisesti.

4.5.2 Merkki / tilamatriisi (SSM)

Bitit 31 - 30 on varattu SSM viestiä varten. Tämä kenttä voi ilmoittaa etumerkin, sanoman suunnan tai sillä raportoidaan datalähteen toiminnallisen tila ja sen lähettämän datan kelpoisuus. Se, mitkä tiedot SSM-kenttään on sisällytetty, riippuu sanoman datatyypistä. Datatyyppi voi Arinc-sanomassa olla BCD, BNR tai diskreettimuotoinen. (ZHHKTECH 2005; Aim GmbH 2010)

4.5.3 SSM diskreettimuodossa

Sanoman ollessa diskreettimuodossa SSM-kenttä ilmoittaa lähettävän laitteen tilan taulukon 3. mukaisesti.

TAULUKKO 3. SSM-diskreettimuodossa.

Bitti 31	Bitti 30	
0	0	Normaalikäyttö (Normal operation)
0	1	Ei laskettua dataa (No computed Data)
1	0	Toiminnallinen testi (Functional Test)
1	1	Häiriövaroitus (Failure Warning)

Normaalissa tilanteessa Arinc-sanoman bitit 31 – 30 on asetettu tilaan 0, mutta kun esimerkiksi laite käynnistyy ja suorittaa käynnistytksen aikaisen itsetestin (PBIT), asettuvat SSM-kentässä olevat bitti 31 tilaan 1 ja bitti 30 tilaan 0. Myös itsetestien, kuten käyttäjän pyytämän itsetestin (IBIT) aikana SSM kentässä olevat bitit saavat arvon 1 ja 0.

4.5.4 SSM-kenttä BCD koodattuna

Datatyypin ollessa BCD, SSM-kenttä voi ilmoittaa merkin tai suunnan sanoman sisältäville datalle. Merkin sisällyttäminen sanomaan on mahdollista, mutta ei pakollista. Jos merkkiä ei ole viestiin sisällytetty, on kentän molemmat bitit määritetty nollassi. Taulukossa 4 on esitetty SSM-kentän bitit, kun sanoma on BCD-muodossa. (ZHHKTECH 2005;Aim GmbH 2010)

Koodi (01) ”Ei laskettua dataa”, kertoo, ettei lähdelaitteelta ole saatavilla luotettavaa dataa. (ZHHKTECH 2005;Aim GmbH 2010)

Koodi (10) lähetetään ohjeistuskäskyn kanssa kun halutaan vastaanottavan laitteen suorittavan toiminnallisen testin. Kun koodi 10 vastaanotetaan paluuviestinä, sisältää se tuloksen toiminnallisesta testistä. (ZHHKTECH 2005;Aim GmbH 2010)

TAULUKKO 4. SSM BCD -koodattuna

Bitti 31	Bitti 30	
0	0	Plus, pohjoinen, itä, oikea, kohti, yli
0	1	Ei laskettua dataa (No computed Data)
1	0	Toiminnallinen testi (Functional Test)
1	1	Miinus, etelä, länsi, vasen, pois, ali

4.5.5 SSM BNR -koodattuna

Käytettäessä binäärikoodattua sanomaa ilmoittaa SSM-kenttä lähettävän laitteen toiminnallisen tilan. Etumerkin kertomiseen binääriviestissä käytetään bittiä 29. (ZHHKTECH 2005;Aim GmbH 2010)

Viasta varoittava koodi (00) kertoo lähdejärjestelmän viasta, joka voi aiheuttaa epäluotettavaa tietoa. (ZHHKTECH 2005;Aim GmbH 2010)

”Ei laskettua dataa” koodi (01) lähetetään, mikäli epäluotettavan datan lähettäminen johtuu jonkun toisen järjestelmän viasta. (ZHHKTECH 2005;Aim GmbH 2010)

Koodia (10) käytetään ilmoittamaan, että lähetetyssä sanomassa on tulos toiminnallises-ta testistä. (ZHHKTECH 2005;Aim GmbH 2010)

Taulukossa 5 on esitettyä SSM-kentän bitit kun sanoma on BNR-koodattuna.

TAULUKKO 5. SSM-kenttä BNR-koodattuna.

Bitti 31	Bitti 30	
0	0	Häiriövaroitus (Failure Warning)
0	1	Ei laskettua dataa (No computed Data)
1	0	Toiminnallinen testi (Functional Test)
1	1	Normaalikäyttö (Normal operation)

4.5.6 Data

Lähetettäessä Arinc-sanomaa ensimmäiset 8 bittiä määrittelevät Labelin, seuraavat kaksi bittiä on varattu SDI:lle ja kolmannessa osiossa lähetetään data. Arinc429-standardi määrittelee, että bitit 11 – 29 sisältävät lähetettävän datan. (ZHHKTECH 2005;Aim GmbH 2010)

Bittien koodaus Arinc-sanomissa on hyvin joustavaa. Datakentän bitit voivat olla BCD-, BNR- tai diskreettimuodossa. Diskreettimuotoinen data voi olla yhdistelmä BCD- ja/ tai BNR-koodauksesta, sekä yksittäisistä biteistä. Koko datakenttä saattaa myös sisältää ainoastaan yksittäisiä bittejä. (ZHHKTECH 2005;Aim GmbH 2010)

4.5.7 Data BCD-koodattuna

BCD-muodossa lähetetty data koostuu neljän bitin kentistä, joista jokainen ilmaisee yhden numeron. Datakenttä voidaan maksimissaan jakaa viiteen alakenttään, jotka tuottavat viisi lukua binäärimuodossa. Merkitsevin alakenttä (kenttä1) sisältää ainoastaan kolme bittiä, jolloin kenttä voi saada suurimmillaan arvon seitsemän. Mikäli merkitsevimmän alakentän arvoksi pitää tulla yli seitsemän, muutetaan bitit 29–27 nolliksi ja

seuraava alakenttä (kenttä2) merkitsevimmäksi, jolloin arvo voidaan näyttää. Kuviossa 7 on esitetty BCD koodattu Arinc-sanoma, joka on jaettu viiteen alakenttään. (ZHHKTECH 2005; Aim GmbH 2010)

32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
P	SSM	Kenttä 1			Kenttä 2			Kenttä 3			Kenttä 4			Kenttä 5			SDI	Label													

KUVIO 7. Arinc-sanoma BCD-koodatulla datakentällä

4.5.8 Data BNR-koodattuna

Binäärimuodossa data on koodattuna numerona. Tässä datatyypissä merkitsevin bitti on 28 ja sen arvo on puolet koko skaalauksen maksimiarvosta. Tällöin bitti 27 on $\frac{1}{4}$ skaalauksen maksimiarvosta tai puolet bitin 28 arvosta jne. Labelli kertoo skaalauksen sekä numeroon käytettävien bittien määrän. Datakentän bitti 29 on varattu etumerkille. (ZHHKTECH 2005; Aim GmbH 2010)

32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
P	SSM	Data																			SDI	Label										
0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	103						

KUVIO 8. Esimerkki Arinc-sanomasta BNR-koodattuna

Kuviossa 8. on esitetty binäärikoodattu sanoma Label L103, joka kertoo valitun ilmanopeuden. Arinc-standardista selviää, että skaalaus on 512 ja 11 bittiä on käytössä. Bitti 28 on $\frac{1}{2}$ koko skaalasta, niinpä bitti 23 on $\frac{1}{64}$ ja bitti 22 on $\frac{1}{128}$ skaalasta. Tulokseksi saadaan $256+8+4=268$. Koska bitti 29 on nolla, tarkoittaa luku positiivista.

4.5.9 Data diskreettimuodossa

Diskreettimuotoinen datakenttä voi koostua esim. BND- ja/tai BCD-datasta tai ainoastaan bittidatasta. Bittidatassa jokaiselle bitille on annettu arvo, joka voi olla esimerkiksi

päällä / pois tai tosi / epätosi. Suuri osa NH90-helikopterissa käytetyistä Arinc-sanomista on joko kokonaan tai osittain diskreettimuodossa.

4.5.10 SDI

Lähteen / kohteen tunnistukseen (Source/Destination Identifier) eli SDI:hin käytetään bittejä 9 – 10. Näiden bittien käyttö on standardin mukaan vapaaehtoista. SDI:tä voidaan käyttää kertomaan, kuka on sanoman lähettäjä, tai jos vastaanottimia on useampi kuin yksi, voidaan SDI:tä käyttää yksilöimään lähetys tietylle vastaanottimelle. (ZHHKTECH 2005; Aim GmbH 2010)

Mikäli sanoman sisältö on suurempi kuin minkä 32 bitin viestillä on mahdollista välittää, voi SDI:tä käyttää Labellin laajentamiseen. Tässä käytössä esim. Label L270_00 on ensimmäinen, L270_01 on toinen ja L270_10 kolmas alalabeli. Tällä tavalla Labellille L270 saadaan lähetettyä yhden 19 bitin datakentän asemesta kolme 19 bittiä sisältävää datakenttää.

