13항공-안전04

다목적 소형항공기 비행시뮬레이터 국산화개발 기획보고서

2013

국토교통과학기술진흥원

국토교통부

Land Infrastructure and Transport R&D Report

건설교통연구기획사업 기획보고서

발 간 등 록 번 호

11-C419004-000001-01

다목적 소형항공기 비행시뮬레이터 국산화개발 기획보고서

2013. 9. 4.

주관연구기관 / 세종대학교산학협력단
위탁연구기관 / 한국항공우주연구원
협동연구기관 / (주)모델심

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통부 장관 귀하

이 보고서를 "다목적 소형항공기 비행시뮬레이터 국산화개발 기획 연구"과제의 보고서로 제출합니다.

2013. 9. 4.

주관연구기관명 : 세종대학교산학협력단
주관연구책임자 : 윤 석 준
연 구 원 : 김 준 형
연 구 원 : 배 상 준
위탁연구기관명 : 한국항공우주연구원
위탁연구책임자 : 박 종 혁
연 구 원 : 기 예 호
연 구 원 : 김 필 수
협동연구기관명 : (주)모델심
협동연구책임자 : 신 희 동
연 구 원 : 문 경
연 구 원 : 임 상 범

보고서 요약서

<table>
<tr><td>과제고유
번호</td><td></td><td>해 당 단 계
연 구 기 간</td><td>2013.4.5.
-
2013.9.4.</td><td>단 계
구 분</td><td>(1단계)/
(총 1단 계)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 사 업 명</td><td>중사업명</td><td colspan="4">건설교통기술연구개발사업</td></tr>
<tr><td>세부사업명</td><td colspan="4">건설교통연구기획사업</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 과 제 명</td><td>대과제명</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td>세부과제명</td><td colspan="4">다목적 소형항공기 비행시뮬레이터 국산화개발 기획</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 책 임 자</td><td rowspan="2">윤 석 준</td><td>해당단계
참 여
연구원수</td><td>총 : 8명
내부 : 2명
외부 : 6명</td><td>해당단계
연 구 비</td><td>정부 :
70,000천원
계 :
70,000천원</td></tr>
<tr><td>총연구기간
참 여
연구원수</td><td>총 : 8명
내부 : 2명
외부 : 6명</td><td>총연구비</td><td>정부 :
70,000천원
계 :
70,000천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명
및
소 속 부 서 명</td><td colspan="2">세종대학교산학협력단
M&S기술연구소</td><td>참여기업명</td><td colspan="2">(주)모델심</td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="5">상대국명 : 상대국연구기관명 :</td></tr>
<tr><td>위 탁 연 구</td><td colspan="5">연구기관명 : 한국항공우주연구원 연구책임자 : 박 종 혁</td></tr>
<tr><td colspan="4">요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자 이내)</td><td>보고서면수</td><td>303</td></tr>
<tr><td colspan="6">- KC-100 소형항공기 인증기 개발을 계기로 항공기 수출에 필요한 시뮬레이터를 개발하여 해외 시뮬레이터 수출시장에 진입하고, 조종사 비행교육에 필요한 프로그램 개발을 통해 항공안전을 꾀할 수 있는 계기를 마련하기 위해 본 사업을 기획함
- 본 사업의 세부과제로 『KC-100 소형항공기의 3등급 모의비행장치(Full Flight Simulator) 개발』,『일반 4인승 소형항공기의 “나”등급 비행훈련장치(Level 5 Flight Training Device: FTD) 및 AATD</td></tr>
</table>

(Advanced Aviation Training Device) 개발』 그리고 『모의비행훈련장치 (Synthetic Flight Trainer) 인증 인프라 연구 및 교육훈련 프로그램 개발』 등 3개 과제를 채택 - 총 3개 과제의 연구비는 119.7억 원으로 정부출연금 93.6억 및 기업부담금 26.1억 원으로 구성. 『모의비행훈련장치 인증, 인프라 연구 및 교육훈련 프로그램 개발』 과제의 경우 공공성이 큰 사업으로 전액 정부출연금으로 연구 수행		
색 인 어 (각 5개 이상)	한글	소형항공기 / 비행 시뮬레이터 / 인증 / 비행 교육 / BASA
	영어	Light Aircraft / Flight Simulator / Certification / Flight Training / Bilateral Aviation Safety Agreement

요 약 문

Ⅰ. 제 목

○ 다목적 소형항공기 비행시뮬레이터 국산화개발 기획보고서

Ⅱ. 연구개발의 목적 및 필요성

본 연구개발의 목적은 소형항공기급 비행에 대한 체험이 가능하고, 민·군용 조종사 양성을 위한 비행훈련을 공인 지원할 수 있는 다목적 소형항공기급 비행시뮬레이터 국산화 개발을 목표

□ 국내 환경 측면의 필요성

○ 항공기 조종사 양성과 조종사 자격 유지를 위한 비행시뮬레이터 개발을 통해 국내 보급 및 수출추진 필요

- 국내 조종사 양성 및 교육용 비행시뮬레이터는 전량 해외에 의존하거나 미인증 제품을 수입하여 비행시간으로 인정받지 못하는 실정
- 비행교육 프로그램의 체계적 개발을 통한 항공사의 조종사 비행교육훈련 실시 필요 (해외 경우, 항공기 제작사에서 모의비행훈련센터를 운영)

○ 일반 항공기에서는 체험할 수 없는 악기상 등 위급상황에 대처할 수 있는 비행훈련까지 지원이 가능한 공인된 첨단 비행시뮬레이터를 활용할 경우, 효율적·체계적·경제적인 조종사 양성과 기량유지에 기여하게 되며 항공사고 예방을 위해서도 개발이 시급함

○ 또한, 항공기 비행체험에 관심 있는 학생 등 일반 국민들이 항공기 비행체험을 쉽게 접하고 즐길 수 있는 인프라가 국내에는 거의 없는 실정이며, 다목적 소형항공기용 비행 시뮬레이터를 국산화 개발 보급을 통하여 선진화된 항공레저 체험문화 구축 시급

○ 낙후된 항공레저산업 육성을 위하여, 고부가가치 첨단 항공기용 비행시뮬레이터(Flight Simulator) 핵심 제작기술 국산화 추진 필요

○ 정부 지원의 타당성

- 항공기 산업 및 제품 특성은 기술의 첨단성 및 파급성, 제품의 안보의존성, 개발투자의 장기성, 위험성 및 대규모성, 공공의존성 등으로 인하여 개발, 생산 및 판매 전 단계에 걸쳐서 높은 '공공성' 및 '전략성'을 보임
- 최근 개발된 KC-100을 포함하는 소형항공기에 대한 비행시뮬레이터 및 비행교육 프로그램의 개발은 KC-100의 양산과 국내 비행시뮬레이터 산업의 활성화를 위해 매우 중요하여 투자가 상당기간 지속되어야 하는 장치산업의 특성을 가짐

- 소형항공기의 비행시뮬레이터 개발은 그 열매가 특정 산업체나 기관이 아닌 관련 국내 산업전체를 활성화 시키는 효과를 갖기 때문에 정부지원의 당위성을 가짐

□ 국외 환경 측면의 필요성

○ 중국 민간항공 분야의 비약적 성장이 국내 민간항공 분야에 블랙홀로 작용하여 국내 조종사의 절대적 부족 현상 발생으로 효율적 조종사 양성을 위하여 모의비행훈련장치 수요 발생

○ KC-100의 주 경쟁기종인 Cirrus SR-22의 경우 폴란드에 전용 모의비행훈련센터를 설치하고 Full Motion Simulator를 운용하고 있어, KC-100 해외수출을 고려 시 국제적 경쟁력 확보를 위하여 모의비행훈련장치 개발이 병행되어야 할 것임

Ⅲ. 연구개발의 내용 및 범위

본 연구를 통해 개발될 세부과제별 연구 내용 및 범위는 다음과 같다.

□ 1 세부과제: KC-100 소형항공기의 3등급 모의비행장치 (Full Flight Simulator) 개발

○ 국토교통부고시 제2013-107호“모의비행훈련장치 지정기준 및 검사요령”의 모의비행장치 (Full Flight Simulator) 3등급 지정기준 충족과 인증 확보

○ KC-100 소형항공기의 비행시험을 통한 3등급 기준 데이터 확보 및 처리를 통한 비행모델 개발

○ 계기, 장비, 조종계통을 포함한 KC-100 조종석 모의

○ 컬리메이션(collimate) 방식의 시현장치와 6DOF 운동판 적용

○ 잽슨(Jeppesen) 매뉴얼을 활용하여 국내 주요 민간공항 (15개)의 비행절차 및 영상 DB 적용

○ 모의비행장치 통제, 비행훈련교과 적용, 자가 고장 진단 등을 포함하는 교관통제석 개발

○ QTG (Qualification Test Guide) 작성을 통한 시험평가

□ 2 세부과제: 일반 4인승 소형항공기의 “나”등급 비행훈련장치(Level 5 Flight Training Device: FTD) 및 AATD (Advanced Aviation Training Device) 개발

○ 비행훈련장치의 경우 1차적으로 국토교통부고시 제2013-107호“모의비행훈련장치 지정기준 및 검사요령”의 비행훈련장치 “나”등급 지정기준을 충족하고 인증을 확보하며, AATD의 경우 “가”등급 인증을 확보함

- 최종적으로 FAA 해당 등급(Level 5 FTD 및 AATD) 인증을 확보
- KC-100 모의비행장치 개발 과정에서 확보된 기준 데이터, 비행모델, 계기 및 장비 모델, 공항 및 지형 DB 등을 활용하여 “나”등급 비행훈련장치와 AATD에 적합하게 변환
- 대표 기종 2개 이상(예, KC-100, DA-40, Cessna 172S 등)을 선정하여 요크(yoke) 및 스틱(stick) 방식의 조종계통과 아날로그 및 디지털 MFD 방식의 계기들을 모두 수용할 수 있도록 모듈화를 통한 가변형 조종석 구현
- 비행훈련장치/AATD 통제, 비행훈련교과 적용, 자가고장진단 등을 포함하는 교관통제석 개발
- QTG 작성을 통한 시험평가

□ 3 세부과제: 모의비행훈련장치 (Synthetic Flight Trainer) 인증 인프라 연구 및 교육훈련 프로그램 개발

- FAA 14 CFR Part 60 및 61을 기본으로 한 국내 “모의비행훈련장치 인증기준” 개발
- QTG 시험평가에 기반 한 모의비행훈련장치 인증 인프라 연구
- 소형항공기에 적합한 모의비행훈련장치 기반 비행교육훈련절차 개발
- 항공레저스포츠 (초경량기, 소형항공기 등)의 모의비행훈련장치 기반 비행교육훈련절차 개발

Ⅳ. 연구개발결과

본 연구를 통해 개발될 세부과제별 결과물은 다음과 같다.

□ 1 세부과제: KC-100 소형항공기의 3등급 모의비행장치 (Full Flight Simulator) 개발

- KC-100 소형항공기의 국토교통부 3등급 모의비행장치 1대

□ 2 세부과제: 일반 4인승 소형항공기의 “나”등급 비행훈련장치(Level 5 Flight Training Device: FTD) 및 AATD (Advanced Aviation Training Device) 개발

- 일반 4인승 소형항공기의 국토교통부“나”등급 및 FAA Level 5 FTD 인증을 모두 확보한 비행훈련장치 및 AATD 각 1대

□ 3 세부과제: 모의비행훈련장치 (Synthetic Flight Trainer) 인증 인프라 연구 및 교육훈련 프로그램 개발

○ 모의비행훈련장치 인증기준 수정보완 보고서
○ QTG 시험평가에 기반 한 모의비행훈련장치 인증 인프라 연구 보고서
○ 모의비행훈련장치 기반 소형항공기 비행교육훈련절차 보고서
○ 모의비행훈련장치 기반 항공레저스포츠 비행교육훈련절차 보고서

Ⅴ. 연구개발결과의 활용계획

○ 시뮬레이션 기술을 접목하여 항공기 설계 시 성능향상을 꾀함
- 신 기종 항공기를 개발할 때 최근의 추세는 시뮬레이션 개발팀들이 개발 초기부터 함께 참가
- 설계 파라미터 변경에 따른 항공기 성능을 검증

○ 무인기(UAV) 개발에 활용
- 무인기용 지상통제시스템(GCS) 및 내·외부조종사 등의 기능을 향상시키는데 기술적 배경을 제공

○ 소형항공기 조종사의 안전성 확보
- 국가에서 소규모 비행학교(Flying School) 등에 제정지원을 통해 저가로 다목적 소형항공기 시뮬레이터 보급을 통해 안전교육을 확충

○ 항공 레저·스포츠 인구 창출
- 국민소득이 $3만 달러에 이르면 항공 레저·스포츠를 즐기게 되는데, 시뮬레이터 보급을 통해 항공 레저·스포츠에 대한 막연한 불안감을 잠재우고 일반인들도 쉽게 체험을 해 볼 수 있는 기회를 제공

○ 턴키 수출
- 항공기, 시뮬레이터, 비행 훈련 교육 프로그램, 항공 인프라 등 패키지 수출을 통해 수익의 극대화

○ 조종사 교육인력의 흡수
- 아시아-태평양 지역은 항공수요가 높은 지역으로 향후 조종사 수급의 문제발생이 예견
- 국제적 자질을 갖는 조종사 양성 프로그램을 개발하여 해외 비행학교로 유학을 가는 수요를 흡수하고, 동시에 해외에서 유학을 오는 조종 인력의 교육을 통해 수익성을 극대화

○ 항공 인프라 구축을 통해 지역 경제 활성화에 기여
- 비행 교육기관, 지방공항, 시뮬레이터 기반 교육 시설 등을 입체적으로 연계하여 지방경제의 활성화 및 항공교통 소외문제를 해결

목 차

제1장 기획과제의 개요 ····· 1
제1절 과제의 정의 ····· 1
제2절 기획과제 추진 배경 ····· 10
제3절 기획과제 추진 필요성 ····· 12

제2장 국내외기술개발현황 ····· 15
제1절 국내외 정책동향 ····· 15
제2절 국내외 시장현황 ····· 30
제3절 국내외 기술동향 ····· 64
제4절 기술수준 분석 ····· 171

제 3장 연구개발과제 구성 및 추진전략 ····· 185
제1절 비전 및 목표 ····· 185
제2절 연구개발과제 구성 ····· 190
제3절 세부과제 주요 내용 및 추진전략 ····· 195
제4절 과제별, 연차별 기술로드맵 및 성과로드맵 ····· 278
제5절 성과활용 방안 ····· 282
제6절 연구수행체계 ····· 286

제 4장 파급효과 분석 ····· 288
제1절 기술적 파급효과 ····· 288
제2절 경제적 타당성 ····· 290
제3절 사회/문화적 파급효과 ····· 303

제 5장 연구투입 소요예산 산정 ····· 304
제1절 인력투입계획 ····· 304
제2절 소요예산 산정 ····· 307
제3절 재원조달 방법 ····· 315

제 6장 과제 제안요구서 ····· 316
제1절 과제 제안요구서 ····· 316
제2절 평가기준 설정 ····· 323

제 7장 참고문헌 ····· 324

제1장 기획과제의 개요

제1절 과제의 정의

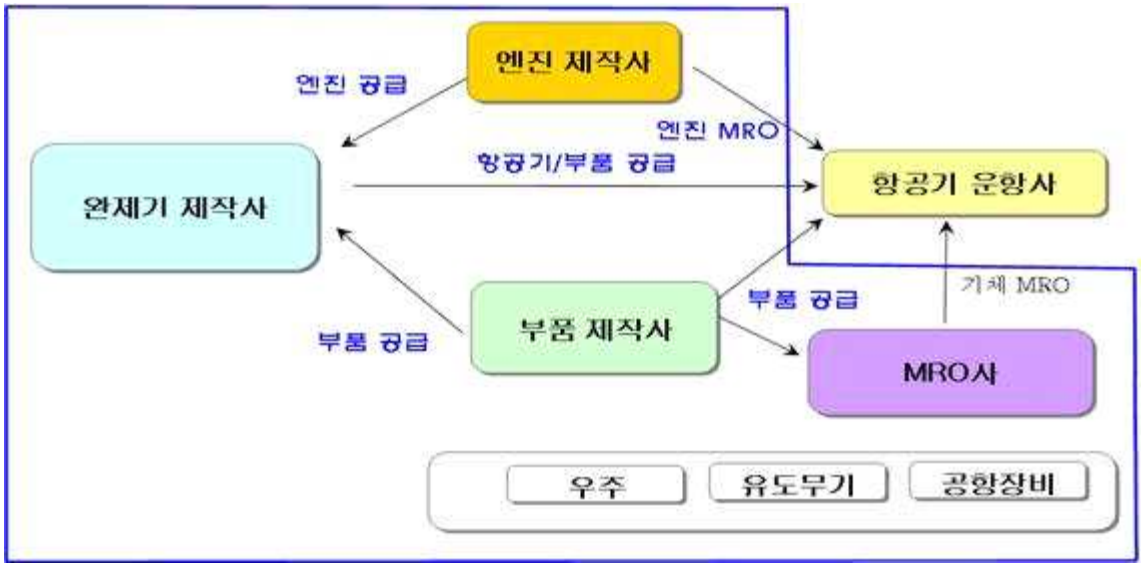
1. 기술의 정의

가. 항공 산업의 정의

항공산업은 민수여객기, 군용기, 개인항공기 등을 개발하고 생산하는 항공기 제조산업과 항공기의 정비 및 개조를 담당하는 MRO산업으로 구성된다. 여객과 화물을 운송하는 항공운송업과 군용기를 운용하는 각 국가의 군이 항공산업의 주요 수요자이다. 우주 및 방산 산업은 기술, 인력 및 생산기반을 항공 산업과 공유하는 대표적인 산업분야이다.

<표 5> 항공산업분류

완제기분야	민수고정익	대형여객기 (100인승 이상)
		중형여객기 (100인승 이하)
		비즈니스 제트기
		소형기
	군수고정익	훈련기
		전투기
		수송기
	회전익	민수분야
		군수분야
	미래비행체 (무인기, PAV 등)	지능형 무인기 시스템
		미래형 개인 비행기(PAV)
엔진 및 부품분야	엔진	
	기계보기	
	항공전자	
	기체구조	
	소재	
MRO (정비서비스)	정비	
	개조	



<그림 1> 항공산업의 분류 및 연계도

나. 일반항공(General Aviation, 이하 GA)의 정의

미연방항공법 Part 23(이하 FAR 23)에서 규정하고 있는 소형항공기가 가장 광범위하게 사용되고 있는 분야는 일반항공(General Aviation, 이하 GA)이다. GA용으로 사용되는 항공기에는 항공사업자가 정기 운항업에 사용하는 항공기 및 군용기를 제외한 모든 상업용 항공기와 자가용 항공기가 포함된다. 자가용, 조종훈련, 농업용, 항공촬영, 구조, 관광 등 다양한 용도로 사용되는 GA용 항공기에는 1인승 단발 피스톤 항공기에서부터 시작하여, 회전익기, 법인의 업무용 소형 제트기, 활공기, 그리고 자가 제작 항공기 등 다양한 성능 및 제원의 항공기가 모두 포함된다.

다. 시뮬레이터의 정의

(1) 시뮬레이션의 개요

시뮬레이션(simulation)이란 어느 시스템이나 공정의 기능을 다른 수단을 활용하여 모의 구현함을 의미한다. 시스템이나 공정의 기능을 표현하기 위하여 우리는 모델을 사용하게 되는데, 모델이란 모델의 대상을 우리가 직접 접촉하지 않고도 이에 관련한 정보를 교환할 수 있도록 하는 상징화된 언어의 집합이다. "상징"이라는 단어가 내포하듯이 모델링은 그 대상의 모든 측면을 표현할 수 없으며, 함축화하는 절차를 반드시 수반한다. 시뮬레이션 정의에서의 "다른 수단"으로는 컴퓨터와 컴퓨터 언어가 주로 사용된다.

모델링-시뮬레이션(M&S: Modeling & Simulation) 기술은 현대의 다양한 산업과 기술분야에서 매우 중요한 역할을 담당하여왔다. M&S는 기술개발의 시험 단계에서 알고리즘과 매개변수를 체계적으로 변화시키기 위한 연구 개발용 도구로서, 그리고 새로운 프로그램의 초창기에 개발될 시스템을 비교평가 하는 도구로서 일반적으로 활용되어 왔다. 모델링 기술은 해석 기술(Analysis) 자체만큼 오랜 역사를 갖지만, 시뮬레이션 기술의 발달은 컴퓨터 기술의 발달과 같이 한다.

시뮬레이션 기술을 분류하는 방법에는 여러 가지가 있을 수 있다. 시뮬레이션이 실제의 현상이 일어나는 시간대와 동일한 시간 내에 수행되느냐에 따라 실시간과 비실시간으로 분류할 수 있고, 시뮬레이션의 목적이 연구개발인가, 교육훈련인가, 오락인가에 따라 시뮬레이션의 종류를 분류하는 방법도 있다.

시뮬레이션에 실제의 하드웨어나 사람이 그 일부로 포함되느냐의 여부에 따라 HILS (Hardware-In-the-Loop Simulation)와 MILS (Man-In-the-Loop Simulation)를 단순 시뮬레이션과 분리할 수도 있을 것이다. 하지만, 항공기의 조종사 훈련용 시뮬레이터나 워게임과 같은 군사용 시뮬레이션 등을 다루는 시뮬레이션 분야에서 정의하는 방식은 통상 가상 시뮬레이션, 구성 시뮬레이션, 실제 시뮬레이션 등의 3가지 분야로 구분한다.

(2) 시뮬레이션 기반 기술

시뮬레이터 시스템의 형상은 시뮬레이션 대상이 항공기냐, 자동차냐, 발전소냐에 따라 좌우될 수밖에 없다. 더 나아가, 항공기 시뮬레이터의 경우도 대상 기종이 고정익기냐, 회전익기냐, 또 기종에 따라서 시뮬레이터 시스템의 세부 S/W, H/W 구조가 달라질 것이다. 시뮬레이션의 목적이 연구 개발용인가, 교육 훈련용인가, 오락용인가에도 시스템의 형상이 좌우될 수밖에 없을 것이다. 하지만, 이러한 시스템들의 형상은 대체로 공통된 특징을 갖고 있다. 본 장에서는 그 공통분모에 대하여 다루고자 한다. 시뮬레이터들 중에서도 항공기 시뮬레이터가 가장 포괄적이고, 일반적이기 때문에 다음의 내용들은 항공기 비행 훈련용 시뮬레이터를 위주로 전개된다.

<그림 2>의 경우는 캐나다 CAE사의 B777 비행 훈련용 시뮬레이터의 외양과 내부를 개념적으로 보여주고 있다. 시뮬레이터는 통상 조종석, 모션 프렛폼, 비주얼 시스템, 교관석 등으로 구별된다. 조종석 또는 Cab는 조종사가 위치하는 공간이며, 비행, 항법, 통신을 위한 각종 계기, 스위치, 장비 등과 엔진제어계통 비행조종계통 장치들이 포함된다. 교관석은 IOS (Instructor's Operation Station)라고 지칭하며,

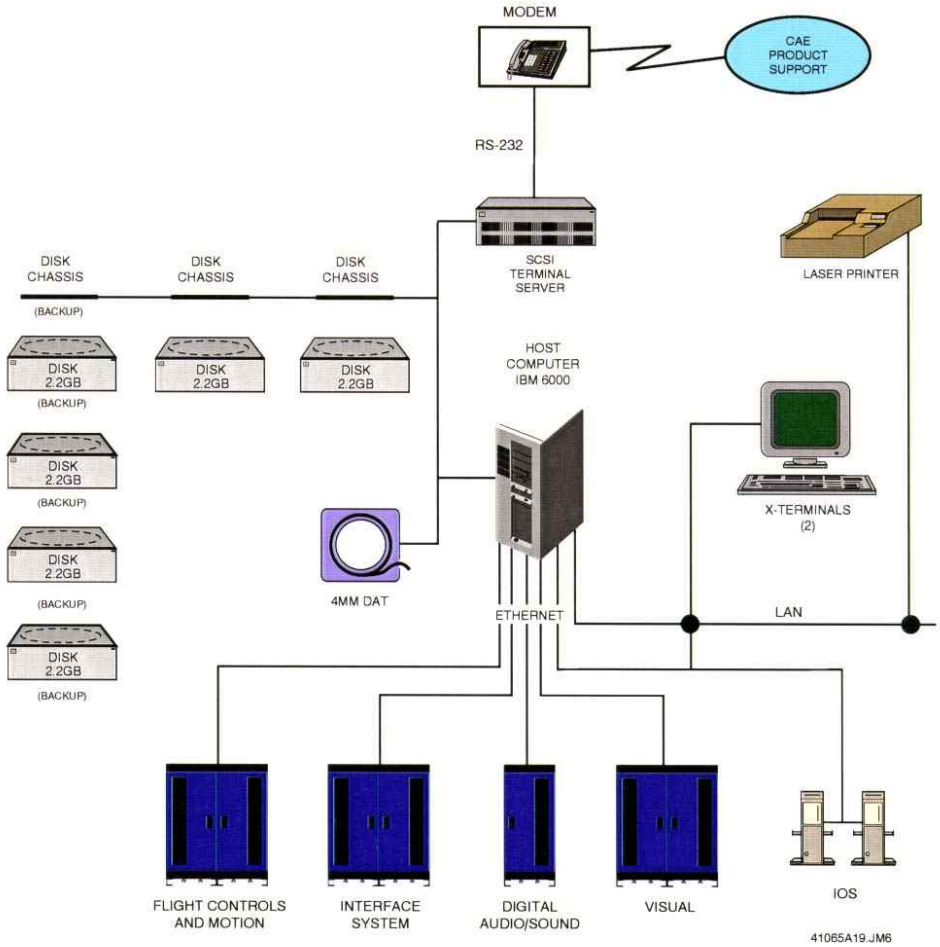
시뮬레이터 전체 시스템 자원들과 상태를 관찰하고 통제한다. <그림 3>에 IOS의 전형적인 형상이 나타나 있다. 모션 플랫폼은 조종사 귀 내부의 전정기관에 모션 큐를 제공하여 움직임을 느끼게 하는 장치로 통상 Stewart Platform 방식의 6 DOF 시스템이 적용된다. 비주얼 시스템은 조종사가 조종석 내부 또는 창 밖에서 감지하는 비주얼 큐를 제공하는 것을 목적으로 하며, 특히 창 밖 시계 또는 OTS (Out-the-Window)의 시현이 위주가 된다. 이러한 서브 시스템들을 통합하는 컴퓨터 시스템의 형상이 <그림 4>에 도시 되었다.



<그림 2> B777 비행훈련용 시뮬레이터의 외부 및 내부 형상



<그림 3> B777 비행훈련용 시뮬레이터의 IOS



<그림 4> B777 시뮬레이터의 컴퓨터 시스템

(3) 시뮬레이터 요소 기술

시뮬레이터의 요소 기술은 <표 3>에서와 같이 시뮬레이터의 구성 형상에 따라 조종석, 컴퓨터, 영상장치, 모션 시스템, 조종감 제시기, 교관석으로 구분할 수 있다.

(4) 민간 비행 시뮬레이터 간략 개발 역사

(가) 최초의 비행 시뮬레이션 훈련 장치

1909년 Antoinette monoplane의 조종훈련을 위해 개발되었으며 왼쪽과 오른쪽에 2개의 조종간(wheel)을 갖춘 형태로 한명의 조종사는 pitch를 다른 한명은 roll을 조종하도록 설계되었다.

<표 6> 시뮬레이터 요소 기술

구분			적용기술 및 설명
조종석	조종반력장치		항공기 조종면에 가해지는 힘을 조종사에게 전달하는 장치
	계기		항공기의 계기를 모사 하는 장치
컴퓨터	입출력장치		시뮬레이터와 주 컴퓨터 간의 통신을 담당하는 장치
	주 컴퓨터 (HOST)		시뮬레이터 주 프로그램과 장치들의 연산을 수행하는 장치
	주 프로그램		항공기의 각종 기능에 관련된 수학적 모델
	음향장치		항공기의 소음 및 계기의 음향을 재현하는 장치
영상 장치	영상생성장치		영상을 실기간적으로 재현해주는 장치
	시현 장치	프로젝터	영상 DB를 조종사에게 시현해 주는 장치
		스크린	영상 DB를 조종사에게 시현해 주는 장치
	영상 데이터베이스		동적 개체들을 포함하는 주변 환경을 시각화 하기위한 영상을 제작하기 위한 데이터 (고도, 지도, 3D 모델라이브러리 등이 있음)
모션 시스템	모션 플랫폼		항공기의 병진 방향 힘들과 회전 운동들 모사하는 장치
	워시아웃 프로그램		모션 큐의 onset 부분이 시현 된 직후 조종석 또는 Cab을 슬며시 중립 또는 정상 상태로 되돌리는
교관석	교관통제석		훈련 시나리오 생성 및 훈련 절차를 실행하는 장치
	디브리핑 장치		훈련생의 훈련 기록 등을 저장, 평가하는 장치

(나) Link Trainer

1929년 Edward Link에의해 개발되었으며 가스 펌프를 이용하여 pitch와 roll을

조종할 수 있도록 개발된 가장 유명한 시뮬레이터이다. 2차 세계 대전 당시 상당수가 활용되었다.

(다) Curtiss-Wright Corporation 개발 시뮬레이터

1948년 Curtiss-Wright Corporation에 의해 개발된 시뮬레이터로 최초로 특정 항공기용 조종석이 도입되었으며, 조종간 반응을 느낄 수 있도록 개발되었다. Pan American World Airways에 최초로 상용 항공사에 의해 도입되었으며 1954년 업데이트 되어 United Airlines에 인도되었다.

(라) Link Design (현 L-3 Communication 사)

1954년 개발된 시뮬레이터로 최초로 3차원 회전운동을 제공하였으며, 이후 6-자유도 운동이 가능한 형태로 제공되었다. 1960년대에 이르러서는 조종석에 컴퓨터 기술이 도입되었다.

