

MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

ALKEISLENTOKOULUTUSSIMULAATTORIN OPPILAAN YMPÄRISTÖ

Kandidaatintutkielma

Kadetti
Jussi Nokso

Kadettikurssi 93
Ilmasotalinja

Huhtikuu 2009

MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

Kurssi	Linja
Kadettikurssi 93	Ilmasotalinja
Tekijä	
Kadetti Jussi Nokso	
Tutkielman nimi	
Alkeislentokoulutussimulaattorin oppilaan ympäristö	
Oppiaine, johon työ liittyy	Säilytyspaikka
Sotatekniikka	Kurssikirjasto (MPKK:n kirjasto)
Aika 29.04.2009	Tekstisivuja 33 Liitesivuja 3
TIIVISTELMÄ	
<p>Tässä tutkielmassa pohditaan alkeislentokoulutusvaiheen asettamia vaatimuksia lentosimulaattorille sekä erilaisia teknisiä toteutustapoja, joilla näihin vaatimukseen voitaisiin vastata.</p> <p>Toteutustapojen arviointi on suoritettu Ilmavoimien koulutustarpeet huomioiden low-cost -konseptin näkökulmasta. Tutkielma on rajattu koskemaan oppilaan ympäristöä, joka käsittää seuraavat aihealueet: ohjaamoympäristö, visuaali ja image generation sekä maasto ja 3d-mallit.</p> <p>Kadetti Luukkanen tutkii omassa tutkielmassaan ”Alkeislentokoulutussimulaattorin kouluttajan ympäristö ja lentomalli” samaa aihealuetta kouluttajan ja koulutuksen näkökulmasta. Nämä työt muodostavat yhdessä perusteet uuden alkeislentokoulutussimulaattorin suunnittelulle Ilmavoimien tarpeisiin.</p> <p>Tutkimusongelmia ovat Ilmavoimien alkeislentokoulutuksen asettamat vaatimukset simulaattorikoulutukselle sekä ehdot, joilla kustannustehokas simulaattori voidaan toteuttaa. Tutkimusmetodina käytän tutkimuksessa aineistoanalyysiä sekä asiantuntijahaastatteluja. Tutkimuksen lähteenä on käytetty lentokoulutusohjelmia, ohjaajan ohjetta sekä rakenneselostusta, asiantuntijahaastatteluja ja vierailuja eri simulaattoriosastoilla.</p> <p>Tutkimuksen tuloksina saadaan vaatimukset, jotka Ilmavoimien alkeislentokoulutus simulaattorille asettaa, sekä millä teknisillä toteutustavoilla näihin vaatimukseen pystytään kustannustehokkaasti vastaamaan.</p>	
AVAINSANAT	
simulaattorit, ilmavoimat, lentokoulutus, lentosimulaattori	

SISÄLLYSLUETTELO

1. Johdanto.....	1
2. Tutkimuksen taustaa	2
3. Tutkimuksen tulokset.....	4
3.1. Ohjaamokomponenttien määrittely	4
3.1.1. Rajapinta	5
3.1.2. Ohjaamomaketti	6
3.1.3. Ohjaimet.....	16
3.1.4. IO –vaatimukset	20
3.1.5. Yhteenveto ohjaamokokoonpanosta	21
3.2. Visuaalijärjestelmä ja Image Generation.....	22
3.2.1. Ohjaamoympäristö	24
3.2.2. Visuaalin toteutustapa	25
3.2.3. Image Generation	26
3.3. Tarvittavat maasto- ja 3D-grafiikka-mallit.....	28
3.3.1. 3D-mallit	28
3.3.2. Maastomallit.....	30
4. Yhteenveto.....	32
Lähteet.....	34
Liitteet	36

ALKEISLENTOKOULUTUSSIMULAATTORIN OPPILAAN YMPÄRISTÖ

1. JOHDANTO

Simulaattorikoulutus on ollut lentokoulutuksen apuvälineenä jo pitkään johtuen kalliista lentokalustosta sekä vaativasta toimintaympäristöstä. Kallis lentokoulutus pyritään antamaan mahdollisimman pitkälle simulaattorilla, jolloin ilmassa harjoitellaan vain asioita, joiden opettaminen simulaattorissa on hankalaa tai tehotonta. Nykyään ollaan tilanteessa, jossa jo perämiehen ensimmäisellä lennolla voi matkustajakone olla täynnä matkustajia. Tähän tilanteeseen on tultu simulaattoritekniikan kehityksen mahdollistamana.

Ilmavoimien alkeislentokoulutussimulaattorien nykytila on erittäin heikko, koulutuskalusto on peräisin 80-luvulta ja se on ikääntymisen vuoksi tullut alttiiksi vikaantumisille. Vanhanaikaisuutensa vuoksi simulaattoreilla ei pystytä kouluttamaan kovin kattavasti ja tehokkaasti verrattuna nykyaikaiseen simulaattorikalustoon. Esimerkkinä nykykaluston rajoitteista voidaan mainita muun muassa visuaalin puuttuminen kokonaan. Lisäksi simulaattorikalusto vastaa lentomalliltaan sekä ohjaamojärjestelyiltään nykyistä alkeislentokonettamme vain vähän.

Nykyinen globaali taloustilanne koskettaa myös Ilmavoimia, joten alkeislentokoulutuksessa on pyrittävä kustannustehokkuuteen. Päivittämällä simulaattorikalusto nykyaikaan voitaisiin simulaattorikoulutusta laajentaa kattamaan perus- ja mittarilentämisen lisäksi esimerkiksi osia hätätoimenpidekoulutuksesta. Kun oppilaat harjoittelisivat simulaattorikoulutuksesta lähtien autenttisessa ohjaamoympäristössä, olisi oppimisen siirtovaikutus parempi ja sitä kautta oppilailla olisi paremmat valmiudet siirtyä lentämään oikeaa konetta. Nykyisen simulaattorikaluston korvaamisen tarkoituksena ei ole korvata lentoja oikealla koneella, vaan parantaa lentokoulutuksen tasoa [7].

Tietotekniikan nopea kehitys viime vuosina on mahdollistanut melko kehittyneiden simulaatio-ohjelmistojen suorittamisen kotitietokoneilla. Tietokonepelien kehitys on osaltaan auttanut lentosimulaattorien kehitystä ja nykyisin ero kotikäyttöön tehdyillä lentosimulaattoreilla sekä kaupallisilla koulutuskäyttöön suunnitelluilla verrokeillaan on varsin pieni ja osin häilyvä. Hyvä esimerkki on Microsoft Flight Simulator X ja sen pohjalta kaupalliseen käyttöön tehty versio Microsoft ESP. Toisena esimerkkinä voidaan mainita X-plane, joka on suunniteltu kotikäyttöön, mutta joka on käytössä simulaatio-ohjelmistona muun muassa Ruotsin ilmavoimien alkeislentosimulaattorissa.

2. TUTKIMUKSEN TAUSTAA

Tämän tutkimuksen ensimmäisenä rajauksena on, että simulaattorin loppukäyttäjänä toimii Ilmavoimat, ja siten Ilmavoimien lentokoulutusohjelmat sanelevat vaatimukset simulaattorille. Lähden pohtimaan tarvittavaa ohjaamokokoonpanoa ajatuksesta, jonka mukaan simulaattorin pääasiallisena koulutusalueena pysyy jatkossakin mittari- ja tyyppilentokoulutus huomioiden kuitenkin tavoite laajentaa hätätoimenpidekoulutus osaksi simulaattorikoulutusta. Näillä rajauksilla osasto-, taito- ja suunnistuslentokoulutuksen vaatimukset voidaan jättää huomiotta. Toisena suurena rajauksena on tutkielman keskittyminen ainoastaan alkeislentokoulutussimulaattorin vaatimuksiin ja ominaisuuksiin, joita nykyinen Ilmavoimien alkeislentokonekalusto asettaa. En siis lähde tässä tutkielmassa pohtimaan vaatimuksia, joita alkeislentokoulutus tulee tulevaisuudessa konekaluston uudistamisen myötä simulaattorikoulutukselle asettamaan. Kolmantena rajaavana tekijänä toimii hankintahinta sekä käyttökustannukset ja niiden myötä simulaatioalustaksi valikoitunut PC-pohjainen simulaatiojärjestelmä.

Työn tilaaja on Patria Systems, joka on tehtävänannossaan rajannut tämän tutkielman käsittelemään seuraavat kolme aihealuetta:

1. Tarvittava ohjaamokokoonpano
2. Visuaalijärjestelmä (sisältäen IG:n)
3. Tarvittavat maasto- ja 3D-grafiikkamallit

Tehtävänannon mukaan tässä tutkielmassa tulee arvioida, täyttääkö Microsoft ESP -ohjelmisto simulaattoriohjelmistolle asetettavat vaatimukset. Näiden aihealueiden perusteella olen määrittänyt tutkimusongelmat tähän tutkielmaan. Tutkimusongelmia ovat, mitä vaatimuksia Ilmavoimien alkeislentokoulutus asettaa simulaattorikalustolle sekä millä ehdoilla voidaan toteuttaa kustannustehokas alkeislentokoulutussimulaattori. Pohdin siis niitä vaatimuksia, joita alkeislentokoulutus asettaa tällä hetkellä sekä lähitulevaisuudessa alkeislentokoulutussimulaattorille ja millainen simulaattorin tulisi ominaisuuksiltaan olla, että näihin vaatimuksiin pystyttäisiin vastaamaan.

Pyrin myös pohtimaan, mikä simulaattorissa on koulutuksen, oppimisen ja siirtovaikutuksen kannalta olennaista. En kuitenkaan ota kantaa, miten laitteella tulisi opettaa ja kouluttaa enkä myöskään pohdi, mitä vaatimuksia se kouluttajalle asettaa.

Tutkimusmetodina olen käyttänyt tutkimuksessa aineistoanalyysiä ja asiantuntijahaastatteluja. Julkisia tutkimuksia lentosimulaattoreiden toteuttamisesta on tehty erittäin vähän, minkä vuoksi en ole pystynyt tutkielmassani hyödyntämään juuri muita tutkimuksia, vaan olen käyttänyt valmistajien tuottamia dokumentteja laitteista ja ohjelmistoista. Tällaisiin dokumentteihin tulee suhtautua aina varauksella eri tuotteiden todellisia ominaisuuksia pohdittaessa. Tällaisissa tapauksissa olen vertaillut Internetistä lukemiani käyttäjäkokemuksia ja lisäksi minulla on ollut mahdollisuus joidenkin tuotteiden testaamiseen henkilökohtaisesti saadakseni todennukaisen kuvan eri laitteiden ja ohjelmistojen ominaisuuksista.

Asiantuntijoina olen haastatellut alkeislentokoulutuksesta vastaavia lennonopettajia sekä Ilmavoimilta että Patria Aviationilta simulaattorin tarvittaviin ominaisuuksiin liittyen. Olen vierailut ja tutustunut tämän tutkielman teon puitteissa seuraaviin simulaattoreihin ja simulaattoriosastoihin: Kuopion WTSAT -simulaattoriosasto, Finnairin simulaattoriosasto, Ruotsin ilmavoimien SK60-simulaattoriosasto, Avia Collegen -simulaattorit(lento- ja lennonjohdosimulaattorit), Malmin ilmailukerhon Cessna-simulaattori sekä Hornetin huoltosimulaattori. Edellisten lisäksi Ilmavoimien Vinka ja Hawk-simulaattorit ovat tulleet tutuksi lentokoulutuksen myötä.

Tämä työ muodostaa kokonaisuuden yhdessä kadetti Luukkasen tekemän tutkielman ”Alkeislentokoulutussimulaattorin kouluttajan ympäristö ja lentomalli” kanssa. Työssään kadetti Luukkanen pyrkii vastaamaan seuraaviin aihealueisiin: simulaatio-ohjelmisto ja lentomalli, kouluttajan ympäristö sekä lentotehtävien määrittely.