4.5.11 Label

Bitit 1-8 sisältää Labellin, joka toimii tiedon yksilöijänä. Arincin määritelmässä on kerrottu jokaiselle Labellille datatyypit, sekä lähettävät ja vastaanottavat laitteet. Määritelmässä on myös eroteltu, mitkä laitteet voivat lähettää milläkin Labellilla. Vaikka Labelit olisivat numeerisesti samat kahden eri laitteen lähettäminä, saattaa niiden lähettämien sanomien sisällöt erota toisistaan huomattavastikin.

Label-kentän bitit muodostavat 3-numeroisen luvun oktaalikoodina. Oktaalikoodin etuna on kahdeksalla bitillä saavutettu maksimiarvo 377, tosin eri vaihtoehtoja ei voi olla enempää kuin 255. Labellin määräävin bitti sijaitsee koko Arinc-sanoman vähiten määräävimmän bitin paikalla eli ensimmäisenä. Labellista lähetetään ensimmäisenä määräävin bitti, eli bitti numero 8.

Labelli lähetetään aina Arinc429-sanomassa ensimmäisenä ja se vaaditaan kaikkiin Arinc-sanomiin aivan kuten viimeinenkin bitti eli pariteetti.

	Label kenttä								
Bitti	8	7	6	5	4	3	2	1	
Oktaalikoodin arvo	4	2	1	4	2	1	2	1	

KUVIO 9. Label-kenttä ja arvon muodostuminen

Kuviossa 9 on esitetty Label-kenttä oktaalikoodattuna. Esimerkiksi jos Label-kentän bitit ovat 11011010, tulee Labelin arvoksi 266, koska bittien arvot ovat $4+2+0$, $4+2+0$ ja $2+0$.

5 MILBUS 1553B

5.1 Milbus yleisesti

Mil-STD-1553B –standardi määrittelee sotilaskäytössä olevan digitaaliseen lähetys / vastaanottoon moninkertaistetun dataväylän. 1553-väylä on kahdennettu, kaksisuuntainen, Manchester II -koodattu tiedonsiirtolinja, jolla on suuri häiriönsietokyky. (Condor Engineering 2004; Aim GmbH 2010)

Väylä on rakenteeltaan kierretty ja suojattu parikaapeli, jonka impedanssi 1MHz:n taajuudella on standardin mukaisesti 70–80 Ω , mutta ilmailussa se on vakiintunut 78 Ω :iin. Kaikki väylään liittyvät laitteet yhdistetään haaroittimien avulla, jolloin saavutetaan ideaalitalanteessa häviötön siirtolinja, sillä haaroittimet tuottavat väylälle galvaanisen erotuksen. (Condor Engineering 2004; Alkkionmäki 2009; Aim GmbH 2010)

Kaikkea liikennettä väylällä hallitsee väyläohjain. Etäterminaaleilla on lupa kuunnella kaikki viestit, mutta ei lähettää niitä muuten kuin väyläohjaimen luvalla. Väyläohjain (BC) lähettää viestejä etäterminaalille (RT), joka kuittaa sanomat, sekä toteuttaa kaikki väyläohjaimen käskyt.

Mil-STD1553 -standardi määrittelee kytkeytymisen väylällä, sanomarakenteen, sanomamuodon, viestiprotokollan, sähköiset toiminnot, sekä väylän etäterminaalin toiminnan. (Condor Engineering 2004; Aim GmbH 2010)

Tämän väylätyypin standardisoinnilla saavutetaan kahdentyypisiä etuja:

Ne ovat koon ja painon säästö kaapeloinneissa, sekä vähentyneet laitteistojen kehitys- ja modifikaatiokustannukset.

Taulukossa 6 on vertailtu Milbus 1553A:n ja 1553B:n standardin asettamia vaatimuksia.

TAULUKKO 6. Standardin asettamia vaatimuksia väylille Milbus 1553A ja 1553B.(Aim GmbH 2010, Milbus tutorial)

Table 2-I MIL-STD-1553A and MIL-STD-1553B Requirements Comparison

Specification Requirement	MIL-STD-1553A	MIL-STD-1553B
Cable Type	Jacketed, shielded twisted pair	Jacketed, shielded twisted pair
Cable Shield Coverage – minimum	80%	75%
Cable Twist – minimum	12 twists/foot	4 twists/foot
Capacitance, wire to wire – maximum	30 pF/ft	30 pF/ft
Characteristic Cable Impedance (Z_0)	$70 \Omega \pm 10\%$ @ 1 MHz	$70-80 \Omega \pm 10\%$ @ 1 MHz Nominal
Cable Attenuation	1 dB/100 ft @ 1 MHz	1.5 dB/100 ft @ 1 MHz
Cable Length	300 ft – maximum	Unspecified
Cable Termination	Characteristic Impedance	Nominal Characteristic Impedance $\pm 2\%$
Cable Stubbing	Direct Coupling < 1 ft Transformer Coupling 1 – 20 ft	Direct Coupling < 1 ft Transformer Coupling 1 – 20 ft
Cable Coupling Shield	Shielded coupler box	75% coverage – minimum
Coupling Transformer Turns Ratio	Unspecified	1:141 $\pm 3\%$ with higher Turns on isolation resistor side
Transformer Open Circuit Impedance	Unspecified	3 k Ω from 75 kHz – 1 MHz With 1 V RMS sine wave
Transformer Waveform Integrity	Unspecified	Droop of 20% overshoot – max Ringing of ± 1 V peak – max
Transformer Common Mode Rejection	Unspecified	45 dB @ 1 MHz
Fault Isolation Isolation Resistors in series with coupler Direct Coupled	$R = 0.75 Z_0 \pm 5\%$ $R = 0.75 Z_0 \pm 5\%$	$R = 0.75 Z_0 \pm 2\%$ $R = 55 \Omega \pm 2\%$
Impedance across bus with failed Transformer coupling component Direct coupling	No less than $1.5 Z_0$ Unspecified	No less than $1.5 Z_0$ No less than 110 Ω
Stub Voltage Requirement Transformer Coupled Direct Coupled	1 V to 20 V peak to peak 1 V to 20 V peak to peak	1 V to 14 V peak to peak 1.4 V to 20 V peak to peak

5.2 Väyläkomponentit

Väylässä on kolmentyyppisiä aktiivisia laitteita, jotka ovat väyläohjain (BusController) eli BC, etäterminaali (remote terminal) eli RT ja väylävalvoja (bus monitor) eli BM. Näiden lisäksi väylällä on passiivisia komponentteja, kuten väyläpäätte (bus terminator) ja haaroitin (coupler). (Condor Engineering 2004;Alkkionmäki 2009; Aim GmbH 2010)

5.2.1 Väyläohjain

Väyläohjain on väylällä oleva laite, jonka päätarkoitus on tuottaa sanomien ohjauksenkäskyt kaikille väylällä tapahtuville lähetyksille. Tästä huolimatta väyläohjain saattaa tehdä myös monia muita tehtäviä, kuten toimia rajapintana muille laitteille. Se saattaa myös olla liitettynä johonkin muuhun väylään ja toimia siellä esimerkiksi väylävalvojana tai etäterminaalina. (Condor Engineering 2004; Alkkionmäki 2009; Aim GmbH 2010)

Aloittaakseen lähetyksen väyläohjaimen tulee lähettää, vastaanottaa ja ohjata siirrettävää tietoa väylällä. Kaikki tiedonsiirto toimii komento / vastaus -tyyppisesti. Väyläohjain lähettää käskyn ja etäterminaali kuittaa käskyn vastaanotetuksi. Yhdellä väylällä voi olla useampia väyläohjaimia, mutta vain yksi voi olla kerrallaan aktiivinen. Käskysanaan voi liittyä dataa tai pyyntö etäterminaalilla olevasta datasta. (Condor Engineering 2004; Alkkionmäki 2009; Aim GmbH 2010)

Väyläohjaimella on vastuu muuttaa datavirtaa toiminnallisten ympäristömuutosten mukaisesti. Nämä muutokset voivat johtua esimerkiksi hydraulijärjestelmän siirtymisestä vikatilaan. Väyläohjaimen tulee havaita kyseiset muutokset ja toimia niiden ehkäisemiseksi. Ongelman havaitseminen saattaa vaatia BC:ltä kommunikointia etäterminaalin kanssa toisio- tai varaväylän avulla. (Condor Engineering 2004; Aim GmbH 2010)