(5) FFS(Full Flight Simulator) 및 FTD(Flight Training Device)

□ 모의비행장치 (FFS: Full Flight Simulator)

○ 시스템
- 조종석 계기와 통합
- 풀 모션 및 영상 기능

○ 지원그룹
- 상용 항공기 조종사: '현실감'이 훈련 효과도를 측정하는 주요 차원
- 항공기 제작사: 모의비행장치 판매를 통해 조종간 계기, 비행모델 및 비행시험 데이터를 판매

○ 특징
- 주로 10년 이내 연령
- 모션 및 모델 충실도에 따라 FAA/JAA 등급에 따라 A, B, C, 및 D로 구분

○ 예시 (Level D 시뮬레이터)
- 최고 수준의 시뮬레이터

- 최소 5채널 이상의 3개의 영상엔진으로 구성
- 180° 수평 시야각을 가지며, 최근에는 200°의 수평 시야각을 제공하는 시장이 증대

□ 비행훈련장치 (FTD: Flight Training Device)

○ 시스템
- 모의비행장치(FFS)에서 요구하는 영상이나 모션 시스템 제공이 요구사항이 아님

○ 지원그룹
- 학계 및 군 연구원
- 항공사 및 비행교육학교
- 충실도 높은 시스템의 복제 보다는 인간요소 및 교육 과정에 초점을 두고 훈련 효과도를 높이고자 하는 그룹에서 지원

○ 교육
- 계기 및 조종에 익숙해지도록 교육

2. 기획연구의 범위

본 연구에서는 국토교통부에서 최근 개발에 성공한 4인승 소형항공기인 KC-100의 양산에 대비하여 다음의 연구를 수행한다.

○ 국내・외 소형항공기급 비행시뮬레이터 제작시장 및 개발 여건, 환경 분석
- 국내·외 비행시뮬레이터 관련 기술수준 조사, 분석 실시
- KC-100 주 경쟁기종(Cirrus사의 SR-22 등)의 비행시뮬레이터 정책 및 시장 현황 조사
- 국내·외 비행시뮬레이터 인증기준 조사 및 보완 제시

○ 다목적 소형항공기용 비행시뮬레이터 국산화 개발의 필요성, 수요, 타당성, 경제성, 기대효과 등 분석하여 제시
- 국가 전략적 중요성, 상위 계획과의 부합성, 사업추진 의지 및 관련기관 협조 의지, 사업추진상의 위험요인과 대응방안 등 분석 실시
- 경제성, 경제・사회적 파급효과, 과학기술적 파급효과 등 분석 실시

○ 다목적 소형항공기 비행시뮬레이터 국산화 개발을 위한 과제 도출
- KC-100 소형항공기의 3등급 모의비행장치 (Full Flight Simulator) 개발
- 일반 4인승 소형항공기의 “나”등급 비행훈련장치(Level 5 Flight Training Device: FTD) 및 AATD (Advanced Aviation Training Device) 개발
- 모의비행훈련장치 (Synthetic Flight Trainer) 인증 인프라 연구 및 교육훈련 프로그램 개발

제2절 기획과제 추진 배경

소형항공기 비행시뮬레이터(국토해양부고시 제2009-883호에 근거한 보다 정확한 용어를 사용한다면 모의비행훈련장치: Synthetic Flight Trainer, 표 4 참조)의 국내 연구개발은 1990년대 초반 대한항공의 『창공-91』 4인승 소형항공기의 비행훈련장치(Flight Training Device: FTD)로부터 시작한다. 당시 FAA Level 7급 FTD의 개발에 성공하였으나, 『창공-91』의 양산계획이 무산되면서 FTD의 판매는 이루어지지 않았다. 하지만, 이 사업을 시작으로 국내 비행시뮬레이터의 연구개발은 군용항공기인 KT-1, F-5, T-50, F-4, F-16 등으로 이어졌고, 국방 분야의 타 무기체계들에 대한 훈련용 시뮬레이터의 개발로 이어졌다. 즉, 상당한 수준의 훈련용 시뮬레이터 기술이 국방 분야의 다양한 개발 사업들을 통하여 국내 산업체, 연구소, 대학 등에 축적되었다 하겠다.

현재 비행시뮬레이터의 기술개발은 국방 분야로 편중되어 왔고, 민수분야는 여전히 황무지로 남아 있는 것이 현실이다. 대한항공과 아시아나 항공은 최상급 모의비행장치(Flight Simulator)를 캐나다의 CAE, 프랑스의 Thales, 미국의 FSI(Flight Safety International) 등으로부터 100% 직도입하여 왔고, 저가항공사들에 대한 국토해양부의 비행교육정책은 CAE, Lockheed-Martin 등의 모의비행훈련센터 유치를 통해 역시 해외에서 개발된 비행시뮬레이터들을 활용하는 것이다. 근래 들어 항공대, 한서대를 시작으로 한국교통대, 경운대, 청주대, 초당대, 극동대 등의 항공운항학교 비행교육용으로 FTD급 비행시뮬레이터의 도입

<표 7> 국토해양부고시 제2009-883호 상의 항공기 비행시뮬레이터 등급 구별

제3조 (모의비행장치의 구비요건 : Flight simulator requirements)	비행기에 대한 모의비행장치구비요건은 별표2와 같으며 구비요건에 따라 비행기 1등급, 2등급 및 3등급으로 구분하며, 회전익항공기에 대한 모의비행장치구비요건은 별표9와 같으며 구비요건에 따라 회전익 1등급, 2등급 및 3등급으로 구분 한다. 각 등급의 구비요건과 기준은 미국의 연방항공청이 AC120-40B 및 AC120-63에서 정한 B등급, C등급 및 D등급의 기준을 준용한다.
제4조 (비행훈련장치의 구비요건 및 지정 : Flight training device requirements)	항공기에 대한 비행훈련장치의 구비요건은 별표3과 같으며 구비요건에 따라 비행기 가등급, 나등급, 다등급 및 라등급으로 구분하며 미국의 연방항공청이 AC120-45A에서 정한 4등급, 5등급, 6등급, 7등급의 기준을 준용한다. 단 회전익 항공기의 경우 비행기의 구비요건을 준용하되 등급의 구분 없이 단일 등급으로 지정 운영한다.

이 추진되어 왔지만, 이러한 초등 비행교육시장 역시 미국의 Frasca, Elite, 캐나다의 Metronix 등 해외 비행시뮬레이터 제작업체들로부터의 직 도입을 우선적으로 검토하여 왔다.

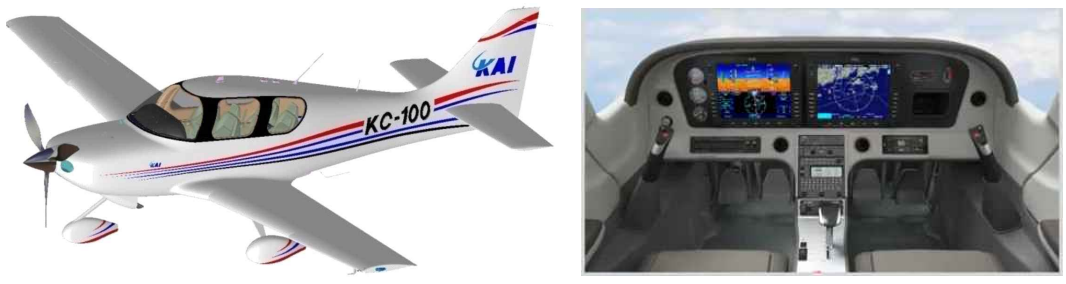
국방 분야에서 이미 국산화가 정착된 모의비행훈련장치 기술이 민수 분야로 전이되지 않고 있는 이유는 무엇일까? B777과 같은 대형 수송기의 전 세계 최상급 모의비행장치(Flight Simulator) 시장을 장악하고 있는 CAE, Thales, FSI 등과 경쟁하기에는 국내 비행시뮬레이터 제작기술과 경험이 여전히 부족하기 때문이다. 그러면, 소형항공기 모의비행훈련장치 분야는 왜 국방 분야에서 상당 수준으로 기술과 경험을 축적한 국내 산업체들이 참여하고 있지 않을까? 최근 2, 3년 전까지만 하여도 이러한 FTD급 비행시뮬레이터를 사용하는 교육기관은 항공대, 한서대, 대한항공, 아시아나항공으로 제한되어 있었고, 이러한 교육기관들이 타성적으로 미국 FAA가 인증한 장비들을 구입하여 왔던 것이 한 가지 이유이고, 또 다른 이유는 소형항공기의 모의비행훈련장치들은 국방 분야의 장비들에 비해 현저하게 낮은 가격으로 거래되기 때문에 수익성이 매우 낮다는 것이다.

결국, 1990년대 이후로 20년 이상 국방 분야를 중심으로 실력과 경험을 쌓아온 국내 비행시뮬레이터 기술과 산업이 민수 분야로 확장하여 기술의 도약과 국제 경쟁력을 갖추기 위해서는 현실적으로 진입 가능한 소형항공기 비행시뮬레이터 시장으로 진출하여야 한다. 이를 위해 비행시뮬레이터의 시험평가 및 인증기술의 확보와 BASA(Bilateral Aviation Safety Agreement)에 비행시뮬레이터 분야를 포함시키는 노력이 수행되어야 할 것이며, 체계적인 비행교육 프로그램의 개발도 병행되어야 할 것이다. 또한, 국방 비행시뮬레이터에 적용하는 고가의 솔루션보다는 Frasca 등과 가격적으로 경쟁할 수 있는 경제적 솔루션을 확보하는 것도 필수적이다. 이러한 노력들은 중·장기적으로 1,000억불 이상의 전 세계 민수 시뮬레이터 시장 진출의 촉진제로 작용할 것이다.

제3절 기획과제 추진 필요성

1. 연구개발의 시급성 및 중요도

국토해양부의 지원으로 항공안전기술개발사업단이 주도하여 개발하여 온 4인승 소형항공기 (KC-100, 나라온)의 시제개발이 2012년 완료되었고, 2013년 2월 현재 양산을 준비하고 있다. 항공기 시장의 국제적 동향은 항공기 제작사가 항공기와 더불어 비행시뮬레이터를 패키지화한다는 것이다. 더 나아가 모의비행훈련센터를 운영하여 항공기를 구매할 항공사의 조종사 비행교육까지 옵션으로 제시하고 있다. 이러한 추세는 대형항공기를 제작하는 Boeing, Airbus, Lockheed-Martin으로부터 1990년대 후반 이후로 시작되었고, KC-100(그림 5)과 경쟁기종인 SR-22 소형항공기(그림 6)를 제작하는 Cirrus 마저도 폴란드에 모의비행훈련센터(그림 7)를 2011년 개설하였다. 즉, KC-100 양산체계를 준비하는 단계에서 비행시뮬레이터와 교육훈련을 주관하는 모의비행훈련센터의 기획연구는 뒤늦은 감이 없지 않다. 왜냐하면, 새로운 기종의 항공기를 개발할 때 비행시뮬레이터의 개발을 병행하는 것이 1990년대 Boeing이 B777 개발부터 적용해 온 국제적 관례이기 때문이다. 그 이유는 시뮬레이터용 비행시험 데이터의 확보 때문이다. 감항 인증에 필요한 비행시험은 주로 비행선도의 가장자리 영역으로 제한되어 있고, 비행시뮬레이터에서 요구하는 비행시험은 비행시뮬레이터가 전 비행영역에서 실제 항공기를 복제하여야 하기 때문에 비행선도의 내부 영역에 집중되기 때문이다. 즉, 실제 항공기의 비행특성을 복제하기 위한 비행시험 데이터의 확보를 위해서는 비행시험 계획이 감항 인증만이 아닌 비행시뮬레이터 개발을 염두에 두어야 한다. 또한, KC-100 비행시뮬레이터 및 비행교육 프로그램의 체계적 개발을 위해서는 당연히 관련 기획연구가 선행되어야 하는데, KC-100의 양산시기를 염두에 둘 경우 이러한 시각에서도 기획연구는 필수적이며 시급하다 하겠다.



<그림 5> KC-100(나라온) 항공기 및 조종석





<그림 6> SR-22 항공기 및 조종석



<그림 7> Full Motion SR-22 FTD
(폴란드 모의비행훈련센터)

KC-100 비행시뮬레이터 개발에 대한 당 기획연구는 국내 관련 산업의 일반 소형 항공기 비행시뮬레이터 시장 진출 측면에서도 중요한 기여를 할 수 있다. 중국 민간 항공 분야의 비약적 성장은 국내 민간항공 분야에 블랙홀로 작용하여 적지 않은 영향을 미치고 있는데, 바로 국내 조종사의 절대적 부족이다. 이러한 조종사에 대한 수요는 여러 대학의 항공운항학과 개설을 촉진하였고, 민간 비행교육학원의 활성화를 유도하였다. 현재는 FAA 인증을 기반으로 한 해외로부터의 비행훈련장치(FTD) 도입이 소형항공기 비행시뮬레이터 시장을 주도하고 있지만, 국방 분야의 비행시뮬레이터 연구개발을 통하여 축적된 관련 국내 기술은 이미 해외 산업체들과 비견할 만큼 성장하였으므로 당 기획연구는 이러한 기술과 산업이 민수 비행시뮬레이터 시장에 진출하는데 올바른 방향을 제시하고, 성공적으로 정착하기 위한 지침서가 될 것이다.

2. 정부지원의 필요성

항공기 산업은 그 산업의 특성상 “정부역할”이 다른 산업에 비해 큰 산업 분야로 기술의 첨단성 및 파급성, 제품의 안보의존성, 개발투자의 장기성, 위험성 및 대규모성, 공공의존성 등으로 인하여 항공기 산업 및 제품 특성은 그 개발, 생산 및 판매 전 단계에 걸쳐서 높은 ‘공공성’ 및 ‘전략성’을 보이게 된다.

미국 및 유럽 등 항공기 선진국들은 역사적으로 항공기 산업 발전을 위해 사실상 대규모의 “정부지원”을 직·간접적으로 하고 있으며, 이러한 노력은 그 양태를 달리하면서 최근까지도 이어 오고 있는 현실이다.

최근 개발된 KC-100을 포함하는 소형항공기에 대한 비행시뮬레이터 및 비행교육 프로그램의 개발은 KC-100의 양산과 국내 비행시뮬레이터 산업의 활성화를 위해 매우 중요하다. KC-100과 같은 항공기 개발은 상당한 투자가 상당기간 지속되어야 하는 장치산업의 특성을 갖기 때문에 민간 업체가 감당하기 어려워 선진국의 경우도 일정한 단계에 이르기까지 정부가 주도하고 지원하여왔다.

본 과제가 목표로 하는 소형항공기 모의비행훈련장치 연구개발의 실제적인 주요 목표 중 하나는 KC-100의 양산을 지원하는 것이다. 따라서 소형항공기 비행시뮬레이터 관련 기획연구도 정부가 지원해야 할 필요성을 갖는다. 또한, 소형항공기 비행시뮬레이터 기획연구는 그 열매가 특정 산업체나 기관이 아닌 관련 국내 산업전체를 활성화 시키는 효과를 갖기 때문에 정부지원의 당위성을 갖는다.

제2장 국내외 기술개발 현황

제1절 국내·외 정책동향

1. 소형항공기 시뮬레이터관련 국내·외 정책동향

가. 국내 정책동향

(1) 국토교통부의 항공 산업 정책동향

국토교통부는 국내·외 항공환경 변화에 따른 미래지향적 항공정책의 목표와 비전을 다음과 같이 제시한다. 2014년까지 향후 5년간 항공분야 정책방향과 실천전략을 담은 제1차 항공정책기본계획을 수립하였다.('09.12.30)

글로벌 항공여건 변화와 주요국 정책동향분석 등을 토대로 "환태평양을 주도하는 항공강국 실현"을 목표로 이를 달성하기 위해 다음과 같이 다섯 개 분야별 추진전략과 추진과제를 제시한다.

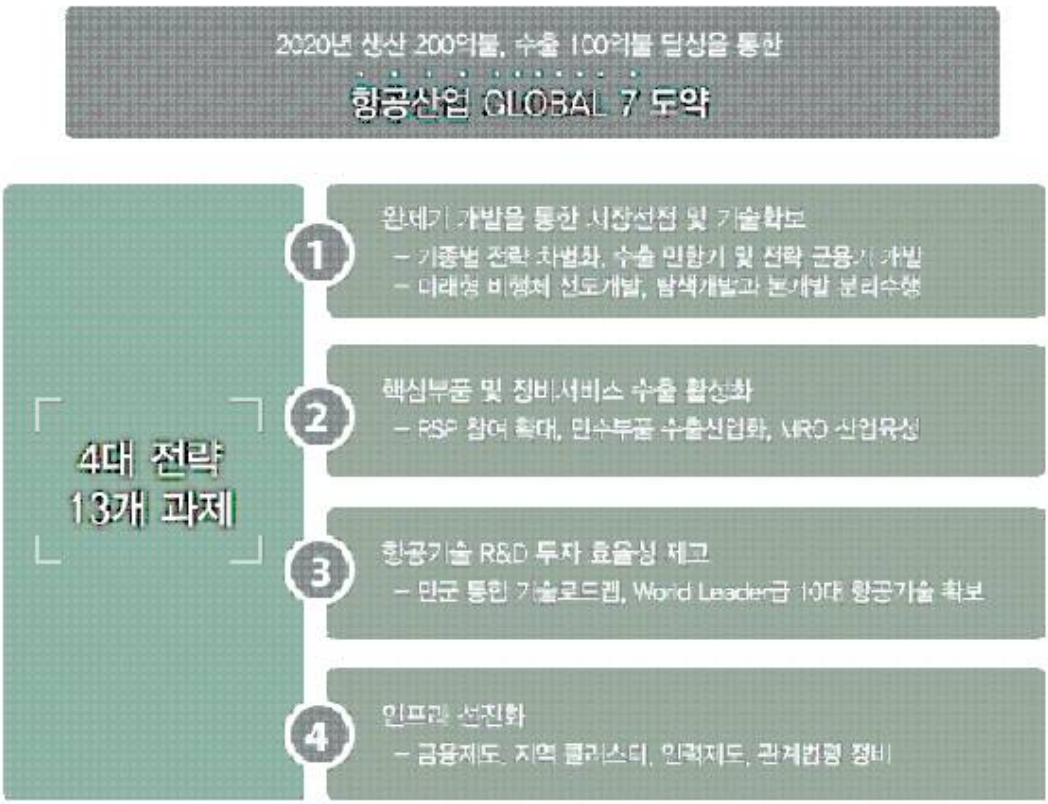
1) 항공운송
2) 공항
3) 항공안전
4) 항공산업
5) 소비자보호 등

기존의 운송산업 위주 육성정책에서 항공정비업, 항공물류업 등 항공산업을 다양화하고, 항공분야 지속적 발전을 위한 인적 역량을 강화하기 위해 전문 인력의 체계적 육성을 적극 추진할 계획이다.



<그림 8> 제 1 차 항공정책기본계획

(2) 지식경제부의 항공 산업 정책동향



<그림 9> 항공산업발전기본계획

지식경제부는 국내·외 항공산업 발전을 위한 큰 틀의 중장기 정책의 청사진을 제시하여 성장 동력 확보 및 환경변화 대응과 민항기 시장 진입을 통한 항공산업의 도약 기반을 마련하기 위해, 2020년까지 지금의 10배 수준인 생산 200억불, 수출 100억불 달성으로 항공산업 『Global 7』 의로의 도약을 위한 “항공산업발전 기본계획”을 수립하였다. (‘10.1.21)

이를 통해 항공기업 300개 육성 및 7만개의 고급 일자리를 창출하여 기존의 주력산업을 보완하는 새로운 전략산업으로 항공산업을 육성할 계획이다. 동 기본계획은 다음과 같은 3가지 분야에 중점을 두고 있다.

① 민수분야 발전전략 강화를 통한 안정적인 산업기반 마련,
② 완제기 개발을 바탕으로 한 부품 수출기반 구축,
③ 민군공동의 항공기술로드맵 수립을 통한 국방기술 접근 제한성 해소에

또한, 목표 달성을 위한 4대 전략으로 다음 분야에 13개 세부과제를 2019년 까지 추진할 계획이다.

① 완제기 개발을 통한 시장선점 및 핵심기술 확보,
② 핵심 부품 및 정비서비스 (MRO) 수출 활성화,
③ 항공기술 R&D 투자 효율성 제고,
④ 선진국 수준의 인프라 구축 등

나. 국외 정책동향

(1) 미국의 항공 산업 정책동향

미국은 유럽의 체계적인 항공산업 육성정책에 대응하기 위해 2002년 대통령령으로 “미국 미래항공우주산업 위원회(commission on the future of the united states aerospace industry”를 구성하고 기술개발, 산업육성, 인력양성 등에 대한 체계적인 지원책을 마련하고 있다.

이에 따라 2006년에는 “National Aeronautics R&D Policy″를 수립하고, “Decadal Survey of Civil Aeronautics:Foundation for the Future, 2006”을 통해 미국의 경쟁력 향상, 자유로운 항공 교통, 비행 안전성, 국방, 환경보호, 미래 인력 양성 등의 여섯 가지 범주에서 발전 계획 수립하였다.

2005년 4월 미국의 항공분야 글로벌 리더십 회복을 위한 2010 비전수립을 수립

하고 시스템, 항공 안전 및 보안, 극초음속, 회전익, 아음속, 초음속, 인력 양성의 7가지 분야의 개발목표와 로드맵을 제시하였다.

최근 오바마 정부는 “National Export Initiative(‘10.01.10)”통해 미국내 중소기업의 수출을 활성화하기 위한 국가 계획을 수립한 바 있으며, 미국의 대표적 무역흑자 분야인 항공우주산업의 수출 확대에 대한 지원 강화를 그 주 목적으로 하고 있다.

(2) 유럽의 항공 산업 정책동향

유럽은 항공분야의 발전계획인 “Vision 2020″을 2001년 수립하고, R&D를 총괄하는 ACARE (Advisory Council for Aeronautics Research in Europe)를 설립하여 유럽연합의 통합적인 R&D를 추진함으로써, 항공산업에서 ”Global leadership″ 확보를 목표로 하고 있다.

Vision 2020의 주요 내용은 다음과 같다.

1) 민항기 분야의 지속적인 성장을 기반으로 유럽 내 항공산업을 강력히 지원하고,
2) 지속적으로 증가하는 항공운송 수요에 부응하기 위하여 항공분야 비전을 새로이 수립하고,
3) 세계 항공분야의 주도권을 강화하기 위하여 산업계에 대한 지원 강화하며,
4) 항공산업의 발전을 위한 운항 및 연구개발 관련 지원 정책 및 안전, 환경 등과 관련된 규제제도의 수립과 항공서비스 향상, 안전성, 환경보존 및 운항시스템 향상의 네 가지 주요 연구 분야 등에 대한 방향의 설정을 목표로 한다.

(3) 일본의 항공 산업 정책동향

일본은 민항기 국제공동개발비용의 50% 이상을 정부에서 투자하기 위하여 JADC(일본 항공기 개발 협회)를 구성하고, 민항기 분야의 국제공동개발을 전략적으로 지원하며, 정부주도로 항공과학기술위원회를 수립하여 2003년 5월에 ‘항공과학기술에 관한 연구개발의 추진방책’ 보고서를 발표하였다.

이러한 일본정부의 노력은 국산여객기 고성능화 기술, 클린 엔진기술, 운항안전 및 환경보전 기술, 컴퓨터에 의한 혁신설계기술 비행실증 프로그램, 차세대 초음속 기술의 연구개발, 성층권 플랫폼 비행선 시스템 연구, 미래형 항공기 기술의 연구개발(수직 이착륙기 등) 등을 목표로 하고 있다.

항공기 분야 기술전략 맵을 민·관 협력 혹은 민간 주도의 적극적 개발과 안전성, 환경 적합성, 경제성 등 사회적 요구가 높은 기술, 타 산업에 대한 파급효과가 큰 기술, 자체 항공기 개발 및 국제 공동개발에 주체적 참여에 필요한 기술 등을 중심으로 기술로드맵을 작성함으로써 항공산업 분야의 핵심기술 확보에 그 중점을 두고 있다.

2. 소형항공기 시뮬레이터 인증관련 국내·외 정책동향

가. 모의비행훈련장치 BASA SIP

(1) 개요

우리나라는 지난 2008년 2월 한·미간 TSO(Technical Standards Order)급의 항공안전협정(BASA)이 공식 체결되고 발효된 이후로 TSO급으로 체결되었던 BASA IPA(감항성이행절차 : Implementation Procedure for Airworthiness)를 소형비행기급(Part 23급)으로 확대하기 위하여 KC-100 나라온 항공기를 통한 Shadow program을 수행하였고 2013년 4월에 KC-100 나라온 항공기에 대한 우리나라형식증명(TC)가 발행되었다.

미연방항공청(FAA)은 우리나라 인증당국의 KC-100 나라온 항공기 형식증명(TC) 과정 중에 지속적인 기술평가(TA: Technical Assessment)를 수행한 바 있으며, 현재 우리나라 정부와 TSO급으로 체결되었던 BASA IPA를 소형비행기급(Part 23급)으로 확대하기 위한 실무협의를 진행하고 있으며 2014년경에는 한·미간 BASA가 소형비행기급(Part 23급)으로 확대되리라고 예상된다.

모의비행훈련장치(FSTD : Flight Simulation Training Devices)의 경우에는 항공기급 등에서 적용하고 있는 IPA라는 용어 대신에 SIP(Simulator Implementation Procedures)라는 용어를 사용하여 BASA를 적용하고 있다.

(2) 모의비행훈련장치(FSTD)에 대한 해외 SIP 체결

미연방항공청(FAA)에서는 모의비행훈련장치(FSTD)에 대한 BASA SIP를 영국(1995년 12월 20일), 스위스(1996년 9월 26일), 캐나다(2000년 6월 12일) 등과 체결한 바 있다.

다음은 미국과 BASA SIP를 체결한 해외국가 현황으로서 BASA SIP의 경우 가장

최근에 체결된 국가는 캐나다로서 2000년에 체결되었음을 알 수 있다. 그 외에는 프랑스, 독일, 스웨덴 등의 유럽국가가 SIP Working Plan 중으로 제시되어 있다.

<표 8> 모의비행훈련장치(FSTD)에 대한 BASA SIP 체결현황

국가	SIP Status	체결일
Canada	SIP 체결	2000.6.12
France	SIP Working Plan	
Germany	SIP Working Plan	
Sweden	SIP Working Plan	
Switzerland	SIP 체결	1996.9.26
United Kingdom	SIP 체결	1995.12.20

영국, 스위스, 캐나다의 SIP 문서를 토대로 한 각국의 SIP 체결 사례를 표로 비교한 결과는 다음과 같다. SIP의 구성은 크게 Chapter I부터 Chapter IV 까지로 이루어져 있다.

□ Chapter I General
□ Chapter II Reciprocal Acceptance of FFS Qualification Evaluations
□ Chapter III Special Conditions
□ Chapter IV Mutual Cooperation and Technical Assistance

구분	영국	스위스	캐나다
SIP Date	1995.12.20	1996.9.26	2000.6.12
Chapter I General			
1.0 Purpose	FFS(Full Flight Simulator) 평가에 대한 상호 인정	동등	Flight Simulator 평가에 대한 상호 인정
1.1 Authorization	상호간 FFS 평가 및 승인 활동을 평가하여 체결됨	동등	상호간 Flight Simulator 평가 및 승인 활동을 평가하여 체결됨
1.2 Entry into Force and Termination	제시된 날짜부터 효력이 발생되고 종료를 위해서는 60일 이전에 서면으로 통보	동등	동등
1.3 Amendments	상호간 필요에 따라 개정가능	동등	동등
1.4 JAA membership	영국 CAA는 JAA 회원국임	FOCA는 JAA 회원국임	-

구분	영국	스위스	캐나다
1.5 National Requirements	영국 CAA는 JAR을 적용하고 FAA는 FAR을 적용함	FOCA는 JAR을 적용하고 FAA는 FAR을 적용함	TC는 CAR을 적용하고 FAA는 FAR을 적용함
1.6 Accountability			
Technical oversight :	FAA : Flight Standard Service (AFS-50) CAA : Safety Regulation Group, Flight Operations Standards	FAA : Flight Standard Service (AFS-50) FOCA : Federal Office of Civil Aviation, Certification Flight Operation, STD Team	-
Technical Implementation :	FAA : Flight Standard Service (AFS-205) CAA : Safety Regulation Group, Flight Operations Standards	FAA : Flight Standard Service (AFS-205) FOCA : Federal Office of Civil Aviation, Certification Flight Operation, STD Team	FAA : Manager, National Simulator Program (AFS-205) TC : Manager, Simulator Program, Transport Canada
Administrative Coordination :	FAA : Office of the Assistant Administrator for International Aviation (AEU-10) CAA : Safety Regulation Group, Flight Operations Standards	FAA : Office of the Assistant Administrator for International Aviation (AEU-10) FOCA : Federal Office of Civil Aviation, Certification Flight Operation, STD Team	FAA : Office of International Aviation (AIA-200) TC : Director, Commercial & Business Aviation, Transport Canada
1.7 Resolution of Disagreements	상호간 의견불일치가 있는 경우 상술	동등	동등
1.8 Definitions	용어정의	동등	동등
Chapter II Reciprocal Acceptance of FFS Qualification Evaluations			
2.0 General	FFS 승인에 대해 상호간에 인정함	동등	Simulator 승인에 대해 상호간에 인정함
2.1 Eligibility	FFS Level B, C, D에 적용	동등	Simulator Level A, B, C, D에 적용
2.2 Standards Used	FAA AC 120-40B 또는 JAR-STD-1A Amdt. 2	동등	FAA AC 120-40 as amended, TP9685 또는 ICAO Doc. 9625-AN/938
2.3 Qualification Level	상호간 FFS 승인결과를 동등 또는 낮추어	동등	상호간 Simulator 승인결과를 동등 또는 낮추어

구분	영국	스위스	캐나다
	지정가능		지정가능
2.4 Request for Evaluation	상호간 FFS 평가 요청가능	동등	상호간 Simulator 평가 요청가능
2.5 Evaluation Instructions	FFS 평가에 있어 특수지침 등이 있는 경우 30일전에 고지	동등	동등 2.6 Evaluation Report 참조
2.6 Notification of Findings	Finding 사항이 있는 경우 평가 후 30일 이내에 고지	동등	동등
2.7 Right to Make Independent Verification	상호간 FFS에 대한 독립적인 평가 가능	동등	Simulator 평가에 있어 특수지침 등이 있는 경우 30일전에 고지
2.8 Joint Evaluations	상호간의 요청에 의해 FFS에 대한 합동 평가 가능	동등	-
Chapter III Special Conditions			
3.0 FAA Special Conditions	주요내용 : • 초기승인 후 6개월 안에 첫 번째 정기평가 수행. • 평가에는 AC120-40B의 기준이 포함되어야 함. • 일부 평가는 미국의 공항환경에서 수행되어야 함.	동등	Reserved
3.1 CAA Special conditions	주요내용 : • FFS 평가에는 유럽기준이 포함되어야 함. • 일부 평가는 유럽의 공항환경에서 수행되어야 함.	동등	Reserved
Chapter IV Mutual Cooperation and Technical Assistance			
4.0 Periodic Meetings	상호합의하에 진행함.	동등	동등
4.1 Information	상호간 FFS 평가를 위한 정보를 공유함.	동등	상호간 Simulator 평가를 위한 정보를 공유함.
4.2 Technical Assistance	상호간 기술지원 제공	동등	동등
4.3 Exchange of	상호간 FFS 평가를	동등	상호간 Simulator

구분	영국	스위스	캐나다
Information	위한 정보를 제공함.		평가를 위한 정보를 제공함.
4.4 Establishing and Amending Regulations, Policies, and Guidelines	변경된 규정, 절차 등에 대하여 상호간 기술지원 제공	동등	동등
4.5 Urgent or Unusual Situations	SIP에 제시되어 있지 않더라도 긴급하거나 일반적이지 않은 사항이 발생할 경우 상호간에 협의함.	동등	동등
4.6 Notification of Non- compliance and Safety Issues	FFS 평가 중 Non-compliance 또는 Safety Issues가 발생된 경우 상호간 해당사항 고지	동등	Simulator 평가 중 Non-compliance 또는 Safety Issues가 발생된 경우 상호간 해당사항 고지
4.7 Protection of Proprietary Data and Freedom of Information Act(FOIA) Requests	상호간 Proprietary Data 보호 해야함.	동등	동등 Access to Information Act(ATIA) 관련사항 추가
4.8 Accident/Incident Investigation Request	사고/준사고 조사에 필요한 경우 상호간 이에 대한 정보 제공	동등	동등

영국, 스위스, 캐나다의 SIP 문서를 검토한 결과 현재까지 체결된 SIP는 Flight Simulator급의 모의비행훈련장치(FSTD)였으며, Flight Training Device(FTD)급의 모의비행훈련장치(FSTD)는 체결범위에 포함되어 있지 않음을 알 수 있다.