3. TUTKIMUKSEN TULOKSET

Tässä luvussa käydään läpi simulaattorin alkeislentokoulutuksen kannalta oleelliset ominaisuudet ja niiden toteutustavat. Eri ominaisuuksien tarpeellisuutta on pohdittu lentokoulutusohjelmien sekä asiantuntija-arvioiden perusteella.

3.1. Ohjaamokomponenttien määrittely

Vinka on Ilmavoimien käyttämä yksimoottorinen, alatasoinen ja kolmipaikkainen alkeiskoulutusvaiheessa käytettävä lentokone. Se on mittarilentokelpoinen mittarivarustuksensa puolesta, joskaan lentämistä jäätävissä olosuhteissa ei suositella puutteellisen jäätymiseneston vuoksi. Koneessa on kahdennetut lennonvalvontamittarit oppilasta ja opettajaa varten. Opettaja ja oppilas istuvat koneessa vierekkäin. Konetta ohjataan sauvalla ja polkimilla [15].

Ohjaamokokoonpanoa pohdittaessa merkitsevää on simulaattorin käyttötarkoitus. Menetelmätaidot, kuten mittarilähestymismenetelmien perusteet, kehittyvät jo hyvin yksinkertaisilla ja pelkistetyillä laitteilla, mutta toisaalta hyvin vähän todellisuutta muistuttavilla laitteilla ei voida oppia vaativia motorisia taitoja, vaan niiden kehittyminen vaatii fyysisesti ja teknisesti autenttisia simulaattoreita. On myös muistettava, ettei simulaattorikoulutuksella pyritä opettamaan oikeaa toimintaa simuloituissa olosuhteissa, vaan oikeassa tilanteessa [11]. Tässä tutkielmassa on tarkoitus pohtia, millä kokoonpanolla saavutettaisiin paras kustannus-oppimistulos -suhde tavoitteisiin nähden.

Simulaattorin ja lentokoneen välillä olevat havainnoinnin samankaltaisuudet ovat ratkaisevia oppimisen kannalta. Tämä tarkoittaa, ettei merkitsevää ole ainoastaan fyysinen yhdenmukaisuus, vaan toiminnallinen yhdenmukaisuus on yhtä tärkeää [11].

Ohjaamokokoonpanoa pohdittaessa eri lentolajit asettavat erilaiset vaatimukset: mittarilentokoulutus sanelee pitkälti vaatimukset mittarivarustukselle, kun taas tyyppikoulutus asettaa vaatimukset ohjaustuntumalle sekä toiminnallisuudelle [12] [13]. Simulaattorin ohjaamokoonpanon sisältämien laitteiden määrän sanelevat tämän hetkiset lentokoulutusohjelmat sekä ne koulutustavoitteet, joihin simulaattorikoulutuksella halutaan vastata. Simulaattorilla halutaan kouluttaa tehokkaasti ne asiat, jotka niillä koulutetaan nykyisinkin, kuten mittarilentämissen ja mittarilähestymisten harjoittelu sekä koneen peruskäsittely. Näihin koulutuksen osa-alueisiin liittyvät laitteet on toteutettava simulaattoriin toiminnallisina. Simulaattorikoulutusta halutaan kuitenkin laajentaa tulevaisuudessa koskemaan myös osaa hätätoimenpidekoulutuksesta [7] [8] ja siksi siihen liittyvät ohjaamokomponentit on toteuttava vähintään dummy-komponentteina.

3.1.1. Rajapinta

Simulaattoriohjelmiston ja fyysisten ohjaamokomponenttien välinen toiminta vaatii jonkinlaisen rajapinnan toimiakseen. Koska tähän tutkimukseen on määritelty simulaattoriohjelmiston tarkastelulähtökohdaksi MS ESP -järjestelmä, se asettaa muutamia rajoituksia rajapinnan välille.

Alkeislentokoulutussimulaattori ei ole rajapinnan suhteen kovinkaan vaativa järjestelmä. Rajapinnan tulee mahdollistaa erilaisten kytkinten asentotietojen välitys, mahdollistaa erilaisten näyttölaitteiden käyttäminen sekä ohjainten toteutustavasta riippuen mahdollistaa joko yksitai kaksisuuntainen tiedonvälitys primääristen ohjainlaitteiden ja simulaatio-ohjelmiston välillä. Kytkinten ja näyttölaitteiden lukumäärä on kuitenkin verrattain vähäinen, eikä rajapinnan ole tarpeellista tukea esimerkiksi liikejärjestelmää.

Yhtenä vaihtoehtona olisi suunnitella ja toteuttaa rajapinta alusta saakka itse, mutta se on kallista sekä monimutkaista ja voidaankin sen vuoksi sulkea pois tarkastelusta kannattamattomana. Microsoftin Flight Simulatoriin on jo vuosia ollut saatavilla muutamia rajapintoja harrastelijoiden toteuttamana. Niiden etuna on edullinen hinta ja yleensä niiden konseptit on testattu toimiviksi monien käyttäjien toimesta. Markkinoilla on myös erilaisten simulaattoreihin erikoistuneiden yritysten toteuttamia rajapintoja, mutta ne ovat kuitenkin usein melko kalliita kokonaisuuksia ja soveltuvat yleensä yhdelle tietylle simulaatio-ohjelmistolle. Tällaiset rajapinnat mahdollistavat sellaisten ominaisuuksien toteuttamisen, joille ei alkeislentokoulutusvaiheen simulaattorissa ole tarvetta.

Kaksi yleisintä rajapintaa harrastelijakäytössä viime vuosina ovat olleet FSBUS ja IOCards. Ne ovat perustoiminnoiltaan hyvin samankaltaisia. IOCards:lla on kuitenkin hieman uudempana rajapintana helpompi liitettävyys ohjainkorttien USB-liitäntöjen kautta. Sillä on myös nykyisellään erittäin aktiivinen rakentelijayhteisö, mikä takaa sille kohtalaisen hyvän dokumentaation ja tuen [3].

Olen tässä tutkielmassa ottanut lähtökohdaksi rajapintaa pohdittaessa juuri IOCards-kokonaisuuden edellä mainituista syistä johtuen. Rajapintana voidaan käyttää myös jotain toista järjestelmää, koska niistä monilla on pitkälle samoja ominaisuuksia. Eri rajapintojen syvälinen vertailu ei olisi ollut mahdollista kandidaatin tutkielman laajuudessa työssä eikä tilaaja sitä tehtävänannossa edellyttänyt.

Tässä työssä olen pohtinut lähinnä IOCards:in käyttöä erilaisten kytkinten ja ohjainten rajapintana. Tähän päädyin sen yleisyyden vuoksi, joka takaa hyvän tuen eri ohjelmakomponenttien kanssa. Kaikkien eri kytkinten, ohjainten ja pienten näyttöjen rajapintana, joita olen tässä tutkimuksessa käsitellyt, voidaan käyttää IOCards-ohjainkortteja, ellei asiaa käsittelevässä kohdassa toisin mainita.

3.1.2. Ohjaamomaketti

Oppilas ja opettaja istuvat Vinkassa vierekkäin ja molemmilla on omat lennonvalvontamittarit. Molempien mittaritaulujen alapuolella sijaitsee kytkinpaneeli, jossa sijaitsevat pääosa vipukytkimistä, lämpölaukaisimet sekä ilmastointivivut [15].

Koska simulaattorin kouluttajan ympäristö on tarkoitus toteuttaa erilleen oppilaan ohjaamoympäristöstä [5], ei ohjaamomaketin tarvitse olla kahdenistuttava, kuten oikean koneen ohjaamon. Tämä ratkaisu ei haittaa oleellisesti ohjaamoympäristön hallintalaitteiden toteuttamista siten, että oppilaan toimintaympäristö säilyy erittäin pitkälle oikeata lentokonetta vastaavana.

Oikeanpuoleinen mittaritaulu on Vinkassa opettajaa varten eikä mittaritaulun kahdentaminen ole tarpeellista simulaattoriin. On kuitenkin huomattava, että mikäli kierroslukumittari ja ahtopaine-/virtausmittari toteutetaan LCD-näytöllä, on se edullisempaa keskikokoisella näytöllä kuin pienellä näytöllä. Tässä tapauksessa näytöllä, jolla toteutetaan edellä mainitut moottorinvalvontamittarit, voitaisiin toteuttaa myös oikeanpuoleinen mittaritaulu.

Erityisesti tyyppilentokoulutusvaiheessa olisi oppimisen kannalta edullisinta, jos ohjaamomaketti muistuttaisi mahdollisimman paljon oikean koneen ohjaamoja tärkeimpien komponenttien osalta. Tällä tavoin saavutettaisiin paras mahdollinen oppimisen siirtovaikutus. Mikäli simulaattorilla halutaan harjoitella hätätoimenpiteitä, tulisi hätätoimenpiteissä käytettävien käyttölaitteiden sijaita samoilla paikoilla, missä ne ovat Vinkassa.

Hätätoimenpiteet voidaan jakaa karkeasti kahteen ryhmään: moottorin vikatilanteisiin, jotka vaativat yleensä erittäin nopeaa ja harjaantunutta toimintaa sekä muihin vikatilanteisiin, jotka taas liittyvät yleensä lentokoneen sähköisten laitteiden toimintahäiriöihin. Moottorin vikatilanteiden simulointia ei voida oikealla koneella suorittaa todenmukaisesti turvallisuussyistä, vaan niitä harjoiteltaessa oppilas osoittaa kädellään eri ohjainlaitteita ja kertoo, mitä hän vikatilanteen sattuessa tekisi. Simulaattorilla näitä toimenpiteitä voitaisiin harjoitella todenmukaisesti ja turvallisesti.

Muut kuin moottoriin liittyvät vikatilanteet eivät yleensä ole kovin kriittisiä nopean toimenpiteiden suorituksen suhteen eikä näiden hätätoimenpiteiden harjoittelu simulaattorissa olisi tästä syystä välttämätöntä.

Mittarivarustus

Alkeislentokoulutus- ja peruslentokoulutusvaiheen mittarilentokoulutuksessa harjoitellaan yleisen perusmittarilentämisen lisäksi erilaisia mittarilähestymismenetelmiä eri lähestymislaitteilla. Perusmittarilentäminen vaatii toimivat ja helposti luettavat lennonvalvontamittarit.

Vinka on mittarilentokelpoinen kone, jossa on kattava mittarivarustus. Vinkan mittarivarustus käsittää seuraavat laitteet:

Lennonvalvontamittarit:

1. Kello
2. Nopeusmittari
3. Keinohorisontti
4. Korkeusmittari
5. Kaarto- ja kallistusmittari
6. RMI
7. Variometri
8. Kiihtyvyyssmittari
9. Ristimittari

Moottorinvalvontamittarit:

10. Kierroslukumittari
11. Ahtopaine- ja PA-virtausmittari
12. Pikkumittarit
 - a. Öljynpainemittari
 - b. Öljynlämpömittari
 - c. Sylinterinpään lämpömittari
 - d. Polttoaineen määrämittari, vasen säiliö
 - e. Ampeerimittari
 - f. Polttoaineen määrämittari, oikea säiliö

Radio- ja suunnistuslaitteet:

13. VHF 1, GPS, VOR, ILS – Garmin GNS 430
14. VHF 2 – Dittel FSG 90
15. ADF – Collins 614L-12
16. DME – Collins IND 450
17. OTL – Garmin GTX 327
18. Sisäpuhelin ja marker - valot

[15]

Vasen mittaritaulu

Vasen mittaritaulu sisältää kaikki lentokoneen tärkeimmät mittarit lentotilan hallinnan kannalta. Näihin mittareihin kuuluvat nopeusmittari, keinohorisontti, korkeusmittari, kaarto- ja kallistusmittari, RMI(suuntahyrrä) ja variometri. Jotta simulaattorilla voitaisiin harjoitella edes peruslentämiseen liittyviä asioita, on edellä mainitut mittarit toteutettava jollain tapaa. Tämän kustannusluokan simulaattorin kohdalla järkeviä toteutustapoja on oikeastaan kaksi:

1. Vasen mittaritaulu voidaan toteuttaa kokonaisuudessaan (pois lukien kello) yhdellä 20 - 22 tuuman laajakuva LCD-näytöllä. Tässä tapauksessa järjestelmän toteutus on melko yksinkertainen ja sen myötä hallittavuus on helppoa. LCD-näytöllä toteutetun mittariston toteutuskustannukset ovat myös pienet, koska materiaalikustannukset muodostuvat ainoastaan LCD-näytöstä. Tämän lisäksi kustannuksia kertyy ainoastaan autenttisen näköisten mittarien ohjelmoinnin aiheuttamina työkuluina. Tämän toteutustavan huonoina puolina voidaan mainita, ettei mittarien syvyysvaikutelma vastaa täysin mekaanisia mittareita. Koska mittaritaulussa on kuitenkin myös nuppeja ja painikkeita mittareiden välissä, tulee näytön eteen asentaa esimerkiksi akryylilasinen levy, johon nupit ja painikkeet voidaan asentaa. Tämä toteutustapa asettaa omat rajoitteensa nuppien ja painikkeiden asennuksen vaatimalle syvyydelle.