5.2.2 Etäterminaali

Etäterminaali on suunniteltu rajapinnaksi useille muilla laitteille 1553-väylän ulkopuolella. Tämä rajapinta voi toimia itse alijärjestelmänä tai se voi olla ulkoinen liittymä ei Milbus-yhteensopivalle laitteelle. Toiminnallisesti tämä rajapinta vastaanottaa ja tulkitsee väyläohjaimen lähettämät käskyt, tarkistaa mahdolliset virheet ja reagoi niihin, sekä välittää tiedot alijärjestelmille. Etäterminaalin on pystyttävä käsittelemään protokollan virheet esim. puuttuvat datat, ylimääräiset sanat jne., sekä sähköiset virheet kuten aallonmuoto tai pulssin nousuaika. Etäterminaaleja on väylälaitteista suurin osa. Rajoituksia etäterminaaleille ovat: Määrä enintään 31kpl, yhdellä RT:llä voi olla 31 aliosoitetta, sekä se että yksikään etäterminaali ei saa puhua ellei väyläohjain ole niitä niin käsenyt. (Condor Engineering 2004; Alkkionmäki 2009; Aim GmbH 2010)

5.2.3 Väylävalvoja

Väylävalvoja eli BM tarkistaa kaikki väylällä liikkuvat viestit ja tarvittaessa nauhoittaa valittuja viestejä. Valvoja kerää reaaliaikaista dataa ja voi tallentaa kaiken väyläliikenteen, mukaan lukien sähköiset ja protokollahäiriöt. Väylävalvoja toimii usein myös varalaitteena väyläohjaimelle, jolloin ohjaimen vioittuessa voi väylävalvoja jatkaa väyläohjaimen tehtävissä. Väylävalvoja toimii usein myös etäterminaalin tehtävissä. (Condor Engineering 2004; Alkkionmäki 2009; Aim GmbH 2010)

5.2.4 Passiiviset komponentit

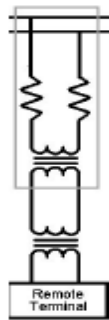
Väylällä olevien passiivisten komponenttien tehtävänä on toimia pääväylän ja laitteiden rajapintoina, sekä muodostaa väylän ja laitteiden välille mahdollisimman hyvä impedanssinen sovitus, jotta signaalia vaimentavia heijastumisia ja säröjä ei tapahtuisi.

Haaroittimen tehtävä on kytkeä väylällä olevat laitteet pääväylälle. Kytkenässä voidaan käyttää kahdentyyppisiä haaroittimia, jotka ovat muuntajahaaroin ja suorakytketty haaroin. Laitteiden kytkentä pääväylälle aiheuttaa väylälle kuormaa, joka tuottaa impedanssivirheitä ja heijastumisista johtuvaa signaalin heikentymistä. Kaikissa väylille kytketyissä laitteissa on oma erotinmuuntaja, jolloin laitteella ja väylällä ei ole galvanista kosketusta. (Condor Engineering 2004; Alkkionmäki 2009; Aim GmbH 2010)

Suorakytketty haaroin, nimensä mukaisesti, kytkee laitteet suoraan pääväyläkaapelille ilman haaroittimen omaa muuntajaa. Suorakytkettyjen haaroittimien haittapuolena on käytettävän haaroituksen mitta, joka voi olla enintään 30cm. Suorakytketyt haaroittimet voivat aiheuttaa merkittäviä impedanssivirheitä. (Condor Engineering 2004; Alkkionmäki 2009; Aim GmbH 2010)

Kuvion 10. mukainen muuntajahaaroin sisältää muuntajan sekä eristysvastuksen. Tämän tyyppisen haaroitimen edut ovat:

- haaroituksen maksimipituus jopa 6,1 m
- sähköinen eristys
- parempi impedanssinen sovitus
- suurempi säröytymisen ehkäisy kuin suorakytkentäisessä
- vaikka haaroin olisi oikosulussa, ei se oikosulje koko väylää



KUVIO 10. Muuntajahaaroin (AIM GmbH 2010, Milbus tutorial)

Päätevastukset ovat asennettu pääväylän molempiin päihin, ja niiden tehtävänä on sovitaa väylän impedanssi kaapelille sopivaksi. Standardissa on määrätty, että päätevastuksen impedanssi saa olla enimmillään $\pm 2\%$ kaapelin ominaisimpedanssista. Päätevastuksen avulla väylästä tulee sovitettu siirtolinja, jossa ideaalitilanteessa ei tapahdu vaihtumisia, heijastumisia eikä säröjä. (Alkkionmäki.E 2009)

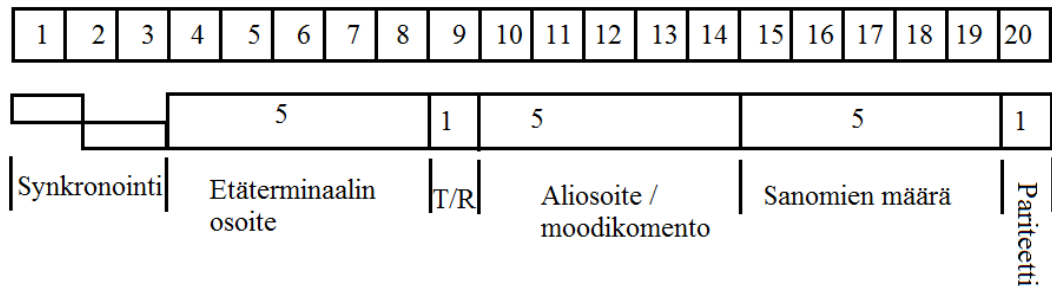
5.3 Sanomatyytit

Sanomatyyppinä on kolme: käskysana (command word), datasana (data word) ja tilasana (status word). Jokainen näistä sanomista sisältää saman perusosan, vaikka niiden sisällöissä onkin muita eroja. Kaikki sanomat ovat 20-bittisiä ja niiden kolme ensimmäistä bittiä sisältävät synkronointikentän. Synkronoinnin avulla etäterminaali tahdistaa sanoman. Jokaisessa sanomassa synkronointikoodi on samanlainen, mutta datasanomassa se on 180 asteen vaihesiirrossa muihin sanomatyyppeihin verrattuna. (Condor Engineering 2004; Aim GmbH 2010)

Toinen yhteinen piirre sanomatyyppeiden välillä on pariteettibitti, joka lähetetään sanoman viimeisenä bittinä. Pariteettibitti on standardissa määrätty aivan kuten Arinc-sanomissakin parittomaksi.

5.3.1 Käskeysana

Käskeysana on väyläohjaimen lähettämä sanoma, jonka etäterminaali kuittaa aina vastaanotetuksi. Käskeysana koostuu synkronointikoodista, etäterminaalin osoitteesta, T/R bitistä, aliosoite/ moodibiteistä, sanojen määrä / moodikoodibiteistä, sekä pariteetista. Kuviossa 11 on esitettynä käskeysana ja bittien merkitykset.



KUVIO 11. Käskeysana

Käskeysanan bitit 4 - 8 sisältävät sen etäterminaalin osoitteen, jolle viesti on tarkoitettu. Viidellä bitillä pystyy muodostamaan binäärikoodina luvun 0-31, tästä johtuu ensimmäinen rajoitus, joka koskee etäterminaalien maksimimäärää. Terminaalin osoitteen ollessa 11111, käytetään yleislähetystä, jonka kaikki väylällä olevat laitteet kuuntelevat ja kuittaavat. Tästä syystä osoitetta 11111 ei voi asettaa käyttöön yhdellekään etäterminaalille. (Condor Engineering 2004; Alkkionmäki 2009; Aim GmbH 2010)

Bitti 9 sisältää käskyn etäterminaalin toiminnasta. Jos kyseinen bitti on arvoltaan 1, on etäterminaalin toimittava lähettimenä, ja jos bitin arvo on 0, tulee R/T:n toimia vastaanottimena. Tämä bitti siis kertoo etäterminaalille, tuleeko sen lähettää vai vastaanottaa käskeysanomassa kerrottu data. (Condor Engineering 2004; Alkkionmäki 2009; Aim GmbH 2010)

Bitit 10 - 14 on varattu aliosoitteelle tai moodikomennolle. Bittien arvoilla 00000 ja 11111, etäterminaali käsketään moodikäyttöön. Moodikoodien käytöstä on kerrottu enemmän seuraavassa kappaleessa. Jos bittien arvot ovat jotain muuta kuin edellä kuvattut, sisältävät ne silloin aliosoitteen. Aliosoite kertoo etäterminaalille, mitkä tiedot sen tarvitsee lähettää tai vastaanottaa. Näiden bittien käyttöä ei standardissa ole määrätty, joten suunnittelija voi järjestelmää tai ohjelmaa suunnitellessa itse määrittää, mitä dataa kyseiset bitit sisältävät. Esimerkiksi koodi 00001 voi sisältää käskyn vastaanottaa ilma-
nopeustieto. (Condor Engineering 2004; Alkkionmäki 2009; Aim GmbH 2010)

Bitit 15 - 19 sisältävät sanojen määrän, joka lähetettävässä / vastaanotettavassa datasanomassa tulee olla. Näin ollen suurin datasanoma voi sisältää 32 sanaa eli 64 tavua.