나. 우리나라의 모의비행훈련장치 승인 기준

(1) 모의비행훈련장치 관련 국내외 법규정 현황

(가) 개요

우리나라의 모의비행훈련장치(FSTD)에 대한 법규정은 최상위 항공법부터, 항공법 시행규칙, 실무를 위한 국토교통부 고시 등 까지 다양하게 규정하고 있다. 그러나 우리나라의 모의비행훈련장치(FSTD) 관련한 많은 부분의 법규정은 모의비행훈련장치(FSTD)의 운용 부분에 있으며 일부의 법규정들이 모의비행훈련장치(FSTD)의 지정에 대한 사항을 규정하고 있다.

본 절에서는 우리나라 법규정 중 모의비행훈련장치(FSTD)의 지정 관련한 규정을

중심으로 검토하도록 한다.

(나) 우리나라의 모의비행훈련장치 관련 법규정

① 항공법

우리나라 항공법에서는 모의비행훈련장치(FSTD)에 대하여 "모의비행장치"라는 용어로 정의하고 있으며 "모의비행장치"란 "항공기의 조종실을 모방하여 기계·전기·전자장치 등의 통제기능과 비행의 성능 및 특성 등을 실제의 항공기와 동일하게 재현할 수 있게 고안된 장치를 말한다."고 정의하고 있다. 항공법에서 규정하고 있는 모의비행장치 관련한 조항은 다음과 같다.

□ 항공법 제29조의2 (모의비행장치를 이용한 자격증명 실기시험의 실시 등)
□ 항공법 제45조 (운항승무원의 조건)
□ 항공법 제51조의2 (모의비행장치에 따른 조종사의 운항자격 심사 등의 실시)

항공법 제29조의2에서는 국토교통부장관이 지정하는 모의비행장치를 이용한 탑승경력은 제29조제2항에 따른 항공기 탑승경력으로 인정 가능하도록 규정하고 있으며 항공법 제45조에서는 운항승무원의 비행경험 중 모의비행장치를 이용하여 얻은 비행경험도 인정 가능하도록 규정하고 있다. 또한 항공법 제51조의2에서는 비상시의 조치 등 실제의 항공기로 수행이 어려운 사안에 대해서는 국토교통부장관이 지정한 모의비행장치를 이용하여 조종사의 자격인정 및 심사를 할 수 있다고 규정하고 있다.

② 항공법시행령

우리나라 항공법시행령 제63조(권한의 위임·위탁) 및 부칙 제2조를 통하여 항공법 제29조의2제2항에 따른 모의비행장치의 지정업무에 대해서 지방항공청장에 위임하고 있다.

③ 항공법시행규칙

우리나라 항공법시행규칙 제93조(모의비행장치의 지정기준 등) 조항에서는 모의비행장치의 지정 관련하여 다음과 같이 규정하고 있으며 별표 9 "응시경력(제76조 및 제93조제3항 관련)"에서는 자격증명시험과 한정시험 등에 대하여 모의비행장치를 통해 인정받을 수 있는 비행경험 시간을 규정하고 있다.

제93조(모의비행장치의 지정기준 등) ① 법 제29조의2제2항에 따라 실제 항공기 대신 이용할 수 있는 모의비행장치의 지정을 받으려는 자는 별지 제42호서식의 모의비행장치 지정신청서에 다음 각 호의 서류를 첨부하여 지방항공청장에게 제출하여야 한다.

1. 모의비행장치의 설치과정 및 개요
2. 모의비행장치의 운영규정
3. 실제 항공기와 같은 형식의 모의비행장치 시험비행기록 비교 자료
4. 모의비행장치의 성능 및 점검요령
5. 모의비행장치의 관리 및 정비방법
6. 모의비행장치에 의한 훈련계획
7. 모의비행장치의 최소 운용장비 목록과 그 적용방법(사업용 항공기만 해당한다)

② 지방항공청장은 제1항에 따른 신청을 받으면 국토교통부장관이 고시하는 지정기준 및 검사요령에 따라 모의비행장치를 검사하여 지정기준에 적합한 경우에는 별지 제43호서식에 따른 지정서를 발급하여야 한다.

③ 모의비행장치 탑승경력의 인정은 별표 9에 따른다.

모의비행장치의 지정 관련한 조항 이외에도 항공법시행규칙 제138조(조종사의 최근의 비행경험) 조항에 따라 지방항공청장의 지정을 받은 모의비행장치를 국토교통부장관이 지정하는 방식으로 조작한 비행경험은 일부 비행경험으로 인정받을 수 있다고 제시되어 있다. 또한, 제141조(계기비행의 경험)에서도 계기비행경험을 산정할 때 지방항공청장의 지정을 받은 모의비행장치를 국토교통부장관이 지정하는 방식으로 조작한 경험은 비행경험으로 인정받을 수 있다고 제시되어 있다.

항공법시행규칙 제151조(조종사의 운항자격인정을 위한 심사)에서도 일부 항목에 대해 모의비행장치를 사용할 수 있는 것으로 규정되어 있다.

④ 국토교통부 훈령 및 고시

우리나라의 모의비행훈련장치(FSTD)에 대한 훈령 및 고시는 국토교통부 항공자격과에서 2013년 4월 15일에 고시한 국토교통부고시 제2013-107호 “모의비행훈련장치 지정기준 및 검사요령(Approval for Synthetic Flight Trainer)”이 있다.

본 고시에서는 모의비행훈련장치(Synthetic Flight Trainer)를 모의비행장치(A Flight Simulator)와 비행훈련장치(A flight training device)로 구분하여 구비요건(Requirements), 검사(Inspection), 보고(Report) 등의 다음과 같은 사항들을 규정하고 있다.

- □ 제1조 (목적 : Objectives)
- □ 제2조 (용어정의 : Definition)
- □ 제3조 (모의비행장치의 구비요건 : Flight simulator requirements)

□ 제4조 (비행훈련장치의 구비요건 및 지정 : Flight training device requirements)
□ 제5조 (검사의 구분 : Inspections)
□ 제6조 (모의비행훈련장치의 지정신청 : Operator's preparation for initial approval)
□ 제7조 (모의비행훈련장치 지정검사 : Inspection plan for initial approval)
□ 제8조 (지정 : The approval for training)
□ 제9조 (외국 모의비행장치사용 : Guidance for use of foreign simulators)
□ 제10조 (프로그램변경 : Changes to simulator programing)
□ 제11조 (결함발생에 대한 조치 : Major squawks)
□ 제12조 (모의비행훈련장치의 정기검사 : Periodic Inspection)
□ 제13조 (특별검사 : Special Inspection)
□ 제14조 (최소장비목록 : MEL)
□ 제15조 (지정의 중지 및 취소 : Revoke and Suspension of Approval)
□ 제16조 (일일점검정비 기록부의 비치 및 보관 : Daily Maintenance Logbook)
□ 제17조 (보고 : Report)
□ 제18조 (유효기간)

또한, 본 고시의 별표에서는 다음과 같은 사항을 규정하고 있으며 각 별표에 따라 고정익항공기에 대한 모의비행장치 및 비행훈련장치의 기준과 회전익항공기 모의비행장치에 대한 기준이 규정되어 있다.

□ [별표 1] 지정검사교범(QTG)에 포함되어야 할 사항 (The operator should submit an QTG which includes)
□ [별표 2] 모의비행장치의 최소구비요건 (The Flight Simulator Minimum Requirements for Qualifications)
□ [별표 3] 비행훈련장치(FTD)의 등급별 세부구비사항 (The list of detailed requirements for flight training devices)
□ [별표 4] 비행훈련장치의 세부 항목별 성능기준 (Test tolerance flight condition qualification requirement)
□ [별표 5] 비행훈련장치의 비행단계별 점검항목 (Table of functional check item)
□ [별표 6] 모의비행장치의 등급별 세부구비사항 (The list of full flight simulator requirements)
□ [별표 7] 모의비행장치의 세부 항목별 허용기준 (Table of validation tests)
□ [별표 8] 모의비행장치의 비행단계별 점검항목 (Table of function and subjective tests)
□ [별표 9] 회전익항공기 모의비행장치의 등급별 세부 구비사항
□ [별표 10] 회전익항공기 모의비행장치의 세부 항목별 허용기준 (TABLE OF

VALIDATION TESTS)

□ [별표 11] 시스템기능과 주관적 검증

□ [별표 12] 모의비행훈련장치의 지정허용범위 (The table of training permitted depends on the simulator's level)

(다) 모의비행훈련장치 관련 미국 법규정 현황

미국의 경우 모의비행훈련장치(FSTD)에 대하여 비행경험의 인정, 모의비행훈련장치(FSTD) 지정 등과 관련한 규정을 다음과 같은 FAR(Federal Aviation Regulations)에 그 사용의 목적 등에 따라 구분하여 제시하고 있다.

□ FAR Part 1 Definitions

□ FAR Part 13 Investigative and Enforcement Procedures

□ FAR Part 60 Flight Simulation Training Device Initial And Continuing Qualification And Use

□ FAR Part 61 Certification: Pilots, flight instructors, and ground instructors

□ FAR Part 91 General operating and flight rules

□ FAR Part 121 Operating requirements: Domestic, flag, and supplemental operations

□ FAR Part 135 Operating requirements: Commuter and on demand operations and rules governing persons on board such aircraft

□ FAR Part 141 Schools and other certificated agencies

□ FAR Part 142 Training centers

FAR Part 60은 모의비행훈련장치(FSTD)의 지정에 대한 기준을 규정하고 있으며 기존의 미연방항공청(FAA)의 모의비행훈련장치(FSTD) 관련 Advisory Circular 지침서와 FAR Part 121 Appendix H에 규정되어 있던 모의비행훈련장치(FSTD)를 사용한 운항승무원 훈련 관련 기준도 통합되었다.

① FAR Part 60

미연방항공청(FAA)의 FAR Part 60은 발효까지 약 7년여동안 미연방항공청(FAA)의 NSP(National Simulator Program) 사무소와 미국 모의비행장치 산업체간 협업으로 개발되었다. 이 규정은 기존에 Advisory Circular 중심으로 이루어지던 미연방항공청(FAA)의 모의비행훈련장치(FSTD) 기준에 대한 규정화 뿐만 아니라 최근의 진보된 모의비행훈련장치(FSTD)에 걸맞는 내용으로 개정되어 그 기준을 명확화 한 것에 의의가 있다. 기존의 모의비행훈련장치(FSTD) 관련 규정은 FAR Part 121 Appendix H와 같이 대형기의 모의비행훈련장치(FSTD)를 중심으로 다루어진 반면

FAR Part 60으로의 규정화로서 FAR Part 125 또는 FAR Part 135를 적용하는 운용자, FAR Part 142의 훈련센터 등에도 모의비행훈련장치(FSTD)에 대한 규정을 적용할 수 있게 되었다.

또한, 이 규정은 유럽과의 감항규정 표준화(Harmonization)를 목표로 유럽의 모의비행훈련장치(FSTD) 기준인 JAR-STD 1A amendment 3과 최대한 동등하게 개발되었으며 ICAO manual 9625 Second Edition을 만족할 수 있도록 모의비행훈련장치(FSTD)에 대한 시험, 시험조건, 시험허용치 등을 적용하였다.

FAR Part 60의 가장 큰 특징 중 하나는 미연방항공청(FAA)에 모의비행훈련장치(FSTD)를 지정받기 위해서는 승인된 품질관리시스템(Quality management system)을 구비해야 한다는 점이다. 또한, 기존의 Advisory Circular 형태에서 FAR Part 60으로 재편되면서 Level C 및 D 급의 모의비행장치와 Level 4~7 급의 비행훈련장치(FTD)에 대한 기준을 일부 강화하였다.

이러한 FAR Part 60은 다음과 같이 구성되어 있다.

§ 60.1 Applicability.
§ 60.2 Applicability of sponsor rules to persons who are not sponsors and who are engaged in certain unauthorized activities.
§ 60.3 Definitions.
§ 60.4 Qualification Performance Standards.
§ 60.5 Quality management system.
§ 60.7 Sponsor qualification requirements.
§ 60.9 Additional responsibilities of the sponsor.
§ 60.11 FSTD use.
§ 60.13 FSTD objective data requirements.
§ 60.14 Special equipment and personnel requirements for qualification of the FSTD.
§ 60.15 Initial qualification requirements.
§ 60.16 Additional qualifications for a currently qualified FSTD.
§ 60.17 Previously qualified FSTDs.
§ 60.19 Inspection, continuing qualification evaluation, and maintenance requirements.
§ 60.20 Logging FSTD discrepancies.
§ 60.21 Interim qualification of FSTDs for new aircraft types or models.
§ 60.23 Modifications to FSTDs.
§ 60.25 Operation with missing, malfunctioning, or inoperative components.
§ 60.27 Automatic loss of qualification and procedures for restoration of qualification.
§ 60.29 Other losses of qualification and procedures for restoration of qualification.
§ 60.31 Recordkeeping and reporting.
§ 60.33 Applications, logbooks, reports, and records: Fraud, falsification, or incorrect

statements.

§ 60.35 Specific full flight simulator compliance requirements.

§ 60.37 FSTD qualification on the basis of a Bilateral Aviation Safety Agreement (BASA).

Appendix A to Part 60 Qualification Performance Standards for Airplane Full Flight Simulators

Appendix B to Part 60 Qualification Performance Standards for Airplane Flight Training Devices

Appendix C to Part 60 Qualification Performance Standards for Helicopter Full Flight Simulators

Appendix D to Part 60 Qualification Performance Standards for Helicopter Flight Training Devices

Appendix E to Part 60 Qualification Performance Standards for Quality Management Systems for Flight Simulation Training Devices

Appendix F to Part 60 Definitions and Abbreviations for Flight Simulation Training Devices

② 모의비행훈련장치(FSTD) 관련 지침서

미연방항공청(FAA)은 FAR Part 60이 공포되기 이전에 고정익 항공기, 회전익항공기에 대하여 모의비행장치와 비행훈련장치(FTD)에 대한 다음과 같은 Advisory Circular로서 모의비행훈련장치(FSTD)의 지정기준을 제시하고 있었고 현재에도 본 Advisory Circular는 유효한 지침으로서 사용되고 있다.

- □ AC 120-40B Airplane Simulator Qualification
- □ AC 120-45A Airplane Flight Training Device Qualification
- □ AC 120-50A Guidelines for Operational Approval of Windshear Training Programs
- □ AC 120-63 Helicopter Simulator Qualification
- □ AC 121-14C Aircraft Simulator and Visual system Evaluation and Approval

또한 모의비행훈련장치(FSTD)의 품질관리시스템 관련하여 “Simulation Quality Management System (SQMS) : Guidelines for Basic Program”이라는 지침을 제공하고 있다.

제2절 국내·외 시장현황

1. 해외 시장현황

가. 해외 일반항공 시장현황

전 세계 시장에서 일반항공(GA) 판매 대수는 2011년 2,120대에서 2012년 2,133대로 소규모 증가하였다(GAMA 2012). 금액적으로는 2011년 $190억에서 2012년 $189억으로 다소 감소한 것으로 보고되고 있다.

세계 항공산업은 미국, 캐나다의 북미 지역과 영국, 프랑스, 독일, 이탈리아 등 유럽지역이 크게 양분하고 있으며, 아시아권에서는 일본이 국가적 지원을 바탕으로 항공 선진국의 대열에 합류하고 있다. 미국은 세계 항공산업 매출액의 46%를 점유하고 있으며 프랑스, 영국, 독일 등의 유럽국가들이 총 45% 가량을 점유하고 있다.

<표 12> 국가별 산업규모 및 순위

순위	국가명	2008년 현황			주력분야
		매출액(억불)	비중[주1)]	고용(만명)	
1	미 국	2,012	46.8%	64.3	완제기, 엔진
2	프랑스	531	12.3%	16.0	완제기, 엔진
3	영 국	431	10.0%	15.5	엔진, 부품
4	독 일	320	7.4%	10.6	부품
5	캐나다	236	4.5%	8.3	중형항공기
6	이태리	133	3.1%	5.1	부품
7	러시아	120	2.8%	-	군용기, 중형기
8	일 본	116	2.7%	3.1	부품
9	중 국	80	1.9%	-	군용기, 중형기
10	브라질	80	1.9%	2.5	중소형 항공기
11	이스라엘	50	1.2%	-	무인항공기, 부품
12	싱가폴	43	1.0%	-	MRO
13	스웨덴	40	0.9%	2.2	군용기, 부품
14	스페인	38	0.9%	3.8	부품
15	스위스	30	0.7%	0.9	소형 항공기
16	한 국	20	0.5%	1.1	훈련기, 부품

* 주1) : 세계시장 매출액 중 차지하는 비중

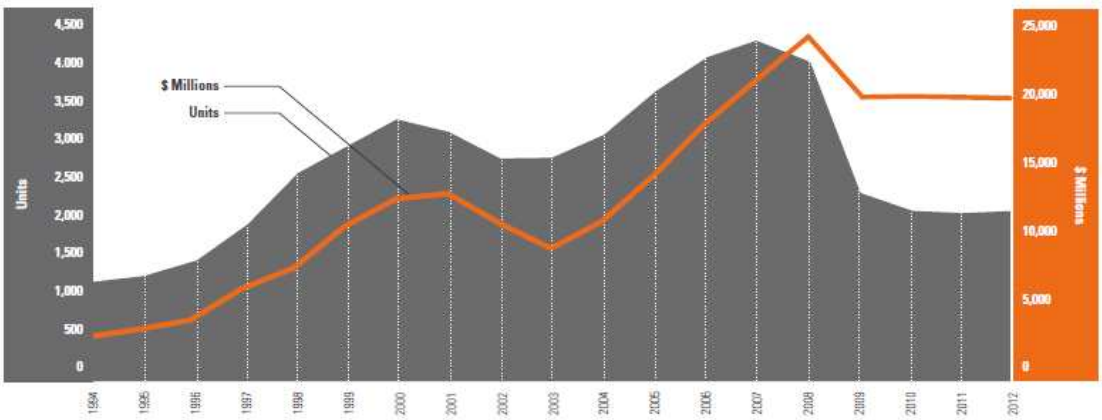
지식경제부 '항공산업발전 기본계획 2010~2019' (2010.1월)에 따르면 한국은 20억불 생산으로 세계 시장의 0.5%를 점유하는 세계 16위권의 항공산업국이다. <표 5 참조>

일반항공기 타입에 따른 판매대수 분포는 <표 6>와 같다.

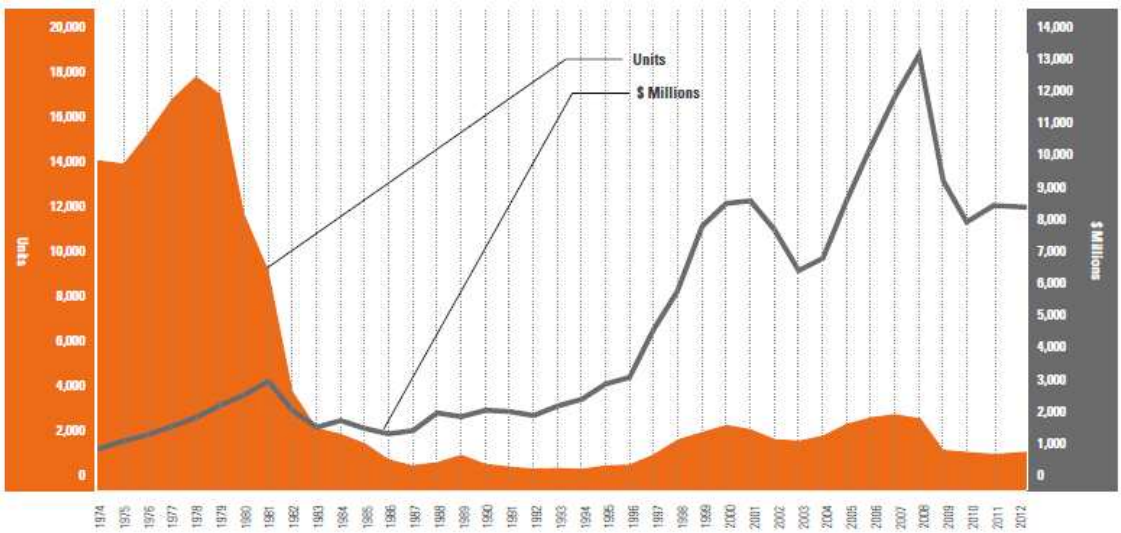
<표 13> 항공기 타입별 지역별 판매 분포

	판매대수	North America	Europe	Asia-Pacific	Latin-America	Middle-East and Africa
Business Jets	672(2012) 696(2011) 3.6%↓	49.70%	20.80%	11.80%	11.60%	6.10%
Turboprops	580(2012) 572(2011) 1.4%↑	48.60%	12.60%	17.40%	14.50%	6.90%
Turbine	4,350(2012) 4,677(2011) 7%↓					
Piston	881(2012) 898(2011) 1.9%↓	50.40%	19.60%	16.30%		
합계		49.7%	18.1%	15.2%	11.5%	5.4%

<그림 10>는 일반항공기의 세계시장에서의 판매대수와 판매비용을 나타내고 있으며, <그림 11>는 미국 시장규모를 보여주고 있다. 또한, 일반항공기 타입별, 기종별 판매대수는 <표 9~11>에서 볼 수 있다.



<그림 10> 일반항공기의 전 세계 판매대수 및 금액 (1994-2012)



<그림 11> 미국에서 생산된 일반항공기의 판매대수 및 금액 (1974-2012)

나. 글로벌 시뮬레이터 시장현황

Visiongain에 따르면 2011년 현재 글로벌 시뮬레이터 시장현황은 <표 7>과 같다. 시장을 보다 세분화하면 모의비행장치(FFS)와 비행훈련장치(FTD) 시장으로 구분할 수 있으며 각 각의 판매대금은 <표 8>에서와 같다.

<표 14> 2011년 지역별 시뮬레이터 판매금액

북미	유럽	아시아-태평양	중동	남미	아프리카	총계
$1.22bn	$0.90bn	$0.50bn	$0.19bn	$0.22bn	$0.08bn	$3.10bn

<표 15> 2011년 장치별 시뮬레이터 판매금액

모의비행장치(FFS)	비행훈련장치(FTD)
$1.30bn	$1.80bn

<표 16> 기종별(제작자별) 비즈니스 제트기 판매대수 (1999-2012) (GAMA 2012)

항공기 기종	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Airbus	**0**	**0**	**5**	**2**	**0**	**0**	**9**	**11**	**13**	**11**	**13**	**15**	**10**	**9**
Airbus Corporate Jet (all models)	–	–	5	2	0	0	9	10	12	9	11	–	–	–
ACJ318	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2	2	2
ACJ319	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	8	6	6
ACJ320	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	3	1	0
ACJ330	–	–	–	–	–	–	–	–	1	1	1	1	1	1
ACJ340	–	–	–	–	–	–	–	1	0	1	1	1	0	0
Avcraft (form. Fairchild)	**0**	**0**	**4**	**4**	**9**	**9**	**1**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
Envoy 3	–	–	4	4	9	9	1	–	–	–	–	–	–	–
Boeing Business Jet	**29**	**14**	**16**	**11**	**7**	**3**	**4**	**13**	**7**	**6**	**6**	**12**	**8**	**12**
Boeing Business Jet	29	14	11	9	4	2	3	12	7	3	3	4	8	2
Boeing Business Jet 2	–	–	5	2	3	1	1	1	0	1	0	2	0	2
Boeing Business Jet 3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2	1	4	0	0
Boeing Business Jet 767	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1	0	0	0
Boeing Business Jet 777	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1	2	0	0
Boeing Business Jet 747	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	8
Bombardier Business Aircraft	**173**	**207**	**179**	**101**	**70**	**129**	**188**	**213**	**224**	**245**	**173**	**150**	**182**	**179**
Learjet 31A	24	27	17	9	2	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Learjet 40/XR	–	–	–	–	–	17	21	26						
									57	48	33	16	24	24
Learjet 45/XR	43	71	63	27	17	22	28	30						

항공기 기종	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Learjet 60	32	35	29	17	12	9	18	15	23	26	13	12	19	15
Challenger 300	-	-	-	-	1	28	50	55	51	59	33	29	37	48
Challenger 604 / 605	42	39	41	31	24	29	36	29	35	44	36	38	43	34
Global 5000	-	-	-	-	-	4	17	18						
									46	51	51	49	53	54
Global 6000 / Express	32	35	29	17	14	20	13	22						
CL 850/870/890	-	-	-	-	-	-	5	18	12	17	7	6	6	4
Cessna Aircraft Company	**216**	**252**	**306**	**305**	**196**	**181**	**247**	**307**	**388**	**466**	**289**	**178**	**183**	**181**
C510 Citation Mustang	-	-	-	-	-	-	-	1	45	101	125	73	43	38
C525 Citation CJ1	59	56	61	30	22	20	14	-	-	-	-	-	-	-
C525 Citation CJ1+	-	-	-	-	-	-	4	25	34	20	14	3	2	-
C525A Citation CJ2	-	8	41	86	56	27	23	1	-	-	-	-	-	-
C525A Citation CJ2+	-	-	-	-	-	-	-	36	44	56	21	17	15	19
C525B Citation CJ3	-	-	-	-	-	6	48	72	78	88	40	20	22	21
C525C Citation CJ4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19	48	44
C550 Citation Bravo	36	54	48	41	31	25	21	18	-	-	-	-	-	-
C560 Citation Ultra	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C560 Citation Encore	-	6	37	36	21	24	13	12	-	-	-	-	-	-
C560 Citation Encore+	-	-	-	-	-	-	-	-	23	28	5	5	4	-
C560 Citation Excel	39	79	85	81	48	23	-	-	-	-	-	-	-	-
C560 Citation XLS	-	-	-	-	-	32	64	73	82	72	7	-	-	-
C560 Citation XLS+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	37	22	27	31
C650 Citation VII	14	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C680 Citation Sovereign	-	-	-	-	-	9	46	57	65	77	33	16	19	22
C750 Citation X	36	37	34	31	18	15	14	12	17	16	7	3	3	6

항공기 기종	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Dassault Falcon Jet	**69**	**73**	**75**	**66**	**49**	**63**	**51**	**61**	**70**	**72**	**77**	**95**	**63**	**66**
Falcon 50EX	11	18	13	10	8	5	5	5	2	1	-	-	-	-
Falcon 900B	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Falcon 900C	-	6	6	4	3	3	1	-	-	-	-	-	-	-
Falcon 900EX	16	23	21	17	6	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Falcon 900DX	-	-	-	-	-	-	2	4	10	4	1	3	-	-
Falcon 900EX EASy	-	-	-	-	4	14	16	16	18	19	17	17	1	-
Falcon 900LX	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	11	7
Falcon 2000	34	26	35	35	12	11	6	6	1	-	-	-	-	-
Falcon 2000DX	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	1	-	-	-
Falcon 2000EX	-	-	-	-	16	10	-	-	-	-	-	-	-	-
Falcon 2000EX EASy	-	-	-	-	-	19	21	30	33	24	3	-	-	-
Falcon 2000LX	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23	30	20	22
Falcon 7X	-	-	-	-	-	-	-	-	6	21	32	41	31	37
Eclipse Aviation Corporation	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**1**	**98**	**161**	**0**	**0**	**0**	**0**
Eclipse 500	-	-	-	-	-	-	-	1	98	161	-	-	-	-
Embraer	**0**	**0**	**0**	**8**	**13**	**13**	**20**	**27**	**36**	**38**	**122**	**145**	**99**	**99**
Phenom 100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	97	100	41	29
Phenom 300	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	26	42	48
Legacy 600 / 650	-	-	-	8	13	13	20	27	36	36	18	11	13	17
Lineage 1000 / E190 Head of State	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	5	3	2
Shuttles (ERJs and E-Jets)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	3	0	3
Emivest (prev. Sino Swearingen)	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**1**	**1**	**0**	**2**	**0**	**0**	**0**

항공기 기종	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
SJ30-2	-	-	-	-	-	-	-	1	1	0	2	0	0	0
Gulfstream Aerospace Corporation	**80**	**88**	**101**	**85**	**74**	**78**	**89**	**113**	**138**	**156**	**94**	**99**	**99**	**94**
G100/150 (prev. IAI Astra)	9	11	5	9										
					24	22	26	42	59	68	19	24	21	11
G200 (prev. IAI Galaxy)	1	6	25	15										
G300/350/400/450 (prev. GIV / GIVSP)	39	37	36	29										
					50	56	63	71	79	88	75	75	78	83
G500/G550 (prev. GV / GVSP)	31	34	35	32										
Hawker Beechcraft Corporation	**100**	**118**	**98**	**94**	**100**	**115**	**141**	**140**	**162**	**160**	**98**	**73**	**52**	**32**
Premier I/A	-	-	18	29	29	37	30	23	54	31	16	11	11	3
Hawker 400XP	45	51	25	19	24	28	53	53	41	35	11	12	1	-
Hawker 750	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23	13	5	7	-
Hawker 800XP	55	67	55	46	47	50	58	8	-	-	-	-	1	-
Hawker 850XP	-	-	-	-	-	-	-	56	35	15	3	1	0	-
Hawker 900XP	-	-	-	-	-	-	-	-	32	50	35	28	22	17
Hawker 4000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	20	16	10	12
Total Number of Airplanes	**667**	**752**	**784**	**676**	**518**	**591**	**750**	**887**	**1,137**	**1,315**	**874**	**767**	**696**	**672**
% Change	29.50	12.70	4.30	-13.80	-23.40	14.10	26.90	18.30	28.20	15.70	-33.50	-12.20	-9.30	-3.40
Total Billings for Airplanes ($M)	**10,190**	**11,661**	**12,117**	**10,427**	**8,616**	**10,229**	**13,161**	**16,555**	**19,347**	**21,874**	**17,443**	**18,000**	**17,235**	**17,105**
% Change	41.20%	14.40	3.90	-13.90	-17.40	18.70	28.70	25.80	16.90	13.10	-20.30	3.20	-4.20	-0.80