Ruotsin ilmavoimat on juuri uusinnut alkeiskoulutussimulaattorikalustonsa. Heidän simulaattorinsa perustuu Saab 105 alkeiskoulutussuihkukoneeseen. He ovat toteuttaneet simulaattoreiden mittaritaulut kahdella suurella LCD-kosketusnäytöllä ja vain primääriset ohjainlaitteet on toteutettu mekaanisilla ohjainlaitteilla. Tämä toteutustapa on melko yksinkertainen, mutta sillä ei päästä samalle autenttisuuden tasolle, joka saavutetaan, kun laitteiden käyttökytkimet toteutetaan fyysisinä kytkiminä ja nappuloina. Kyseinen toteutustapa ei myöskään sovi kovin hyvin Vinkan käyttölaitteiden mallintamiseen johtuen useista monikerroksisista ja monitoimisista kierrettävistä kytkimistä.

2. Toinen toteutustapa vasemmalle mittaritaululle on toteuttaa mittarit servomittareina, jotka kytketään simulaation tuottavaan tietokoneeseen USB-väylän kautta. Tämän toteutustavan etuna on mittareiden erittäin tarkka yhdennäköisyys oikean lentokoneen mittareihin verrattuna. Myös mittareiden toimintaan liittyvät erilaiset nupit ja painikkeet ovat toteutettavissa juuri oikeankaltaisina ilman rajoituksia. Toteutustavan haittapuoliin lukeutuu kuitenkin korkeammat hankintakustannukset sekä mekaanisuudesta aiheutuva suurempi alttius vikaantumiseen pitkällä aikavälillä. Myös järjestelmän toteuttaminen vaatii jonkin verran enemmän työtä.

Vasen mittaritaulu sisältää edellä mainittujen mittarien lisäksi vielä suuntahyrrän, generaattorin ja akun varoitusvalot, kellon sekä RMI:n virheosoittimen.

Varoitusvalot

Vinkan vasemman mittaritaulun yläreunassa sijaitsee kolme varoitusvaloa: suuntahyrrän, generaattorin ja akun lämmön varoitusvalo. Varoitusvalot liittyvät pääsähköjärjestelmien häiriöihin ja ne testataan ennen jokaista lentoa. Varoitusvalot eivät ole tarpeellisia mittarilentämiseen tai moottorin vikatilanteisiin liittyen, eikä varoitusvalojen toteuttaminen toiminnallisesti ole siten tarpeellista.

Kello

Kello kuuluu lentokoneen pakollisiin varusteisiin ja sen toteuttaminen simulaattoriin on sitä myöten tarpeellista. Kello on oikeassa lentokoneessakin melko yksinkertainen laite ja sen vuoksi sen toteuttaminen simulaattoriin on yksinkertaista.

RMI:n virheosoitin

RMI:n virheosoitin osoittaa, koska hyrräkompassi korjaa näyttämänsä magneettisen kompassin antaman tiedon mukaan. Kyseisellä mittarilla on kuitenkin vain hyvin vähän merkitystä normaalin lentämisen kannalta eikä sen toteuttaminen ole lentokoulutuksen kannalta perusteltua.

RMI-painike

Vasemmassa mittaritaulussa sijaitsevalla RMI painikkeella valitaan suuntahyrrän vihreän nuolen näyttämä VOR:n ja GPS:n välillä. Koska Vinka-koulutuksessa RMI:n nuolta käytetään näyttämään nykyisellään ainoastaan VOR:n radiaalia, ei näppäintä käytetä kuin radioidennavigointilaitteiden testauksen yhteydessä. Tämän vuoksi näppäimen toteutus ei ole välttämätöntä nykyisen koulutusohjelman puitteissa. Koska on kuitenkin odotettavissa, että tulevaisuudessa tullaan käyttämään myös GPS-ominaisuutta koulutuksessa ja koska näppäimen toteuttaminen on yksinkertaista käyttäen alaslukittuvaa painiketta, se on kannattavaa toteuttaa.

Keskimmäinen mittaritaulu

Kiihtyvyydsmittari

Kiihtyvyydsmittari(G-mittari) sijaitsee Vinkan mittaristossa keskimmaisessä mittaritaulussa vasemmassa yläreunassa. Kiihtyvyydsmittari kuuluu mittareihin, joilla ei ole juuri merkitystä lentämisen kannalta muissa lentolajeissa kuin taitolennossa eikä sen toteuttaminen ole sen vuoksi tarpeellista simulaattoriin. Mittari on kuitenkin mahdollista toteuttaa samoin kuin vasemman mittaritaulun mittarit sisällyttämällä se LCD-näytön näyttöalueelle.

Ristimittari

Ristimittari on olennainen osa mittarilähestymismenetelmien lentämistä Vinkalla. Mittari toimii ILS liukupolun ja suunnan sekä VOR:n radiaalinen osoittimena ja siksi sen toteuttaminen on koulutuksen kannalta olennaista. Mittari on mahdollista toteuttaa joko servotoimisesti tai osana LCD-näytön näyttöaluetta. Toteutettaessa ristimittari osana LCD-näyttöä voidaan VOR:n radiaalinen valitsin toteuttaa esimerkiksi kiertonupilla, joka tunnistaa nupin pyöritys-suunnan. Tässä tapauksessa on varmistuttava, että ristimittariin voidaan valita haluttu radiaali riittävällä tarkkuudella. Normaalisissa lentotoiminnassa riittävän valintatarkkuuden voidaan katsoa olevan yksi aste.

DME-näyttölaite

Alimpana vasemmalla keskimmaisessä mittaritaulussa sijaitsee DME-näyttölaite. Tämä laite kuuluu VOR-lähestymisessä tarvittaviin laitteisiin. Laitteessa on yksi kaksiasentoinen vipukytkin virtakytkimenä, yksi kolmiasentoinen vipukytkin näyttömoodin valitsemiseen sekä nelinumeroinen digitaalinen näyttö.

Laitteen näyttö on mahdollista toteuttaa joko osana LCD-näytön näyttöaluetta tai omalla pienellä LCD/VFD -näytöllä. Lentokoulutusohjelmassa näyttölaitetta ei käytetä kuin osoittamaan etäisyyttä valitulta VOR/DME -majakalta, eikä moodivalitsin ole tämän vuoksi välttämätön toteuttaa.

DME-hold -painike

Keskimmäisessä mittaritaulussa DME-näyttölaitteen yhteydessä sijaitsee DME-hold painike. Sitä käytetään ILS-mittarilähestymisissä kentillä, joissa ILS-lähestymislaitteelta ei saada etäisyystietoa lukitsemaan DME-näyttölaitteeseen VOR:n taajuus. Painike on tarpeellinen toteuttaa myös simulaattoriin mittarilähestymisten harjoittelua varten. Painike on yksinkertainen toteuttaa käyttäen alaslukittuvaa painiketta.

ADF-käyttölaite

Ylimpänä keskellä Vinkan keskimmäisessä mittaritaulussa on ADF-käyttölaite, joka on Collins 614L-12 tyyppinen. Nykyisessä Vinka-simulaattorissa ADF-käyttölaite on toteutettu oikealla laitteella, joka toimii tietokoneohjatusti [1].

ADF on välttämätön laite NDB-mittarilähestymisessä. NDB-mittarilähestymismenetelmä on kuitenkin yleisesti käytössä olevista mittarilähestymismenetelmistä epätarkin ja sitä ollaankin hiljalleen poistamassa käytöstä. Kaikilla jatkokoulutuksessa käytettävillä kentillä ei kuitenkaan ole mahdollisuutta lentää VOR/DME-mittarilähestymisiä [2], vaan lähestymiset suoritetaan NDB-menetelmällä. Tämän lisäksi ADF-laitetta käytetään monilla lentokentillä ILS-lähestymisissä suuntasäteeseen hakeutumisessa. Näiden syiden vuoksi ADF-käyttölaite on tarpeellista toteuttaa simulaattoriin.

Toteutettaessa ADF-käyttölaite simulaattoriin, tulee sen käytön vastata oikean laitteen käyttöä koneessa. Laitetta käytetään kahdella kaksikerroksisella kiertokytkimellä, joilla valitaan majakoiden taajuudet. Lisäksi käytetään kaksiasentoista majakanvalintakytkintä halutun majakan valintaan sekä kaksikerroksista kiertokytkintä, jonka alemmalla osalla valitaan moodi ja ylempää osaa käytetään majakoiden tunnusäänten kuunteluun. Tarpeellisia toimintoja simulaattorikoulutuksen kannalta tarkasteltuna ovat kaikki edellä mainitut tunnusäänten kuuntelua lukuun ottamatta.

Vinkan ADF-käyttölaitteen kiertokytkimet ovat kaksikerroksiset ja ne kannattaa toteuttaa simulaattoriin vastaavanlaisilla kiertokytkimillä.

Kuten edellä todettiin, on Vinkan ADF-käyttölaitteessa mekaaniset taajuudenosoittimet. Harjoittelun kannalta ei kuitenkaan ole kovinkaan merkittävää, ovatko taajuudenosoittimet juuri samanlaiset kuin oikeassa koneessa olevassa käyttölaitteessa. Näin ollen taajuudenosoittimet ovat yksinkertaisimmin toteutettavissa kahdella aktiivimatriisinäytöllä tai 7-segmenttinäytöllä.

Garmin GNS430

Tärkein yksittäinen Vinkan navigointilaitte on Garmin GNS430. Laite toimii Vinkan ensisijaisena radiona ja VOR/DME ja ILS -käyttölaitteena sekä GPS-navigointilaitteena. Laitteen GPS-ominaisuutta ei ole kuitenkaan Vinkassa hyväksytty virallisesti navigointikäyttöön, eikä sitä VN1 ja VN2 -koulutusohjelmissa suunnistukseen käytetäkään [14] [15]. Välttämättömät toiminnot ovat näin ollen radiotaajuuksien sekä VOR/DME ja ILS -taajuuksien valinta. On kuitenkin odotettavissa, että tulevaisuudessa GPS-paikannusjärjestelmään perustuvat lähestymismenetelmät yleistyvät. Laite on erittäin monipuolinen, eikä sen kehittyneempien toimintojen opiskeluun ole ilmassa aikaa. Tästä johtuen olisi hyödyllistä, jos simulaattorissa voisi opiskella laitteen toimintaa. Edellä kuvatut seikat puoltavat vahvasti, että laite toteutetaan simulaattoriin mahdollisimman todenmukaisesti.