Mikäli aliosoitteessa kaikki bitit saavat arvon 1 tai 0, käytetään bittejä 15 - 19 moodikoodina. Tämä koodi on väyläohjaimen käsky etäterminaalille toteuttaa joku ennalta määrättyistä tehtävistä, kuten esimerkiksi itsetesti tai uudelleenkäynnistys. Nämä koodit ovat standardissa esimäärättyjä ja koodien merkitykset löytyvät alla olevasta taulukosta 7. (Condor Engineering 2004; Aim GmbH 2010)

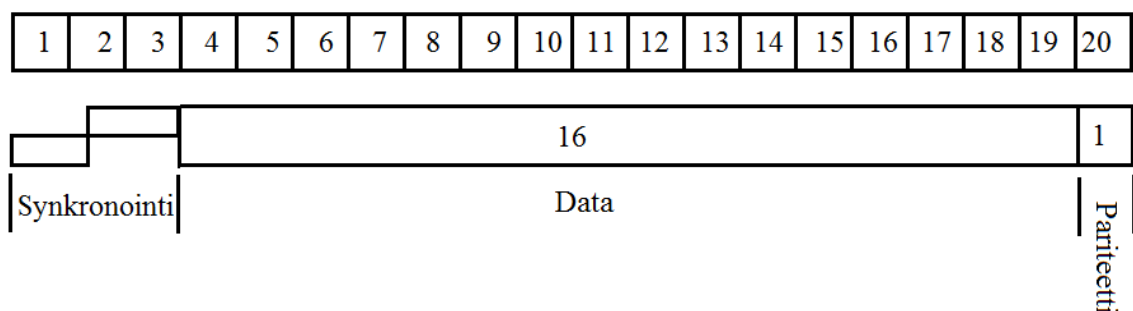
TAULUKKO 7. Moodikomennot (PDF)

Table 5. Mode Codes

T/R	Mode Code	Function	Data Word	Broadcast
1	0000	Dynamic Bus Control	No	No
1	0001	Synchronize	No	Yes
1	0010	Transmit Status Word	No	No
1	0011	Initiate Self-test	No	Yes
1	00100	Transmitter Shutdown	No	Yes
1	00101	Override Transmitter Shutdown	No	Yes
1	00110	Inhibit Terminal Flag Bit	No	Yes
1	00111	Override Inhibit Terminal Flag Bit	No	Yes
1	01000	Reset Remote Terminal	No	Yes
1	01001	Reserved	No	TBD
1	01111	Reserved	No	TBD
1	10000	Transmit Vector Word	Yes	No
0	10001	Synchronize	Yes	Yes
1	10010	Transmit Last Command Word	Yes	No
1	10011	Transmit BIT Word	Yes	No
0	10100	Selected Transmitter Shutdown	Yes	Yes
0	10101	Override Selected Transmitter Shutdown	Yes	Yes
1/0	10110	Reserved	Yes	TBD
1/0	11111	Reserved	Yes	TBD

5.3.2 Datasana

Datasanoma on väylän sanomista se sanatyyppejä, jota varten väylä on suunniteltu, eli tiedonsiirtoa varten. Datasanomien sisältö voi olla BRN-, BCD-, tai diskreetti-datasana. Datasanassa itse sanomalle on määritetty bitit 4-19, joka tuottaa kahden tavun mittaisen kentän. Kuviossa 12 on esitettyä datasana ja bittien merkitykset.



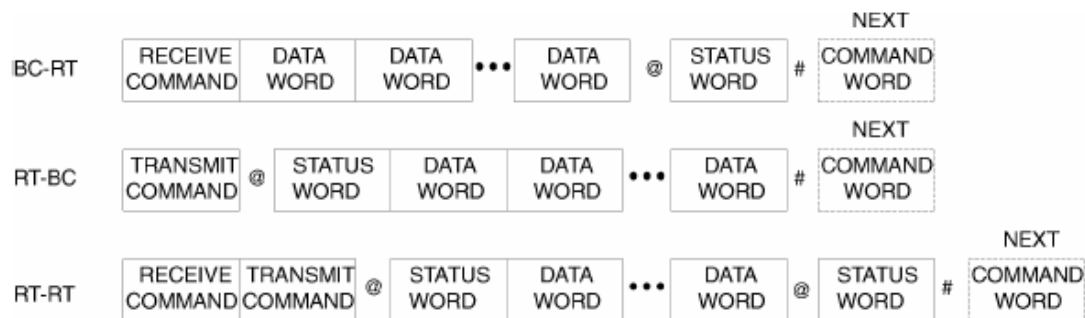
KUVIO 12. Datasana ja bittien merkitykset.

Datasanoja voidaan lähettää yhtä käskysanaa kohden maksimissaan 32 peräkkäin, ja tätä seuraa lähettäjistä riippuen joko etäterminaalin lähettämä statussana tai väyläohjaimen lähettämä uusi käskysana. Statussanalla etäterminaali kuittaa datan saapuneeksi ja todentaa oikeellisuuden. (Condor Engineering 2004; Aim GmbH 2010)

Mikäli datasana on lähetetty etäterminaalilta väyläohjaimelle, kuuluu sanomien lähetysjärjestyksen olla seuraava:

1. Käskysana, jonka lähettää väyläohjain
2. Statussana, jolla etäterminaali kuittaa käskysanan
3. Datasana

Alla olevassa kuviossa 13. on kuvattuna sanomien lähetysjärjestykset.

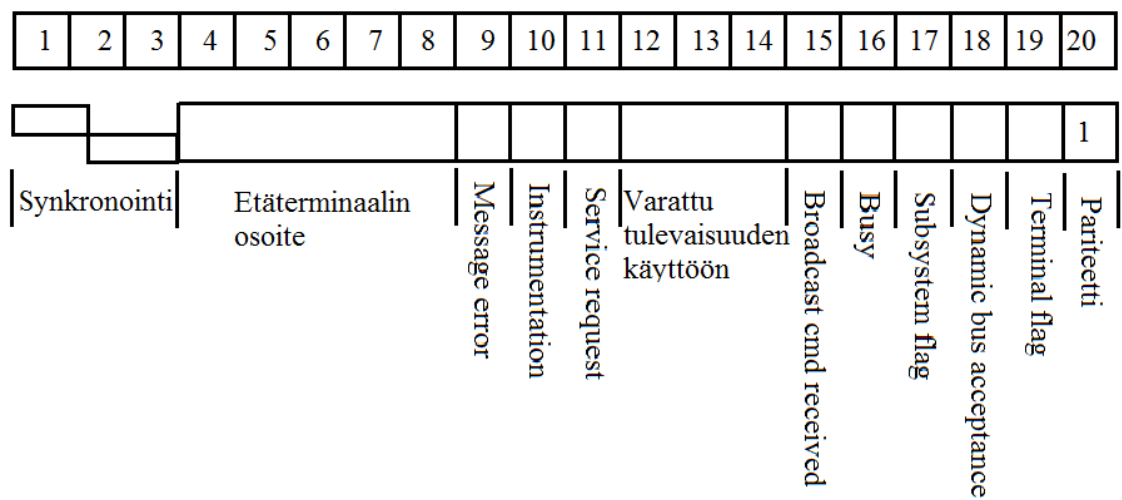


KUVIO 13. Sanomien lähetysjärjestykset. (MIL-1553-STD tutorial, Condor Engineering 2004)