<표 17> 기종별(제작자별) 터보프롭 엔진 항공기 판매대수 (1999-2012) (GAMA 2012)

항공기 기종	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Air Tractor*	**n/a**	**n/a**	**n/a**	**n/a**	**n/a**	**n/a**	**n/a**	**n/a**	**n/a**	**n/a**	**n/a**	**n/a**	**130**	**168**
AT-402A	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	0	1
AT-402B	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	9	21
AT-502A	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	3	1
AT-502B	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	57	81
AT-504	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	4	6
AT-602	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	10	10
AT-802	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	26	18
AT-802A	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	21	30
Cessna Aircraft Company	**87**	**92**	**75**	**80**	**57**	**64**	**86**	**67**	**79**	**101**	**97**	**95**	**93**	**107**
C208 Caravan 675	20	16	19	14	8	13	11	8	11	12	12	8	10	11
C208B Grand Caravan	67	76	56	66	49	51	75	59	68	89	85	87	83	96
Extra Aircraft*	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**2**
EA500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
Hawker Beechcraft Corporation	**177**	**205**	**130**	**82**	**81**	**102**	**114**	**140**	**157**	**172**	**119**	**90**	**92**	**85**
Beechcraft King Air C90	41	46	41	21	18	27	35	52	46	66	44	28	29	25
Beechcraft King Air B200 / B250	55	59	46	26	38	39	37	42	58	54	37	24	25	22
Beechcraft King Air 350	45	46	32	24	24	36	42	46	53	52	38	38	38	38
Beechcraft 1900D	36	54	11	11	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Maule Air Incorporated	**1**	**0**	**3**	**0**	**1**	**2**	**0**	**0**	**0**	**1**	**0**	**0**	**0**	**0**
M-7-420AC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0

항공기 기종	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
MT-7-420	1	0	3	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Pacific Aerospace Corporation	**0**	**0**	**1**	**0**	**2**	**8**	**10**	**5**	**10**	**15**	**12**	**11**	**10**	**10**
PAC 750XL	-	-	1	0	2	8	10	5	10	15	12	11	10	10
Piaggio	**0**	**6**	**12**	**14**	**12**	**16**	**14**	**19**	**21**	**30**	**24**	**11**	**14**	**5**
P.180 Avanti	n/a	6	12	14	12	16	13	-	-	-	-	-	-	-
P.180 Avanti II	-	-	-	-	-	-	1	19	21	30	24	11	14	5
Pilatus	**55**	**69**	**70**	**45**	**61**	**70**	**80**	**90**	**98**	**100**	**105**	**84**	**69**	**67**
PC-6 Porter	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	6	3	5	5	6	5
PC-12	55	69	70	45	61	70	80	90	92	97	100	79	63	62
Piper Aircraft, Inc.	**0**	**18**	**98**	**25**	**24**	**26**	**40**	**49**	**53**	**52**	**29**	**25**	**32**	**32**
PA-46-500 TP Meridian	-	18	98	25	24	26	40	49	53	52	29	25	32	32
Quest Aircraft Company	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**1**	**7**	**24**	**14**	**13**	**15**
Kodiak 100	-	-	-	-	-	-	-	-	1	7	24	14	13	15
SOCATA	**20**	**25**	**33**	**34**	**34**	**31**	**31**	**42**	**46**	**60**	**36**	**38**	**38**	**38**
TBM 700	20	25	33	34	34	31	31	-	-	-	-	-	-	-
TBM 850	-	-	-	-	-	-	-	42	46	60	36	38	38	38
Thrush Aircraft, Inc.*	**n/a**	**n/a**	**n/a**	**n/a**	**n/a**	**n/a**	**n/a**	**n/a**	**n/a**	**n/a**	**n/a**	**n/a**	**35**	**51**
S2R-T34	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	30	39
S2RHG-T65	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	1	0
S2R-T660	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	1	0
S2R-G10	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	3	3
S2R-H80	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	0	9
Total Number of Airplanes	**340**	**415**	**422**	**280**	**272**	**319**	**375**	**412**	**465**	**538**	**446**	**368**	**526**	**580**
% Change	1.20	22.10	1.70	-33.60	-2.90	17.30	17.60	9.90	12.90	15.70	-17.10	-17.50	n/a	10.30
Total Billings for Airplanes ($M)	**930**	**1,323**	**1,210**	**868**	**837**	**997**	**1,189**	**1,389**	**1,593**	**1,953**	**1,589**	**1,300**	**1,365**	**1,340**
% Change	-8.00	42.20	-8.50	-28.30	-3.50	19.10	19.30	16.90	14.60	22.70	-18.70	-18.20	n/a	-1.90

<표 18> 기종별(제작자별) 피스톤 엔진 항공기 판매대수 (1999-2012) (GAMA 2012)

항공기 기종	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Adam Aircraft	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**2**	**4**	**3**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
A500	-	-	-	-	-	-	2	4	3	-	-	-	-	-
Alpha Aviation	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**5**	**13**	**1**	**0**	**0**	**0**	**0**
120T	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
160A	-	-	-	-	-	-	-	5	9	1	-	-	-	-
160Ai	-	-	-	-	-	-	-	-	2	0	-	-	-	-
American Champion	**91**	**96**	**56**	**53**	**63**	**94**	**89**	**60**	**70**	**54**	**26**	**37**	**29**	**18**
7EC Champ	-	-	-	-	-	-	-	1	21	7	1	0	3	0
7ECA Aurora	9	3	2	3	2	2	3	2	4	3	2	2	1	0
7GCAA Adventurer	19	23	8	12	9	12	12	6	6	2	1	2	0	0
7GCBC Citabria Explorer	31	22	21	13	12	24	26	16	8	8	4	4	6	3
8GCBC Scout	5	23	6	11	8	18	9	14	8	10	8	15	13	7
8KCAB Super Decathlon	27	25	19	14	32	38	39	21	23	24	10	14	6	8
Aviat Aircraft	**83**	**91**	**57**	**38**	**47**	**42**	**47**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
A-1A Husky	23	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A-1B Husky	44	76	50	34	37	30	41	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Husky Pup	-	-	-	-	3	3	1	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
S-2C Pitts	16	11	7	4	7	9	5	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Bellanca	**1**	**1**	**1**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
Super Viking 17-30A	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Britten-Norman	**1**	**2**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
BN-2B Islander	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

항공기 기종	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Cessna Aircraft Company	**899**	**912**	**821**	**559**	**588**	**654**	**822**	**865**	**807**	**733**	**355**	**261**	**413**	**283**
Cessna 162 SkyCatcher	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	22	168	19
Cessna 172R Skyhawk	180	150	107	57	58	32	37	87	133	55	16	8	26	27
Cessna 172S Skyhawk	272	340	341	258	291	204	314	322	240	228	110	77	77	113
Cessna 182T Skylane	248	267	142	109	118	196	241	140	161	109	58	64	40	48
Cessna T182T Turbo Skylane	-	-	96	79	47	133	118	187	140	105	75	36	37	19
Cessna 206H Stationair	79	53	41	18	16	22	29	25	20	17	3	4	11	16
Cessna T206H Turbo Stationair	120	102	94	38	58	67	83	104	111	95	46	42	53	40
Cessna 350 Corvalis	-	-	-	-	-	-	-	-	1	14	5	1	0	1
Cessna 400 Corvalis TT	-	-	-	-	-	-	-	-	1	110	41	7	1	0
Coiumbia Aircraft (prev. Lancair)	**0**	**5**	**27**	**24**	**51**	**78**	**114**	**185**	**152**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
Columbia 300	-	5	27	24	19	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Columbia 350	-	-	-	-	32	28	25	39	34	-	-	-	-	-
Columbia 400	-	-	-	-	-	50	89	146	118	-	-	-	-	-
Cirrus Design Corporation	**9**	**95**	**183**	**397**	**469**	**553**	**600**	**721**	**710**	**549**	**266**	**264**	**255**	**253**
Cirrus SR-20	9	95	59	105	112	91	116	150	112	115	28	42	48	84
Cirrus SR-22	-	-	124	292	355	459	475	565	588	427	238	165	105	81
Cirrus SR-22T	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	57	102	88
Cirrus SR-V	-	-	-	-	2	3	9	6	10	7	-	-	-	-
Commander Aircraft	**13**	**20**	**11**	**7**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
Commander 114B	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Commander 114TC	5	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Commander 115	-	11	5	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Commander 115TC	-	8	6	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

항공기 기종	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
CubCrafters	**n/a**	**n/a**	**n/a**	**n/a**	**n/a**	**n/a**	**n/a**	**n/a**	**n/a**	**n/a**	**n/a**	**n/a**	**47**	**58**
CC11 Sport Cub S2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	0
CC11 Carbon Cub SS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	38	57
CC18 Top Cub	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	1
Diamond Aircraft	**0**	**0**	**0**	**155**	**228**	**261**	**329**	**438**	**471**	**308**	**163**	**130**	**185**	**156**
HK-36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13	10	3	3
DA-20	n/a	n/a	n/a	70	75	58	54	55	58	69	14	31	40	32
DA-40	-	-	n/a	85	153	203	207	220	232	154	98	57	72	93
DA-42	-	-	-	-	-	-	68	163	181	85	38	32	70	28
Embraer	**17**	**17**	**1**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
EMB-201A Ipanema	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EMB-202 Ipanema	12	15	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EMB-720 Minuano	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EMB-810 Seneca II	II	3	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Extra Aircraft	**n/a**	**n/a**	**n/a**	**n/a**	**n/a**	**n/a**	**n/a**	**n/a**	**n/a**	**n/a**	**n/a**	**n/a**	**n/a**	**19**
EA300	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	19
Flight Design Gmbh	**n/a**	**n/a**	**n/a**	**n/a**	**n/a**	**n/a**	**n/a**	**n/a**	**n/a**	**n/a**	**n/a**	**n/a**	**89**	**76**
ASTMCT Series	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	89	76
GippsAero Pty Ltd.	**0**	**0**	**0**	**0**	**19**	**20**	**22**	**20**	**17**	**19**	**11**	**14**	**10**	**14**
GA-8 Airvan	-	-	-	-	19	20	22	20	17	19	11	14	10	14
Hawker Beechcraft Corporation	**144**	**153**	**136**	**83**	**82**	**93**	**99**	**118**	**111**	**103**	**56**	**51**	**54**	**36**
Beechcraft Bonanza A/G36	77	85	63	51	55	62	71	80	73	63	36	22	24	12
Beechcraft Bonanza B36TC	20	18	26	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

항공기 기종	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Beechcraft Baron B/G58	47	50	47	27	27	31	28	38	38	40	20	29	30	24
Liberty Aerospace	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**2**	**29**	**38**	**33**	**13**	**14**	**3**	**0**
XL2	-	-	-	-	-	-	2	29	38	33	13	14	3	0
Maule Air Incorporated	**68**	**57**	**54**	**46**	**31**	**25**	**27**	**38**	**36**	**27**	**7**	**4**	**4**	**9**
M-4-180A, V	-	-	-	-	-	-	1	7	5	-	-	-	-	-
M-6-235	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M-7-235, A, B, C	24	24	19	21	12	8	11	8	6	7	1	3	-	1
M-7-260, C	16	10	11	3	4	3	4	2	4	4	4	-	1	3
MT-7-235	4	5	16	12	7	1	2	9	2	6	2	-	-	1
MT-7-260	2	1	4	1	-	-	2	4	-	-	-	-	-	-
MX-7-160, C	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MX-7-180, A, B, C, AC	3	3	1	4	6	5	3	4	6	4	-	1	1	1
MXT-7-160	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MXT-7-180, A, AC	18	13	3	5	2	8	4	4	12	6	-	-	2	3
M-8-235	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
Micco	**0**	**6**	**10**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
SP-20	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SP-26	-	1	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mooney	**97**	**100**	**29**	**10**	**36**	**37**	**85**	**75**	**79**	**65**	**19**	**2**	**0**	**0**
M20M Bravo	25	26	8	-	5	9	20	5	1	-	-	-	-	-
M20R Ovation	24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M20R Ovation 2	10	55	16	8	30	28	65	63	20	21	4	0	0	0
M20S Eagle	38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

항공기 기종	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
M20S Eagle 2	-	19	5	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M20TN Acclaim	-	-	-	-	-	-	-	7	58	44	15	2	0	0
Piper Aircraft, Inc.	**341**	**377**	**343**	**265**	**205**	**163**	**193**	**189**	**168**	**216**	**61**	**135**	**104**	**126**
PA-28-161 Warrior III	20	43	32	29	31	18	37	19	27	23	8	23	15	20
PA-28-181 Archer III	107	102	88	38	49	19	16	29	16	7	1	21	2	4
PA-28R-201 Arrow IV	6	18	23	26	16	12	9	5	8	1	0	4	0	2
PA-32-301FT Piper 6X	-	-	-	-	10	24	18	10	12	0	-	-	-	-
PA-32-301XTC Piper 6XT	-	-	-	-	11	14	16	11	-	-	-	-	-	-
PA-32R-301 Saratoga II HP	28	28	22	5	9	9	8	10	-	-	-	-	-	-
PA-32-301T Saratoga II TC	52	70	68	45	28	31	37	37	39	12	-	-	-	-
PA-34-220T Seneca V	57	42	38	43	28	10	12	26	22	27	7	22	21	17
PA-44-180 Seminole	8	11	62	60	16	11	29	11	14	24	5	16	16	22
PA-46-350P Malibu Mirage	63	63	10	19	7	15	11	31	30	21	7	26	33	49
PA-46R-350T Matrix	-	-	-	-	-	-	-	-	-	101	33	23	17	12
Quartz Mountain Aerospace	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**11**	**0**	**0**	**0**	**0**
QMA 11E	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	-	-	-	-
Symphony Aircraft (prev. OMF)	**0**	**0**	**0**	**0**	**19**	**1**	**10**	**5**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
Symphony 160	-	-	-	-	19	1	10	5	-	-	-	-	-	-
Pacific Aerospace Corporation	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0
CT/4E Airtrainer	-	-	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-
SOCATA	**37**	**48**	**63**	**70**	**40**	**5**	**9**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
TB-9 Tampico	0	2	2	3	2	0	1	-	-	-	-	-	-	-
TB-10	2	5	8	7	7	3	4	-	-	-	-	-	-	-

항공기 기종	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
TB-20	31	26	33	44	19	0	1	-	-	-	-	-	-	-
TB-21	4	8	12	14	9	2	3	-	-	-	-	-	-	-
TB-200	0	7	8	2	3	0	0	-	-	-	-	-	-	-
Tiger Aircraft	**0**	**0**	**0**	**14**	**18**	**19**	**15**	**3**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
AG-5B Tiger	-	-	-	14	18	19	15	3	-	-	-	-	-	-
WACO Classic Aircraft	**n/a**	**n/a**	**n/a**	**n/a**	**n/a**	**n/a**	**n/a**	**n/a**	**n/a**	**n/a**	**n/a**	**n/a**	**5**	**6**
YMF-5D	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	5	6
Total Number of Airplanes	**1,801**	**1,980**	**1,792**	**1,721**	**1,896**	**2,051**	**2,465**	**2,755**	**2,675**	**2,119**	**977**	**912**	**1,198**	**1,054**
% Change	12.10	9.90	-9.50	-4.00	10.20	8.20	20.20	11.80	-2.90	-20.80	-53.90	-6.70	n/a	-12.00
Total Billings for Airplanes	**440**	**512**	**541**	**483**	**545**	**692**	**805**	**857**	**897**	**945**	**442**	**415**	**441**	**428**
% Change	16.60	16.50	5.50	-10.70	12.90	27.00	16.30	6.50	4.70	5.30	-53.10	-7.70	n/a	-3.00

2. 국내 시장현황

가. 국내 항공우주산업 시장현황

2010년 지식경제백서에 따르면 국내 항공우주산업의 생산액은 2.7조원이고, 수출액은 9.3억불 수준이다. 수입액은 37.1억불로 무역적자는 27.8억불 규모이다. (표 12 참조)

<표 19> 항공우주산업분야의 생산 및 수출입

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	연평균 증가율 (%)
생산 (억원)	14,994	13,598	14,736	15,074	17,288	21,450	25,143	27,339	10.5
수출 (백만불)	300	371	389	472	597	772	760	935	17.8
수입 (백만불)	1,000	1,410	1,902	3,118	3,129	2,592	1,960	3,711	26.7

* 수출입은 실제생산 및 정비금액 기준임(중고기 및 정비목적의 엔진수출입 제외)

국내 항공우주산업분야의 총 투자액은 2010년도까지 5.1조원이고, 항공우주산업분야 종사인력은 약 10,040명에 달한다. 2010년도 투자액은 2,076억 원 규모로 2009년 대비 약 11.6% 감소하였다. (표 13 참조)

<표 20> 항공우주분야 투자 및 고용현황

구 분	~2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	누계
투자 (억원)	32,496	824	1,077	1,093	7,933	1,496	2,223	2,349	2,076	51,567
고 용	17,557	7,204	7,302	7,000	7,152	7,789	8,337	9,780	10,040	-

* 2002년부터 통계에서 민항정비인력을 제외

나. 국내 교육훈련용 소형항공기 보유현황

국내·외 소형항공기 비행시뮬레이터의 시장 규모와 특성을 이해하기 위해서는 우선적으로 소형항공기 시장을 조사, 분석하여 어떠한 기종들이 시장을 분할하고 있는가를 살펴보아야 한다.

통상 실제 항공기를 운용하는 조직에서 6~9대 당 1대의 비행시뮬레이터를 비행훈련에 활용하는 것이 경제성을 갖는다는 시장의 원칙이 적용되기 때문이다. 예를 들어, Cessna 172를 10대 운용하는 조직이 있다면, 최소 1대의 비행시뮬레이터가 필요하거나 운용되는 셈이 되는 것이다. 이러한 조사를 통하여 적어도 소형항공기 비행시뮬레이터의 잠재적 시장 규모를 파악할 수 있다.

국내 교육훈련용 경비행기 보유 현황을 살펴볼 필요가 있다. 한국항공대학교와 한서대학교 비행훈련원에서 보유하고 있는 소형항공기 현황은 다음과 같다.

<표 21> 한국항공대학교(정석비행훈련원) 소형항공기 보유 현황

항번	기종	등록기호	좌석수	제작일자	제작국가	도입연월일
1	CE-560	HL7501	9	1995.05.26	Cessna, USA	1995.06.01
2	CE-560	HL7502	9	1995.05.23	Cessna, USA	1995.05.24
3	CE-560	HL7503	9	1995.06.23	Cessna, USA	1995.06.23
4	CE-560	HL7504	9	1995.07.19	Cessna, USA	1995.07.19
5	CE-525(CJ1+)	HL8201	5	2009.08.28	Cessna, USA	2009.09.15
6	CE-525(CJ1+)	HL8202	5	2009.08.27	Cessna, USA	2009.09.15

<표 22> 한국항공대학교(울진비행훈련원) 소형항공기 보유 현황

항번	기종	등록기호	좌석수	제작일자	제작국가	도입연월일
1	C-172R	HL1079	4	1998	Cessna, USA	1999
2	C-172R	HL1086	4	2001	Cessna, USA	2001
3	C-172R	HL1087	4	2001	Cessna, USA	2001
4	C-172S	HL1131	4	2010	Cessna, USA	2010
5	C-172S	HL1132	4	2010	Cessna, USA	2010
6	C-172S	HL1133	4	2010	Cessna, USA	2010
7	C-172S	HL1134	4	2010	Cessna, USA	2010
8	DA-42NG	HL2035	4	2011	Cessna, USA	2011

<표 23> 한국항공대학교(수색비행훈련원) 소형항공기 보유 현황

항번	기종	등록기호	좌석수	제작일자	제작국가	도입연월일
1	M20J	HL1061	4	1991.05.31	Mooney, USA	1991.07.05
2	M20J	HL1062	4	1991.05.31	Mooney, USA	1991.07.05
3	M20J	HL1063	4	1991.06.04	Mooney, USA	1991.07.05
4	M20J	HL1064	4	1991.06.05	Mooney, USA	1991.07.05
5	M20J	HL1065	4	1991.06.06	Mooney, USA	1991.07.05
6	M20J	HL1067	4	1991.06.18	Mooney, USA	1991.07.05
7	C-172R	HL1081	4	1998.12.07	Cessna, USA	1999.03.03
8	C-172R	HL1082	4	1998.12.03	Cessna, USA	1999.03.03
9	C-172S	HL1135	4	2010.07.12	Cessna, USA	2010.08.18
10	C-172S	HL1136	4	2010.07.12	Cessna, USA	2010.08.18
11	L23	HL0304	4	2000.08.29	Czech	2000.10.16

<표 24> 한서대학교(한서대 비행훈련원) 소형항공기 보유 현황

항번	기종	대수	비고
1	C-172S	8	단발, Conventional
2	C-172S	11	단발, Glass Cockpit
3	세미놀	2	다발, 왕복엔진비행기
4	세네카	1	다발, 왕복엔진비행기
5	킹에어	1	다발, 터보프롭 비행기
6	비치1900	1	다발, 터보프롭 제트기
7	사이테이션 CJ-1	1	다발, 터보팬 제트기

다. 국내 시뮬레이터 현황

국내 교육훈련용 시뮬레이터의 보유 현황을 살펴볼 필요가 있다. 한국항공대학교와 한서대학교 비행훈련원에서 보유하고 있는 소형항공기 현황은 다음과 같다.

<표 25> 한국항공대학교(수색비행훈련원) FTD급 비행시뮬레이터 보유 현황

기종	대수	구입연도	비고
FRASCA-142 (Visual)	1	2003	Twin Engine
FRASCA - 142	1	1998	Twin Engine

<표 26> 한국항공대학교(울진비행훈련원) FTD급 비행시뮬레이터 보유 현황

기종	대수	구입연도	비고
Mechtronix Ascent FTD	1	2010	Single Engine(Cessna 172S)
Mechtronix Ascent AATD (Advanced Aviation Training Device)	1	2010	Single Engine(Cessna 172S)
FRASCA-DA42NG	1	2012.1	FTD 나급 (설치 진행중)

<표 27> 한국항공대학교(정석비행훈련원) FTD급 비행시뮬레이터 보유 현황

기종	대수	제작사	도입일자	Level	비고
CTN-II	1	FLIGHT SAFETY INTERNATIONAL	10.04.17	모의비행훈련장치 1등급	4AXIS / MOTION 1CH 2W VISUAL
CJ1+(CE-525)	1	CAE	10.11.18	모의비행훈련장치 3등급	6AXIS / MOTION 3CH VISUAL

<표 28> 한서대학교 FTD급 비행시뮬레이터 보유 현황

기종	대수	구입연도	비고
FRASCA-142	1		2005 FTD 지정 (서울지방항공청)
ELITE	4		
G1000 Glass Cockpit Trainer	2		
Boeing 737 FMS	1		

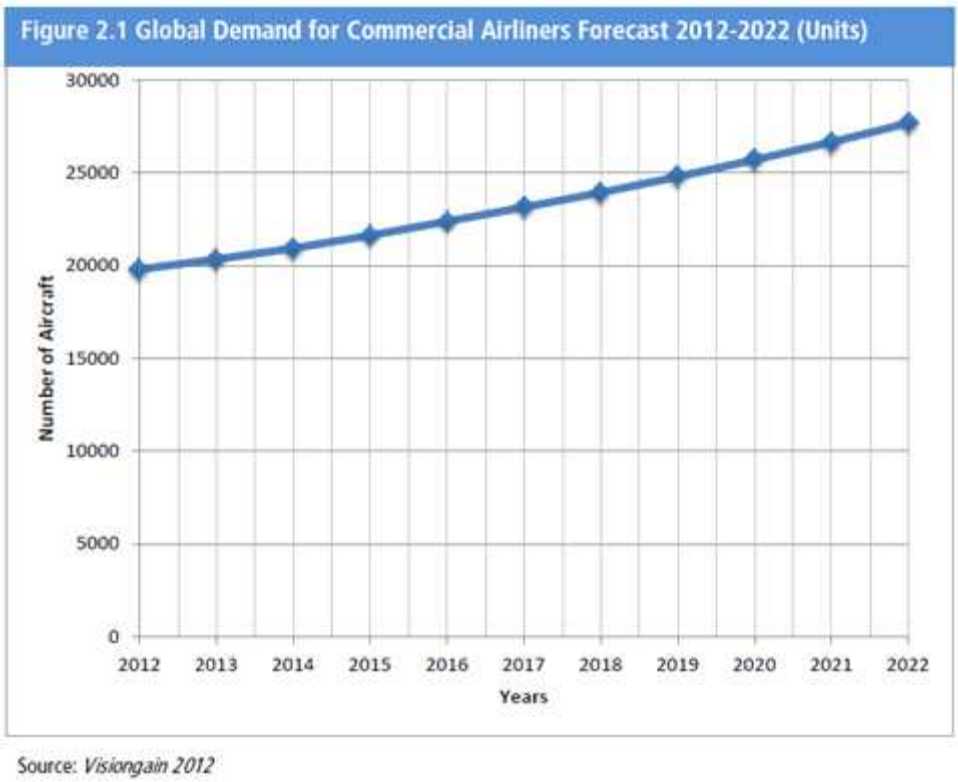
3. 글로벌 시장예측 (2012-2022년)

가. 상용항공기 글로벌 수요예측

Visiongain 보고서에 따르면 아시아-태평양 지역에서만 앞으로 20년 동안 10,000 단위의 신규 수요증가가 존재할 것으로 예측되며, 2030년까지 33,500개의 항공기가 새로 도입될 예정이다. <표 22>에서는 상용항공기에 대한 2012년부터 2020년까지 글로벌 수요예측을 보여준다.

<표 29> 상용항공기 글로벌 수요예측 (2012-2022)

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Total	19,800	20,335	20,924	21,615	22,371	23,132	23,918	24,779	25,696	26,647	27,660
AGR(%)	2.8	2.7	2.9	3.3	3.5	3.4	3.4	3.6	3.7	3.7	3.8



<그림 12> 상용항공기 글로벌 수요예측 (2012-2022)

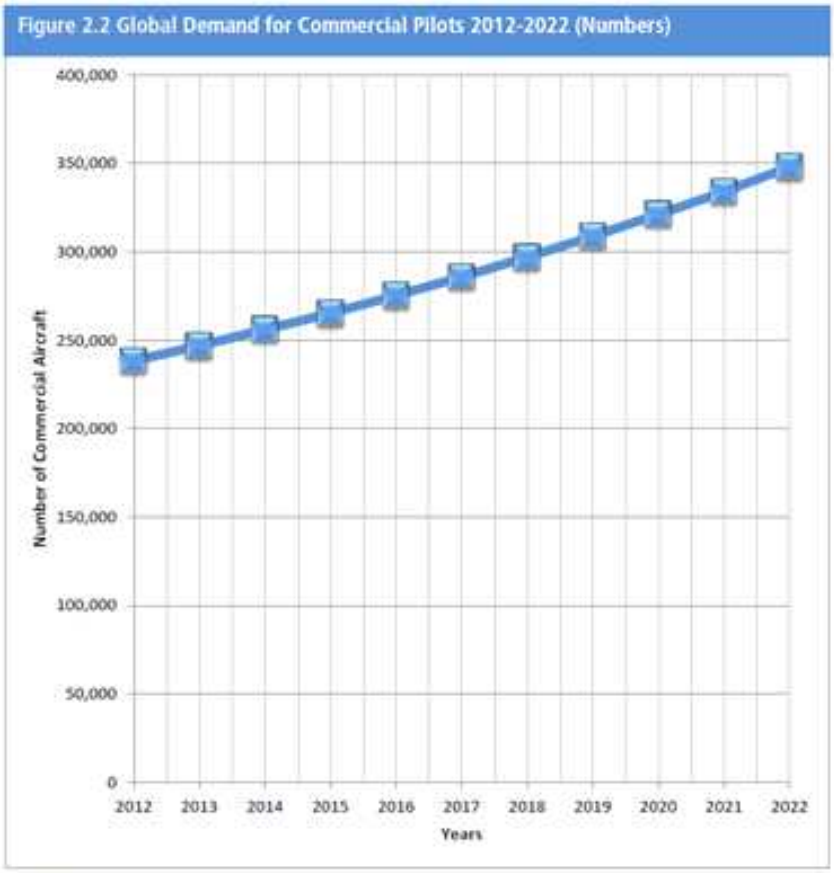
나. 상용항공기 조종사 글로벌 수요예측

시뮬레이터는 조종사 교육훈련에 사용되기에 조종사에 대한 수요예측은 매우 중요하다. FAA나 JAA 규정이나 ICAO MPL(Multi-crew Pilot Licnese) Certificate의 경

우 시뮬레이션 기반의 교육훈련을 강조하고 있다.

<표 30> 상용항공기 조종사 글로벌 수요예측 (2011-2022)

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Total	230,000	238,280	246,858	255,992	265,208	275,285	285,746	296,890	308,766	321,117	333,961	347,988
AGR(%)		3.6	3.6	3.7	3.6	3.8	3.8	3.9	4.0	4.0	4.0	4.2



<그림 13> 상용항공기 조종사 글로벌 수요예측 (2011-2022)

항공기 조종사 및 기술자의 요구수요 증가 원인은 다음과 같다.

○ 인구학적으로 항공기 승무원의 노령화
○ 군 조종사의 민간조종사로의 직무 변동 인원 축소
○ 비행학교에 등록률 감소
○ 인도, 중국, 남아메리카 및 중동의 이머징 시장의 경우 항공 트래픽의 증가가 예측이 되지만 아직 하부구조가 잘 갖추어지지 않았으며, 항공기 승무원에 대한 예상 요구도를 충족시키기 위해서는 자질을 갖춘 항공기 조

종사 및 기술자의 교육이 필요

다. 상용항공기 비행훈련 및 시뮬레이션 글로벌 수요예측

Visiongain의 예측에 따르면 비행훈련 및 시뮬레이션 글로벌 시장에 대한 수요 예측은 다음과 같다.