GNS 430 koostuu yhdestä noin neljän tuuman laajakuvanäytöstä, kahdesta kaksikerroksisesta ja painettavasta kiertokytkimestä, kahdesta äänenvoimakkuusnupista sekä joukosta mikrokytkimiä. Laitteen näytön näkymä olisi helpointa toteuttaa käyttäen vastaavankokoista laajakuvanäyttöä kytkettynä simulaatiotietokoneen yhdeksi näytöksi. Tämän kokoluokan laajakuvanäyttöjä ei kuitenkaan ole markkinoilla kovin monta erilaista, eikä niissä ole yleensä liitäntää, joka mahdollistaisi kytkemisen tietokoneeseen. Viiden tuuman 4:3 kuvasuhteen näyttöjä rakennussarjoina löytyy markkinoilta jo huomattava määrä, joskin näiden käyttäminen simulaattorissa aiheuttaa jonkinlaisia haasteita näytön asennukseen sen suuremman koon vuoksi. Nämä näytöt kytketään useimmiten RCA-liitännän kautta ohjelmalähteeseen, mikä ei tuota ongelmia, koska nykyaikaiset tietokoneiden näytönohjaimet osaavat antaa kuvaa tämän liitännän kautta.

Yhtenä vaihtoehtona näyttölaitteen toteuttamiseen on oikeankokoisen näytön sisältävän kannettavan mediatoistimen käyttö. Tällainen on esimerkiksi Sony Playstation Portable, jossa on 4,3 tuuman laajakuvanäyttö. Kyseistä laitetta on mahdollista käyttää tietokoneen näyttönä USB-liitännän kautta PSPdisp-ohjelman avulla [4].

Koska Garmin GNS430 ei kuulu MS ESP:n esiasennettuihin avioniikkajärjestelmiin, se on asennettava Vinka-simulaattoria varten erikseen. RealityXP-niminen yhtiö on kehittänyt MS ESP:n kanssa yhteensopivan Garmin GNS 430 simulaattorihjelmiston, joka sisältää kaikki Garmin GNS 430:n ominaisuudet [10].

Dittel FSG 90 – 2. radio

Vinkan toinen radio on Dittel FSG 90-tyyppinen. Sitä käytetään lentokoulutusohjelman mukaisissa lennoissa ATIS-tiedotuksen kuunteluun, valvojan kanssa keskusteluun sekä lennon alussa radioiden testaukseen. Lisäksi sitä käytetään osastolennoilla osaston sisäiseen kommunikointiin. Tyyppi- ja mittarilentämisen kannalta toinen radio ei siis ole kovin merkittävä. Laitteen toteuttaminen ei ole kuitenkaan monimutkaista, sillä siinä on neljä mikrokytkintä, kaksi kiertokytkintä, joista toinen toimii myös painonappina sekä kaksirivinen LCD-näyttö. 2. radio voidaankin toteuttaa käyttäen viittä mikrokytkintä, kahta kiertokytkintä ja kaksirivistä LCD/VFD -näyttöä.

Sisäpuhelin ja marker-valot

Sisäpuhelimien paneelia käytetään Vinkassa oppilaan ja opettajan kuulokkeiden äänenvoimakkuuden säätämiseen ohjaamomiehistöön välillä. Sekä oppilaalle että opettajalle on oma äänenvoimakkuuden säätimensä.

Eri koulutusvaiheet vaativat erilaista opettajan läsnäoloa simulaattorilla koulutettaessa. Kun opetetaan uutta vaativaa asiaa kuten mittarilähestymistä, on oppimisen kannalta edullisinta, että opettaja on oppilaan vieressä neuvomassa kaikkea toimintaa. Oppilaan opittua perusasiat ei opettajan jatkuva neuvominen ole tarpeellista ja yksi opettaja voi harjoituttaa useampaa oppilasta samanaikaisesti opettajanpositiosta. Se että opettaja pystyy kommunikoimaan useamman oppilaan kanssa tehokkaasti opettajanpositiosta käsin, vaatii jonkinlaisen kuulokemikrofonijärjestelmän sekä opettajalle että oppilaalle. Yksinkertaisimmin tämä olisi toteutettavissa tavallisella kuulokemikrofoni-headsetilla, jossa olisi äänenvoimakkuuden säädin ja joka kytkettäisiin suoraan simulaatiotietokoneeseen.

Sisäpuhelimien paneelissa on myös radionvalitsin, jolla valitaan lähettämiseen käytettävä radio. Mikäli simulaattori halutaan toteuttaa kahdella radiolla, on radionvalitsin tarpeellinen. Jos taas päädytään yhden radion järjestelmään, ei radionvalitsinta tarvita.

Sisäpuhelimen äänenvoimakkuudensäätönappien yläpuolella sijaitsee kolme marker-valoa. Ne osoittavat valolla, milloin ollaan tiettyjen lähestymismajakoiden yläpuolella. Majakoita, joilta signaali laitteelle saadaan, on kuitenkin viime aikoina poistettu käytöstä eikä valoja hyödynnetä koulutusohjelmassa harjoiteltaessa mittarilähestymisiä. Tämän vuoksi marker-valoja ei ole tarpeellista toteuttaa myöskään simulaattoriin.

Omatunnuslaite

Vinkan omatunnuslaite on Garmin GTX 327 tyyppinen. Sitä käytetään aina normaalitoiminnassa Vinkalla lennettäessä. Laitteen käyttö rajoittuu kuitenkin käsketyin koodin valintaan laitteeseen ja sen aktivoimiseen lennon ajaksi. Lentokoulutuksen kannalta tarkasteltuna laite ei siis tarjoa paljoakaan, eikä sen toteuttaminen simulaattoriin ole siten tarpeellista.

Pikkumittarit

Vinkan pikkumittariryhmä käsittää seuraavat mittarit: öljynpainemittari, öljynlämpömittari, sylinterinpään lämpömittari, vasemman säiliön polttoaineen määrämittari, ampeerimittari sekä oikean säiliön polttoaineen määrämittari. Näiden avulla tarkkaillaan moottorin toimintaa, polttoaineen kulutusta sekä akun latausta. Mittariryhmä ei ole kovinkaan oleellinen mittarilentämisen harjoittelun kannalta, mutta on tarpeellinen hätätoimenpiteiden harjoittelussa.

Mittariryhmä voidaan toteuttaa pienellä LCD-näytöllä (noin 4-5”), kuten Garmin GNS430 näyttökin tai vaihtoehtoisesti servomittareilla. LCD-näytöllä toteutettuna kustannukset ovat kuitenkin huomattavasti pienemmät ja toteutus yksinkertaisempaa.

Moottorinvalvontamittarit

Moottorinvalvontamittarit sijaitsevat Vinkassa keskimmaisessä mittaritaulussa oikeassa reunassa. Mittareista valvotaan moottorin kierroslukua, ahtopainetta sekä polttoaineen virtausta. Moottorinvalvontamittarit kuuluvat jokaisen lentokoneen perusvarustukseen ja niiden toteuttaminen myös simulaattoriin on välttämätöntä.

Moottorinvalvontamittarit voidaan toteuttaa kahdella tavalla kuten vasemman mittaritaulun mittaritkin, joko LCD-näytöllä tai servomittareilla.

Varakompassi

Varakompassia käytetään Vinkalla lennettäessä ainoastaan RMI:n virheen tarkastukseen ennen lentoa, taitolennolla liikehtimisen jälkeen sekä RMI:n vikatapauksessa. Mittari- ja tyyppi-lentämisen kannalta mittari ei ole siis kovinkaan merkityksellinen, eikä sen toteuttaminen simulaattoriin ole tarpeellista.

3.1.3. Ohjaimet

Vinkaa ohjataan sauvalla ja polkimilla. Simulaattoriin ohjaimet tulisi toteuttaa siten, että liikeradat vastaisivat Vinkan ohjainten liikeratoja. Ohjainvoimien sekä ohjaintunnon toteuttaminen Vinkan ominaisuuksia vastaaviksi eri lentotiloissa on erittäin hankalaa tämän tason simulaattoriin. Tämän vuoksi onkin keskityttävä siihen, että ohjainvoimat ovat johdonmukaiset riippumatta poikkeutuksesta. Ohjainvoimien toteuttamiseen on kaksi erilaista tapaa: jousivastusteiset ohjainvoimat, jolloin vastus säädetään vastaamaan vastusta tietyllä vakiolentonopeudella tai sähkömoottorilla toteutettavat ohjainvoimat, jolloin vastus säätyy lentotilan mukaan. Sähkömoottorivastusteisten ohjainten toteuttaminen ohjaintuntumaltaan hyväksi on kalliimpaa ja monimutkaisempaa kuin jousivastusteisen, mutta hyvin toteutettuna se antaa kuitenkin paremman tuntuman koneeseen. Myös trimmit saadaan vaikuttamaan ohjaimiin oikealla tavalla, kun sauvavoimat toteutetaan sähkömoottoreilla.

Sekä jousivastusteiset että sähkömoottorivastusteiset ohjaimet kytketään USB-liitännän kautta simulaatiota ohjaavaan tietokoneeseen.

Sauva

Lentämisen kannalta sauvan toteutus simulaattoriin on erittäin merkittävää. Sauva tulee toteuttaa siten, että se on oikeanpituinen ja että sen liikeradat vastaavat Vinkan sauvaa. Sauva voidaan toteuttaa joko ostamalla valmis sauvaohjain ja muokkaamalla se vastaamaan Vinkan sauvaa tai rakentamalla se alusta saakka potentiometreillä ja sauvaohjainkortilla.

Polkimet

Lentämisen kannalta polkimet eivät ole yhtä tärkeitä kuin sauva. Simulaattorin polkimien ohjainvoimat on edullisinta toteuttaa jousivastusteisesti eikä voimien toteuttamisesta sähkömoottorivastusteisesti saada panostusta vastaavaa hyötyä. Polkimien toteutuksessa tulisi kuitenkin huomioida, että liikeradat ovat oikeat. Tämä onnistuu esimerkiksi käyttämällä samanlaista poljinmekaniikkaa kuin oikeassa koneessa. Signaali saataisiin poljinmekanismiin kiinnitetyn kiertopotentimetrin ja sauvaohjainkortin kautta.

Polkimiin tulee myös toteuttaa differentiaaliset varvasjarrut, kuten on oikeassakin koneessa maatoiminnan harjoittelun mahdollistamiseksi. Jarruvastus tulee olla johdonmukainen ja se voidaan toteuttaa jousivastusteisesti. Jarrupoljinten signaalin välitys simulaatio-ohjelmistolle voidaan toteuttaa potentiometreillä sauvaohjainkortin akseleina.

Muut käyttölaitteet

Kaasu-, potkurinsäätö- ja seosvipu

Vinkassa moottoritehon ja kierrosten säätöön käytetään kolmea vipua, jotka ovat kaasuvipu, potkurinsäätövipu sekä seosvipu. Näitä kaikkia käytetään normaalitoiminnassa. Lentokoulutuksen kannalta on tarpeellista, että näiden käyttöä voidaan harjoitella simulaattorissa. Tämä edellyttää kaikkien vipujen toteuttamista simulaattoriin.

Vipujen toteuttaminen simulaattoriin on yksinkertaista ja edullista käyttäen USB-sauvaohjainkorttia, johon liitetään kiertopotentimetrit. Simulaatietietokone tunnistaa näin vivut, kuten ensisijaisten ohjainlaitteiden akselitkin, sauvaohjaimen akseleina.

Trimit

Yksi Vinka-lentämisen perusasioita on koneen trimmaaminen. Kun trimmaamisen oppii, lentäminen helpottuu oleellisesti. Tämän vuoksi trimmaaminen tulisi huomioida myös simulaattorissa.

Trimit ovat yksinkertaisia toteuttaa vastaavalla tavalla kuin moottorinsäätövivut käyttäen hyväksi kiertopotentimetrejä sekä USB-sauvaohjainkorttia.

Laskusiivekkeen käyttövipu ja asennonosoitin

Laskusiivekkeiden käyttö on osa peruslentämistä Vinkalla, ja laskusiivekkeen käyttövipu on tarpeellista toteuttaa myös simulaattoriin. Laskusiivekkeen käyttövipu voidaan toteuttaa käyttäen kiertokytkintä.