Mikäli datasanoma halutaan lähettää etäterminaalilta toiselle etäterminaalille, on toiminta monimutkaisempi. Väyläohjain lähettää ensiksi kuuntelevalle etäterminaalille käskysanan, jossa määrätään etäterminaalin asettumaan vastaanottimeksi. Tämän jälkeen väyläohjain lähettää toiselle etäterminaalille käskysanan muuttaa sen tila lähettimeksi. Lähettävä etäterminaali kuittaa käskysanan statussanalla, ja lähettää halutun datan, jolloin vastaanottava etäterminaali hylkää vastaanotetun statussanana, mutta hyväksyy datasanana ja lähettää väyläohjaimelle statussanana kuittauksen vastaanotetusta datasanasta. (Condor Engineering 2004; Aim GmbH 2010)

5.3.3 Tilasana

Tilasana on sanoma, jolla etäterminaali kuittaa käskysanan tai datasanan saapuneeksi. Tilasana on esitettyä kuviossa 14. Sanomassa bitit 5 - 8 on varattu sanan lähettävän etäterminaalin osoitteelle, ja sen tarvitsee täsmätä vastaanotetun käskysanan kanssa. Bitit 9 - 19 on varattu etäterminaalin omille ilmoituksille, kuten viestivirheille tai yleislähetyskäskyn kuittaamiselle. Taulukossa 8 on esitettyä bittien 9 - 19 merkitykset. (Condor Engineering 2004; Alkkionmäki 2009; Aim GmbH 2010)



KUVIO 14. Tilasana

TAULUKKO 8. Bittien 9 - 19 merkitykset.

Bitti		merkitys mikäli tila on 1
9	Message error	Ilmaisee virheen saapuneessa datasanomassa, eli datasanoma ei ole läpäissyt RT:n omaa testiä.
10	Instrumentation	Bitin tarkoitus on erottaa käsky ja tilasanomat toisistaan.
11	Service request	RT pyytää BC:tä toimimaan ennaltamäärätyllä tavalla, joko RT:n tai alijärjestelmän häiriötilanteessa.
12	Reserved	Varattu tulevaisuuden käyttöä varten.
13	Reserved	Varattu tulevaisuuden käyttöä varten.
14	Reserved	Varattu tulevaisuuden käyttöä varten.
15	Broadcast CMD received	Bitti ilmaisee, milloin vastaanotettu käskysana oli yleislähetys.
16	Busy	Bitti ilmaisee RT:n olevan kykenemätön siirtämään tai hankkimaan dataa väyläohjaimen käskyn mukaisesti.
17	Subsystem flag	Bittiä käytetään ilmaisemaan alijärjestelmän vika tai varoittamaan mahdollisesta epäluotettavasta datasta.
18	Dynamic bus acceptance	Bitillä RT hyväksyy toimimisensa dynaamisena väyläohjaimena.
19	Terminal Flag	Tällä bitillä ilmaistaan etäterminaalin vika.

5.3.4 Yleislähetys

Yleislähetys on väyläohjaimen lähettämä sanoma, joka on tarkoitettu kaikille väylässä kiinni oleville laitteille. Yleislähetysten käskysana on muuten samanlainen kuin käskysanat normaalistikin, mutta etäterminaalin osoitteeksi on annettu 11111, joka standardin mukaan tarkoittaa yleislähetystä.

Yleislähetys voi olla datasana väyläohjaimelta etäterminaleille tai esimerkiksi etäterminaalilta toisille etäterminaleille. Tässä tapauksessa väyläohjaimen on lähetettävä ensin yleislähetyskäsky kaikille etäterminaleille ja yksi lähetyskäsky sille etäterminaalille, jonka datasanoma halutaan kaikille lähetettäväksi.

6 VÄYLÄVAKOILU PATRIAN NH90-KOKOONPANOSSA

6.1 Nykytilanne

Arinc- ja Milbus-väylien vakoilu on mahdollista Helicopters Hallin toimipisteessä kahdella tavalla, joko käyttäen apuna ohjelmaa nimeltä Artist, tai erillistä väyläanalyysointia (kuva1). Väyläanalyysointin käyttö väylien vakoiluun on hyvin vähäistä, sillä väyläanalyysointin antama tieto sisältää pelkästään raakadataa, eli se on esitetty ainoastaan numerokoodina, jota ei reaaliaikaisesti pysty lukemaan. Tämänlaisen tiedon analysoimiseen tarvitaan vahva tietämys väyläliikenteestä, järjestelmän toiminnasta, sekä laaja datan tuntemus.



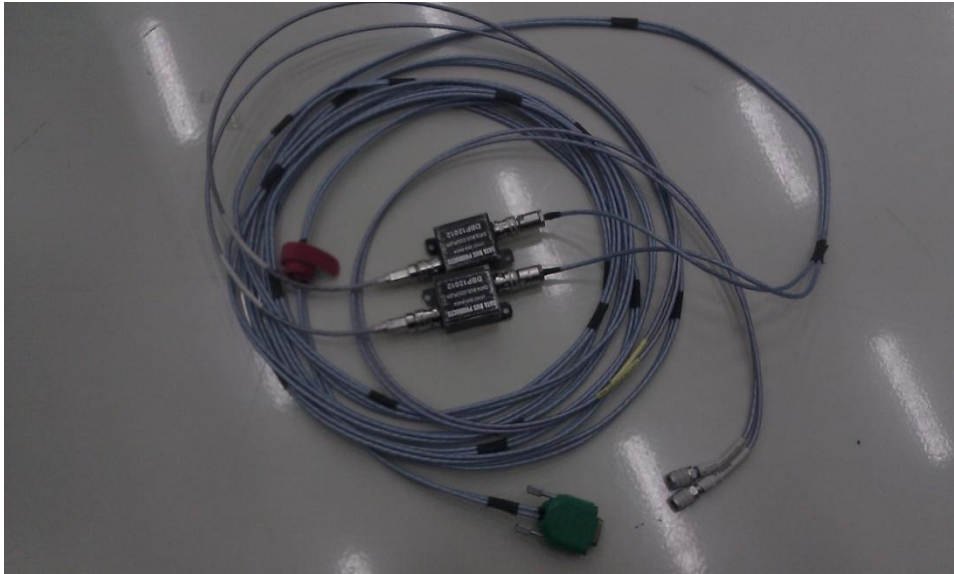
KUVA 1. Väyläanalyysointia

Väylien vakoiluun tarkoitettujen Artist-pc:t (kuva 2) sisältävät vakoiluun tarvittavan ohjelmiston, sekä lähtö- ja tuloliitännät vakoilua ja simulointia varten. Tämän kaltaisia Artist-pc:itä NH90-kokoonpanosta löytyy 4 kappaletta.



KUVA 2. Artist-pc

Väylävakoilu aloitetaan kytkeytymällä helikopterin väylään sopivilla adaptereilla. Mil-1553-väylää vakoiltaessa tulee tietokoneen ja helikopterin välille kytkeä sopivat liittimet sisältävä testijohto. Tämä testijohto kytketään helikopterin väylän päätevastuksen tilalle. Päätevastusten irrotuksesta johtuen tulee testijohdon, sekä helikopterin välissä olla lisäksi asennettuna Stub. Tässä tarkoituksessa Stub toimittaa sekä väyläpäänteen että haaroittimen virkaa. Näin vältetään väylän impedanssivirheiltä. Kuvassa 3. testijohto, sekä Stub.



KUVA 3. Milbus-käyttöön tarkoitetut testijohdot ja Stubit

Arinc-väylän vakoilu ei usein onnistu yhtä vähäisillä asetuksilla kuin Milbus-väylän vakoilu. Arinc-väylässä ei NH90-helikopterissa ole helposti irrotettavia väyläpäätteitä, joten kytkeytyminen väylälle tulee tehdä eritavalla. Helpoin tapa kytkeytyä väylälle on käyttää Break-Out -bokseja. Nämä boksit tuottavat tarvittavan rinnankytkennän väylälle, katkaisematta kuitenkaan linjaa tai irrottamatta vastaanottavaa laitetta väylältä. NH90 -kokoontuotossa on suuri määrä väliliittimille sopivia Break-Out -bokseja (kuva 4). Kokonaisille avioniikkalaitteille sopivia Break-Out -bokseja NH90-osastolta löytyy vähintään yksi boksi pääavioniikkahyllyssä olevaa laitetta kohden. Kuvassa 5. on esitettyä FCC:lle (Flight Control Computer) ja ACC:lle (Actuator Control Computer) sopiva Break-out -boksi. Break-out -boksiin kytkeytymiseen voi käyttää esimerkiksi tavallisia mittajohdot, jos niihin vain on kytketty sopivat liittimet.



KUVA 4. Helikopterin väliliittimelle sopiva Break-Out -boksi



KUVA 5. FCC ja ACC Break-out -boksi.