- 2012년 $32억불 시장가치
- 2012-2017년 동안 예측 연평균 증가율(CAGR)은 3.5%이며, 2017년 $38.0억불 시장가치
- Boeing B787 및 Airbus A350의 변종의 도입으로 시뮬레이터 수요 증가
- 2022년까지 예측 연평균 증가율(CAGR)은 3.5%이며, $45.2억불의 시장가치

<표 31> 상용항공기 비행훈련 및 시뮬레이션 글로벌 시장가치 수요예측 (2012-2022)

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Sales ($bn)	3.10	3.20	3.31	3.42	3.54	3.67	3.80	3.93	4.07	4.21	4.36	4.52
AGR(%)		3.3	3.3	3.5	3.5	3.6	3.5	3.4	3.5	3.6	3.6	3.5

<표 32> 상용항공기 비행훈련 및 시뮬레이션 예측 연평균 증가율 (2012-2022)

	2012-2022	2012-2017	2017-2022
CARG(%)	3.5	3.5	3.5

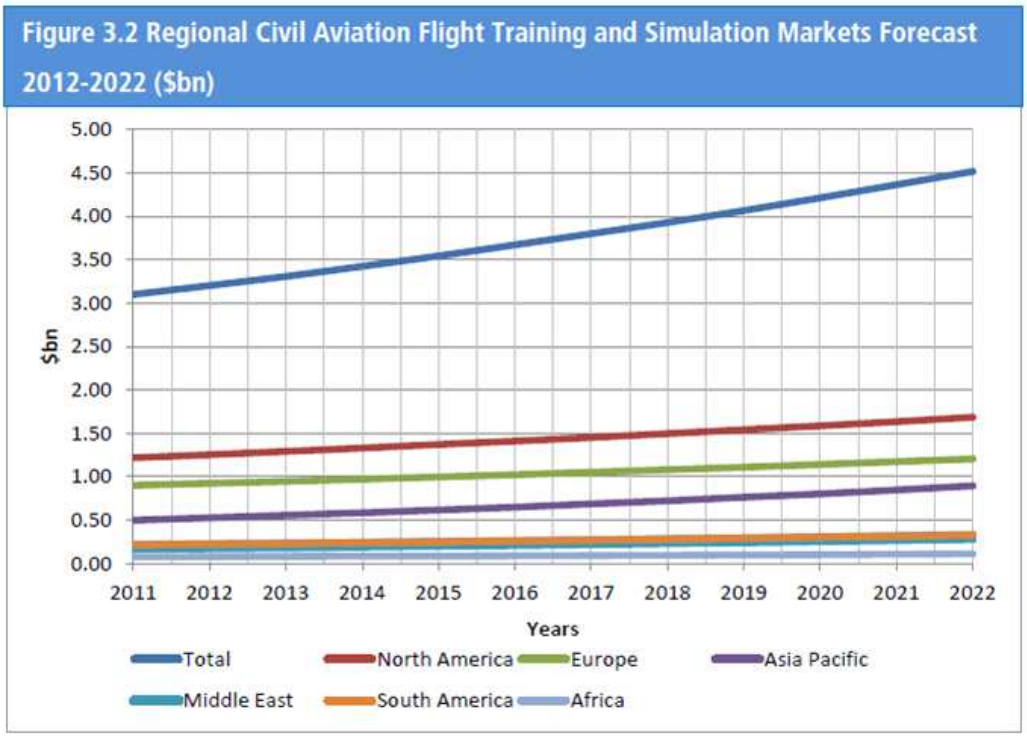


<그림 14> 상용항공기 비행훈련 및 시뮬레이션 글로벌 시장가치 수요예측 (2012-2022)

라. 상용항공기 비행훈련 및 시뮬레이션 지역별 수요예측

<표 33> 상용항공기 비행훈련 및 시뮬레이션 지역별 수요예측 (2012-2022)

Sales ($bn)	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
North America	1.22	1.25	1.29	1.33	1.37	1.41	1.45	1.49	1.54	1.59	1.63	1.68
AGR(%)		2.9	3.0	3.0	3.0	2.9	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.1
Europe	0.90	0.92	0.95	0.97	1.00	1.02	1.05	1.08	1.11	1.14	1.17	1.20
AGR(%)		2.5	2.7	2.7	2.6	2.6	2.8	2.7	2.7	2.8	2.7	2.8
Asia-Pacific	0.50	0.52	0.55	0.58	0.62	0.65	0.68	0.72	0.76	0.80	0.85	0.89
AGR(%)		5.4	5.4	5.5	5.5	5.4	5.5	5.5	5.4	5.4	5.4	5.5
Middle East	0.19	0.20	0.21	0.22	0.23	0.23	0.25	0.26	0.27	0.28	0.29	0.31
AGR(%)		4.3	4.3	4.3	4.4	4.4	4.4	4.5	4.5	4.4	4.4	4.5
South America	0.22	0.22	0.23	0.24	0.25	0.26	0.27	0.28	0.29	0.30	0.32	0.33
AGR(%)		3.8	3.8	3.8	3.9	3.8	3.8	3.9	4.0	4.0	4.0	3.9
Africa	0.08	0.08	0.08	0.08	0.09	0.09	0.09	0.09	0.10	0.10	0.11	0.11
AGR(%)		3.3	3.4	3.4	3.4	3.4	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.7
Total	3.10	3.20	3.31	3.42	3.54	3.67	3.80	3.93	4.07	4.21	4.36	4.52
AGR(%)		3.3	3.3	3.5	3.5	3.6	3.5	3.4	3.5	3.6	3.6	3.5



Source: *Visiongain 2012*

<그림 15> 상용항공기 비행훈련 및 시뮬레이션 지역별 수요예측 (2012-2022)

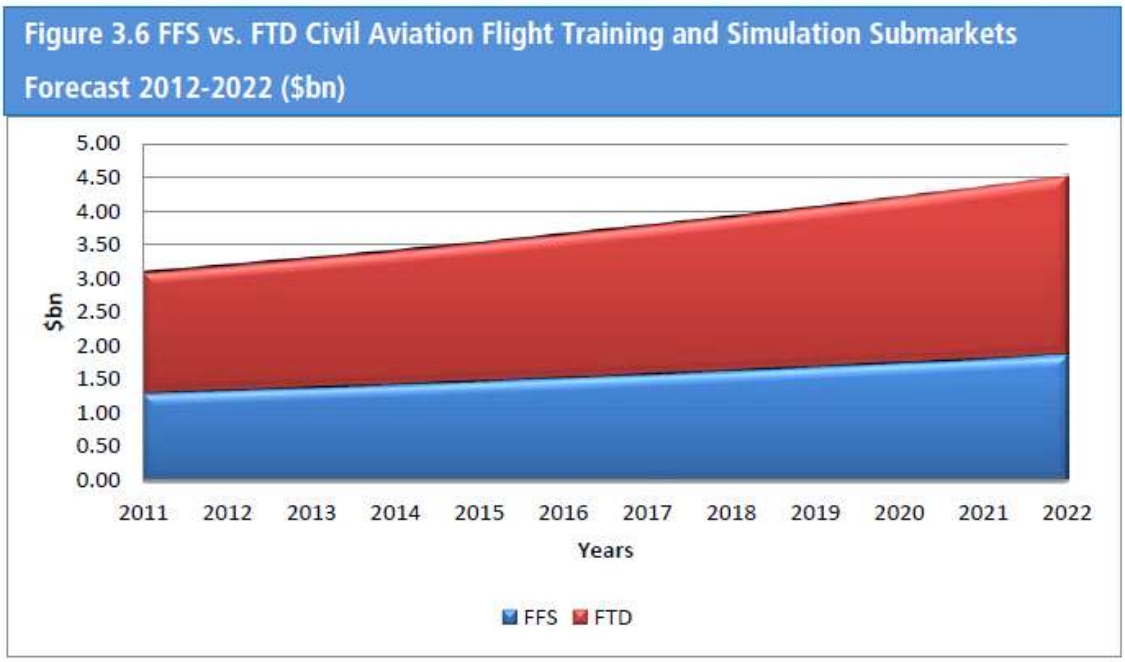
마. 상용항공기 FFS & FTD 수요예측

<표 34> 상용항공기 FFS 및 FTD 글로벌 시장 예측 (2012-2022)

Sales ($bn)	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
FFS	1.30	1.34	1.39	1.43	1.48	1.53	1.58	1.64	1.70	1.75	1.82	1.88
AGR(%)		3.3	3.3	3.2	3.4	3.5	3.4	3.4	3.5	3.4	3.5	3.5
FTD	1.80	1.86	1.92	1.99	2.06	2.13	2.21	2.29	2.37	2.46	2.55	2.64
AGR(%)		3.3	3.4	3.4	3.5	3.7	3.6	3.6	3.7	3.6	3.6	3.6
Global	3.10	3.20	3.31	3.42	3.54	3.67	3.80	3.93	4.07	4.21	4.36	4.52
AGR(%)		3.3	3.3	3.5	3.5	3.6	3.5	3.4	3.5	3.6	3.6	3.5

<표 35> 상용항공기 FFS 및 FTD 예측 연평균 성장률(CAGR, %) (2012-2022)

	2012-2022	2012-2017	2017-2022
FFS CAGR	3.4	3.4	3.5
FTD CAGR	3.6	3.5	3.6
통합	3.5	3.5	3.5



Source: *Visiongain 2012*

<그림 16> 상용항공기 FFS 및 FTD 글로벌 시장 예측 (2012-2022)

(1) 모의비행장치(FFS) 시장동향

○ FFS 시장특성
- FFS의 활용은 상용 항공기 조종사 훈련 프로그램과 밀접한 연계성
- 1980년대 Total Checking Standard(TCS) 및 Zero Flight Time(ZFT) 기준을 미국에서 채택
- 실제 항공기를 운전하지 않고도 FFS를 통해 요구조건을 충족가능
- 2009년 Colgan Air 3407 사고 이후, FAA에서 상용항공기 조종사에 대한 비행시간 요구조건을 250시간에서 1,500시간으로 상향조정
- ICAO에서는 MPL(Multi-crew pilot license certificate)를 개발 회원국에서 강제요구조건의 일환으로 채택
- 시뮬레이션 기반 훈련을 강화를 통해 신규 조종사 지원생을 1등 항해사로 훈련
- 최근에는 시뮬레이터 기반의 훈련보다 실 비행 기술에 대한 요구가 증대
- 몇 몇 기관에서는 스톨(Stall)이나 항공 사고에 대비하기 위해 'small acrobatic aircraft'를 활용한 훈련 요구

○ FFS 개발동향
- 유압식 작동 모델에서 전자식 작동 모델로 시스템 설계 변경을 통해 비용 감소 및 life cycle 증대
- 비행 시뮬레이션 모델의 모듈별 설계를 통해 업그레이드 비용을 낮추고 유연성을 증대
- 기반 시뮬레이터를 바탕으로 특정 항공기에 대한 설계가 가능하도록 유연성 제공

(2) 비행훈련장치(FTD) 시장동향

○ FTD 시장특성
- FTD 시장은 FFS 시장에 비해 상대적으로 경쟁이 적은 편
- FTD 개발에 대한 규정이 엄격하지도 않으며, 협상에 의해 가격을 낮출 수 있는 여지 존재
- 현존하는 경제위기도 전체적인 FTD의 요구가 줄어들지 않음
- 영상의 경우 FFS 모델과 매우 유사한 기술을 도입하여 시장 상황에 적응
- FTD 전체 시장 매출의 50% 이상을 중국, 인도, 사우디아라비아, 그리고 UAE 등과 같은 이머징 마켓이 차지
- 비행 시뮬레이션 및 훈련 서비스 시장은 오래된 모델은 퇴출되고 교체되는 성장률이 주기적으로 영향을 받는 시장형태

○ FTD 시장의 긍정적 전망요인

- FTD 모델의 경우 의사결정(decision making), 계기 주시(instrument scan), 멀티태스킹(multi-tasking), 그리고 상황인식(situational awareness) 등을 포함한 비행 능력을 향상시키는데 필요한 기술을 획득하는데 탁월
- 현실적 영상 제현 기술의 충실도 및 가격(보통 $백만불)이 중소규모의 교육기관이나 저가항공사에서 선호하는 수준
- 충실도 높은 복제 장비(FFS) 보다 전통적으로 인간 요소(human factor)나 배움 과정(learning process)을 중시하는 교육기관 및 군 연구원 등에서 선호도 높음
- 조종사 실수(human error)에 의한 사고를 시나리오로 구성하거나 증거를 기반으로 한 훈련 쪽으로 조종사 교육이 필요하다는 공감대 형성
- 최근의 동향은 항공기 개발 이전에 FTD 공급하며, FTD 판매가 연평균 판매율을 예측하는 지표 (예로, Boeing 777 FTD가 항공기 보다 먼저 보급)
- 신 버전 B747, B787(-10), A350(-900, -800, -1000) 그리고 Bombardier C 시리즈의 경우 향후 3-5년 이내에 규정을 충족하는 FTD를 개발하여 제공 예정
- 연료 효율성이 높고 새로운 플랫폼이 요구됨: 항공기 개발 단계에서 부터 모델링 및 시뮬레이션 기술이 함께 적용됨

1. 경쟁 시장현황

가. 경쟁 소형항공기 기종

(출처: http://www.ia-kapa.com/)

○ N724PS - Piper Sport (KBJC Based)





- 완전한 기능을 갖춘 Glass Cockpit
  - dual Primary Flight Displays
  - Engine Management System lcd screen
- 강화된 Autopilot 기능
- 엔진 관리시스템 LCD 스크린
- Garmin 696 GPS
- 시야확보를 위한 bubble canopy
- Cirrus 항공기와 같은 parachute system

○ N972CB - Piper Sport (KBJC Based)





- 완전한 기능을 갖춘 Glass Cockpit
  - dual Primary Flight Displays
  - Engine Management System lcd screen
- 강화된 Autopilot 기능
- 엔진 관리시스템 LCD 스크린
- Garmin 696 GPS
- 시야확보를 위한 bubble canopy
- Cirrus 항공기와 같은 parachute system

○ N6079E - Cessna Skycatcher 162 (KBJC Based)





- side-by-side two-seat, high-wing, strut-braced, tricycle gear light-sport aircraft (LSA)
- features a Continental O-200D 100HP, capable of 112KT cruise, 15,500 MSL service ceiling, and 490 pounds useful load
- all-glass Garmin G300 avionics suite
- 안정성과 신뢰성을 향상시킨 디지털 flight deck
- 옵션: 데이터를 독립된 스크린에 표시할 수 있는 PFD 및 MFD 형태의 2차 디스플레이

○ N72TP - Cessna C310





- 2개의 Turbo Ram engines
- 상승고도: 24,000ft
- 상승률: 1,000ft/min.
- 6명을 위한 산속공급기
- 연료: 203 gallons
- dual Garmin 430s (both WAAS capable), electronic HSI, autopilot, de-ice boots, windshield heat and aviation charts
- Garmin GMX200 MFD

○ N218DF - Cirrus SR20





- 파워: 200HP

- 트레이너 및 비즈니스 용도로 개발
- Avidyne Entegra avionics, Garmin 430 units
- STec 55SR autopilot

○ N315AR - Cirrus SR20 (2007)





- WAAS 기능을 갖춘 dual Garmin 430 GPS system
- 지표면 고도 200ft까지 계기비행 가능

○ N93GS - Cirrus SR20 Perspective (2012 G3)





- Avionics
  - Jeppesen electronic charts
  - 교통병목 회피(traffic avoidance) 기능
  - 지형 인식 및 경고(terrain awareness and warning) 기능
  - 합성시야(synthetic vision)
  - 전자기기보호(electronic stability protection) 기능

○ N535S - Cirrus SR22 (2001)





- 전형적인 다이얼 형태의 비행계기
- Sandel EFIS 및 ARNAV MFD
- dual Garmin 430 GPSs

- S-TEC 55x autopilot
- WX-500 StormScope

○ N35EC - Cirrus SR22, Supercharged (2004)






- 항속거리: 1,000nm
- 최대 순항속도: 185kts
- XM weather
- Jeppesen CMAX charts
- 고고도 비행을 위한 산소장비 장착

○ N925PC - Cirrus SR22 G2 (2005)





- S-Tec 55-X autopilot
- 기상기능 내장
- Jeppesen CMAX charts

○ N4543G - Cirrus SR22 (KBJC Based) (2007)






- Longer wingspan, larger TKS fluid reservoir, longer TKS strips on the wings, more exterior lighting, and an increased useful load
- cross country cruiser 용도나 근거리 비행에 모두 활용가능
- WAAS

○ N910B - Cirrus G2 SR22 Turbo (KBJC Based) (2007)





- 순항고도: 25,000ft
- 순항속도: 214 kts
- 산소 시스템 장착
- Avidyne Entegra avionics
  - VFR 및 IFR 비행시 상황인식 기능 제공

○ N400PE - Cirrus SR22 Turbo (2008)






- 4명이 사용가능한 산소공급장치 장착
- Avidyne Entegra avionics
- WAAS-인증 Garmin 430s
- Avidyne DFC 90 autopilot

○ N248CB - Cirrus SR22 Turbo FIKI (2009)





- Avionics
  - 합성시야(synthetic vision)
  - 전자기기보호(electronic stability protection) 기능
- flight into known icing (FIKI) conditions 인증

○ N333AN - Cirrus SR22 Turbo FIKI (2010)





- Avionics
  - 합성시야(synthetic vision)
  - 전자기기보호(electronic stability protection) 기능
- flight into known icing (FIKI) conditions 인증

나. 경쟁 소형항공기 시뮬레이터

(일부출처: http://www.ia-kapa.com/)

○ Frasca SR20 및 SR22 Simulator





- FTD Level 2-6 FAA 및 JAA 인증
- Avidyne Entegra or R9 Advanced Avionics or Garmin Perspective Avionics with S-TEC 55x or GFC700 Autopilot
- CAPS (Cirrus Airframe Parachute System) Simulation
- Frasca TruVision™ visual system
- Dual Garmin GPS/NAV/COMM
- GIS™ - Graphical Instructor Station
- 180° or 220° visual display system
- Actual cockpit or type specifi c fi berglass or standard fi berglass shell

○ Redbird FMX Full Motion Simulator





- FAA 및 CAA AATD 인증
- 항공기 및 패널 교환 가능 (가변형)
  - Cessna 172 with G1000 panel
  - Cessna 172 with Garmin 430, 530, ADF, DME and standard instruments
  - Beech Baron with Garmin 430, 530 and auto pilot
  - custom panel to match Eagle Flight Training's Beechcraft Duchess with Aspen PFD, standard instruments and King GPS
  - 타 항공기 셋업 가능

- 시간인증
  - 2 hours instrument ground time towards issue of PPL
  - 5 hours instrument ground time towards issue of CPL
  - 5 hours instrument ground time towards issue of Cat C or B Instructor Rating
  - 20 hours instrument ground time towards issue of Instrument Rating
  - 2 hours instrument ground time towards currency of Instrument Rating

○ Precision Flight Controls－Modular Flight Deck (MFD)





- 가변형 Advanced Aviation Training Device (AATD)
- 단발 및 양발 Cessna와 Piper 혹은 King Air models
- Aviator Pro - 시나리오 기반의 임무 적용 가능 S/W

○ Fly This Sim TouchTrainer




- FAA 인증 기본 항공기 계기 훈련장치
- SR20, SR22 그리고 SR22T models 등 Cirrus Aircraft에 특화
- Button- and knob-ology
- Avidyne 및 Garmin Perspective avionics packages

제3절 국내·외 기술동향

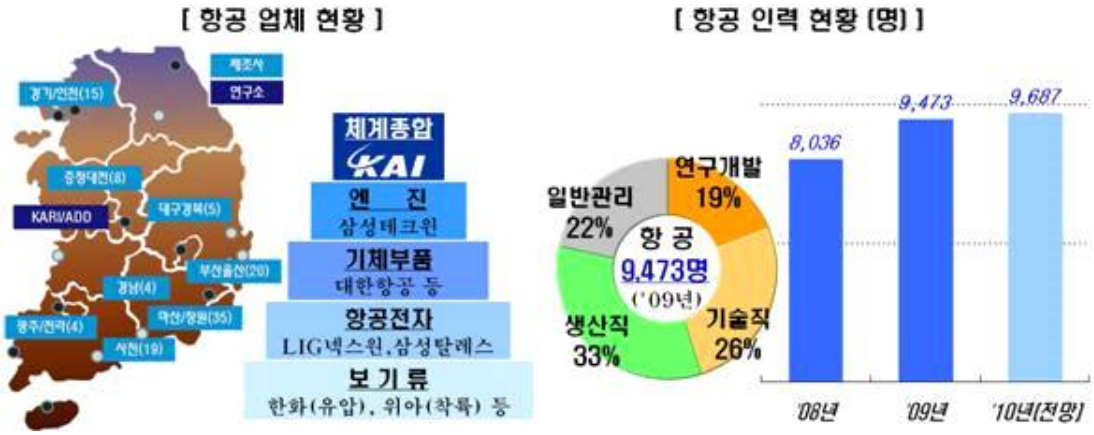
1. 기술 인프라 현황

가. 국내 항공 산업 인프라 현황

국내산업은 완제기 업체(KAI)를 중심으로 엔진(삼성테크윈), 기체부품(대한항공 등), 항공전자(LIG넥스원, 삼성탈레스 등), 보조기계류(한화, 위아 등)의 협업 구조로 구성되어 있고, 지리적으로 제조업은 사천을 중심으로 하는 경남 지역에 중점적으로 분포(매출기준 84%)하고 있으며, 한국항공우주연구원, 국방과학연구소 등 국가출연연구기관은 대전에 위치하고 있다.

2010년 기준 항공우주분야 업체수는 약 110여개로 이중 상위 3개 업체가 (한국항공우주산업, 삼성테크윈, 대한항공) 전체 항공분야 생산의 90%를 차지하고 있다. 그러나 선진 항공업체에 비하면 규모가 매우 작아, 국내 최대 기업인 한국항공우주산업의 세계 순위는 '09년 매출액 기준으로 63위에 불과하다.

국내 항공우주산업분야 종사인력은 약 10,040여명 수준으로 KUH 수리온 헬기, 민수사업 등 대형사업의 증가에 따른 인력소요로 꾸준한 증가세에 있다. 그러나 전체인력의 78%가 대기업에 집중되어 산업 저변 및 산업경쟁력을 강화하기 위해서는 중소 부품업체의 육성이 시급히 요구되는 상황이다. 종사자의 학력수준은 학사 이상 인력이 전체의 51%를 점유하고 있어, 타 산업 대비 고학력/고기술 인력 중심 산업이라는 산업적 특성을 보여주고 있다.



<그림 19> 한국항공우주산업진흥협회 통계 (2010년)

○ 국내 산업규모 대비 고급인력 공급은 안정적이나, 인력수요는 상대적으로 부족
○ 주요 12개 大(서울대, KAIST, 인하대, 항공대 등)에 항공관련학과가 설치되어, 연간 400여명 배출, 이중 약 30%만 항공관련 주요 기업 및 연구소에 취업

○ 연구개발 인력은 전체인력의 17%를 차지하고 있으며, 대기업(19.6%), 벤처기업(12.6%), 중소기업(12.3%) 순

국내 주요 항공우주 업체 현황은 다음과 같다.

<표 36> 국내 주요 항공우주 업체 현황

순위	업체명	2008년 현황				비고
		항공매출	전사매출	종사인원(명)	인당매출*	
		(백만원)	(백만원)	(항공부문)	(백만원)	
1	KAI	910,126	910,126	2,950 -2,950	320	완제기,MRO
2	삼성테크윈	468,270	2,339,639	4,188 -969	405	엔진
3	대한항공	358,027	10,212,578	15,158 -2,533	213	MRO, 기체구조
4	LIG넥스원	209,789	850,174	2,344 -168	1,033	항공전자
5	(주)한화	47,900	4,942,288	3,031 -234	214	유압부품
6	삼성탈레스	38,490	575,199	1,600 -200	642	항공전자
7	현대위아	35,642	3,186,517	1,967 -30	118	착륙장치
8	쎄트렉아이	20,800	20,800	108	193	소형위성
9	위다스	20,186	26,527	101 -28	918	안전진단장비
10	제일정공	19,348	19,348	58 -20	197	금형부품
11	현항공산업	16,230	16,230	100	152	구조부품
12	아스트	15,246	15,246	196 -188	85	구조부품
13	한벨헬리콥터	12,660	12,660	123	103	회전익기
14	수성기체	10,461	10,461	95 -89	98	구조부품
15	다윈프릭션	9,995	9,995	40	250	항공소재

* 자료 : '항공산업 발전 기본계획 2010~2019', 지식경제부(2010.1월)

나. 해외 항공 산업 인프라 현황

세계 시장은 북미, 유럽 등 권역별 다국적 거대 기업에 의해 주도되고 있다. 미국의 Boeing, Lockheed Martin, 유럽의 EADS 등 3대 핵심 기업이 세계 시장의 40%를 점유하고 있으며, 10대 대기업이 전체 시장의 85% 이상을 점유하고 있다. 한국의 항공업체는 KAI가 63위(항공매출 기준) 수준으로 선진 항공업체와 다소 큰 차이를 보이고 있다.

다음은 글로벌 주요 항공업체 현황표이다.

<표 37> 글로벌 주요 항공업체 현황

순위	주요완제기업체 (국가)	2009년 실적			비고 (주요계열사)
		항공매출	전사매출	전사인원	
		(백만불)	(백만불)	(명)	
1	Boeing (미국)	68,281	68,281	157,100	
2	EADS (유럽)	59,544	59,544	119,506	Airbus(민항기), Eurocopter(헬기), ATR(중소형기)
3	Lockheed Martin (미국)	45,189	45,189	136,000	
4	General Dynamics (미국)	31,981	31,981	91,700	Gulfstream (비즈니스기)
5	Northrop Grumman (미국)	27,542	33,755	120,700	
7	United Technologies (미국)	24,494	52,920	206,700	Sikorsky(헬기)
8	BAE Systems (영국)	21,348	31,777	98,000	
9	Finmeccanica (이태리)	20,778	25,274	73,056	Aermacchi(훈련기), Alenia(부품), AustaWestland(헬기)
16	Bombardier (캐나다)	9,357	19,366	28,900	

17	Textron (미국)	8,061	10,500	32,000	Bell(헬기), Cessna(소형기)
20	Embraer (브라질)	5,466	5,466	16,853	
21	MHI (일본)	5,343	31,414	-	
23	Dassault (프랑스)	4,757	4,757	12,215	
28	Saab (스웨덴)	3,512	-	13,159	
29	Hawker Beechcraft (미국)	3,199	3,199	7,200	
35	IAI (이스라엘)	2,881	2,881	-	
38	HAL (인도)	2,337	2,337	-	
40	KHI (일본)	2,018	12,535	32,297	
58	FHI (일본)	996	15,261	-	
63	KAI (한국)	931	931	2,788	
80	Pilatus (스위스)	571	571	1,330	

2. 국내·외 항공 산업 유관기관

가. 국내 항공 산업 유관기관

(1) 국내 정부기관

<표 38> 항공관련 국내 정부기관

기관명	홈페이지	비고
국방부	www.mnd.go.kr	
지식경제부	www.mke.go.kr	
국토해양부	www.mltm.go.kr	
교육과학기술부	www.mest.go.kr	
방위사업청	www.dapa.go.kr	
국방기술품질원	www.dtaq.re.kr	국방획득기술획득/품질보증

(2) 국내 협회/학회

<표 39> 항공관련 국내 협회 및 학회

기관명	홈페이지	비고
한국항공우주산업진흥협회	www.aerospace.or.kr	국내항공우주산업체협회
한국모의훈련체계협회		
한국방위산업진흥회	www.kdia.or.kr	국내방위산업체협회
한국항공우주학회	www.ksas.or.kr	국내항공관련학회
일본항공기제작사협회	www.jadc.or.kr	일본항공산업체협회
미국항공우주국(NASA)	www.nasa.gov	미국항공우주국
미국항공우주학회(AIAA)	www.aiaa.org	미국항공우주관련학회

미국연방항공국(FAA)	www.faa.gov	미국항공안전/인증기구
유럽항공기구(JAA)	jaato.com	유럽항공안전/인증기구

(3) 국내 연구소

<표 40> 항공관련 국내 연구소

기관명	홈페이지	비고
국방과학연구소	www.add.re.kr	국가출연연구소
한국항공우주연구원	www.kari.re.kr	국가출연연구소
한국국방연구원	www.kida.re.kr	국가출연연구소
한국기계연구원재료연구소	www.kimm.re.kr	국가출연연구소
항공재료연구센터	www.postech.ac.kr/center/caam	포항공대부속
항공산업연구소	www.sejong.ac.kr	세종대부속
항공우주산업기술연구소	www.hangkong.ac.kr	항공대부속
항공경영관리연구소	www.inha.ac.kr	인하대부속
항공기부품기술연구센터	www.gsnu.ac.kr	경상대부속

(4) 국내 항공업체

<표 41> 국내 항공업체

기관명	홈페이지	비고
한국항공우주산업	www.koreaaero.com	항공기체계종합
삼성테크윈	www.samsungtechwin.co.kr	항공기엔진업체

대한항공	www.kal-asd.co.kr	항공기 기체부품, 무인항공기
한국로스트왁스	www.lostwax.co.kr	항공기 엔진 등 주조품
LIG넥스원	www.nex1.co.kr	항공전자
현대위아	www.wia.co.kr	항공기착륙장치
삼성탈레스	www.samsungthales.com	항공전자
퍼스텍	www.firsteccom.co.kr	항공유압/전기/전자부품
(주)한화	www.hanwha.co.kr	항공기유압장치
경주전장	www.kaes.biz	항공전자
금호타이어	www.kumhotire.co.kr	항공기타이어
도담시스템스	www.dodaam.com	항공기시뮬레이터
두산모트롤	www.mottrol.com	항공기유압펌프
데크	www.dacc21.co.kr	항공기복합소재부품
수성기체	www.sooframe.co.kr	항공기부품가공/조립
쎄트렉아이	www.satreci.com	인공위성 본체, 부품
아스트	www.astk.co.kr	항공기부품가공/조립
연합정밀	www.yeonhab.co.kr	항공기 통신장비 및 부품
영풍전자	www.ypelec.co.kr	항공기 전자제어 부품
유콘시스템	www.uconsystem.com	소형 무인항공기, 지상원격통제장비
S&K항공	www.skem.co.kr	항공기부품가공/조립

천지산업	chunji.co.kr	항공기 주조품
한국화이바	www.fiber-x.com	항공기복합소재
한성ILS	www.hsils.co.kr	항공기 ILS 요소개발, 항공기부품
하이즈항공	www.hizeaero.com	항공기 부품, 조립, 정비
STX엔진	www.stxengine.co.kr	무인항공기통신장비
단암시스템즈	www.danam.co.kr	유도시스템
샘코	www.samcokorea.com	항공기 부품, 조립
위다스	www.withus.kr	항공전자 부품
다윈프릭션	www.dawinf.co.kr	항공기 브레이크 디스크
AP시스템	www.apsystems.co.kr	위성통신/인공위성 조립 및 제작
제일정공	www.jeilmold.co.kr	금형/사출
현항공산업	www.hyune.co.kr	항공기 부품 가공/조립
한벨헬리콥터	www.uiigroup.com	헬기정비

(5) 국내 대학 및 항공관련 학과

<표 42> 국내 대학 및 항공관련 학과

기관명	홈페이지	비고
공군사관학교	www.afa.ac.kr	
건국대학교 항공우주정보시스템공학과	www.konkuk.ac.kr	
경상대학교 기계항공공학부	www.gsnu.ac.kr	
부산대학교 항공우주공학과	www.pusan.ac.kr	

서울대학교 항공우주공학과	www.snu.ac.kr	
세종대학교 항공우주공학과	www.sejong.ac.kr	
순천대학교 기계우주항공공학부	www.sunchon.ac.kr	
전북대학교 항공우주공학과	www.chonbuk.ac.kr	
조선대학교 우주항공공학과	www.chosun.ac.kr	
인하대학교 항공우주공학과	www.inha.ac.kr	
울산대학교 항공우주공학과	www.ulsan.ac.kr	
충남대학교 항공우주공학과	www.cnu.ac.kr	
한국항공대학교	www.hangkong.ac.kr	
한국과학기술원 항공우주공학과	www.kaist.ac.kr	
한국폴리텍항공대학	kapc.kopo.ac.kr	

(6) 국내 시뮬레이션 관련 기관 및 업체

다음은 국내 시뮬레이션 관련 기관 및 업체 현황으로 한국모의훈련체계협회(KTSA) 회원사들이다.