Laskusiivekkeen asennonosoitin kuuluu laitteisiin, joilla ei ole merkitystä normaalissa lentämisessä vikatilanteita lukuunottamatta. Oikealla koneella lennettäessä laskusiivekkeen asento todetaan yleensä suoraan laskusiivekkeestä. Koska visuaali ei kuitenkaan tule kattamaan sivunäkymiä näin laajasti ei laskusiivekkeen asennon toteaminen silmämääräisesti ole mahdollista. Koska laskusiivekkeen vikatilanteet eivät ole kriittisiä nopean toiminnan suhteen, ei niiden harjoittelu ole simulaattorissa tarpeen eikä asennonosoitin ole myöskään tarpeellinen.

Hana

Vinkassa on neliasentoinen hana, jolla voidaan valita oikea, vasen tai molemmat tankit ja sulkea bensansyöttö. Normaalitoiminnassa lennolla Vinkalla käytetään ainoastaan hanan molemmat-asentoa. Vinka kuitenkin kuluttaa polttoainetta epätasaisesti tankeista ja moottorihäiriön sattuessa kuuluu hanan asento tarkistuslistoihin. Koska simulaattorilla on tarkoitus kouluttaa moottorihäiriöön liittyviä vikatilanteita [7] [8], tulee hana toteuttaa simulaattoriin vähintäänkin dummy-kytkimenä.

Käynnistyskytkin

Vinkassa on viisiasentoinen käynnistyskytkin, jonka asennot ovat ”OFF”, ”Right”, ”Left”, ”Both” sekä ”Start”. Normaalitoiminnassa näistä käytetään asentoa ”Both”, mutta käynnistyskytkimen yhteydessä ja hätätoimenpiteissä käytetään myös kaikkia muita asentoja. Käynnistyskytkin on simulaattorissa tarpeellinen laite.

Käynnistyskytkin voidaan toteuttaa simulaattoriin kiertokytkimellä, johon on tehty jousipalautus ”Start”-asentoon. Kiertokytkin voidaan myös korvata tarkoitukseen sopivalla viisiasentoisella virtalukolla.

Vipukytkimet

Vinkassa on 10 vipukytkintä kytkinpaneeleissa joilla ohjataan valoja ja muutamia sähköisiä komponentteja sekä itse sähköjärjestelmää. Näistä kaikkia käytetään normaalitoiminnassa karttavalon, mittarivalojen sekä laskuvalonheittimen vipukytkimiä lukuun ottamatta.

Koska yksittäisen vipukytkimen kustannukset ovat varsin pienet, voidaan simulaattoriin toteuttaa dummy- kytkiminä nekin kytkimet, joita ei normaalitoiminnassa tarvita.

Lämpölaukaisimet

Vinkassa on 13 lämpölaukaisinta, jotka on sijoitettu kytkintauluihin. Normaalilentämisessä niitä ei käytetä lukuunottamatta RMI:n lämpölaukaisinta. Sitä käytetään RMI:n pikakorjauksen aktivoimiseksi, jos mittari on ryöminyt paljon esimerkiksi liikehtimisen aikana. Lämpölaukaisimia käytetään kuitenkin eri sähkölaitteiden vikatilanteissa osana hätätoimenpidelistoja. Koska hätätoimenpiteiden harjoittelu on tarkoitus rajata käsittämään moottorihäiriöön liittyvät vikatilanteet [7] [8], ei lämpölaukaisinten toteuttaminen ole tarpeellista.

Varailmanuppi

Vinkassa on varatie ilmanotolle, mikäli ilman saanti suodattimen kautta estyy esimerkiksi suodattimen jääntymisen vuoksi. Mikäli varailmaläppä ei avaudu automaattisesti suodattimen tukkeutuessa, tulee ohjaajan avata se ohjaamossa sijaitsevasta varailmanupista. Varailmanupin avaaminen on osa moottorihäiriöön liittyviä hätätoimenpiteitä ja se tulee toteuttaa simulaattoriin ainakin dummy-nuppina.

Varailmanuppi voidaan toteuttaa simulaattoriin muiden kytkimien tapaan. Sen erikoisuutena on ainoastaan, että sitä käytetään vetämällä.

Ilmastointi

Vinkassa ilmastoinnin kolme vipua sijaitsee oikeassa kytkintaulussa. Erillistä ilmastointia simulaattoriin ei ole tarpeellista toteuttaa, koska ohjaamo ei ole tarpeellista toteuttaa täysin suljettuna tilana.

Äänentoisto

Lentokoneen äänimaailman toteuttaminen perustasolla on tarpeellista erityisesti hätätoimenpiteiden harjoittelun kannalta. Moottorihäiriöön liittyviä hätätoimenpiteitä harjoiteltaessa on eduksi, jos moottorin käyntiäänestä pystyy päättelemään, että jokin on vialla.

Opettaja-oppilas-kommunikaation mahdollistaminen kuulokemikrofoni-headsetilla on tarpeellista, koska harjoitteluvaiheessa opettaja voi näin ohjata oppilaita erillisestä opettajan positios- ta eikä oppilaan vierestä.

3.1.4. IO –vaatimukset

Simulaatiota pyörittävän koneen liitännevaatimukset painottuvat lähinnä USB-liitännöihin sekä näyttöliitännöihin.

Liitännät tulisi toteuttaa siten, että komponentin vikaantuessa olisi sen korvaaminen mahdollisimman yksinkertaista, eikä jouduttaisi vaihtamaan suuria komponenttikokonaisuuksia.

Esimerkiksi seuraavanlaisella IOCards-liitännekorttikokoonpanolla voitaisiin toteuttaa edellä kuvatut tarpeelliset ohjainkomponentit:

IOCards - expansioncard

(Varaa yhden USB-liitännän)

2 x IOCards - mastercard

(Näihin kortteihin kytketään kiertokytkimet, kytkimet, näppäimet sekä valot. Kytketään IOCards-expansioncard:iin.)

IOCards - LCD-kortti

(Varaa yhden USB-liitännän. Käytetään VHF2:n sekä ADF:n näyttöjen ohjaukseen.)

Analogiset ohjaimet - sauvaohjain-kortit ja mahdolliset sauva ja polkimet

(Varaa 2-3 USB-liitännää riippuen ohjainten toteutustavasta)

[3]

Tällä toteutustavalla kaikki ohjainjärjestelmät liitettäisiin simulaatiotietokoneeseen käyttäen USB-liitännöjä.

Näyttöliitännöjä tulee olla 2-5 riippuen mittareiden toteutustavasta ja määrästä. Mikäli kaikki mittarit toteutetaan käyttäen LCD-näyttöjä, tarvitaan kaksi d-sub/dvi-d -liitännää vasemmalle mittaritaululle sekä moottorinvalvontamittareille sekä kaksi USB tai rca-liitännää pikkumittariryhmälle sekä Garmin GNS430:lle. Edellisten lisäksi tarvitaan vielä yksi d-sub/dvi-d -tyyppinen liitäntä visuaalia varten.

Äänentoistoa varten tarvitaan ulostuloliitäntä kuulokkeille ja kaiuttimille sekä sisääntulo mikrofonille.

3.1.5. Yhteenveto ohjaamokokoonpanosta

Jotta ohjaamokokoonpanolla pystytään vastaamaan koulutuksen asettamiin vaatimuksiin nyt ja lähitulevaisuudessa, on sen sisällettävä seuraavat ohjaamokomponentit esitettyine toiminnallisuuksineen:

Primääriset ohjaimet:

Sauva	Täysi toiminnallisuus
Polkimet	Täysi toiminnallisuus

Muut ohjainlaitteet:

Trimmit	Riippuen sauvan toteutuksesta
Moottorinohjainvivut	Täysi toiminnallisuus

Vasen mittaritaulu:

Kello	Täysi toiminnallisuus
Nopeusmittari	Täysi toiminnallisuus
Keinohorisontti	Täysi toiminnallisuus
Korkeusmittari	Täysi toiminnallisuus
Kaarto- ja kallistusmittari	Täysi toiminnallisuus
RMI	Täysi toiminnallisuus
Variometri	Täysi toiminnallisuus
Ristimittari	Täysi toiminnallisuus

Moottorinvalvontamittarit:

Kierroslukumittari	Täysi toiminnallisuus
Ahtopaine- ja PA-virtausmittari	Täysi toiminnallisuus
Pikkumittariryhmä	Hätätoimenpiteissä vaadittava toiminnallisuus
Öljynpainemittari	
Öljynlämpömittari	
Sylinterinpään lämpömittari	
Polttoaineen määrämittari, vasen säiliö	
Ampeerimittari	
Polttoaineen määrämittari, oikea säiliö	

Radio- ja suunnistuslaitteet:

VHF 1 - Garmin GNS 430

VHF 2 - Dittel FSG 90

ADF - Collins 614L-12

DME - Collins IND 450

Vähintään VHF 1, VOR ja ILS toiminnallisuus

Ei välttämätön

Mittarilähestymisissä vaadittu toiminnallisuus

Mittarilähestymisissä vaadittu toiminnallisuus



Kuva 1. Esimerkki simulaattorin ohjaamokokoonpanosta

3.2. Visuaalijärjestelmä ja Image Generation

Visuaalijärjestelmä on alue, jolla simulaattorit ovat kehittyneet nopeimmin viime vuosina. Vielä 1980-luvulla kun Suomeen hankittiin Draken hävittäjät, oli visuaali toteutettu televisiolla sekä kameralla, joka liikkui karkean karttapinnan yläpuolella ja tuotti kuvan televisiolle. Tämän jälkeen on edetty vauhdilla ja nykyaikaisissa simulaattoreissa on maasto mallinnettu erittäin tarkasti, jopa niin tarkasti, että Suomen Hornet-hävittäjäsimulaattorilla lentäessään voi löytää oman kotitalonsa. Tämän on mahdollistanut tietokoneiden ja erityisesti näytönohjaimien nopea kehitys. Nykyaikaiset matkapuhelimet ovatkin tehokkaampia kuin Suomessa aikaisemmin käytössä olleet tietokoneohjatut Hawk-simulaattorit. Samat simulaattorit ovat yhä käytössä, joskin niitä on modifioitu nykyaikaisemmiksi.

Tällä hetkellä käytössä olevissa Vinka-simulaattoreissa ei visuaalia ole mallinnettu laisinkaan. Toisaalta niillä on koulutettu ainoastaan sellaisia asioita, jotka eivät visuaalia välttämättä edes vaadi. Mikäli simulaattorin käyttöaluetta halutaan kuitenkin laajentaa koskemaan esimerkiksi hätätoimenpiteitä, on jonkinlainen visuaali tarpeellinen. Myös tyyppikoulutuksen alkuvaiheessa peruslentotoiminnan harjoittelu on tehokkaampaa, kun lentotilan muutoksia voi havainnoida myös ulkoisista merkeistä mittareiden lisäksi.

Lentokoneella lennettäessä suuri osa asentotajusta muodostuu ääreisnäöllä nähtävästä horisontista. Tämän vuoksi yöllä lennettäessä vilkkumajakana välähdykset aiheuttavat helposti asentotajun harhoja. Jotta simulaattorissa voitaisiin simuloida näitä harhoja, olisi visuaalin katettava lähes koko näkökenttä ja sen tulisi täten olla yli 180 astetta. Alkeiskoulutuksessa pääpaino on kuitenkin erilaisten peruslentämiseen liittyvien asioiden harjoittelussa eikä aistiharhojen alaisena toimimisessa.

Laskukierroksen lentäminen on yksi tyyppikoulutuksen perusasioista. Sen tehokas harjoittelu vaatii, että ohjaaja voi paikantaa itseään kiitotien ympäristössä. Jotta laskukierroslentämistä voitaisiin harjoitella mahdollisimman tehokkaasti simulaattorissa, tulisi simulaattorin visuaalin kattaa myös sivunäkymä. Koska simulaattorilla harjoittelu ei kuitenkaan korvaa laskujen harjoittelua oikealla koneella, olisi sivuvisuaaleilla saavutettu hyöty varsin pieni laskukierroslentämisen harjoittelun kannalta. Simulaattorikoulutuksella voitaisiin kuitenkin opettaa perusasiat ja toimenpiteet laskukierroslentämiseen liittyen paikantamalla kiinteiden maastonkohtien sekä opettajan opastuksen avulla. Edellä mainitulla tavalla opetetaan laskukierroslentäminen muun muassa Hawk-simulaattorikoulutuksessa.