6.1.1 Artist-ohjelma

Artist-ohjelma on Eurocopterin luoma ohjelma väylien vakoilua varten. Ohjelmaa käyttämällä on mahdollista saada reaaliaikaista tulkattua dataa väylillä lähetettävistä sanomista. Nämä sanomat näytetään joko bitti muotoisena raakadatana, tai datan avulla tulkittuna. Eurocopterilta saadut databaset sisältävät kaikki NH90-väylillä liikkuvat sanomat. Näitä databaseja Artist-ohjelma käyttää hyväkseen kääntäen sanoman sisällön luettavaan muotoon, jolloin väylien vakoilu helpottuu. Tämänlainen sanoma voi olla esimerkiksi kuormakoukun lähettämä tieto sen omasta lukituksesta. Databasessa lukee kyseisen bitin kohdalla väittämä ”koukku lukossa” ja seuraavaksi sanomasta luettava tieto ”true” tai ”false”.

Artistia käyttämällä väylien lukeminen helpottuu ja nopeutuu huomattavasti, koska tällöin ei tarvitse tietää tarkalleen, mikä bitti sisältää minkäkin tiedon.

Artist ohjelma sisältää moduulit, eli ohjelman osat Arinc-, Milbus- ja RS-väylille. Näistä Arinc- ja Milbus- moduuleiden käyttö on NH90-osastolla yleistä. RS-moduulin käyttöä ei oman kokemuksen mukaan ole koskaan käytetty. Se johtuu todennäköisesti vakoilun hankaluudesta, sillä analysointiin tarvittavia databaseja ei ole.

Ohjelma on hyvin monipuolinen, sillä pystytään vakoilun lisäksi myös simuloimaan, nauhoittamaan ja toistamaan nauhoituksia. Ohjelmasta myös löytyy työkaluja nauhoituksen analysointiin, sillä nauhoitus tallentuu bittimuotoisiksi sanomiksi. Nämäkin työkalut eivät ole kovin helppokäyttöisiä ja nauhoituksesta täytyy olla tiedossa mitä etsii ja mihin aikaan.

Tallennetun datan analysoimiseksi on tärkeää tietää aika, milloin mahdollinen vika on tapahtunut, sekä mitä sanomia halutaan tutkia. Kun nämä asiat ovat tiedossa, voidaan tallennuksesta suodattaa tarpeeton tieto pois. Teoriassa Arinc- lähetyksestä tallentuu noin 390 sanomaa sekunnin aikana, mikäli lähetys on tapahtunut kaistanopeudella 12500bits/s. Jos käytetty kaistanopeus on 100kbits/s tai Milbus-väylä sanomien määrä on moninkertainen. Ilman turhien sanomien suodattamista on mahdollisen vian löytäminen hankalaa.

NH90-kokoonpanossa käytännössä käytetään ainoastaan Arinc429-vakoilua ja -simulointia. Vakoilua käytetään testien suorittamiseen ja vianetsintään. Simulointi on käytössä ainoastaan suoritettaessa testejä. Esimerkiksi ilmastointijärjestelmää testattaessa täytyy simuloida moottorin kierroksia, jotta ilmastointijärjestelmän lauhduttimen puhaltimet saadaan pyörimään.

Milbus-väylää NH90-kokoonpanossa ainoastaan vakoillaan. Tämän väylän vakoilua käytetään ainoastaan vianetsintään.

6.1.2 Database

Database toimii siis eräänlaisena tulkkina väyläsanomille. Arinc-sanomien database on rakennettu Arinc-määritelmän mukaisesti ja näin ollen sen käyttö on yksinkertaisempaa kuin Milbus databasen. Arinc databaseja käyttäessä ei tarvitse miettiä onko vakoiltavan kopterin laitekonfiguraatio sama kuin databasessa, sillä mikäli haluttu labelli ja bitti löytyy databasesta, tulee sen Arinc-standardin mukaisesti sisältää aina sama tieto. Näin järjestelmien- ja laitteistojen suunnittelijat eivät ole voineet itse päättää mitä tietoja mil-läkin Labelilla näytetään.

Kun käytetään Milbus-databasea, tulee ottaa huomioon helikopterin konfiguraatio, sillä Milbus-sanomien sisältöä ei ole standardissa määritelty. Tämän vuoksi kaikki eri konfi-guraatiossa olevat kopterit saattavat erota toisistaan ja niinpä niissä tulee käyttää aina kopterille sopivaa databasea. Esimerkkinä tästä alla olevassa taulukossa 9 on esitettyä TTT-IM- ja FOC-konfiguraation mission-väylällä olevat laitteet ja niiden osoitteet.

TAULUKKO 9. FOC- ja TTT-IM konfiguraation missionväylän laitteet ja osoitteet.

DELETED NATO CLASSIFIED

Laitteiden osoitteisto ei ole ainoa ero, joka eri konfiguraatioiden välillä voi olla. Eroja voi olla esimerkiksi pyydetyn datan sisältö. Jos esimerkiksi FOC-version databasea käytetään TTT-IM kopterissa voi tulos olla seuraava: Vakoiltava tieto on TXR:ltä pyydetty tutkan suuntatieto, niin tulkattu saatu tieto onkin Flir:n kulma.

Databaset Milbus- ja Arinc429-väylille NH90-kokoonpanoon on toimittanut ja tuottanut Eurocopter. Database on .txt tai .mdb tiedostona. Yksi tekstitiedostomuotoinen database Arinc-väylälle koostuu 23 tiedostosta. Yksi database saattaa sisältää useampien kuin vain yhden laitteen lähettävät sanomat. Nämä eri laitteiden lähettämät sanomat ovat eroteltu toisistaan referenssinumeroiden avulla.

Milbus-väylän databaset sisältävät kaikki yhdellä väylällä liikkuvat sanomat.

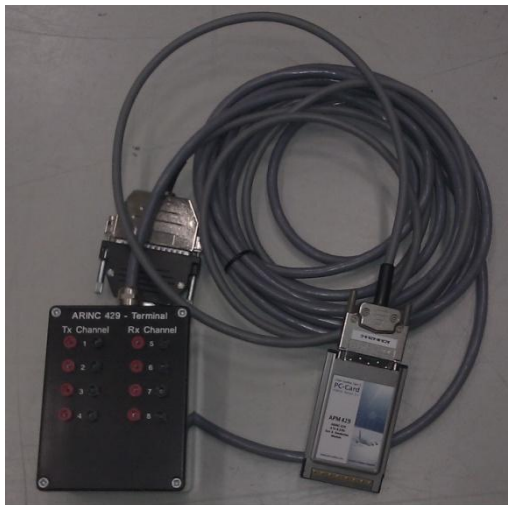
6.2 Artist-ohjelman pikaohje

Pitkäaikaisena ongelmana NH90-kokoonpanossa on ollut Artist-ohjelman käytön ohjeistamattomuus. Ohjelma, sekä Artist-pc:t ovat aikanaan Puolustusvoimien Eurocopterilta ostamat. Ohjelman käyttökoulutusta ei Eurocopterin taholta ole toteutettu, sillä ohjelmisto ja laitteisto on tilattu tukemaan maatestausta. Maatestaukseen tarvittavat ohjeet löytyvät tapauskohtaisesti testiohjeistuksesta. Tämän vuoksi vianhakutilanteissa on ohjelman käyttö ollut enemmän tai vähemmän perimätiedon varassa.

Ohjelman käyttö vianetsintätilanteissa on todettu erittäin hyväksi. Helikopterin oma vikadiagnostiikkajärjestelmä antaa toki tiedon vikaantuneista järjestelmistä, mutta diagnostiikka saattaa antaa vikakoodin, joka kertoo esimerkiksi polttoainejärjestelmän viasta, mutta ei välttämättä kerro, mikä laite tai anturi polttoainejärjestelmässä on vikaantunut. Tässä tilanteessa väylävakoiilu helpottaa vianetsintää, koska ohjelmalla pystyy näkemään kaikki laitteiden lähettämät sanomat ja näin ollen saa tarkemman kuvauksen vian aiheuttajasta.

Artist-ohjelma on käytössä tällä hetkellä vain NH90-kokoonpanossa hallissa, mutta tulevaisuudessa se tai joku muu vastaava ohjelma olisi hyvä ottaa käyttöön myös Utin helikopteri huollossa. Tämän vuoksi tein liitteenä olevan pikaohjeen ohjelman mielestäni tarpeellisimpien toimintojen käytöstä, sekä ohjeen ohjelman asentamiseksi. Ohje tulee olemaan hyödyksi kun kokoonpanoon tai huoltoon tulee uusia asentajia, jotka eivät ole ohjelmaa vielä käyttäneet.