<표 43> 국내 시뮬레이션 관련 기관 및 업체

기관명	홈페이지	비고
방위사업청	www.dapa.go.kr	방위사업
합동참모본부	www.jcs.mil.kr	군 지휘부
국방기술품질원	www.dtaq.re.kr	국방과학기술 조사&분석
도담시스템스	www.dodaam.com	시뮬레이터 제작
LIG NexOne	www.lignex1.com	국방산업
포스데이타	www.poscoict.co.kr	엔지니어링 서비스

한국항공우주산업(주)	www.koreaaero.com	항공기 개발
심네트	www.simnet.co.kr	M&S
(주)유니텍	www.unitech.co.kr	M&S
(주)썬에어로시스	www.sunaerosys.com	시뮬레이터 개발
리얼타임비주얼	www.realtimevisual.com	시뮬레이션
삼성SDS	www.sds.samsung.co.kr	정보통신사업
대한항공	kr.koreanair.com	항공사
군인공제회	www.mmaa.or.kr	국방 M&S
LG CNS	www.lgcns.co.kr	시스템 통합
(주)싸이버텍	www.cybertec.co.kr	M&S
베델원	www.qualitech.co.kr	통신장치
브이엠이텍(주)	www.vmetech.co.kr	시스템 구축 용역
쌍용정보통신	www.sicc.co.kr	운영지원시스템
아이티사이언스	www.itse.co.kr	M&S
윈텍	www.wintec.co.kr	소프트웨어 개발
윙쉽테크놀러지	www.wingship.com	국방사업
유성씨앤씨	www.yusung4u.com	무선장비 사업
이노시뮬레이션	www.innosim.com	시뮬레이터
케이씨이아이	www.kcei.com	M&S
크리스티	www.christiedigital.com	비주얼 솔루션
한국미디어테크	www.vrdis.com	영상 시뮬레이터
한국소프트스페이스	www.kssi.co.kr	시뮬레이션 프로그램 개발
한길씨앤씨(주)	www.hangilcnc.com	전장시뮬레이션
(주)네비웍스	www.naviworks.com	M&S
(주)바코코리아	www.barco.co.kr	비주얼 솔루션
(주)코리아일레콤	www.koreaelecom.com	방위산업
(주)티디아이시스템즈	www.tdisys.com	소프트웨어 개발

나. 해외 항공 산업 유관기관

(1) 해외 항공업체

<표 44> 해외 주요 항공업체

기관명 / 국가	홈페이지	비고
Boeing (미국)	www.boeing.com	민항기/군용기업체
EADS (유럽)	www.eads.com	범유럽항공우주/방산그룹
Airbus (EADS 계열사)	www.airbbus.com	대형민항기업체
ATR (EADS 계열사)	www.atraircraft.com	중형항공기업체
Lockheed Martin (미국)	www.lockheedmartin.com	군용기/종합방산업체
General Dynamics (미국)	www.generaldynamics.com	종합방산업체
Northrop Grumman (미국)	www.northropgrumman.com	종합방산업체
United Technologies (미국)	www.utc.com	엔진(P&W)/헬기(Sikorsky)
BAE Systems (영국)	www.baesystems.com	군용기/종합방산업체
Finmeccanica (이태리)	www.finmeccanica.it	항공/종합방산업체
Bombardier (캐나다)	www.bombardier.com	중형항공기업체
Textron (미국)	www.textron.com	헬기(Bell)/소형기(Cessna)
Embraer (브라질)	www.embraer.com	중소형항공기업체

Mitsubishi Heavy Industries (일본)	www.mhi.co.jp/en	미쓰비시중공업항공부문
Dassault (프랑스)	www.dassault-aviation.com	군용기/비즈니스기업체
Saab (스웨덴)	www.saabgroup.com	군용기/항공부품업체
Hawker Beechcraft (미국)	www.hawkerbeechcraft.com	소형항공기업체
Israel Aerospace Industries (이스라엘)	www.iai.co.il	국영항공업체
Hindustan Aeronautics (인도)	www.hal-india.com	국영항공업체
Kawasaki Heavy Industries (일본)	www.khi.co.jp/english	가와사키중공업항공부문
Fuji Heavy Industries (일본)	www.fhi.co.jp/english	후지중공업항공부문
Pilatus (스위스)	www.pilatus-aircraft.com	훈련기전문업체
Sukhoi (러시아)	www.superjetinternational.com	전투기전문업체
COMAC (중국)	www.acac.com.cn	중국민항기업체(신설)

3. 국내·외 기술개발 현황

가. 해외 기술개발 현황

(1) 해외 시뮬레이터 개발 현황

범용 항공기의 기술 혁신 경쟁이 가속화되고 있으며, 전통적 시장 강자로는 세스나를 들 수 있다. 세스나는 비즈니스 제트기 시장에 사업 역량을 집중하면서 기존의 레크리에이션/스포츠 용 피스톤 프롭 시장을 등한시하다가, Cirrus Design사의 SR22, Diamond Aircraft사의 DA40 등 최신 기술을 접목한 신형 피스톤 프롭기에 시장을 잠식당했다.

이에 세스나는 2007년 LSA(Light Sport Aircraft)라는 개념을 제시하면서 Glass Cockpit 등의 신기술을 채용한 신형 항공기 모델 개발을 선언하며 새로운 도약을 기대하고 있다.

세스나가 경쟁사의 피스톤 프롭 시장 잠식에 경각심을 가진 이유는 범용 항공기 시장이 자사의 주력인 비즈니스기 시장 대비 규모는 작지만 초보 조종사가 첫 번째로 접하게 되는 항공기라는 점이, 브랜드 충성도가 높은 비즈니스기 시장에서 향후 큰 영향을 미치게 될 것이라는 점 때문이다.

해외에서는 범용 항공기 제작 업체들이 시뮬레이터 제작에도 직접 참여하고 있지만, 국내에는 소형항공기 시뮬레이터 제작이 활성화되어 있지 않으며 법적으로 뒷받침이 미비하기에 해외 경쟁기종에 대한 벤치마킹을 통해 개발되어야 할 소형항공기 비행시뮬레이터의 기본 형상이 설정한다. <표 38>에는 KC-100의 경쟁기종인 SR-22의 시뮬레이터 현황을 보여주고 있으며, <표 39>에는 국외 다양한 소형항공기 비행시뮬레이터 현황을 기술하였다.

<표 45> 국외 소형항공기 SR-22 비행시뮬레이터 교육기관 현황

기종	교육기관	제작사	Level	비고
SR-22	Glass Simulator Center	Frasca International	FTD 4등급	미국 (시카고, 일리노이)
	Cirrus Aircraft Headquarters	Frasca International	FTD 4등급	미국 (덜루스 ,미네소타)
	Lake Superior College	Frasca International	-	미국 (덜루스 ,미네소타)
	Western Michigan University	Frasca International	-	미국 (칼라마주, 미시간)
	Performance Flight	Frasca International	FTD 1등급	미국 (해리슨, 뉴욕)
	Independence Aviation	Frasca International	FTD 1등급	미국 (엥글우드, 콜로라도)
	Aviation Training & Resource Center	Redbird Flight Simulations	AATD	미국 (캐롤턴, 텍사스)

<표 46> 국외 소형항공기 비행시뮬레이터 현황

제작사	기종	Level	국적	비고
Frasca International	Beechcraft	FTD	미국	
	Cessna Aircraft			
	Cirrus Aircraft			
	Piper Aircraft			
	Diamond Aircraft			
Redbird Flight Simulations	Cessna	AATD	미국	
	Beechcraft			
	Piper			
	Cirrus			
	Diamond			
ELITE Simulation Solutions	Cessna 172	AATD	미국	
	Piper			
	Beech			
	King Air			
Precision Flight Controls	Cessna	AATD	미국	
	Cirrus SR20			
	Beechcraft			
	Diamond			
	Piper			
Mechtronix	General Aviation	AATD / FTD	캐나다	
Diamond Simulation	Diamond	FTD	독일	
	DV20			
	HK36			



<그림 20> AATD(Redbird Flight Simulations사)



<그림 21> Ascent® Flight Trainers(Mechtronix사)



<그림 22> Diamond FTD(Frasca International사)



<그림 23> Cessna 172 AATD(ELITE Simulation Solutions사)



<그림 24> Diamond FTD(Diamond Simulation사)



<그림 25> AATD(Precision Flight Controls사)

나. 국내 기술개발 현황

(1) 국내 항공 산업 발전 경과

한국 항공산업은 1950 년대 중반 군용기 창정비를 중심으로 시작되었으며, 1960 년대에는 군용기 창정비의 자주적인 수행이 가능한 수준에 이르렀다. 국내 여객기의 경우는 운항정비 및 주기점검만 국내에서 수행하고, 중정비는 일본의 정비회사를 활용하였다.

1970 년~1980 년대에는 군용헬기(500MD), 전투기(F-5E/F)의 조립면허생산을 시작하면서 단순조립 수준의 항공기 생산기술을 확보하였으며, 또한 항공기 엔진의 창정비 및 면허생산(F-5 엔진)과 함께 항공기 구매에 따른 절충 교역(Offset)으로 민항기(Boeing 747, MD-11 등)으로 부품의 하청생산도 시작하였다.

하지만, 국내 항공산업은 1980 년대 중반에서 1990 년대 초반까지 후속사업 물량 부재에 따른 생산공백(F-5 생산 종료후 생산공백)이 발생하여 창정비→ 면허생산→ 국내 연구개발로 이어지는 체계적인 산업발전이 지연되고 축적된 기술 및 인력이 유휴화되는 사태가 초래되었다.

이후 국내 항공산업은 1990 년대 초반 KF-16 전투기 기술도입 면허생산 사업 등을 수행하면서 본격적인 산업 재건에 착수하였으며, 1990 년대부터 KT-1 기본훈련기, T-50 고등훈련기 개발 등 대형 군수 연구개발 사업이 연속적으로 진행되면서 항공기 독자개발 단계까지 도약하게 되었다. 또한 무인항공기 독자개발(군단 무인기), 민수헬기(SB427)의 국제공동개발 등도 진행하면서 항공 선진국으로 도약하기 위한 항공기 개발능력 축적에 매진하였다.

특히, 1990 년대 말에는 국가의 연구개발 및 생산 자원을 통합하고 업계의 과당 경쟁 환경을 극복하기 위해 삼성항공, 대우중공업, 현대우주항공 항공 3 사를 단일 법인인 한국항공우주산업(KAI)로 통합(1999 년 4 월 항공우주산업개발정책심의회에서 업체통합/정부지원 의결, 1999 월 12 월 KAI 설립) 함으로써 분산된 산업이 집중화되기 시작하였다.

현재 국내 항공산업은 군수 부문에서 한국형 기동헬기(KUH 수리온) 개발 및 양산사업을 진행하고 있으며, 민수 부문에서는 미국의 Boeing, 유럽의 Airbus 등 세계적인 항공기 제작사의 차세대 대형민항기 국제공동개발사업(Airbus A350, Boeing 787)에 핵심파트너로 참여하고 있다. 그리고 기 확보된 역량을 기반으로 항공산업의 수출산업화를 위해 KT-1 기본훈련기, T-50 고등훈련기, KUH 기동헬기 등의 해외 마케팅 활동을 적극적으로 전개하고 있다.



<그림 26> 항공산업 발전과정 (출처: 한국항공우주산업진흥협회)



<그림 27> 국내 완제기 개발 이력 (출처: 한국항공우주산업진흥협회)



<그림 28> 항공분야 로드맵 (출처: 한국항공우주산업진흥협회)

(2) 국내 소형항공기 개발 현황

국내 업체와 R&D 기관들을 통해 개발된 민수용 범용 항공기급 국내 개발 사례는 다음과 같다.

<표 47> 소형항공기 개발과제

연번	연구과제명	수행기관	연구기간	연구비 총액(억)	발주기관
1	4인승 선미익형 경비행기의 수출모델 개발(반디호)	한국항공우주연구원	02.12 ~ 06.8	41.58	산업자원부
2	4인용 경비행기 '보라호'의 개발사업	한국항공우주연구원	99.12 ~ 04.8	48	과학기술부
3	쌍발 복합재료 항공기 개발	한국항공우주연구원	93.9 ~ 97.6	43.76	과학기술처
4	창공-91 경 항공기 개발사업	대한항공	88.5 ~ 92.12	35.80	과학기술처

<표 48> 국내개발 소형항공기 현황

기종명	초도비행	개발주체	좌석	주구조물	마력(hp)	비고
부활	1954.4.3.	공군	2	강관/우포	PP 80	
창공-91	1991.11.	대한항공	5	Al 합금	PP 180	
KT-1	1991.12.12	ADD	2	Al 합금	TP 550/950	후속실용화를 거쳐 본격적인 내수 충족 및 수출에 성공한 유일한 항공기
까치 (Twinbee)	1992.12.	KARI, 동인	2	혼합	PP 80	
	1997.2.15.	KARI, SSA	8	복합재	2xPP 350	
반디	2001.9.	KARI	4	복합재	PP 250	국제 에어쇼나 세계일주 비행 등을 통해 해외에서 성능과 안정성을 높이 평가
(선미익형)						2006.8 미국에 수출
담비 (Gyroplane)	2002.9.23.	동해기계항공	2	혼합	PP 100	
KC-100		KAI	4			

(3) 국내 시뮬레이터 개발 현황

국내 시뮬레이터 개발현황을 항공기 중심으로 살펴보면 한국항공우주산업과 도담 시스템즈의 주도하에 국내 시뮬레이터 개발업체를 선도하고 있다. 시뮬레이터의 국내 개발은 1980년대 F-5 CPT를 시작으로 각 군의 요구사항에 따른 시뮬레이터들이 개발되어 왔으며, 최근 국내 개발 무기체계인 KT-1과 T-50에 대한 시뮬레이터를 한국 항공우주산업에서 개발하였고, 도담 시스템즈에서 UH-60 시뮬레이터를 개발하였다.

국내 기술로 개발되어 운용되는 시뮬레이터는 모두 군용으로 다음 <표 42>에 기술하였다. 국내 시뮬레이터 개발은 선진국 대비 시작이 일천하고 역사적으로 개발시간은 짧지만, 하드웨어 및 소프트웨어 모두에 걸쳐 개발이 진행되고 있다.

국내 제작업체들은 1990년대부터 KT-1, T-50, 무인기 등의 군용기 개발사업과 창공-91, 8인승 쌍발 복합재 항공기 등의 민수용 항공기 개발 사업을 통해 핵심기술인 항공기 설계/개발기술, 시험평가 기술을 착실히 확보하였다. 특히 군용기 부문의 기본훈련기 KT-1, 초음속훈련기 T-50의 개발 성공으로 국내 항공기 기술수준이 한 단계 도약하는 계기가 되었다.

하지만, 인증 기술 등 일부 핵심기술의 보유는 아직 미비한 상황이다. 현재까지 축적된 항공기 개발 관련 기술 및 인적 역량, 경험 및 인프라는 선진국 대비 평균 50-60% 수준으로 평가되며, 설계/개발은 70%, 제조는 90% 수준으로 높은 편이나 핵심 요소기술 및 인증기술은 상대적으로 낮은 35-45 수준으로 평가되어지고 있다.

<표 49> 국내운용 군용 시뮬레이터 현황

기종 (명칭)	KT-1 FFS (Full Flight Simulator)	KO-1 CPT (Cockpit Procedure Trainer)	T-50 FMT (Full Mission Trainer)	T-50 OFT (Operational Flight Trainer)	UH-60P FFS (Full Flight Simulator)
제작사/ 현제작사 (국가)	KAI (대한민국)	도담시스템스 (대한민국)	KAI/도담 (대한민국)	KAI/도담 (대한민국)	도담 (대한민국)
항공기 적용형상	KT-1	KO-1	T-50	T-50	UH-60P
사업금액	68억	32억	420억 (추정치)	80억(추정치)	277억 (시제기)
호스트 명칭 (제작사)	ORIGIN 200 (SGI)	SBC	SBC	SBC	SBC
영상 유무	○	○	○	○	○
영상장치 명칭 (제작사)	ONYX 2 IR2(SGI) VEGA(SW) (MULTIGEN-PARADIGM)	DD-IG (도담시스템스)	Harmony2(E&S) INTEGRATOR (SW) (E&S)	Harmony2(E&S) INTEGRATOR (SW) (E&S)	G10/BlueSky (EQUIP)
영상 채널 (스크린 방식)	5채널 (26 FEET HALF DOME) (200° × 60°)	3채널 (24피트 실린더형)	10채널 (FULL DOME, Front Projection) (315° x 130°)	5채널 (FLAT SCREEN, Rear Projection) (180° x 60°)	10채널 (COLLIMATED TYPE) (210° x 60°)
영상 DB 범위	N34~N37, E126~E130 (남한 일부)	제주도를 포함한 남북한 전역	제주도를 포함한 남북한 전역	제주도를 포함한 남북한 전역	제주도를 포함한 남북한 전역
데이터 베이스 (해상도)	위성사진 (1.2M × 1.8M)	위성사진 1m	위성사진 1m	위성사진 1m	위성사진 1m
위성영상 적용여부	○	○	○	○	○
위성영상 해상도	저해상도: 30M 중해상도: 10M 고해상도: 6M급	저해상도: 15M 고해상도: 1M급	저해상도: 15M 고해상도: 1M급	저해상도: 15M 고해상도: 1M급	저해상도: 15M 고해상도: 1M급

4. 국내·외 기술개발 동향

가. 해외 일반항공 기술개발 동향

미국의 경우 GA용 소형항공기의 개발을 위해 NASA를 중심으로 70개 이상의 기관 및 산업체가 참여하고, 1994년부터 2001년까지 NASA의 Seed Funding 63백만 불을 포함하여 총200백만 불 규모의 예산이 투입된 AGATE(Advanced General Aviation Transport Experiments) 프로그램을 운영하였으며, 이후 후속사업이라고 볼 수 있는 SATS에 대해 미 의회는 총 5개년(2001~2005)에 걸친 Proof-of-Concept (이하 POC) 사업에 69백만 불의 정부예산을 승인했다.

AGATE 사업의 세부 임무 분야와 주관기관은 다음과 같다.

<표 50> AGATE 사업의 세부 임무분야

WPN	세부 임무분야	주관
1	**Flight Systems** 소형항공기에 전천후 비행능력 부여 ○ 소형항공기급에 적절한 가격의 MFD 등 ○ 해당 계통의 설계지침 및 인증기준	LaRC
2	**Propulsion Sensors & Controls** ○ 엔진의 전자제어 및 고장진단 등 DOC 및 환경오염/소음경감 등 ○ 해당계통의 설계지침 및 인증기준	GRC
3	**Integrated Design & Manufacturing** ○ 기체 및 프로펠러의 중량 감소/가격인하 ① 저가의 설계 및 제작방법 ② 비파괴검사 ③ 복합재료 물성치 ④ Crashworthiness	LaRC
4	**Icing Protection System** ○ 층류익형에 적합한 새로운 방빙계통 ○ 기체결빙 예측능력 향상 ○ 해당계통의 설계지침 및 인증기준	GRC
5	**AGATE Integration Platform**	LaRC

	○ 시뮬레이션과 비행시험 수행 ○ 기타 임무분야의 진도 확인 ○ 관련기술 DB 개발과 설계지침 및 인증기준 개발을 위한 시험	
6	**Flight Training Curricula** ○ 첨단훈련기술/기법의 개발 및 입증 ○ FAA Part-141 관련 IFR Rating 취득/유지에 소요되는 시간 및 비용 절감	FAA & LaRC
7	Airspace System Infrastructure, SATS 연계	FAA & LaRC
8	Ground Systems Infrastructure, SATS 연계	
9 10 11	**Program Assurance, Program Analysis, System Assurance** ○ AGATE로 확보되는 기술개발, 설계지침, 인증기준이 단발 소형항공기에 경제적으로 적합하도록 유도 ○ 미국 GA 산업의 단기간 내 부흥을 유도	LaRC

AGATE 사업을 통해 많은 기술의 진보를 가져왔는데, 다음 <그림 27>은 항공기 객실과 외형의 변화의 예를 보여주고 있다. <표 44>에는 항공기 제작사 및 항법장치 공급사들이 소형항공기에 AGATE 프로그램을 통해 공급하는 장치들을 서술하였다. 또한, <표 45>에는 FAA 요구사항의 변화를 기술하였다.



<그림 29> AGATE에 따른 조종실의 변화



<그림 30> AGATE에 따른 항공기 외형의 변화

<표 51> AGATE 프로그램에 따른 제작사의 변화

항공기 제작사	반영내용
Raytheon Beech	Garmin 430/530 avionics suite as the first major Baron product line change since 1984
Cessna	Bendix King KMD 550 MFD
Cirrus	composite materials qualification methods and lean manufacturing techniques
Lancair	composite materials qualification methods and advanced avionics
Eclipse	Avidyne FlightMax avionics suite
항법장비 공급사	반영제품
Avidyne	FlightMax avionics suite
BFGoodrich	SmartDeck
Avrotec	FlightMonitor
Allied Signal	APEX™
Garmin	Garmin 430/530
Seagull/Sequoia	Air Data Altitude, Heading and Reference System (ADHRS)
Instruments Inc.	

<표 52> AGATE 프로그램에 따라 수정된 FAA 규정

No.	Title
23.1309.1C	Equipment Systems and installation in Part 23 Airplanes
23.1311-1A	Installation of Electronic Display in Part 23 Airplanes
20-53A	Protection of Aircraft Fuel Systems Against Fuel Vapor Ignition due to Lightning
20-105B	Reciprocating Engine Power Loss, Accident Prevention and Trend Monitoring
20-140	Guidelines for Design Approval of Aircraft Data Policy Memorandum
Policy Memo	Volume 65, No. 114- Material Qualification and Equivalency for Polymer Matrix Composite Material Systems
ACE-00-23. 613-01	
21-16D RTCA	Document DO-160D entitled "Environmental Conditions of Communications Systems and Test Procedures for Airborne Equipment
23.562-2 (pending)	Dynamic Testing Part 23-Airplane Seat/Restraint Systems and Occupant Protection

나. 국내 일반항공 기술개발 동향

KC-100이나 반디호의 경우 미국의 GA 항공기 기술인 AGATE가 적용되어 개발되었다. 비록 항공기 개발에 있어 후발주자라는 지위가 신기술이나 규정의 접목에는 오히려 장점이 될 수 있음을 보여준다.

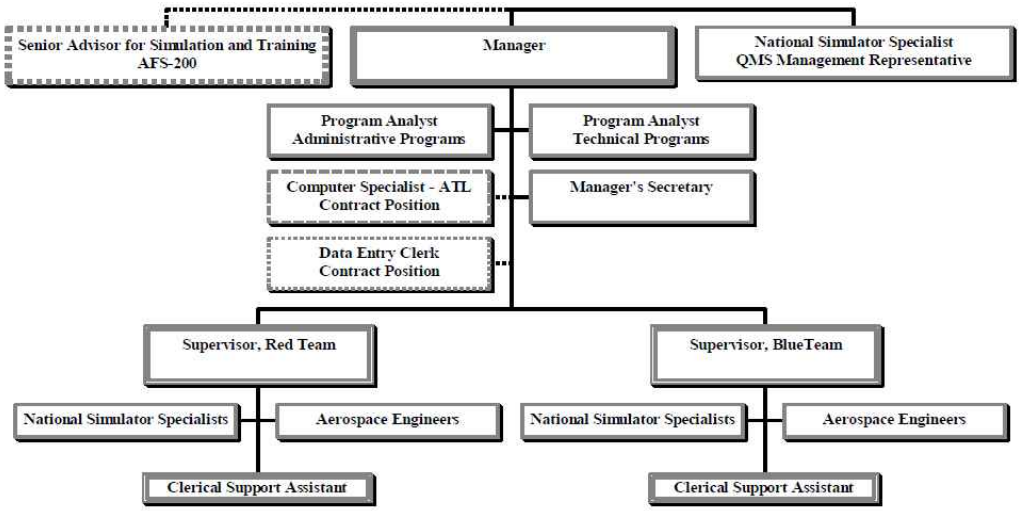
5. 시뮬레이터 인증관련 국내·외 기술개발 동향

가. 모의비행훈련장치 BASA SIP

(1) (미연방항공청(FAA)의 모의비행훈련장치(FSTD) 승인

미연방항공청(FAA)의 모의비행훈련장치(FSTD) 승인은 해당 모의비행훈련장치(FSTD)가 사용되어질 목적에 따라 운항증명소지자나 비행학교에 미연방항공청(FAA)이 승인하는 훈련프로그램을 적용하는 것을 기반으로 이루어진다.

미연방항공청(FAA)에서 SIP에 대한 실무를 담당하는 부서는 FAA의 AFS-205 “National Simulator Program(NSP)”이며 AFS-205 NSP는 모의비행훈련장치(FSTD)의 평가에 대한 기술적 전문성을 유지하고 평가에 필요한 표준을 개발하고 모의비행훈련장치(FSTD)에 대한 평가를 담당하고 있다. NSP는 미연방항공청(FAA)의 Flight Standards Service의 한 부서로서, 약 20여명의 조종사 평가자와 약 6명의 엔지니어로 구성되어 있다. NSP는 Washington D.C.에 위치하고 있는 미연방항공청(FAA) 본부의 AFS-200 Air Transportation Division에 직접적으로 보고하도록 조직이 구성되어 있다. 다음은 AFS-205 National Simulator Program(NSP)의 조직도이다.



<그림 31> AFS-205 National Simulator Program(NSP) 조직도

NSP에서 모의비행훈련장치(FSTD)의 평가를 담당하는 조종사는 운송용항공기 조종사 면장(Airline Transport Pilot Certificate) 또는 사업용 조종사 면장(Commercial Pilot Certificate)을 소지하고 있으며 NSP 소속 조종사들의 평균 비행경험은 10,000

시간 이상인 것으로 알려져 있다. 또한 평가 조종사들은 터보팬 또는 터보프롭 등의 비행기, 회전익항공기에 대한 Type rating을 소지하고 있다. 모의비행훈련장치(FSTD) 평가 엔지니어의 경우에는 학사 이상의 공학을 전공한 사람으로서 항공기 시스템에 대한 충분한 지식을 가지고 있고 평가조종사 및 엔지니어는 FAA Academy의 정규 훈련과정 및 OJT 교육(On-The-Job training course)을 이수하였다.

(가) AFS-205 NSP의 기능

미연방항공청(FAA)에서 AFS-205 NSP는 미연방항공청(FAA)의 승인이 요구되는 모의비행훈련장치(FSTD)의 개발 및 운용에 관한 중심적인 역할을 하는 부서로서 NSP에서는 다음과 같은 역할을 담당하는 것으로 제시되어 있다.

- □ 모의비행훈련장치(FSTD) 승인에 대한 계획, 지침, 통제, 평가 수행
- □ 모의비행훈련장치(FSTD) 승인에 대한 국가 정책, 표준, 절차 등의 개발 및 권고 사항 제시
- □ 모의비행훈련장치(FSTD)가 대상 항공기를 적절히 모사하고 있는지에 대한 확인
- □ 미연방항공청(FAA)에서 승인한 훈련 프로그램에 사용되는 모의비행훈련장치(FSTD)에 대한 초도 평가 및 정기평가의 수행
- □ Flight Standardization Board (FSB) 및 Flight Operations Evaluation Board (FOEB) 참석
- □ NSP 활동에 대하여 관련 부서들과 협조

(나) NSP의 구성원의 역할

모의비행훈련장치(FSTD) 승인에 있어 NSP의 관리자나 평가담당자들은 다음과 같은 역할을 수행한다.

- □ 모의비행훈련장치(FSTD) 평가 활동에 대한 조정
- □ 모의비행훈련장치(FSTD) 초기평가, 정기평가에 대한 일정수립
- □ 모의비행훈련장치(FSTD) 승인 관련 모든 승인 시험 기준에 대한 검토
- □ 미연방항공청(FAA)에서 승인한 훈련 프로그램에 사용되는 모의비행훈련장치(FSTD)에 대한 초도 평가 및 정기평가의 수행
- □ 모의비행훈련장치(FSTD) 평가 및 승인관련 표준에 대한 제정 및 지속적인 보완
- □ 모의비행훈련장치(FSTD) 관련 특별 프로젝트, 프로그램, 연구 등의 수행을 포함하는 NSP의 권한 및 책임의 이행
- □ 유자격자에 의한 모의비행훈련장치(FSTD)의 평가가 이루어질 수 있도록 해

당사항 준비

□ Flight Standardization Board (FSB) 및 Flight Operations Evaluation Board (FOEB) 참석

□ 모의비행훈련장치(FSTD) 관련 규정 제정업무 수행

□ 필요시, 운항검사관의 임무 수행

□ NSP 활동에 대하여 관련 부서들과 협조

(2) 항공안전협정(BASA) 체결절차

모의비행훈련장치(FSTD)에 대한 BASA SIP 체결은 기본적으로 다음과 같은 BASA IPA의 체결절차를 기본으로 한다.

(가) 항공안전협정(BASA) 추진을 위한 기본 요건

항공안전협정(BASA)의 신규체결 또는 확대를 원하는 경우, 미연방항공청에 감항성에 대한 기술평가를 요청하기에 앞서 다음 조건을 모두 만족시켜야 한다.