Tyyppilentokoulutuksessa Vinkalla harjoitellaan jonkin verran hätätoimenpiteitä, jotka koskevat lähinnä moottorihäiriötilanteita. Nämä tilanteet ovat nopeita ja vaativat päätöksentekokykyä ja toiminnan priorisointia siten, että koneen lentäminen ei oleellisesti kärsi hätätoimenpiteitä tehdessä. Nopeaan päätöksentekoon liittyy sopivimman pakkolaskupaikan valinta. Sopivimman pakkolaskupaikan etsiminen on helpompaa, jos sitä voidaan etsiä myös sivuilta. Pakkolaskupaikan valinta ja sinne lentäminen ei kuitenkaan ole tärkein harjoiteltava asia moottorihäiriöissä. Tärkeämpää on tiedostaa ohjaamisen tärkeys, minne saakka koneella voidaan liittää ja se, että huono päätös on yleensä parempi kuin päätöksenteon liiallinen viivyttely. Suurin anti moottorihäiriöitä simulaattorissa harjoiteltaessa saadaan kuitenkin toimenpiteiden harjoittelusta siten, kuin ne tehtäisiin oikeassa tilanteessa, kun esimerkiksi käynnistyskytkintä ja vipuja voidaan oikeasti käänellä. Tyyppilentokoulutus vaatii siis jonkinlaisen visuaa-

lin tehokkaan lentokoulutuksen mahdollistamiseksi. Visuaalin ei kuitenkaan tarvitse sisältää kuin näkymän eteenpäin. Laajempi visuaali, joka käsittää myös sivukanavat, ei ole kovinkaan tarpeellinen, vaikka lisäarvoa se antaakin.

Mittarilähestymisten harjoittelu ei vaadi ehdottomasti visuaalia, joskin lisäarvoa se siihen antaa päätöksenteon harjoittelun sekä loppulähestymisen muodossa, kun voidaan oikeasti todeta, näkyykö kenttä ratkaisukorkeudesta ja voidaan tilanteen mukaan jatkaa lähestyminen laskuun saakka.

Kun huomioidaan kustannukset sekä koulutukselliset tarpeet, ei ole järkevää toteuttaa kuin visuaalin etukanava.

3.2.1. Ohjaamoympäristö

Yksi simulaattorin tärkeimpiä ominaisuuksia oppimisen kannalta on immersion luominen. Tällöin oppilas pystyy keskittymään oppimistilanteeseen mahdollisimman hyvin ja oppiminen simulaattorissa on tehokasta. Parhaiten tämä saavutetaan silloin, kun simulaatiotilanteeseen tulee mahdollisimman vähän sitä rikkovia tekijöitä eikä silloin kun on mahdollisimman paljon sitä tukevia tekijöitä. Tämä on osa-alue, jossa nykyään käytössä oleva Link-simulaattorikalusto on parhaimmillaan. Vaikka se ei vastaa ohjaamoltaan eikä lentomalliltaan Vinkaa, on harjoitteluympäristö oikeasti suljettu, kun ohjaamon ikkunoihin on laitettu pimennyskankaat ja moottoriäänät ovat päällä. Samat suunnitteluperiaatteet näkyvät myös muissa Ilmavoimien lentosimulaattoreissa.



Kuva 2. Oppilas harjoittelemassa Link-harjoittelulaitteella.



Kuva 3. Suomen ilmavoimien nykyaikainen PC-pohjainen WTSAT-simulaattori

Vastaavaan suljettuun ympäristöön tulisi pyrkiä myös tulevilla simulaattoreilla. Minkään mikä ei tue immersiota, ei sitä pitäisi myöskään rikkoa. Tästä hyvänä esimerkkinä on juuri visuaali. Ajatellaan lähtökohtana Suomen ilmavoimilla käytössä olevan WTSAT-tyyppisen simulaattorin nelikanavaista visuaalia. Koska alkeiskoulutussimulaattoriin ei ole kustannustehokasta toteuttaa kuin etukanava, ei puuttuvien kanavien tulisi rikkoa immersiota, vaan näiden tilalla tulisi olla niin sanottua nollanäkymää. Tämä voitaisiin toteuttaa esimerkiksi verhoilemalla muiden kanavien heijastuspinnat mustalla tai vaalealla kankaalla. Tällöin ohjaamomaketti sijaitsisi kuin kuutiossa, jonka takaseinä olisi auki ja opettaja pystyisi takaa seuraamaan ja neuvomaan oppilasta tarpeen tullen. Tämä toteutustapa tarjoaisi erityisesti mittarilentoa harjoittelussa erittäin autenttisen oppimisympäristön.

3.2.2. Visuaalin toteutustapa

Visuaalin toteutustapoja on oikeastaan kaksi: suuri LCD tai plasmanäyttö tai videoprojektori. Molemmissa toteutustavoissa on omat etunsa sekä haittansa.

LCD/Plasma

Simulaattorin visuaali voidaan toteuttaa käyttäen suurta litteää näyttöä. Nykyään suurten näyttöjen hinnat ovat tippuneet tuotantomäärien kasvaessa. Jotta visuaali soveltuisi tyypikoulutuksen asettamiin vaatimuksiin, on näyttölaitteen katettava riittävän suuri ala näkökentästä. Tämän vuoksi näyttölaitteen on oltava melko suuri (yli 50") tai se on sijoitettava lähelle katsojaa. Suuressa näytössä hankintakustannukset muodostuvat melko suuriksi, koska noin 40" näyttöjä valmistetaan vielä tällä hetkellä eniten. Jos näyttölaite taas sijoitetaan lähelle katsojaa, visuaali on lähellä mittareiden tasoa eikä tilanne vastaa ulos katsomista lentokoneessa. Tällöin ohjaajan on mahdollista tarkentaa katseensa sekä visuaaliin että mittareihin samanaikaisesti. LCD/plasmatekniikalla toteutetussa visuaalissa on kuitenkin etunsa. Näytöt ovat kirkkaudeltaan, kontrastiltaan sekä tarkkuudeltaan melko hyviä verrattuna videoprojektoreihin. Näiden näyttöjen käyttöikä on verrattain pitkä (30 000 - 60 000 tuntia), eivätkä ne aiheuta juuri kustannuksia elinikänsä aikana käyttämänsä sähkövirran lisäksi.

Videoprojektori

Videoprojektorilla toteutetulla visuaalilla saavutetaan ominaisuudet, joissa LCD-/plasmatekniikka on heikoimmillaan: suuri kuva, joka kattaa suuren osan näkökentästä. Videoprojektorit ovat yleistyneet nopeasti kotikäytössä, mikä on tuonut myös niiden hankintakustannuksia nopeasti alas. Myös niiden tarkkuus on nykyään suurten litteiden LCD- ja plasmatelevisioiden tasolla. Videoprojektoreiden eduksi voidaan myös varauksin laskea niiden edullisemmat hankintakustannukset.

Videoprojektorilla toteutetussa visuaalissa on kuitenkin heikkoutensa. Videoprojektorin kuva tuotetaan valaisemalla kuva lampun avulla projektiopinnalle. Tämän vuoksi kunnollisen kuvan saavuttaminen vaatii hämärän tilan. Lisäksi videoprojektorin lamppu on käytössä kuluva komponentti ja sen käyttöikä on noin 2000 tuntia.

3.2.3. Image Generation

Simulaattorin visuaalille tuotetaan kuva, jolla pyritään tukemaan oppimista ja mallintamaan erilaisia tilanteita muun muassa muuttuvien säätilojen sekä maaston muodossa. Tästä käytetään nimitystä image generation.

Auringonvalo, pilvet ja muut sääolosuhteet ovat image generationin tärkeimpiä ominaisuuksia lentosimulaattoreissa. Tyypikoulutus ei aseta kovinkaan suuria vaatimuksia IG:lle, koska toiminta tapahtuu valoisan aikaan hyvissä visuaaliolosuhteissa. On tietenkin oleellista, että kentän pystyy erottamaan maastosta sekä laskukierroksessa lentävän koneen näkemään ja huomioimaan.

Mittarilentäminen ei vaadi simulaattorilta paljon, sillä suurimman osan ajasta visuaalissa ei näy kuin valkeaa lennettäessä pilvessä. Kuitenkin mittarilähestyttäessä kenttää ja tultaessa pilven alle tulevat kentän lähestymisvalot näkyviin.

Vuodenaikojen ja vuorokaudenaikojen simulointi ei ole alkeislentokoulutuksen simulaattorikoulutuksessa kovinkaan merkittävää, vaan niiden vaikutukset rajoittuvat lähinnä tunnelman luomiseen.

Nykyiset koulutusohjelmat eivät sisällä kovinkaan paljon sellaisia mittarilentoja, joissa voitaisiin kunnolla harjoitella tilanteita, joissa säätila on juuri koulutettavan rajojen mukainen. Kun tämä yhdistetään vielä säätilan aiheuttamaan satunnaisuuteen, ei koulutettava ohjaaja pääse montakaan kertaa harjoittelemaan tilanteita, joissa säätila olisi juuri ohjaajan toimintaminimin mukainen ja tukisi näin koulutusta ja päätöksenteon harjoittelua mahdollisimman hyvin. Koska simulaattorissa säätila voidaan valita, tulisi myös IG:n olla riittävällä tasolla, jotta simulaattorilla voitaisiin harjoitella edellä mainittuja tilanteita.

Mittarilentokoulutus asettaa vaatimukset erityisesti pilville sekä muille näkyvyyteen vaikuttaville tekijöille ja sitä kautta myös keinovalaistukselle kuten lähestymisvaloille. Pilvien tulee olla kolmiulotteisia ja vaikuttaa näkyvyyteen, kuten oikeatkin pilvet. Tällä tarkoitetaan, että näkyvyys paranee lineaarisesti lähestyttäessä pilven reunaa tai pohjaa eikä selvästi asteittain. Tällöin lähestymisvalot tulevat myös näkyviin ennen maastoa ja siten, että kirkkaimmat valot tulevat näkyviin ensimmäisinä. Tämä kouluttaa oppilasta oikeaan tilanteeseen, jossa lähestymisen jatkamispäätöksen jälkeen lennetään konetta puoliksi visuaalisesti ja puoliksi mittareista.

Nykyaikaiset kotikäyttöön tarkoitetut lentosimulaattorit vastaavat edellä mainittuihin vaatimuksiin erittäin hyvin. Verrattaessa esimerkiksi Microsoftin ESP:tä, jonka IG pohjautuu kotikäyttöön suunniteltuun Flight Simulator -sarjan uusimpaan osaan [6] tai yhtä hyvin uusinta X-Plane -simulaattoria ja Suomen ilmavoimilla käytössä olevien Hawk- ja Hornet-simulaattoreiden IG järjestelmiä, voidaan todeta kotikäyttöön suunniteltujen simulaattoreiden IG:in olevan kehittyneempi ja pystyvän luonnollisempiin valaistusmalleihin kuin edellä mainitut. Tämä ei tarkoita sitä, että Hawk- ja Hornet-simulaattoreissa käytössä oleva IG olisi huono vaan sitä, että nykyisellään IG-järjestelmät kehittyvät nopeasti. Kotikäyttöön ja erilaisiin peleihin suunnitelluilla IG-järjestelmillä on suuremmat ja arvokkaammat markkinat kuin kaupallisilla lentosimulaattoreilla.

Voidaan siis todeta, että Microsoft ESP:n IG pystyy vastaamaan alkeiskoulutusvaiheen simulaattorikoulutuksen tarpeisiin.