Ohjetta kirjoittaessa asensin ohjelman kannettavalle tietokoneelle, jossa ohjelmaa ei vielä ollut. Ongelmaksi tässä tuli ohjelman tarvitsevien sovitinkorttien puuttuminen Patrialta. Tarvittavat kortit sain lainaksi Eurocopterilta. Kortit ovat AIMin valmistamia PCMCIA-kortteja, jotka luovat tarvittavan rajapinnan kopterin ja PC:n välille. Kuvassa 6 ja 7 Arinc- ja Milbus-sovitinkortit ja testijohdot.



KUVA 6. Arinc-väylän tutkimiseen tarkoitettu sovitinkortti ja testijohdot



KUVA 7. Milbus-väylän tutkimiseen tarkoitettu sovitinkortti ja testijohdot

6.2.1 Ohjelman asennus

Ohjelman asennus onnistui helposti Artist-ohjelman mukana tulleen asennusohjeen mukaisesti. Ohjelman asennuksen yhteydessä pystyy määrittämään asennettavat moduulit, mutta myös määrittämään ne moduulit, jotka näytetään oletuksena aina ohjelman käynnistäessä. Tästä syystä huomioin myös ne moduulit, joita ei NH90-osastolla ole koskaan käytetty.

Ainoaksi ongelmaksi tulivat korteille vaadittavat ajurit. Artist-ohjelma on ilmeisesti suunniteltu tunnistamaan ja toimimaan vain tiettyjen ajurien, sekä korttien kanssa. Korttien kanssa ei ongelmaa ollut, mutta AIM-online Internet sivuilta lataamani korteille sopivat uusimmat ajurit toimivat hienosti Windows käyttöjärjestelmäympäristössä, muttei Artist-ohjelmassa. Kortit sain toimimaan, kun kopioin ajurin tarvitsemat tiedostot tietokoneelta, jossa Artist jo toimi. Tästä päätin, että Eurocopter on jollakin tavalla modifioinut ajurin tiedostoja, tai että ohjelma toimii ainoastaan tiettyjen ajureiden kanssa. Tästä syystä suosittelen vahvasti koneissa jo olevien ajuritiedostojen varmuuskopiointia. Asennusohje on kirjoitettu osaksi Artist-pikaohjetta liite1 kappale 3.(Ainoastaan Patrian versiossa.)

6.2.2 Pikaohje Artistin käyttöön

Ohjeen kirjoittamisessa otin lähtökohdaksi suorittaa kaikki tarvittavat tehtävät, jotta ohjeesta tulisi tarkoituksenmukainen. Aloitin vaadittavien asetusten selvittämisen käyttämällä sitä kannettavaa tietokonetta, johon olin juuri Artistin asentanut. Tämä siksi, että jos ohjelmassa on joitain asetuksia, jotka tarvitsee asettaa, niin eivät ne ole vielä valmiina. Minulla oli jo lähtötilanteessa kohtuullinen kokemus ohjelman käytöstä, joten pystyin aloittamaan ohjeen kirjoittamisen heti. Artist-pikaohje liitteenä liite1. (Ainoastaan Patrian versiossa.)

Ohjetta kirjoittaessa tein aina samanaikaisesti ohjeen mukaiset toiminnot. Tällä tavalla testasin myös samalla ohjeen, sekä ohjelman toimivuuden. Esimerkiksi kun pikaohjeen luvussa 1.1 kerrotaan kuinka tehdään Arinc-vakoilu, kokeilin sen toimivuuden simuloi-

malla samanaikaisesti toisella Artist-pc:llä vakoiltavia tietoja. Nämä kaksi tietokonetta olivat siis kytkettynä toisiinsa Arinc-väylän avulla.

Kirjoittaessani ohjeeseen kappaletta display-moduulin käytöstä, huomasin moduulin käyttökelpoisuuden vianetsintätarkoitukseen hyväksi. Tätä moduulia ei kokoonpanossa ole usein käytetty, koska testausohjeissa ei ole mainintaa kyseisen moduulin käytöstä. Näin ollen tietoisuus moduulista on ollut hyvin pienellä piirillä.

Display-moduulin näkymään voi itse valita haluamansa Labellit tai vain osan niiden sisällöstä, jos näin haluaa. Tämän moduulin käyttäminen helpottaa suuresti väylien vakoilua esimerkiksi maakäytön aikana, jossa vakoiltavia Labelleja on useita, mutta näistä vakoiltavien bittien määrät vähäisiä. Näkymässä pystyy itse määrittämään haluttujen tietojen paikat. Yhteen näkymään voi myös valita useilta eri kanavilta saatavia sanomia.

Ohjeen kappaleessa 1.6 määritetty nauhoituksen toistomahdollisuus on toinen ohjelman sisältämistä toiminnoista, joita ei osastolla ole käytetty. Tällä ominaisuudella pystytään helpottamaan vian etsintää, jos vakoilun aikana on otettu myös väylästä nauhoitus. Väylää vakoiltaessa ei voi aina nähdä kaikkia haluttuja tietoja yhdenaikaisesti, ja niinpä mahdollisuus, ettei hetkellistä vikaa havaita, kasvaa. Käyttämällä toisto-ominaisuutta voidaan esimerkiksi maakäytön aikaista vikaa tutkia uudelleen halliolosuhteissa.

Kaikkia NH90-helikopterin järjestelmiä ei saa täysin käyttöön halliolosuhteissa. Tämä johtuu esimerkiksi siitä, että moottoreiden täytyy olla käynnissä. Tähän ongelmaan toimii myös Artistin nauhoitustoiminto. Kun nauhoitus on tehty moottoreiden käydessä, Artist-ohjelma tallentaa kaikki kyseisellä väylällä liikkuvat sanomat. Jos tämä nauhoitus toistetaan, eli simuloidaan helikopterin väylään halliolosuhteissa, saadaan kopteri luulemaan moottoreiden olevan käynnissä ja näin voidaan järjestelmää testata vaikka moottorit eivät oikeasti kävisikään. Tämänlaisen simuloinnin voi tehdä myös itse, mutta se vaatii enemmän tietoa moottoreiden lähettämästä sanomasta.

Ohjeessa on edellä mainittujen toimintojen lisäksi kerrottu kuinka luodaan Arinc-simulointi. Myös Milbus-väylän simulointi on ohjelmalla mahdollista, mutta ohjeeseen

en sitä kirjoittanut, koska NH90-kokoonpanossa sitä ei ole tähän mennessä koskaan tarvittu.

6.2.3 Pikaohjeen testaaminen

Olin testannut kaikki ohjeen toiminnot ohjetta laadittaessa. Koska minulla oli jo valmiiksi Artist-ohjelman käyttökokemusta, ajattelin että saatan tehdä jonkun toiminnon ns. automaattisesti. Tästä syystä laadin testausohjeen liite2 (ainoastaan Patrian versiossa.), jonka suorittamiseen tarvitsee käyttää tekemääni Artistin pikaohjetta.

Testauksen suorittamiseen pyysin testiasentaja J. Hanskin. Hanski oli hyvä henkilö kokeilemaan tekemääni pikaohjetta, koska hänellä ei ollut vielä pitkäaikaista kokemusta Artistin käytöstä.

Testausta suoritettaessa en puuttunut asioihin, vaan seurasin testausta sivusta. Ainoa hetki kun minun oli puututtava testaukseen, oli Arinc-sanomaa simuloitaessa. Tämä siksi etten ollut ottanut huomioon kaikkia simuloitavia parametrejä, jolloin ohjeesta puuttuivat ne parametrit, jotka käynnistävät kuormakoukun näytöllä. Tämä on hyvä esimerkki simuloinnin hankaluudesta, ja siitä mitä kaikkia parametrejä on huomioitava, koska itse laite ei lähetä mitään, vaan kaikki tarvitsee määritellä itse.

Kun testaus oli suoritettu, piti minun lisätä pikaohjeeseen hieman kuvia, jotka helpottavat ja selventävät ohjeen lukemista.

6.3 Tulevaisuuden kehitysmahdollisuudet

Myös tulevaisuudessa Artistin käyttö tulee olemaan vianetsinnän yhteydessä tärkeässä roolissa. Mahdollisuuksien mukaan Artistin uusimmat päivitykset olisi hyvä asentaa kaikille Artist-Pc:ille.

Mikäli Artistin päivityksiä ei ole saatavilla, löytyy markkinoilta toisia väylän tutkimiseen suunniteltuja ohjelmia. Tämänlaisia ohjelmia on esimerkiksi AIM:n suunnittelema PBA.pro tai Datasims, joka on Saksan Eurocopterilla ollut käytössä.