□ 항공안전협정의 범위에 해당하는 인증업무를 수행할 수 있는 적격한 능력을 갖춘 독립적인 민간감항당국이 존재함.

□ 항공안전협정의 범위에 해당하는 인증업무을 관리할 수 있는 인증체제가 구축되어 있음.

□ 독자적인 설계권을 갖고 민간항공제품을 설계 및 제작하여 미국에 수출하고자 하는 항공산업체 및 인증을 받지 않은 시범사업 대상품목이 존재함.

(나) 항공안전협정(BASA) 추진 단계 분석

항공안전협정(BASA)을 추진하기 위한 활동을 시작하기 위해서는 미국과의 비용부담협약서 체결 등 부가적인 절차가 요구된다. 이번 절에서는 항공안전협정(BASA) 적용의 주를 이루는 환경승인 및 시험을 포함하는 감항성에 대한 이행절차(IPA)를 기준으로 항공안전협정 추진의 8단계에 대하여 기술한다.

① 외교문서 발송

미국 정부는 항공안전협정의 전제조건을 모두 만족하는 국가와 감항성에 대한 이행절차로써 항공안전협정 체결 과정을 시작한다. 협정을 체결하고자 하는 국가의 외교부가 미 국무부에 외교문서(Diplomatic Note)를 발송함으로서 협정을 위한 절차가 시작된다. 외교문서를 통해 미국과 항공안전협정을 시작하고자 하는 정부의 입장을 명확히 밝히고, 협정의 필요성을 설명하여야 한다. 이 단계

는 BASA를 최초로 체결하는 경우에 적용된다.

외교문서가 접수되면, 미국무부는 미연방항공청에 통보한다. 미 국무부는 미연방항공청이 협정체결을 권고할 때까지 통상 제 6 단계에 해당하는 항공안전협정에 관한 협상을 시작하지 않는다.

② 미연방항공청 통지 및 관계부서 승인

BASA를 최초로 체결하는 경우, 외교문서 접수를 통보받는다.

미연방항공청은 기술평가를 진행하기 전에 국제항공에 관련된 관계부서(IGIA, Interagency Group for international Aviation)로부터 승인을 받아야 한다. 관계부서는 미 정부의 행정기관인 재무부, 상무부, 국무부, 국방부, 미국 교역 대표부와 같은 정부 조직과 국가 수송안전위원회, 미연방통신위원회가 참여한다. 이러한 조직은 협정을 체결하고자 하는 국가와의 항공안전협정을 추진하는 것이 해당 국가에 대한 미국 정부의 정책과 일관성이 있는지를 결정한다.

③ 상호이해회의

미연방항공청은 협정을 요청하는 국가의 항공기인증체계의 현황을 파악하기 위하여 협정을 요청하는 국가를 최초 방문하여 상호이해회의(Familiarization Meeting)를 개최한다. 미연방항공청은 협정 상대국을 방문하여 다음 사항을 확인한다.

상호이해 단계의 목적은 예비기술평가(Preliminary Technical Assessment)를 실행하여 상대국 민간감항당국 항공기 인증체계와 익숙해지는 것이다. 이것은 미연방항공청이 항공안전협정 아래 미국에 수출할 목적으로 설계 제작된 항공제품에 대한 감항성 기준, 관례 및 절차를 적용함에 있어 기술지원 및 훈련을 제공할 필요가 있는 항공기 인증분야를 식별하기 위한 것이다.

- 해당 국가의 항공기 인증표준, 인증업무, 인증절차에 대한 적합성을 확인하는 독립적인 감항당국이 존재함.
- 감항성에 대한 이행절차로써 항공안전협정을 필요로 하는 개발중인 민간항공제품이 존재함.

④ 비용부담협정 협상

1997년 이후부터, 신규로 항공안전협정의 발의는 비용부담 협정(Reimbursable Agreement)을 근거로 수행된다. 항공안전협정을 요청하는 국가의 민간감항당국은 기술평가를 수행하는 미연방항공청 직원의 투입 인력의 비용과 여행경비를 포함하는 제반비용을 미연방항공청에 지불하는 것에 동의하여야 한다.

⑤ 기술평가

외국 국가와 상호협정을 체결하기 전에, 미연방항공청은 협정을 요구하는 국가

가 감항성과 관련된 인증 업무를 수행할 수 있는 기술능력과 규제능력에 대하여 신뢰를 구축하여야 한다.
기술평가(Technical Assessment) 과정은 기술능력과 규제능력에 대한 필요한 수준의 신뢰를 얻기 위해 미연방항공청이 사용하는 방법이라고 할 수 있다. 기술평가를 통하여 미연방항공청은 다음과 같은 업무를 수행한다.

- 설계승인, 생산승인, 감항성승인 및 감항성유지를 가능하게 하는 법체제를 포함하여 민간감항당국의 인증체제를 검토, 확인 및 평가
- 민간감항당국이 문서화된 규정과 절차를 준수하는지 검토 및 평가
- 민간감항당국이 미국의 인증표준을 이해하고 적용하는 지 평가
- 필요한 경우, 민간감항당국에 기술훈련 제공

기술평가는 미연방항공청 전문가로 하여금 외국 감항당국과 협력관계로 업무를 수행하고, 궁금한 사항에 대하여 질문하고, 경험을 공유하고, 상호협정하에서 미래의 협력활동을 수행하는 토대가 될 상호신뢰를 구축할 수 있는 기회를 제공한다.
감항성이행절차의 범위와 해당 제품에 따라서 미연방항공청은 시범사업을 수행할 것이다. 항공안전협정 체결 과정의 일부로서 수행되는 기술평가에 소요되는 총 기간은 가장 간단한 기술표준품의 경우 최소 2년, Part 23급 소형비행기의 경우 약 3년에서 5년, Part 25급 대형비행기의 경우 약 5년에서 7년이 걸린다. 이러한 기간은 행정적인 소요기간을 제외한 실무 평가 기간만을 의미하며 미연방항공청이 항공안전협정 상대국의 인증체계가 미국의 인증체계에 충분히 필적하는 결과를 보증할 수 있는 지를 결정하기 위하여 필요로 하는 시간이다.

기술평가는 검토 단계와 시범사업 단계로 구성된다.

(a) 검토 단계

본 단계에서, 미연방항공청은 민간항공제품의 형식설계에 대한 상세 검토를 수행하고 설계 설명서와 인증 계획서를 검토한다. 미연방항공청은 특정제품에 대한 민간감항당국의 인증활동을 미국의 항공기 표준 및 업무 절차와 비교하여 관찰한다. 이 단계에서 미연방항공청은 상대국 민간감항당국의 항공기인증체계, 특히 미국의 체계와 다른 분야를 더욱더 자세히 검토하며, 제안된 시범인증과제에서 생성된 엔지니어링 자료를 검토하기도 한다.

(b) 시범사업 평가 단계

시범사업은 기술평가계획의 가장 중요한 단계이다. 이 단계에서 미연방항공청의 평가는 문서 검토와 함께 상대국 민간감항당국이 미연방항공청의 요구

사항을 얼마나 잘 이해하고 있는 지와 항공안전협정 아래 미연방항공청을 대신해 해당 요구사항을 얼마나 잘 적용할 수 있는지를 평가하기 위해 실제 인증과제에 참여하여 상대국 민간감항당국과 같이 작업한다.

미연방항공청은 시험을 모니터링하고, 인증자료를 검토하며, 인증 신청인이 참석한 회의 또한 모니터링한다. 미연방항공청은 또한 해당 설계 초안이 미국의 요구사항에 얼마나 잘 적합한지를 결정한다.

⑥ 행정협정 협상

BASA를 최초로 체결하는 경우, 미연방항공청이 기술평가를 통하여 미국의 인증체계와 동등한 결과를 만들어 낼 수 있는 민간감항당국의 법적 능력과 항공기인증체계가 현존하고 있음을 확인하였다면, 미연방항공청은 미국무부에 행정협정(Executive Agreement)의 협상을 시작할 것을 권고한다.

미연방항공청의 기술지원하에서 미국무부는 협정 상대국의 외교부와 행정협정(Executive Agreement)의 최종문안을 협상한다. 행정협정의 협상은 수개월에서부터 수년이 걸릴 수도 있다. 대부분의 국가는 각국의 모국어로 행정협정의 공인 번역을 요구한다. 행정협정이 이미 존재하는 경우, 감항성이행절차에 대한 협상 절차 단계로 넘어간다.

⑦ 감항성이행절차 협상

BASA를 최초로 체결하는 경우, 행정협정이 외교적 차원에서 논의되는 것과 때를 같이 하여, 미연방항공청과 민간감항당국은 감항성 이행절차(Implementation Procedure)를 공동개발하고 협상한다. 일반적으로 협상장소는 미국의 워싱턴 D.C이다. 일반적으로 감항성 이행절차의 범위는 협정을 요청한 민간감항당국의 국가에서 제조될 예정인 항공제품의 종류와 미연방항공청이 민간감항당국의 감독능력에 대하여 신뢰하는 정도에 따라 달라진다. 모든 감항성 이행절차의 구조와 양식은 유사하나, 내용은 상호 국가의 필요성을 만족하도록 조정할 수 있다.

⑧ 서명

(a) 행정협정 서명

행정협정의 서명권자는 미국무부에 상응하는 상대국의 정부기관인 반면, 이행절차(IP)의 서명권자는 미연방항공청에 상응하는 상대국의 민간감항당국이다.

BASA 이행절차를 최초로 체결하는 경우, 양국 정부간 행정협정은 감항성이행절차 서명 전에 체결되어야 한다. 기술평가가 성공적으로 완료되어 항공안전협정의 행정협정이 미국 국무부에 의해 외국 정부에게 제안된 후, 미연방항공청과 상대국 민간감항당국은 감항성이행절차(IPA)의 세부목록을 함께 작성할 수 있다.

BASA 행정협정이 체결된 후에는, 이행절차를 개정 또는 추가하더라도 행정협정를 별도로 개정하지 않아도 된다.

(b) 이행절차 서명

감항성이행절차는 미연방항공청과 민간감항당국의 서명으로 효력을 발휘할 수 있다. 서명 후에는 미연방항공청과 민간감항당국 사이의 모든 인증 활동이 감항성이행절차에 의해 관리된다. 항공안전협정 감항성이행절차(BASA IPA)는 설계승인, 생산과 감시의 감독, 감항성유지 활동, 설계변경 승인 그리고 수출 감항성 승인의 상호수용을 위한 절차를 포함한다.

협정을 요구한 민간감항당국이 다른 종류의 항공제품을 포함하기 위해 BASA 이행절차의 범위를 추가적으로 확대하고자 하는 경우에는 새로운 제품에 대한 시범사업을 선정하여 감항성이행절차를 확대하기 위한 협상을 추가적으로 수행할 수 있다.

시범인증사업(Shadow Certification Project)이 성공적으로 평가된 경우, 미연방항공청은 감항성이행절차를 서명한 후에 해당 제품에 대한 설계승인서를 발행한다.

(3) 모의비행훈련장치(FSTD)에 대한 SIP 체결 절차

미연방항공청(FAA)에서는 유럽 JAA(Joint Aviation Authorities)와의 모의비행훈련장치(FSTD) SIP(Simulator Implementation Procedures)에 대한 체결절차(Working plan)를 다음과 같이 제시하고 있다.

제시된 체결절차는 1998년 9월 8일자로 공표된 미연방항공청(FAA)과 유럽 JAA 간에 유효한 절차이나, 이 체결절차를 통해 우리나라가 미국과의 모의비행훈련장치(FSTD) SIP를 체결을 추진하는 경우 그에 대한 절차를 가늠할 수 있을 것이다.

다음은 미연방항공청(FAA)과 유럽 JAA 간, 모의비행훈련장치(FSTD) SIP를 체결을 위한 Working plan의 세부 주요 내용이다.

(가) Working Plan의 목적 및 평가기준

본 SIP 체결절차(Working plan)는 미국과 유럽(JAA)의 각 국가별 승인당국과 다음과 같은 사항을 수행하기 위한 절차를 기술하기 위한 것이다.

□ 미국이 승인하는 운항사 또는 훈련센터의 모의비행훈련장치(FSTD)에 대한

미연방항공청(FAA)의 평가 수행

□ 유럽(JAA)의 각 국가별 승인당국이 승인하는 운항사 또는 훈련센터의 모의비행훈련장치(FSTD)에 대한 해당 국가의 평가 수행

모의비행훈련장치(FSTD) 평가에 있어 미국(FAA)은 FAA Advisory Circular, AC 120-40을 적용하고 유럽(JAA)의 각 국가별 승인당국은 Joint Aviation Requirements-Synthetic Training Devices, JAR-STD-1A를 평가기준으로 적용한다.

(나) Working Plan의 적용범위

□ SIP 체결을 위해서는 미국과 유럽(각 JAA 회원국) 간의 BASA가 체결되어 있어야 함.

□ SIP에 대해서는 미국(FAA)와 유럽(JAA)가 합의한 바 있는 “모델 SIP“를 근간으로 기술적인사항 또는 법규정적인 사안을 고려하여 작성

□ 미국(FAA)과 유럽(각 JAA 회원국)은 (다)항의 SIP 개발 및 평가절차에 따라 SIP 체결을 진행함.

□ 미국(FAA)의 기술평가팀은 유럽(각 JAA 회원국)의 모의비행훈련장치(FSTD) 평가팀이 수행하는 평가를 관찰함.

(다) SIP 개발 및 평가절차

SIP 체결을 위한 절차는 다음과 같이 1단계부터 4단계로 이루어진다.

□ 1 단계 : 승인당국 승인시스템 친숙화 단계

□ 2 단계 : 합동 평가 단계

□ 3 단계 : 후속 조치 단계

□ 4 단계 : SIP 발효

① 1 단계 : 승인당국 승인시스템 친숙화 단계

미국과 유럽(각 JAA 회원국) 간, 모의비행훈련장치(FSTD) 평가 관련하여 초기에 실시하는 다음과 같은 주제의 회의들로 구성된다.

□ SIP 체결국가의 모의비행훈련장치(FSTD) 평가절차 및 기준에 대한 법규정 검토

□ 모의비행훈련장치(FSTD) 평가절차 및 기준에 있어 미국의 기준 대비 유사부분과 차이나는 부분에 대한 적용원칙의 확립

□ 모의비행훈련장치(FSTD)에 대한 평가 행위(기능의 부재, 기능 저하, 고장 등의 특정 문제 등에 대하여 적용하는 제한사항의 적절성 등 포함)

□ 모의비행훈련장치(FSTD)에 대한 평가를 수행하는 실무담당자들에 대한 경험 및 경력

□ 모의비행훈련장치(FSTD)에 대한 평가를 수행하는 실무담당자들에 대한 훈련 이력 및 훈련계획

□ 모의비행훈련장치(FSTD)에 대해 수행된 평가, 승인된 평가결과, 확인된 불일치 사항, 수행된 시정조치, 권고된 제안사항 등과 관련된 보고 및 문서화

□ 모의비행훈련장치(FSTD)에 대한 객관적, 주관적 평가와 관련된 문서

□ 모의비행훈련장치(FSTD) 고장, 불일치 사항 등(승인 Level의 다운그레이드 포함)에 대하여 추적할 수 있는 방안

□ 대상이 되는 모의비행훈련장치(FSTD)가 훈련 및 비행기량 체크 시간에 있어 비행시간이 완전히 인정(“zero flight time”)되는 모의비행훈련장치(FSTD)로 승인 받을 것인지에 대한 유무 확인

② 2 단계 : 합동 평가 단계

□ 모의비행훈련장치(FSTD)의 초도평가, 정기평가에 대한 합동(동시)평가 일정 및 방안

□ 모의비행훈련장치(FSTD) 평가 항목, 및 추가 항목에 대한 검토

□ 미국 평가 절차 및 기준 대비 차이가 있는 부분에 대하여 어떻게 적용할 지에 대한 조정

③ 3 단계 : 후속 조치 단계

□ 지속적인 합동(동시)평가의 수행(모의비행훈련장치(FSTD)에 대한 평가, 기록의 보관, 보고체계 등과 관련해 요구되어 지는 조정항목을 포함)

□ 모의비행훈련장치(FSTD) 평가 관련한 다음과 같은 사항을 포함한 미국과의 모든 이슈가 해결된 시점에서 SIP (Simulator Implementation Procedures) Work plan의 완료

- 모의비행훈련장치(FSTD) 평가 행위에 대한 완전한 이해 및 수락
- 양국간 서로를 대신하여 평가를 수행 할 수 있다는 것에 대한 자신감 확보

④ 4 단계 : SIP 발효

1단계부터 3단계까지가 완료된 이후 미국과의 BASA SIP를 체결하게 된다.

나. 우리나라의 모의비행훈련장치 승인 기준

(1) 모의비행훈련장치 관련 법규정 비교

(가) 모의비행훈련장치 관련 국내외 법규정 비교

모의비행훈련장치(FSTD)에 대한 승인을 위하여 적용될 수 있는 우리나라 기준으로는 국토교통부고시 제2013-107호 “모의비행훈련장치 지정기준 및 검사요령(Approval for Synthetic Flight Trainer)”이 있으며 미국의 기준으로는 FAR Part 60 “Flight Simulation Training Device Initial And Continuing Qualification And Use”가 있다.

① 우리나라와 미국의 법규정 본문 검토

우리나라에서 개발하고 승인한 모의비행훈련장치(FSTD)를 해외에 수출하기 위해서는 해외 승인기준과 동등한 승인기준을 적용하여 모의비행훈련장치(FSTD)의 승인을 수행하여야 한다. 다음은 우리나라의 모의비행훈련장치(FSTD) 기준과 미국의 기준의 본문을 비교한 결과이다.

고시 제2013-107호	FAR Part 60	비고
제1조 (목적 : Objectives)	§ 60.1 Applicability.	모의비행훈련장치의 지정 및 검사에 필요한 세부사항을 정함
	§ 60.2 Applicability of sponsor rules to persons who are not sponsors and who are engaged in certain unauthorized activities.	이 규정이 적용되는 운영자 등에 대한 사항
제2조 (용어정의 : Definition)	§ 60.3 Definitions.	용어정의

고시 제2013-107호	FAR Part 60	비고
제3조 (모의비행장치의 구비요건 : Flight simulator requirements)	§ 60.4 Qualification Performance Standards.	적용되는 Qualification Performance Standards (QPS)에 대한 사항 미국의 경우 본 규정 Appendix를 적용하고 우리나라의 경우 AC120-40B, AC120-63, AC120-45A 등을 적용함.
제4조 (비행훈련장치의 구비요건 및 지정 : Flight training device requirements)		
	§ 60.5 Quality management system.	Quality management system에 대한 규정
	§ 60.7 Sponsor qualification requirements.	운영자(Sponsor)에 대한 규정
	§ 60.9 Additional responsibilities of the sponsor.	운영자(Sponsor)에 대한 규정
	§ 60.11 FSTD use.	모의비행훈련장치(FSTD)가 비행훈련, 평가, 비행경험 등에 사용되기 위하여 만족해야 할 사항 규정
	§ 60.13 FSTD objective data requirements.	모의비행훈련장치(FSTD)에 사용되는 데이터 요구사항
제5조 (검사의 구분 : Inspections)		모의비행훈련장치에 대한 검사의 종류를 제시함.
제6조 (모의비행훈련장치의 지정신청 : Operator's preparation for initial approval)	§ 60.14 Special equipment and personnel requirements for qualification of the FSTD.	미국의 경우 모의비행훈련장치(FSTD) 평가에 있어 운영자는 필요한 사항을 사전에 준비하여야 한다고 규정하고 있음. 우리나라의 경우 제출서류 관련 사항을 제시하고 있음.
제7조 (모의비행훈련장치 지정검사 : Inspection plan for initial approval)	§ 60.15 Initial qualification requirements.	모의비행훈련장치(FSTD) 초도 평가에 대한 규정으로서 미국의 경우 모의비행훈련장치(FSTD)를 중심으로 요건이 구성되어 있으며 우리나라의 경우 검사관 지정 등의 사항이 제시되어 있음.

고시 제2013-107호	FAR Part 60	비고
	§ 60.16 Additional qualifications for a currently qualified FSTD.	현재 지정되어 있는 모의비행훈련장치(FSTD)에 대한 요건
	§ 60.17 Previously qualified FSTDs.	2008년 5월 30일 이전에 지정된 모의비행훈련장치(FSTD)에 대한 규정
	§ 60.19 Inspection, continuing qualification evaluation, and maintenance requirements.	모의비행훈련장치(FSTD)에 대한 검사종류, 유효기간 등을 규정
	§ 60.21 Interim qualification of FSTDs for new aircraft types or models.	신규로 개발되는 항공기에 대한 모의비행훈련장치(FSTD) 요건을 규정
	§ 60.23 Modifications to FSTDs.	모의비행훈련장치(FSTD)가 개조되는 경우에 대한 사항을 규정
제8조 (지정 : The approval for training)		모의비행훈련장치(FSTD)에 대한 지정서 교부 및 지정허용범위
제9조 (외국 모의비행장치사용 : Guidance for use of foreign simulators)		외국의 모의비행훈련장치(FSTD)를 사용하는 경우에 대한 규정
제10조 (프로그램변경 : Changes to simulator programing)		FAR 60.23 항에 내용 포함됨.
제11조 (결함발생에 대한 조치 : Major squawks)	§ 60.25 Operation with missing, malfunctioning, or inoperative components.	우리나라의 경우 중대결함이 발생시 보고되어야 하고 결함 보완 후 특별검사 수검 미국의 경우 결함발생에 대한 처리절차 규정(lost & restore of qualification)
	§ 60.27 Automatic loss of qualification and procedures for restoration of qualification.	
	§ 60.29 Other losses of qualification and procedures for restoration of qualification.	

고시 제2013-107호	FAR Part 60	비고
제12조 (모의비행훈련장치의 정기검사 : Periodic Inspection)		모의비행훈련장치(FSTD) 정기 검사에 대한 규정. FAR 60.19 항과 일부 유사
제13조 (특별검사 : Special Inspection)		모의비행훈련장치(FSTD) 특별 검사에 대한 규정. FAR 60.19 항과 일부 유사
제14조 (최소장비목록 : MEL)		최소장비목록(MEL)에 대한 규정. FAR 60.25 항과 일부 개념 유사.
제15조 (지정의 중지 및 취소 : Revoke and Suspension of Approval)		모의비행훈련장치(FSTD)에 대한 지정 취소 또는 효력 정지에 대한 규정. FAR 60.27, 60.29 항과 일부 개념 유사.
제16조 (일일점검정비 기록부의 비치 및 보관 : Daily Maintenance Logbook)	§ 60.20 Logging FSTD discrepancies. § 60.31 Record keeping and reporting.	모의비행훈련장치(FSTD) 결함 등에 대한 보고 관련 규정
제17조 (보고 : Report)	§ 60.33 Applications, logbooks, reports, and records: Fraud, falsification, or incorrect statements.	
제18조 (유효기간)	-	-
	§ 60.35 Specific full flight simulator compliance requirements.	규정된 목적을 위해 필요한 경우가 아닌한 FFS 의 승인을 제한할 수 있음.
	§ 60.37 FSTD qualification on the basis of a Bilateral Aviation Safety Agreement (BASA).	BASA를 근간으로 하는 모의비행훈련장치(FSTD) 승인

우리나라와 미국의 모의비행훈련장치(FSTD)에 대한 규정의 본문 검토 결과 두 규정이 추구하는 방향은 유사한 것으로 판단되나 미연방항공청(FAA) 규정의 경우 운영자(Sponsor)에 대한 요건, Quality management system에 대한 요건, 모의비행훈련장치(FSTD) 데이터 관련 요건, MMI (Missing, Malfunctioning, or Inoperative) 부품에 대한 모의비행훈련장치(FSTD)의 처리절차 규정 등이 보다 상세하게 기술되어 있다.

우리나라 고시의 경우, 적용되는 Qualification Performance Standards (QPS)에 대한 사항을 미연방항공청(FAA)의 Advisory Circular AC 120-40B "Airplane Simulator Qualification", AC 120-63 "Helicopter Simulator Qualification", AC 120-45A "Airplane Flight Training Device Qualification" 등을 적용하도록 규정하고 있다.

② 우리나라와 미국의 모의비행장치 QPS 검토

□ 일반요건

우리나라 고시 별표2에서는 모의비행장치(Flight Simulator)의 각 등급(1~3등급)에 대하여 다음의 샘플과 같이 모의비행장치 최소구비요건을 제시하고 있다.

<표 54> 모의비행장치 최소구비요건 ; 별표 2 (샘플)

1. 1등급 모의비행장치의 최소구비요건

1등급 모의비행장치는 다음 사항이 포함된 하드웨어 및 소프트웨어 프로그램을 보유하여야 한다.

가. ground effect현상; roundout, flare 및 접지 시 양력, 항력, pitching moment, 조정 및 파워에 관한 자료

나. ground reaction현상; 항공기가 활주로에 접지 시에 타이어 마찰, strut deflection 및 기체측면으로 작용하는 힘을 포함하여 항공기에 작용하는 힘

다. 지상운용특성; 측풍, 브레이크작동, 역추력작동, 감속과 선회반경 등에 관한 특성

라. 최소 3축으로 작동하는 운동시스템

마. 항공기의 검증비행자료로 모의비행장치의 자료를 검증하기 위한 착륙검사지침서와 초도 인정을 위한 모의비행장치의 성능 검사자료

바. 성능검사자료를 기록할 수 있는 다 채널 기록계

사. 항공역학 프로그램과 일치하는 시각시스템

아. 조종사의 입력으로부터 시각시스템의 출력까지의 반응소요 시간이 항공기의 경우보다 0.3초 이내에 반응

자. 항공기자료와 비교하기 위하여 시각자료반응시간의 기록측정 수단

차. 착륙 중에 강하율과 고도감각을 인식하기 위한 시각 참조물

카. 계기지시에 따른 시각장면의 시차가 없는 연계성

이하생략

또한 우리나라 고시 별표 6에서는 모의비행장치의 등급별 세부구비사항을 다음의 샘플과 같이 지정하고 있다.

<표 55> 모의비행장치의 등급별 세부구비사항 ; 별표 6 (샘플)

구 비 사 항	등 급			비 고
	1	2	3	
가. 조종실 크기, 내부공간, 조종간, 각 계통의 스위치, 예비좌석 등이 실제항공기와 동일하여야 함	○	○	○	
나. 회로차단기 기능, 작동 및 용도가 항공기와 동일하여야 하며 위치가 적절한 회로차단기이어야 함	○	○	○	
다. 조종반응 비행 중에 항공기 자세, 추력, 항력, 고도, 온도, 중량, 무게중심 및 외장 등의 변화에 따른 조종반응을 포함하여 실제의 비행조건에 일치하는 양력과 항력의 다양한 결합에 따른 조종반응이 나타나야 함	○	○	○	
이하생략				

미연방항공청(FAA)의 FAR Part 60의 Appendix A에서는 비행기 FFS(Full Flight Simulator)에 대한 Qualification Performance Standards (QPS)을 제시하고 있으며 Appendix A에서는 FAR Part 60 본문의 각 조항에 대해 적합성입증을 위한 세부적인 요건 및 지침을 제공하고 있다. 또한 Appendix A의 Attachment 1에서는 “General Simulator Requirements”를 규정하고 있다.

<표 56> FAR Part 60 FFS General Simulator Requirements (샘플)

QPS requirements		Simulator levels				Information
No.	General simulator requirements	A	B	C	D	Notes
1. General Flight deck Configuration.						
1.a.	The simulator must have a flight deck that is a replica of the airplane simulated with controls, equipment, observable flight deck indicators, circuit breakers, and bulkheads properly located, functionally accurate and replicating the airplane. The direction of movement of controls and switches must be identical	X	X	X	X	For simulator purposes, the flight deck consists of all that space forward of a cross section of the flight deck at the most extreme aft setting of the pilots' seats, including additional required crewmember duty stations and those required bulkheads aft of the pilot seats. For clarification, bulkheads containing only items such as landing gear pin storage compartments, fire axes and extinguishers, spare light bulbs, and aircraft document pouches are not considered essential and

QPS requirements		Simulator levels				Information
No.	General simulator requirements	A	B	C	D	Notes
	to the airplane. (이하생략)					may be omitted.
1.b.	Those circuit breakers that affect procedures or result in observable flight deck indications must be properly located and functionally accurate	X	X	X	X	
이하생략						

이러한 모의비행장치에 대한 일반적인 요건은 우리나라와 미연방항공청(FAA) 모두 전체적인 모의비행장치의 형상, 운동시스템, 시각시스템 등을 제시하고 있으나 미국의 요건이 우리나라 대비 우리나라에서는 지정되지 않은 요건들을 포함하여 좀더 광범위하고 세부적인 요건을 지정하고 있다. 또한 FAR Part 60에서는 다음과 같은 사항에 대하여 추가적으로 요건을 제시하고 있다.

- Table A1B : Table of Tasks vs. Simulator Level
- Table A1C : Table of Simulator System Tasks

<표 57> FAR Part 60의 Table A1B : Table of Tasks vs. Simulator Level (샘플)

QPS requirements						Information
No.	Subjective requirements In order to be qualified at the simulator qualification level indicated, the simulator must be able to perform at least the tasks associated with that level of qualification.	Simulator levels				Notes
		A	B	C	D	
1. Preflight Procedures						
1.a.	Preflight Inspection (flight deck only)	X	X	X	X	
1.b.	Engine Start	X	X	X	X	
1.c.	Taxiing		R	X	X	
1.d.	Pre-takeoff Checks	X	X	X	X	
2. Takeoff and Departure Phase						
2.a.	Normal and Crosswind Takeoff		R	X	X	
2.b.	Instrument Takeoff	X	X	X	X	
2.c.	Engine Failure During Takeoff	A	X	X	X	

<표 58> FAR Part 60의 A1C : Table of Simulator System Tasks (샘플)

QPS requirements						Information
No.	Subjective requirements In order to be qualified at the simulator qualification level indicated, the simulator must be able to perform at least the tasks associated with that level of qualification.	Simulator levels				Notes
		A	B	C	D	
1. Instructor Operating Station (IOS), as appropriate						
1.a.	Power switch(es)	X	X	X	X	
1.b.	Airplane conditions	X	X	X	X	e.g., GW, CG, Fuel loading and Systems.
1.c.	Airports/Runways	X	X	X	X	e.g., Selection, Surface, Presets, Lighting controls.
1.d.	Environmental controls	X	X	X	X	e.g., Clouds, Visibility, RVR, Temp, Wind, Ice, Snow, Rain, and Windshear.
1.e.	Airplane system malfunctions (Insertion/deletion)	X	X	X	X	
1.f.	Locks, Freezes, and Repositioning	X	X	X	X	
이하생략						

□ 정량적 평가 요건

우리나라 고시 별표 7에서는 모의비행장치(Flight Simulator)의 각 등급에 대하여 다음의 샘플과 같이 “모의비행장치의 세부 항목별 허용기준”을 제시하고 있다. 별표 7은 모의장치성능에 관한 항목, 항공기 조종에 관련된 검사항목, 운동(Motion)시스템 검사항목, 시각체제검사항목, 모의비행장치의 세부 시스템검사항목 등으로 구분하여 각 세부 평가항목으로 나누고 각 항목별로 정량적인 평가 허용치를 규정하고 있다. 다음은 우리나라 고시에 제시된 정량적 평가 기준인 “모의비행장치의 세부 항목별 허용기준”의 일부이다.