3.3. Tarvittavat maasto- ja 3D-grafiikkamallit

3.3.1. 3D-mallit

Lentosimulaattoreiden visuaalijärjestelmät ovat kehittyneet viime vuosina nopeasti yksityiskäyttöön tehtyjen lentosimulaattoreiden mukana. Tarpeellisten 3D-mallien määrä- ja tarkkuusvaatimukset määrittelee hyvin pitkälle koulutustarkoitus. Mikäli simulaattorilla olisi tarkoitus harjoitella visuaalisuunnistusta tai muuten harjoitella paikannusta maaston avulla, tulisi maastomallien luonnollisesti olla selvästi tarkempia, kuin jos koulutus rajoittuu mittarilentämiseen. Kuitenkin jo hyvin yksinkertaisilla maastomalleilla voidaan kouluttaa tehokkaasti tyyppilentovaiheessa.

Liikenne

Muun lentoliikenteen mukana toimiminen on merkittävä osa lentotoimintaa. Tätä on tarpeen harjoitella jo simulaattorivaiheessa sikäli, kuin se on mahdollista. Tätä varten tarvitaan muuta liikennettä. Olisi luonnollisesti eduksi, jos liikenne olisi todenmukaista tilannetta vastaavaa.

Lentokenttäalue

Alkeiskoulutusvaiheessa, kun oppilaalla ei usein ole minkäänlaista kokemusta lentämisestä ja lentokenttäalueella toimimisesta, on eduksi, jos simulaattorissa voidaan ottaa ensikosketus esimerkiksi rullaukseen. Tämän vuoksi simulaattoriin tulisi mallintaa vähintään yksi lentokenttä tarkkuudella, joka mahdollistaa tällaisen harjoittelun tehokkaasti. Olisi luonnollisesti edullisinta lentokoulutuksen kannalta, jos mallinnettu tukikohta olisi se, jossa koulutus pääasiallisesti annetaan. Vinka alkeislentokoulutuksen tapauksessa tämä on Jyväskylän lentoasema Tikkakoskella.

Jotta rullausta voidaan kunnolla harjoitella, on minimivaatimuksena, että ohjaaja pystyy itsenäisesti paikantamaan itsensä lentokenttäalueella visuaalisesti. On kuitenkin eduksi, jos simulaattorissa lentokenttäalue vastaa todellisuutta mahdollisimman tarkasti muun muassa rakennusten osalta.

Microsoft ESP -simulaattorihjelmisto sisältää suuren osan Suomen lentoasemista. Kuitenkin monet lentoasemat ovat puutteellisesti tai virheellisesti toteutettuja. Jyväskylän lentoaseman tapauksessa esimerkiksi rullaustiet on nimetty osin väärin sekä Ilmavoimien rakennukset puuttuvat. Näiden asioiden päivittäminen oikeiksi on tarpeellista ja simulaattorihjelmisto sen mahdollistaa [6].

Laskukierroksen harjoittelu kuuluu tyypilentokoulutuksen perusasioihin ja sen perusteiden opettaminen tulisi olla mahdollista myös simulaattorilla [8]. Koska simulaattoriin ei ole kustannustehokasta toteuttaa laajaa visuaalia, joka kattaisi myös sivunäkymät, vaatii laskukierroksen harjoittelu lentokenttäalueen ympäristön kiinnepisteiden mallinnuksen simulaattorin maastomalliin. Jyväskylän lentoaseman tapauksessa näitä kiinnepisteitä ovat esimerkiksi Tikkakosken vesitorni, Lidl:n varastohalli, valtatie 4:n risteys ja mäki, jolla VOR-suunta-antenni sijaitsee.

Simulaattoriharjoittelun pääpaino on alkeislentokoulutusvaiheessa mittarilentämisessä. Kolmiulotteisten mallien osalta simulaattorilta vaaditaan lähestymisvalojärjestelmän mallinnusta. Simulaattorilla tulee pystyä harjoittelemaan päätöksentekoa mittarilähestymisen päätös- tai minimilaskutumiskorkeudessa. Tämä tarkoittaa sitä, että oppilas pystyy visuaalisesti havainnoimaan täytyvätkö lähestymisen jatkamisedot tuolla korkeudella ja tekemään päätöksen lähestymisen jatkamisesta sen perusteella. Tätä varten täytyy simulaattoriin kuvata kiitotien ja valojärjestelmän osat, joiden avulla lähestymistä minimien täytyessä jatketaan. Nämä osat on määritelty Ilmavoimien pysyväisasiakirjassa [9] seuraavasti:

Ohjaaja kykenee selvästi näkemään ja tunnistamaan vähintään yhden seuraavista käytettäväksi aiotun kiitotien kohteista:

- a) lähestymisvalojärjestelmän osia
- b) kynnys
- c) kynnysmerkinnät
- d) kynnysvalot
- e) kynnnyksen tunnistusvalot
- f) visuaalinen liukukulman osoitus
- g) kosketuskohta-alue tai kosketuskohta-alueen merkinnät
- h) kosketuskohtavalot tai
- i) kiitotien reunavalot

Mekaanikko

Alkeislentokoulutusvaiheessa mekaanikko ei ole kovinkaan merkittävässä roolissa liittyen koneella toimimiseen maassa. Toisin kuin suihkukonekalustolla, mekaanikko ei anna alkeiskoulutusvaiheessa kuin muutamia käsimerkkejä, joihin kuuluu käynnistysluvan antaminen, rullausvalmiuden kuittaus sekä pysäytyspaikalle ohjaaminen. Koska simulaattoriharjoittelulla pyritään kuitenkin antamaan tyyppilentovaiheessa hyvä pohja oikealla koneella toimimiseen, olisi edullista harjoitella myös maatoiminta oikealla tavalla. Tämä ei kuitenkaan välttämättä vaadi virtuaalista mekaanikkoa simulaattorin asematasolle, vaan esimerkiksi lennonopettaja voi kuvata mekaanikon toiminnan sanallisesti.

3.3.2. Maastomallit

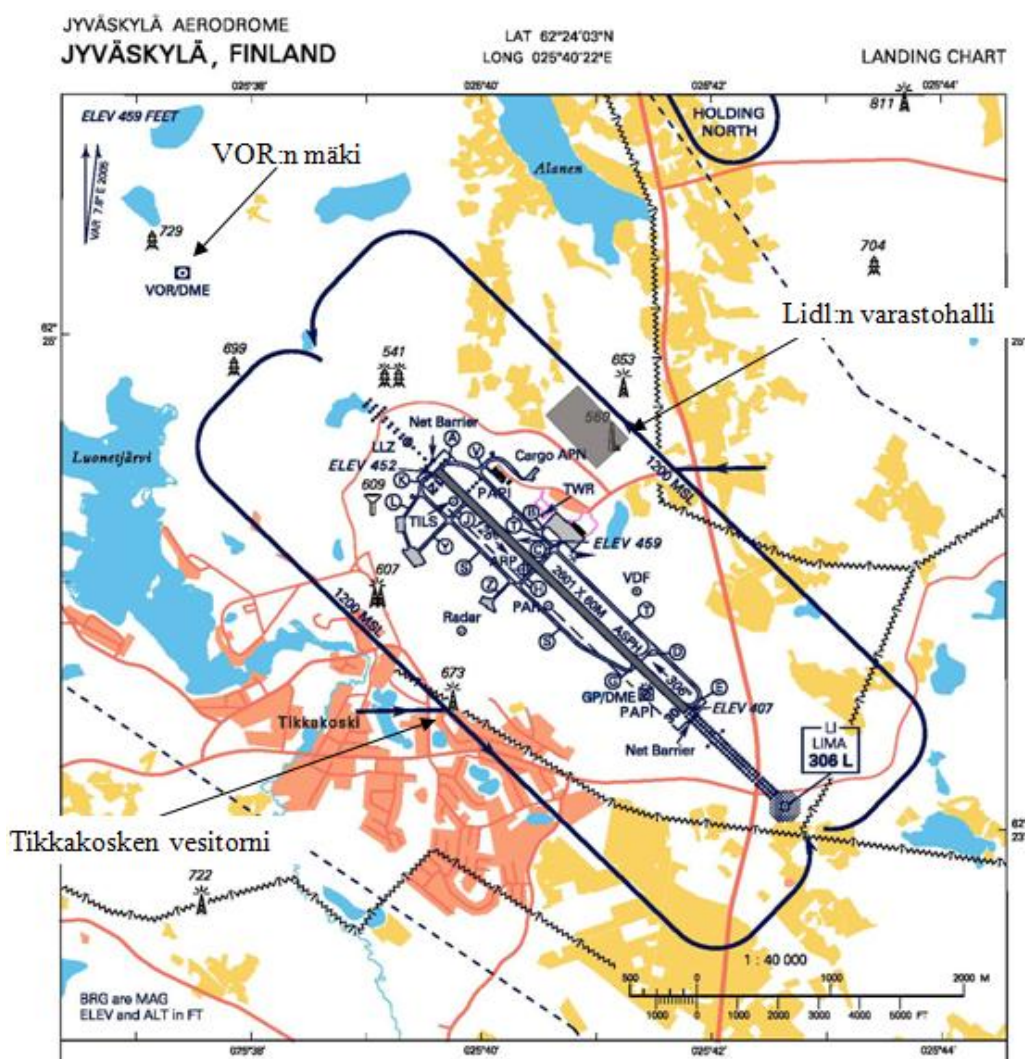
Koska alkeislentokoulutussimulaattorin pääasiallisina käyttökohteina on tyyppi- ja mittarilentokoulutus, ei maastomallien tarvitse olla kovinkaan tarkkoja. Mittarilentokoulutus ei aseta oikeastaan minkäänlaisia vaatimuksia maastolle. Tyyppilentokoulutus asettaa maastolle jonkin verran vaatimuksia. Maastomallien tulee mahdollistaa hätätoimenpiteiden tehokas harjoittelu sekä mahdollistaa muu perustoiminta visuaaliolosuhteissa.

Yksi peruslentokoulutuksen tavoitteista on kehittää oppilasta päätöksentekoon vaativissa tilanteissa [8] [12]. Moottorihäiriöihin liittyvissä hätätoimenpiteissä lentokonetta tulee ensisijaisesti lentää ja toissijaisina toimenpiteinä yrittää poistaa häiriö tai käynnistää moottori uudelleen. Lentämisellä tarkoitetaan tässä tapauksessa, että ohjaaja tekee päätöksen mahdollisesta pakkolaskupaikasta ja pyrkii lentämään konetta parhaalla mahdollisella tavalla pakkolaskupaikalle pääsemiseksi. Tämä vaatii maastomalleilta sen, että maastosta on pystyttävä erottamaan kyllin selvästi pellot, järvet, metsät, tiet, merkittävät maastonmuodot sekä lentoesteet, jotta päätöksentekoa pystytään harjoittelemaan.

Maastomallien tulee siis kattaa lentokenttäalueen ympäristö tärkeimpien maastonkohtien osalta sekä mahdollistaa hätätoimenpiteisiin liittyvä päätöksenteko vähintään yhden harjoitusalueen osalta.

Harrastepohjalta on Suomessa tehty tarkempia maastomalleja kuin mitä Microsoftin Flight Simulatoreiden mukana tulevat maastomallit ovat. Näiden käyttöehdot kuitenkin kieltävät niiden kaupallisen käytön ilman erillistä sopimusta oikeuden haltijan kanssa. Kyseisiä maastomalleja löytyy myös Ilmavoimien päätukikohtien ympäristöstä. Esimerkiksi Jyväskylän alueen maastoa on paranneltu ja Jyväskylän lentokenttäalueelta löytyvät kaikki rakennukset. Lentokenttäalue on mallinnettu alkeissimulaattorikoulutusta ajatellen riittävällä tarkkuudella ja mallinnuksesta löytyvät myös sotilaspuolen lentokonehallit ja asematasot.