6.3.1 PBA.pro

Tutustuin opinnäytetyötä tehdessä PBA.pro -ohjelmaan lataamani 30 päivän kokeiluversion avulla. Ohjelma näyttäsi olevan hyvä NH90-kokoonpanon tarpeisiin, ja ohjelman voi ostaa myös light-versiona, jossa käytettävät ominaisuudet ovat väylän vakoilu ja tallennus. Light version ominaisuudet riittävät mielestäni kokoonpanossa käytettäviin Artist-pc:ille.

Ainoa ongelma PBA.pron käytössä on databaset, jotka on suunniteltu Artist-ohjelmalle. PBA.prohon pystyy tuomaan omia databaseja lähes missä muodossa tahansa, mutta näiden tuomiseen ohjelmaan täytyy osata python-ohjelmointikieltä. PBA.pron sisällä on oma skript-konsoli, jossa ohjelmoinnin voi suorittaa, mikäli ohjelmointikieli on tuttu. Kun kysyin ohjeita ohjelmointiin, AIM:n tekninen tuki lupautui kirjoittamaan tarvittavan ohjelmoinnin itse.

Toinen vaihtoehto on tuoda databaset ohjelman esimerkki databasen mukaisena. Tässä tapauksessa kaikki NH90-kokoonpanossa jo olevat databaset täytyy muokata vastamaan tätä esimerkki-databasea, joka sisältää ainoastaan yhden tiedoston. Omien databasejen muokkaaminen teettää suuren työn, sillä valmiit databaset koostuvat useammasta txt-tiedostosta, joista jokaisessa on jokin tärkeä tieto.

Toinen työn määrää lisäävä seikka on se, että databaseissa on käytetty referenssinumeroita selkeiden nimien tilalla. Esimerkiksi kun avaa yhden tiedoston, löytyy sieltä tieto, joka kertoo Labellin nimen ja referenssinumeron. Kun avaa toisen tiedoston, joutuu etsimään saman referenssinumeron, josta selviää Labellin sisältämät sanomat, sekä toisen referenssinumeron. Tämän toisen referenssinumeron avulla voi etsiä kolmannesta tiedostosta lähettävän laitteen ID:n ja nimen.

6.3.2 Datasims

Datasims ohjelmaa en opinnäytetyön aikana kokeillut. Luulisin, että Datasimsin kanssa ei välttämättä databaseihin liittyvää ongelmaa. Datasims-ohjelma on tai on ainakin ollut käytössä Saksan Eurocopterilla, joten sieltä olisi ehkä mahdollista saada valmiit databaseet kyseiseen ohjelmaan. Ongelma, joka Datasims-ohjelman kanssa saattaa tulla vastaan ovat, NH90- kokoonpanosta löytyvät sovitinkortit. Ne ovat AIM:n valmistamia, eivätkä ne näin ollen välttämättä toimi Datasims-ohjelman kanssa yhteen.

6.3.3 Itse tehty ohjelma

Pidin palaverin, johon osallistui lisäksi A.Koivisto, T.Kaarnais, V.Virtanen, H.Savonen, S.Ruokolainen, P.Niittynen. Palaverin aiheena oli miettiä voitaisiinko Patrialla kehittää oma ohjelma väylien reaaliaikaiseen tutkimiseen. Kun olin kertonut ohjelman vaatimukset, oli asiantuntijoiden Savosen ja Virtasen mielipide, että mikäli markkinoilta löytyy ohjelma, jolla reaaliaikaisesti voi väylää tutkia, ei samanlaista omaa ohjelmaa kannata itse tehdä. Mikäli vaatimus olisi ainoastaan tutkia väylältä saatuja nauhoituksia, olisi ohjelman luominen huomattavasti helpompaa.(Palaveri 26.2.2013)

7 POHDINTOJA

Artist-ohjelma on mielestäni hyvin toimiva ja kokoonpanon tarpeisiin sopiva. Nyt kun ohjeet sen käyttöön on luotu, en näe syytä, miksi sitä ei voisi myös jatkossa käyttää. Ohjelman tuki ehkä aikanaan loppuu, mutta Artist-ohjelmaa mielestäni kannattaa käyttää niin kauan kuin se on mahdollista, mutta kannattaa myös ottaa uusi ohjelma tämän rinnalle, jotta sitä opitaan käyttämään ennen kuin Artist poistuu.

Kun ohjelman käyttö loppuu, suosittelisin korvaavaksi ohjelmaksi AIM:n PBA.pron, koska se sisältää samat ominaisuudet kuin Artist ja hieman enemmän. Siinä on oskilooskooppi-toiminto Milbus 1553b:tä varten. Tällä ominaisuudella pystyy sanomien tutkimisen yhteydessä tutkimaan myös saapuvan pulssin muotoa ja tasoa. Tämänlainen ominaisuus on hyödyksi huollon yhteydessä kun, helikopteri on ikääntynyt. Kun kopterilla on lennetty satoja tunteja, alkavat kaapelit ja niiden suojaukset vanhentua, jolloin pulssin muoto ja taso ei välttämättä ole enää entisensä. Vanhentuminen saattaa vaikuttaa sanomien hylkäämiseen tai muuhun ei-toivottuun tapahtumaan. Tosin tämän oskilooskooppi-toiminnon käyttäminen vaatii tietynlaisen sovitinkortin, jota tällä hetkellä ei NH90-kokoonpanosta löydy.

Toinen syy joka tukee PBA.pron valintaa, on NH90- kokoonpanosta löytyvät sovitinkortit, jotka niin kuin aiemmin mainitsin, ovat kaikki AIM:n valmistamia. Näille kortteille tuotetuki AIM:n puolesta on voimassa. AIM on myös luvannut luoda uusia ajureita, mikäli uusia käyttöjärjestelmiä tulevaisuudessa tulee. Ottamalla käyttöön tämän ohjelman voisi vanhentuneet Artist-Pc:t päivittää vastaamaan nykyajan vaatimuksia.

Oman ohjelmiston reaaliaikaiseen väylävaikoiiluun on liian työlästä, mutta ohjelman jolla voisi ainoastaan, analysoida väylältä otettuja tallennuksia ei. Mielestäni tämänlainen ohjelma voisi olla hyödyksi, esimerkiksi kun on ongelmia Milbus:n kanssa. Milbus:ia voi Suomen NH90-helikopterissa tallentaa suoraan kopterin omalla laitteella eli ADR:llä (Aircraft Data Recorder). Tämä tallennus tapahtuu pelkkänä raakadatana, jonka tulkitseminen on vaikeaa.

LÄHTEET

Aim GmbH 2010. MIL-STD-1553 Tutorial PDF. Milbus yleisesittely tulostettu 29.11.2012 www.aim-online.com/pdf/OVW1553.PDF

Aim GmbH 2010. ARINC429 Specification Tutorial PDF, Arinc429 yleisesittely tulostettu 29.11.2012 www.aim-online.com/pdf/OVIEW429.PDF

Alkkionmäki, E 2009. MIL-STD 1553:n soveltaminen teollisuuden turva-automaatioon, Diplomityö, Tampereen teknillinen yliopisto.

Condor Engineering 2004. MIL-STD-1553 Tutorial PDF, tulostettu 8.2.2013, <http://www.ecrin.com/embedded/downloads/MIL-STD-1553-Tutorial.pdf>

Eurocopter 2005. Testausohje NH90 Core milbus TS SXXXAXXXXE01 iss.X

Eurocopter 2004. Testausohje NH90 Mission milbus TS SXXXMXXXXE01 iss.X

Eurocopter 2011. Tyypikurssimateriaali helikopterin mitat 06-dimensions&areas.PDF

Haastattelu J.Vanhatalo 28.3.2013

Palaveri 26.2.2013. Läsnä Eero Ylinen, Antti Koivisto, Tapani Kaarnais, Henri Savonen, Ville Virtanen, Pauli Niittynen, Simo Ruokolainen.

Patria Intranet. AVInet. Ei julkinen. Luettu 13.2.2013

Patria -konsernin esittely. Patrian kotisivut. Luettu 13.2.2013 [.http://www.patria.fi](http://www.patria.fi)

ZHHKTECH Co.ltd 2005. ARINC429 Protocol Tutorial PDF. Arinc429 yleisesittely, tulostettu 22.1.2013 http://www.1553b-arinc429.com/uploadfiles/techfiles/ARINC-429_Protocol_Tutorial.pdf

LITTEET