Jyväskylän lentoaseman ympäristön maastomalli on selvästi parempi kuin Microsoft Flight Simulatorin mukana tuleva, joskaan sekään ei sisällä riittävästi maaston kiinnepisteitä, joiden mukaan laskukierroksen lentämistä voitaisiin kunnolla harjoitella. Esimerkiksi Tikkakosken vesitorni, Vor:n mäki ja Lidl:n varastohalli puuttuvat kokonaan.



Kuva 4. EFJY landing chart, josta käy ilmi laskukierroksen maastonkohtia.

Voidaan siis todeta, että harrastepohjalta Microsoftin Flight Simulator sarjaan on tehty maastomalleja, jotka eivät kuitenkaan ole riittävän tarkkoja käytettäväksi simulaattorikoulutuksessa laskukierroksen opettamiseen. Mikäli simulaattorissa halutaan opettaa laskukierroslentämisen perusteet maastonkohtiin sitoen, tulee nämä maastonkohdat mallintaa simulaattorin maastomalliin.

Harrastepohjalta tehty kenttämalli on tarkkuudeltaan riittävä, joskin siinäkin on pieniä puutteita. Kenttämallin käyttöehdot vaativat sopimuksen mallin kaupallisesta käytöstä oikeudenhaltijan kanssa.

4. YHTEENVETO

Ilmavoimien nykyinen Link-alkeislentokoulutussimulaattorikalusto on vanhanaikaista ja viikaantumisherkkää eikä se enää nykyään vastaa vaativan koulutuksen asettamiin haasteisiin. Ilmavoimien tulee nykyaikaistaa Link-simulaattorikalusto nopealla aikataululla tehokkaan ja ajanmukaisen alkeislentosimulaattorikoulutuksen mahdollistamiseksi.

Uuden simulaattorin tulisi mahdollistaa kaikki eri simulaattorikoulutuksen osa-alueet, joihin nykyistä kalustoa on käytetty, mutta sillä tulisi olla mahdollista laajentaa simulaattorikoulutus koskemaan myös asioita, joita nykyinen kalusto ei mahdollista. Tällaisia ovat peruslentokoulutuksen laajempi harjoittelu, hätätoimenpiteiden kouluttaminen ja monipuolisempi mittarilähestymisten harjoittelu.

Nykyiset lentokoulutusohjelmat sekä tulevaisuuden koulutustavoitteet määrittelevät tarpeelliset ohjaamokomponentit alkeislentokoulutussimulaattoriin. Tarpeellisia komponentteja ovat peruslentämiseen, moottorin vikatilanteisiin ja mittarilentämiseen liittyvät laitteet sekä ohjaimet. Tarpeellisten ohjaamokomponenttien tulee olla toiminnallisuudeltaan ja sijoittelultaan mahdollisimman pitkälle yhteneviä Vinkan ohjaamokokoonpanon kanssa tehokkaan siirtovaihtuuden mahdollistamiseksi. Motoristen taitojen oppiminen vaatii mahdollisimman todennukaisen harjoitteluympäristön ja kriittisintä sijoittelu onkin hätätoimenpiteisiin liittyvien komponenttien osalta. Pitkälle Vinkaa vastaavalla ohjaamoympäristöllä mahdollistetaan simulaattorin laajempi ja tehokkaampi käyttö koulutuksessa, kun simulaattorikoulutuksessa ei synny väärinoppimista erilaisen ohjaamoympäristön vuoksi.

Nykyisessä Link-simulaattorikalustossa ei ole visuaalia lainkaan, vaan horisonttia on edustanut seinään teipattu viiva. Visuaalin puuttuminen on selkeä heikkous, sillä simulaattorilla ei näin ollen voida harjoitella päätöksentekokykyä tehokkaasti eikä se mahdollista monipuolista koulutusta. Uuden simulaattorin tulee sisältää kunnollinen visuaalijärjestelmä, joka mahdollistaa visuaaliolosuhteissa lentämiseen liittyvien ulkoisten merkkien havainnoinnin. Ei ole kovinkaan merkittävää koulutuksen kannalta, toteutetaanko visuaali käyttäen videotykkiä vai suurikokoista LCD tai plasmanäyttöä. Kustannustehokkuuden kannalta paras lopputulos saavutetaan toteuttamalla ainoastaan etukanava.

Image generationin tulee mahdollistaa riittävän yksityiskohtainen näkymän mallinnus päätöksenteon harjoittelun mahdollistamiseksi. Microsoft ESP simulaatio-ohjelmisto täyttää nämä vaatimukset image generationin osalta varsin kirkkaasti ja on sen puolesta soveltuva simulaattorin simulaatio-ohjelmistoksi.

Simulaattoriin tulee toteuttaa maastomalli pääkoulutustukikohdan lähialueesta tarkkuudella, joka mahdollistaa päätöksenteon harjoittelun hätätoimenpidekoulutuksessa. Tämän lisäksi kyseisen tukikohdan ympäristö tulee toteuttaa tarkkuudella, joka mahdollistaa laskukierros-lentämisen harjoittelun maaston kiinnepisteiden mukaan. Lentokenttäalue tulee toteuttaa tarkkuudella, joka mahdollistaa maatoiminnan harjoittelun.

Voidaan todeta alkeislentokoulutussimulaattorin ilmavoimien tarpeisiin olevan mahdollista toteuttaa PC-pohjaisesti low-cost-konseptin puitteissa, koska Ilmavoimien simulaattoreiden ei tarvitse olla siviili-ilmailuviranomaisen hyväksymiä eikä niiden näin ollen tarvitse läpikäydä kalliita hyväksymismenettelyitä. Simulaatio-ohjelmistoksi siihen soveltuu Microsoft ESP tai muu vastaavilla ominaisuuksilla varustettu simulaatio-ohjelmisto.

LÄHTEET

- [1] Härtsiä, Heikki Ilpo.
GAT-1 lennonharjoituslaitteen muuttaminen Vinka-konetta simuloivaksi.
Helsinki 1983.
- [2] HW1-Koulutusohjelma.
Ilmavoimat. Ilmavoimien esikunta.
Tikkakoski 2009.
- [3] OpenCockpits.
<http://www.opencockpits.com>
Viitattu 23.10.2008
- [4] JJS.at : Software Projects : PSPdisp.
<http://www.jjs.at/software/psdisp.html>
Viitattu 25.4.2009
- [5] Luukkanen, Mikko.
Alkeislentokoulutussimulaattorin kouluttajan ympäristö ja lentomalli. SK1043.
Maanpuolustuskorkeakoulu. Helsinki 2009.
- [6] Microsoft ESP -dokumentaatio.
Microsoft Corporation. 2007.
- [7] Muistiinpanot evp. majuri Jari Karjanlahden haastattelusta.
Tikkakoski 5.11.2008.
- [8] Muistiinpanot kapteeni Matti Iso-sompin haastattelusta.
Tikkakoski 4.11.2008.
- [9] PAK I 4_20 PUOLUSTUSVOIMIEN MITTARILÄHESTYMINIMIT JA
MITTARILENTOLUOKAT.
Ilmavoimat. Ilmavoimien esikunta. Tikkakoski 2005

- [10] Reality XP GNS 430XP/530XP WAAS User's manual
Reality XP. 2008.
- [11] Salakari, Hannu. Pedagogical Guidelines for Simulator Training.
Eduskills Consulting 2007.
ISBN 978-952-92-2419-7.
- [12] VN1-Koulutusohjelma.
Ilmavoimat. Ilmavoimien esikunta.
Tikkakoski 2008.
- [13] VN2-Koulutusohjelma.
Ilmavoimat. Ilmavoimien esikunta.
Tikkakoski 2008.
- [14] VN-Ohjaajanohje.
Patria.
Tikkakoski 2008
- [15] VN-Selostus.
Patria.
Tikkakoski 2008.

LIITTEET

LIITE 1: Käsiteluettelo

Automated Terminal Information Service – ATIS – Automaattinen nauhoitettu radiolähete, joka voi sisältää tietoa muun muassa lentokentällä vallitsevista sääolosuhteista.

Distance Measuring Equipment – DME – Ilmailussa käytettävä radionavigaatiojärjestelmä, jolla määritetään vastaanottimen ja radiomajakan välinen viistoetäisyys. Käytetään VOR ja ILS mittarilähestymisissä apuvälineenä.

Dummy – Kytkin tai muu vastaava komponentti, joka on fyysisesti oikeaa vastaava, mutta jolla ei ole toiminnallisuutta simulaattoriohjelmistossa.

EFJY – Jyväskylän lentoaseman nelikirjaiminen kansainvälinen tunnus

Hätätoimenpidekoulutus – Lentokoulutuksen osa, jossa harjoitellaan erilaisia koneeseen liittyviä vikatilanteita sekä lentämiseen liittyviä pakkotilanteita

Image generation – IG – Kuvan tuottaminen. Tässä työssä tällä käsitteellä tarkoitetaan sitä laitteistoa ja ohjelmistoa, jolla kuva tuotetaan.

Immersio – Käyttäjän tunne, että hän uppoaa virtuaaliseen maailmaan.

Instrument Flight Rules – IFR – Mittarilentosäännöt.

Instrument Landing System – ILS – Mittarilähestymisjärjestelmä, jonka avulla lentokoneet voivat lähestyä kiitotietä ilman näköhavaintoja lentokentästä. Järjestelmä sisältää sekä optimiliukupolon, että suunnan näyttämän.

Instrument meteorological conditions – IMC – Mittarilento-olosuhteet. IMC:n vallitessa ei koneen lentotilaa pystytä luotettavasti määrittämään ulkoisten merkkien mukaan.

IOCards – Piirilevyjen ja ohjelmistojen muodostama rajapinta, jonka avulla low-cost lentosimulaattoreihin voidaan toteuttaa erilaisia mittareita ja kytkimiä.

Lämpölaukaisin – Uudelleenkytkettävä ylijänniterele.

MS – Microsoft Corporation.

Microsoft ESP – MS ESP – Microsoft Corporationin kehittämä simulaatio-ohjelmisto, jolla pystytään simuloimaan muun muassa lentokoneita. Perustuu saman yhtiön Flight Simulator X lentosimulaattoriohjelmistoon.

Non-directional Beacon – NDB – Mittarilähestymisjärjestelmä, jonka avulla lentokoneet voivat lähestyä kiitotietä ilman näköhavaintoja lentokentästä. Järjestelmä osoittaa majakan suunnan vastaanottimeen nähden.

Rajapinta – käyttöliittymä, jonka välityksellä eri järjestelmät voivat vaihtaa tietoa.

Tyypikoulutus – Lentokoulutuksen vaihe, johon kuuluu koneen peruskäsittelyn opiskelu sekä hätätoimenpidekoulutus.

VHF Omni-directional Range – VOR – VHF-monisuuntausmajakka, jonka perusteella vastaanotin saa tiedon siitä, missä ilmansuunnassa majakka sijaitsee. VHF-monisuuntausmajakoita käytetään mittarilähestymiseen yhdessä DME-laitteen kanssa.

Vinka – Ilmavoimien käyttämä alkeiskoulutuslentokone.

Vinka-simulaattori – Link Trainer GAT-1 lennonharjoituslaite, joka on muutettu Vinka-lentokonetta simuloivaksi.

Visual meteorological conditions – VMC – Näkölento-olosuhteet. VMC:n vallitessa pystyy ohjaaja luotettavasti määrittämään koneen lentotilan ulkoisten merkkien mukaan.

Visual Flight Rules – VFR – Näkölentosäännöt.

VN1-lentokoulutusohjelma – Varusmiesaikana potkurikoneella annettava peruslentokoulutus, jonka aikana lennetään noin 45h.

VN2-lentokoulutusohjelma – Kadettiaikana potkurikoneella annettava lentokoulutus, jonka aikana lennetään 60h.

Radio-magnetic Indicator – RMI – Suuntahyrrä. Toimii lentokoneen ohjaussuunnan osoittimena, jonka näyttämää korjataan Vinkassa magneettisen ilmaisimen perusteella.