<표 59> 모의비행장치의 세부 항목별 허용기준 ; 별표 7 (샘플)

항 목			등 급			비 고
검사항목	허용치	비행단계	1	2	3	
가. Taxi 성능 (1) 최소선회 반경 (2) 선회율 대 Nose steering 각도	±3ft(0.9m) 또는 항공기 선회 반경의 20% 선회율의 ±10% 또는 ±2°/초	지상/이륙 지상/이륙	IR IR	IR IR	IR IR	
나. 이륙 (1) 지상 가속시간과 거리	시간과 거리의 ±5% 또는 시간은 ±5%, 거리는 ±200ft(61m)	지상/이륙	IR	IR	IR	항공기인증 자료사용. 가속시간과 거리는 전구간의 최소 80%필요.
이하생략						

미연방항공청(FAA)의 FAR Part 60의 경우에도 Appendix A의 Attachment 2에서 모의비행장치(Flight Simulator)에 대한 정량적 평가 기준(FFS Objective Tests)을 제시하고 있다. 이 기준에서는 평가표 이외에도 다음과 같은 순서에 의해 정량적 평가를 수행하는데 있어 필요한 사항을 상세하게 기술하고 있다.

<표 60> FAR Part 60 Appendix A, Attachment 2 FFS Objective Tests 목차

Paragraph No.	Title
1.	Introduction.
2.	Test Requirements.
	Table A2A, Objective Tests.
3.	General.
4.	Control Dynamics.
5.	Ground Effect.
6.	Motion System.
7.	Sound System.
8.	Additional Information About Flight Simulator Qualification for New or Derivative Airplanes.

Paragraph No.	Title
9.	Engineering Simulator - Validation Data.
10.	[Reserved]
11.	Validation Test Tolerances.
12.	Validation Data Roadmap.
13.	Acceptance Guidelines for Alternative Engines Data.
14.	Acceptance Guidelines for Alternative Avionics (Flight-Related Computers and Controllers).
15.	Transport Delay Testing.
16.	Continuing Qualification Evaluations-Validation Test Data Presentation.
17.	Alternative Data Sources, Procedures, and Instrumentation: Level A and Level B Simulators Only.

<표 61> FAR Part 60 정량적 평가기준 (샘플)

QPS Requirements									
Test		Tolerance	Flight conditions	Test details	Simulator level				Notes
No.	Title				A	B	C	D	
1. Performance.									
1.a.	Taxi.								
1.a.1.	Minimum Radius Turn	±3 ft (0.9m) or 20% of airplane turn radius	Ground	Record both Main and Nose gear turning radius. This test is to be accomplished without the use of brakes and only minimum thrust, except for airplanes requiring		X	X	X	

				asymmetric thrust or braking to turn.					
1.a.2	Rate of Turn vs. Nosewheel Steering Angle (NWA)	±10% or ±2°/sec. turn rate	Ground	Record a minimum of two speeds, greater than minimum turning radius speed, with a spread of at least 5 knots ground speed, in normal taxi speed conditions		X	X	X	

모의비행장치에 대한 정량적 평가를 위한 기준은 우리나라와 미연방항공청(FAA) 모두 모의장치성능에 관한 항목, 항공기 조종에 관련된 검사항목, 운동(Motion)시스템 검사항목, 시각체제검사항목, 모의비행장치의 세부 시스템검사항목 등을 제시하고 있으나 미국의 요건이 우리나라 대비 좀 더 광범위하고 세부적인 요건을 지정하고 있다.

□ 정성적 평가 요건

우리나라 고시 별표 8에서는 모의비행장치(Flight Simulator)의 각 등급에 대하여 다음의 샘플과 같이 모의비행장치에 대한 기능 및 정성적 평가인 “모의비행장치의 비행단계별 점검항목”을 제시하고 있다. 별표 8은 각 비행단계별 세부 평가사항, 시각시스템, 특수 효과 등으로 구분하여 각 세부 평가항목으로 나누고 각 항목별로 기능 및 정성적인 평가를 수행하도록 규정하고 있다. 다음은 우리나라 고시에 규정된 기능 및 정성적 평가 기준인 “모의비행장치의 비행단계별 점검항목”의 일부이다.

<표 62> 모의비행장치의 비행단계별 점검항목 ; 별표 8 (샘플)

항 목	등 급		
1. 각 비행단계별 세부항목	1	2	3
가. 비행준비			
비행전. 승무원석 과 교관석에서 모든 스위치, 계기, 시스템과 장비의 기능점검을 수행하고 조종실의 설계와 기능이 실제비행기와 동일한가를 결정	○	○	○
나. 지상운항(이륙전)			
(1) 시동			
(가) 정상시동	○	○	○
(나) 별도의 시동절차			
(다) 비정상시동 과 shutdowns(hot start, hung start, etc)			
(2) 후진(pushback)			
(3) 지상활주(taxi)	○	○	○
(가) 추력반응	○	○	○
(나) power lever friction			
(다) 지상에서의 조종반응			
(라) nosewheel scuffing			
(마) 제동상태(normal and alternate/emergency)			
(바) brake fade(if applicable)			
(사) 기타			
이하생략			

미연방항공청(FAA)의 FAR Part 60의 경우에도 Appendix A의 Attachment 3에서 모의비행장치(Flight Simulator)에 대한 정성적 평가 기준(Simulator Subjective Evaluation)을 제시하고 있다. 이 기준에서는 평가표 이외에도 모의비행장치에 대한 기능 및 정량적 평가를 수행하는데 있어 필요한 사항을 상세하게 기술하고 있다. FAR Part 60, Appendix A의 Attachment 3에서 제시하고 있는 정성적 평가기준 중 "Functions and Subjective Tests" 평가표는 각각의 항목별로 “Table A3A“부터 “Table A3G”로 구성되며 Table A3A의 경우는 대상항공기 운용에 대한 기능 및 정성적 평가를 중심으로 하고 있으며 Table A3B 및 Table A3C의 경우에는 해당 모의비행장치에 적용되는 공항모델링의 등급에 따라 모델링에 대한 평가기준을 중심으로 구성되어 있다. 또한 Table A3D의 경우에는 모의비행장치의 운동(Motion)시스템에 대한 평가 기준을 규정하고 있으며 Table A3E는 음향시스템, Table A3F 및 Table A3G는 특수효과에 대한 기능 및 정성적 평가 기준을 규정하고 있다. 다음은 각 평가표의 일부를 제시한 것이다.

<표 63> FAR Part 60 정성적 평가기준 (A3A) (샘플)

QPS Requirements					
Entry No.	Operations tasks	Simulator level			
		A	B	C	D
Tasks in this table are subject to evaluation if appropriate for the airplane simulated as indicated in the SOQ Configuration List or the level of simulator qualification involved. Items not installed or not functional on the simulator and, therefore, not appearing on the SOQ Configuration List, are not required to be listed as exceptions on the SOQ.					
1.	Preparation For Flight Preflight. Accomplish a functions check of all switches, indicators, systems, and equipment at all crewmembers' and instructors' stations and determine that the flight deck design and functions are identical to that of the airplane simulated	X	X	X	X
2.	Surface Operations (Pre-Take-Off)				
2.a.	Engine Start				
2.a.1.	Normal start	X	X	X	X
2.a.2.	Alternate start procedures	X	X	X	X
2.a.3.	Abnormal starts and shutdowns (e.g., hot/hung start, tail pipe fire)	X	X	X	X
2.b.	Pushback/Powerback		X	X	X
2.c.	Taxi				
2.c.1.	Thrust response	X	X	X	X
2.c.2.	Power lever friction	X	X	X	X
2.c.3.	Ground handling	X	X	X	X
2.c.4.	Nosewheel scuffing			X	X
2.c.5.	Brake operation (normal and alternate/emergency)	X	X	X	X
2.c.6.	Brake fade (if applicable)	X	X	X	X

<표 64> FAR Part 60 정성적 평가기준 (A3B) (샘플)

QPS Requirements					
Entry No.	For qualification at the stated level - Class I airport models	Simulator level			
		A	B	C	D
This table specifies the minimum airport model content and functionality to qualify a simulator at the indicated level. This table applies only to the airport models required for simulator qualification; i.e., one airport model for Level A and Level B simulators; three airport models for Level C and Level D simulators.					

Begin QPS Requirements					
1.	Functional test content requirements for Level A and Level B simulators. The following is the minimum airport model content requirement to satisfy visual capability tests, and provides suitable visual cues to allow completion of all functions and subjective tests described in this attachment for simulators at Levels A and B.				
1.a.	A minimum of one (1) representative airport model. This model identification must be acceptable to the sponsor's TPAA, selectable from the IOS, and listed on the SOQ	X	X		
1.b.	The fidelity of the airport model must be sufficient for the aircrew to visually identify the airport; determine the position of the simulated airplane within a night visual scene; successfully accomplish take-offs, approaches, and landings; and maneuver around the airport on the ground as necessary	X	X		
1.c.	Runways:	X	X		
1.c.1.	Visible runway number	X	X		
1.c.2.	Runway threshold elevations and locations must be modeled to provide sufficient correlation with airplane systems (e.g., altimeter)	X	X		

<표 65> FAR Part 60 정성적 평가기준 (A3C) (샘플)

QPS Requirements					
Entry No.	Additional airport models beyond minimum required for qualification-Class II airport models	Simulator level			
		A	B	C	D
This table specifies the minimum airport model content and functionality necessary to add airport models to a simulator's model library, beyond those necessary for qualification at the stated level, without the necessity of further involvement of the NSPM or TPAA.					
Begin QPS Requirements					
1.	Airport model management. The following is the minimum airport model management requirements for simulators at Levels A, B, C, and D.				
1.a.	The direction of strobe lights, approach lights, runway edge lights, visual landing aids, runway centerline lights, threshold lights, and touchdown zone lights on the "in-use" runway must be replicated	X	X	X	X
2.	Visual feature recognition. The following are the minimum distances at which runway features must be visible for simulators at Levels A, B, C, and D. Distances are measured from runway threshold to an airplane aligned with the runway on an extended 3° glide-slope in simulated meteorological conditions that recreate the minimum distances for visibility. For circling approaches, all requirements of this				

	section apply to the runway used for the initial approach and to the runway of intended landing.				
2.a.	Runway definition, strobe lights, approach lights, and runway edge white lights from 5 sm (8 km) from the runway threshold	X	X	X	X
2.b.	Visual Approach Aid lights (VASI or PAPI) from 5 sm (8 km) from the runway threshold			X	X
2.c.	Visual Approach Aid lights (VASI or PAPI) from 3 sm (5 km) from the runway threshold	X	X		
2.d.	Runway centerline lights and taxiway definition from 3 sm (5 km) from the runway threshold	X	X	X	X
2.e.	Threshold lights and touchdown zone lights from 2 sm (3 km) from the runway threshold	X	X	X	X

<표 66> FAR Part 60 정성적 평가기준 (A3D) (샘플)

QPS requirements						Information
Entry No.	Motion system effects	Simulator levels				Notes
		A	B	C	D	
This table specifies motion effects that are required to indicate when a flight crewmember must be able to recognize an event or situation. Where applicable, flight simulator pitch, side loading and directional control characteristics must be representative of the airplane.						
1.	Runway rumble, oleo deflection, ground speed, uneven runway, runway and taxiway centerline light characteristics: Procedure: After the airplane has been pre-set to the takeoff position and then released, taxi at various speeds with a smooth runway and note the general characteristics of the simulated runway rumble effects of oleo deflections. Repeat the maneuver with a runway roughness of 50%, then with maximum roughness. Note the associated motion vibrations affected by ground speed and runway roughness	X	X	X	X	Different gross weights can also be selected, which may also affect the associated vibrations depending on airplane type. The associated motion effects for the above tests should also include an assessment of the effects of rolling over centerline lights, surface discontinuities of uneven runways, and various taxiway characteristics.
2.	Buffets on the ground due to spoiler/speedbrake extension and	X	X	X	X	

	reverse thrust: Procedure: Perform a normal landing and use ground spoilers and reverse thrust-either individually or in combination-to decelerate the simulated airplane. Do not use wheel braking so that only the buffet due to the ground spoilers and thrust reversers is felt					
3.	Bumps associated with the landing gear: Procedure: Perform a normal take-off paying special attention to the bumps that could be perceptible due to maximum oleo extension after lift-off. When the landing gear is extended or retracted, motion bumps can be felt when the gear locks into position	X	X	X	X	

<표 67> FAR Part 60 정성적 평가기준 (A3E) (샘플)

QPS Requirements					
Entry No.	Sound system	Simulator level			
		A	B	C	D
The following checks are performed during a normal flight profile with motion system ON.					
1.	Precipitation			X	X
2.	Rain removal equipment.			X	X
3.	Significant airplane noises perceptible to the pilot during normal operations			X	X
4.	Abnormal operations for which there are associated sound cues including, engine malfunctions, landing gear/tire malfunctions, tail and engine pod strike and pressurization malfunction			X	X
5.	Sound of a crash when the flight simulator is landed in excess of limitations			X	X

<표 68> FAR Part 60 정성적 평가기준 (A3F) (샘플)

QPS Requirements					
Entry No.	Special effects	Simulator level			
		A	B	C	D
This table specifies the minimum special effects necessary for the specified simulator level.					
1.	Braking Dynamics: Representations of the dynamics of brake failure (flight simulator pitch, side-loading, and directional control characteristics representative of the airplane), including antiskid and decreased brake efficiency due to high brake temperatures (based on airplane related data), sufficient to enable pilot identification of the problem and implementation of appropriate procedures			X	X
2.	Effects of Airframe and Engine Icing: Required only for those airplanes authorized for operations in known icing conditions Procedure: With the simulator airborne, in a clean configuration, nominal altitude and cruise airspeed, autopilot on and auto-throttles off, engine and airfoil anti-ice/de-ice systems deactivated; activate icing conditions at a rate that allows monitoring of simulator and systems response. Icing recognition will include an increase in gross weight, airspeed decay, change in simulator pitch attitude, change in engine performance indications (other than due to airspeed changes), and change in data from pitot/static system. Activate heating, anti-ice, or de-ice systems independently. Recognition will include proper effects of these systems, eventually returning the simulated airplane to normal flight			X	X

<표 69> FAR Part 60 정성적 평가기준 (A3G) (샘플)

QPS Requirements					
Entry No.	Special effects	Simulator level			
		A	B	C	D
Functions in this table are subject to evaluation only if appropriate for the airplane and/or the system is installed on the specific simulator.					
1.	Simulator Power Switch(es)	X	X	X	X
2.	Airplane conditions				
2.a.	Gross weight, center of gravity, fuel loading and allocation	X	X	X	X

2.b.	Airplane systems status	X	X	X	X
2.c.	Ground crew functions (e.g., ext. power, push back)	X	X	X	X
3.	Airports				
3.a.	Number and selection	X	X	X	X
3.b.	Runway selection	X	X	X	X
3.c.	Runway surface condition (e.g., rough, smooth, icy, wet)			X	X
3.d.	Preset positions (e.g., ramp, gate, #1 for takeoff, takeoff position, over FAF)	X	X	X	X
3.e.	Lighting controls	X	X	X	X

모의비행장치에 대한 기능 및 정성적 평가를 위한 기준은 우리나라와 미연방항공청(FAA) 모두 대상항공기 운용, 공항모델링, 모의비행장치 운동(Motion)시스템, 음향시스템, 특수효과 등과 관련한 평가 항목 등을 제시하고 있으나 미국의 요건이 우리나라 대비 좀 더 광범위하고 세부적인 요건을 지정하고 있다.

□ 기타 평가 항목

미연방항공청(FAA)의 FAR Part 60의 Appendix A의 Attachment 4에는 모의비행장치를 윈드쉬어(Windshear) 훈련에 사용하고자 하는 모의비행장치 승인(Qualification)에 대한 사항을 규정하고 있다.

윈드쉬어(Windshear)에 대한 모의비행장치 승인(Qualification)을 위한 규정에서는 다른 평가 항목과 유사하게 윈드쉬어 모델링에 대한 지침, 데모, 요구되는 파라미터, 정성적 평가 기준 등을 제시하고 있다.

③ 우리나라와 미국의 비행훈련장치(FTD) QPS 검토

□ 일반요건

비행훈련장치(FTD)에 대한 우리나라의 평가 기준은 우리나라 고시 별표 3의 “비행훈련장치(FTD)의 등급별 세부구비사항”에 구비되어 있다. 우리나라의 비행훈련장치(FTD)는 가등급부터 라등급으로 구분하여 조종실, 계기배치와 장비작동, 조종반응, 계기작동, 항법장비 등과 같은 항목에 대한 기준을 규정하고 있다. 다음은 우리나라 고시 별표 3의 “비행훈련장치(FTD)의 등급별 세부구비사항”의 일부이다.

<표 70> 비행훈련장치(FTD)의 등급별 세부구비사항 ; 별표 3 (샘플)

구 비 사 항	등 급				비 고
	가	나	다	라	
1. 조종실 조종간, 각 계통의 스위치, 등이 실제항공기와 동일하여야 함			○	○	
2. 계기배치와 장비작동 훈련과 검열에 필요한 계기, 장비, 각종 지시판넬, 시스템과 조작스위치 등은 조종실에 적절하게 배치되어야 한다. 이들의 작동과 조작은 항공기와 동일하여야 함	○	○			
3. 점검문서위치 일일 비행전 점검문서를 일일운항기록부내에 비치 또는 쉽게 찾아 볼 수 있는 위치에 비치해야 함	○	○	○	○	
4. 조명 계기판과 장비작동에 필요한 조명이 충분해야 함	○	○	○	○	조명은 라등급을 유지
5. 회로차단기 회로차단기는 승무원이 정상 또는 비정상적인 상황에 필요한 절차에 따라 조작을 하는 경우에 정확하게 해당기능을 발휘하여야 함	○	○	○	○	다등급 및 라등급은 위치가 적절.
이하생략					

미연방항공청(FAA)의 FAR Part 60의 Appendix B에서는 비행기 FTD(Flight Training Devices)에 대한 Qualification Performance Standards (QPS)을 제시하고 있다. Appendix B에서는 비행기 FTD에 대한 승인(Qualification)에 있어 FAR Part 60 본문의 각 조항에 대해 적합성입증을 위한 세부적인 요건 및 지침을 제공하고 있으며 Appendix B의 Attachment 1에서는 “General FTD Requirements”를 규정하고 있다. 다음은 Attachment 1의 Table B1A “Minimum FTD Requirements”의 일부이다.

<표 71> FAR Part 60 Minimum FTD Requirements (샘플)

QPS Requirements					Information
Entry No.	General FTD requirements	FTD level			Notes
		4	5	6	
1. General Flight Deck Configuration					
1.a.	The FTD must have a flight deck that is a replica of the airplane simulated with controls, equipment,			X	For FTD purposes, the flight deck consists of all that space forward of a cross section of

	observable flight deck indicators, circuit breakers, and bulkheads properly located, functionally accurate and replicating the airplane. The direction of movement of controls and switches must be identical to that in the airplane. ~ 이하생략				the fuselage at the most extreme aft setting of the pilots' seats including additional, required flight crewmember duty stations and those required bulkheads aft of the pilot seats. ~ 이하생략
1.b.	The FTD must have equipment (e.g., instruments, panels, systems, circuit breakers, and controls) simulated sufficiently for the authorized training/checking events to be accomplished. The installed equipment must be located in a spatially correct location and may be in a flight deck or an open flight deck area. ~ 이하생략	X	X		
2. Programming					
2.a.	The FTD must provide the proper effect of aerodynamic changes for the combinations of drag and thrust normally encountered in flight. This must include the effect of change in airplane attitude, thrust, drag, altitude, temperature, and configuration. ~ 이하생략		X	X	
이하생략					

이러한 비행훈련장치(FTD)에 대한 일반적인 요건은 우리나라와 미연방항공청(FAA) 모두 전체적인 모의비행장치의 형상, 조종성 등을 제시하고 있으나 미국의 요건이 우리나라 대비 우리나라에서는 지정되지 않은 요건들을 포함하여 좀 더 광범위하고 세부적인 요건을 지정하고 있다. 또한 FAR Part 60에서는 다음과 같은 사항에 대하여 추가적으로 요건을 제시하고 있다.

- Table B1B : Table of Tasks vs. FTD Level
- Table B1C : Table of FTD System Tasks QPS requirements

<표 72> FAR Part 60의 Table B1B : Table of Tasks vs. FTD Level (샘플)

QPS Requirements					Information
Entry No.	Subjective Requirements-In order to be qualified at the FTD qualification level indicated, the FTD must be able to perform at least the tasks associated with that level of qualification. See Notes 1 and 2 at the end of the Table	FTD level			Notes
		4	5	6	
1. Preflight Procedures.					
1.a.	Preflight Inspection (flight deck only)	A	A	X	
1.b.	Engine Start	A	A	X	
1.c.	Pre-takeoff Checks	A	A	X	
2. Takeoff and Departure Phase.					
2.a.	Rejected Takeoff (requires visual system)			A	
2.b.	Departure Procedure		X	X	
3. In-flight Maneuvers.					
3.a.	a. Steep Turns		X	X	
3.b.	b. Approaches to Stalls		A	X	
3.c.	c. Engine Failure (procedures only)-Multiengine Airplane		A	X	
3.d.	d. Engine Failure (procedures only)-Single-Engine Airplane		A	X	
3.e.	e. Specific Flight Characteristics incorporated into the user's FAA approved flight training program	A	A	A	

이하생략

<표 73> Table B1C : Table of FTD System Tasks QPS requirements (샘플)

QPS Requirements					Information
Entry No.	Subjective Requirements In order to be qualified at the FTD qualification level indicated, the FTD must be able to perform at least the tasks associated with that level of qualification.	FTD level			Notes
		4	5	6	
1. Instructor Operating Station (IOS).					
1.a.	Power switch(es)	X	X	X	
1.b.	Airplane conditions	A	X	X	e.g., GW, CG, Fuel loading, Systems, Ground Crew.
1.c.	Airports/Runways	X	X	X	e.g., Selection and Presets; Surface and Lighting controls if equipped with a visual system.
1.d.	Environmental controls	X	X	X	e.g., Temp, Wind.
1.e.	Airplane system malfunctions (Insertion/deletion)	A	X	X	
1.f.	Locks, Freezes, and Repositioning	X	X	X	
1.g.	Sound Controls. (On/off/adjustment)	X	X	X	
1.h.	Motion/Control Loading System, as appropriate. On/off/emergency stop	A	A	A	
2. Observer Seats/Stations.					
2.a.	Position/Adjustment/Positive restraint system	X	X	X	
Note 1: An “A” in the table indicates that the system, task, or procedure, although not required to be present, may be examined if the appropriate system is in the FTD and is working properly.					

□ 정량적 평가 요건

우리나라 고시 별표 4에서는 비행훈련장치(FTD)의 각 등급에 대하여 다음의 샘플과 같이 “비행훈련장치의 세부 항목별 성능기준”을 제시하고 있다. 별표 4는 비행훈련장치성능에 관한 항목, 항공기 조타성에 관련된 검사항목 등으로 구분하여 각 세부 평가항목으로 나누고 각 항목별로 정량적인 평가 허용치를 규정하고

있다. 다음은 우리나라 고시에 제시된 정량적 평가 기준인 “비행훈련장치의 세부 항목별 성능기준”의 일부이다.

<표 74> 비행훈련장치의 세부 항목별 성능기준 ; 별표 4 (샘플)

항 목			등 급				비 고
검사항목	허용치	비행단계	가	나	다	라	
가. 이륙							허용오차; 시간;±5% 거리;±200FT Vmu는 주바퀴다리가 활주로를 이륙할 때의 속도임
(1) 지상가속시간	시간; ±5% 또는 ±1초,	지상/이륙			○	○	
(2) 항공기 제작사에서 제공한 이륙 속도(Vmu) 또는 대등한속도	속도 : ±3kts 기수(pitch) : ±1.5°	지상/이륙				○	
(3) 정상이륙	속도 : ±3 kts 피치 : ±1.5° 영각 : ±1.5° 고도 : ±20ft(6m)	지상/이륙과 1단계상승 구간				○	
(4) 이륙시 주요 엔진고장	속도 : ±3 kts 피치 : ±1.5° 영각 : ±1.5° 고도 : ±20ft(6m) 경사각과 횡전각 : ±2°	지상/이륙과 1단계상승 구간				○	
(5) 측풍착륙	속도 : ±3 kts 피치 : ±1.5° 영각 : ±1.5° 고도 : ±20ft(6m) 경사각과 횡전각 : ±2°	하나의 엔진으로 접근 및 상승				○	
이하생략							

미연방항공청(FAA)의 FAR Part 60의 경우에도 Appendix B의 Attachment 2에서 비행훈련장치(FTD)에 대한 정량적 평가 기준(Flight Training Device (FTD) Objective Tests)을 제시하고 있다. 이 기준에서는 Performance, Handling Qualities, FTD System Response Time 등의 사항에 대한 평가 기준이 제시되어 있다. 다음은 Appendix B의 Attachment 2에 제시된 정량적 평가 기준인 “Table B2A : Flight Training Device (FTD) Objective Tests”의 일부이다.

<표 75> FAR Part 60 Flight Training Device (FTD) Objective Tests (샘플)

QPS requirements							
Test		Tolerances	Flight conditions	Test details	FTD level		
Entry No.	Title				5	6	Notes
1. Performance							
1.b.	Takeoff						
1.b.1.	Ground Acceleration Time	±5% time or ±1 sec	Takeoff	Record acceleration time for a minimum of 80% of the segment from brake release to VR. Preliminary aircraft certification data may be used		X	This test is required only if RTO training credit is sought.
1.b.7.	Rejected Takeoff	±5% time or ±1.5 sec	Dry Runway	Record time for at least 80% of the segment from initiation of the Rejected Takeoff to full stop		X	This test is required only if RTO training credit is sought.
1.c.	Climb						
1.c.1.	Normal Climb all engines operating	±3 kt airspeed, ±5% or ±100 ft/min (0.5 m/sec) climb rate	Clean	Flight test data or airplane performance manual data may be used. Record at nominal climb speed and at nominal altitude. May be a snapshot test result. FTD performance must be recorded over an interval of at least 1,000 ft (300 m)	X	X	

이하생략

비행훈련장치(FTD)에 대한 정량적 평가를 위한 기준은 우리나라와 미연방항공청(FAA) 모두 비행훈련장치성능에 관한 항목, 항공기 조타성에 관련된 검사항목 등을 제시하고 있으나 미국의 요건이 우리나라 대비 좀 더 광범위하고 세부적인 요건을 지정하고 있다.

□ 정성적 평가 요건

우리나라 고시 별표 5에서는 비행훈련장치(FTD)의 각 등급에 대하여 다음의 샘플과 같이 비행훈련장치(FTD)에 대한 기능 및 정성적 평가인 “비행훈련장치의 비행단계별 점검항목”을 제시하고 있다. 별표 5는 비행준비, 지상활주, 이륙, 상승, 순항, 강하, 계기접근, 착륙 등의 각 비행단계별 세부 평가사항, 비행기 시스템의 각 기능 평가 등으로 구분하여 각 세부 평가항목으로 나누고 각 항목별로 기능 및 정성적인 평가를 수행하도록 규정하고 있다. 다음은 우리나라 고시에 규정된 기능 및 정성적 평가 기준인 “비행훈련장치의 비행단계별 점검항목”의 일부이다.

<표 76> 비행훈련장치의 비행단계별 점검항목 ; 별표 5 (샘플)

항 목	등 급				비 고
각 단계별 기능과 세부항목	가	나	다	라	
1. 비행준비	○	○	○	○	
가. 비행전. 승무원석과 교관석에서 모든 스위치, 계기, 시스템과 장비의 기능점검을 수행하고 조종실의 설계와 기능이 실제비행기와 동일한가를 결정			○	○	
2. 지상운항(이륙전)	○*	○*	○	○	
가. 시동					
(1) 정상시동					○*;장착된 시스템에 적절한 경우,
(2) 별도의 시동절차					
(3) 비정상시동 과 shutdowns(hot start, hung start, etc)					
나. 후진(pushback)	○*	○	○	○	○*;장착된 시스템에 적절한 경우
다. 추력반응		○	○	○	
라. power lever friction		○	○	○	
마. 제동상태(normal and alternate/emergency)		○*	○	○	○*;장착된시스템에 적절한 경우
바. brake fade(if applicable)				○	
사. 기타					
이하생략					

미연방항공청(FAA)의 FAR Part 60의 경우에도 Appendix B의 Attachment 3에서 비행훈련장치(FTD)에 대한 정성적 평가 기준(Flight Training Device (FTD) Subjective Evaluation)을 제시하고 있다. 이 기준에서는 정성적 평가를 미연방항공청(FAA)의 FTD 등급에 따라 FTD Level 6, FTD Level 5, FTD Level 4에 따라서 다음과 같은 평가기준을 규정하고 있다. 일례로 미연방항공청(FAA)의 FTD 등급 중 가장 높은 등급인 FTD Level 6의 경우, 우리나라 기준과 유사하게 비행준비, 지상활주, 이륙, 상승, 순항, 강하, 접근, 착륙 등의 각 비행단계별 세부 평가사항, 비행기 시스템의 각 기능 평가, 교관석(IOS) 평가항목 등으로 구분하여 평가 기준을 규정하고 있다.

- Table B3A : Table of Functions and Subjective Tests Level 6 FTD
- Table B3B : Table of Functions and Subjective Tests Level 5 FTD
- Table B3C : Table of Functions and Subjective Tests Level 4 FTD

다음은 FTD Level 별 각 평가기준의 일부를 제시한 것이다.

<표 77> FAR Part 60 FTD Level 6 정성적 평가기준 (B3A) (샘플)

QPS requirements	
Entry No.	Operations tasks
Tasks in this table are subject to evaluation if appropriate for the airplane system or systems simulated as indicated in the SOQ Configuration List as defined in Appendix B, Attachment 2 of this part.	
1. Preflight	
	Accomplish a functions check of all installed switches, indicators, systems, and equipment at all crewmembers' and instructors' stations, and determine that the flight deck (or flight deck area) design and functions replicate the appropriate airplane.
2. Surface Operations (pre-takeoff)	
2.a.	Engine start:
2.a.1.	Normal start.
2.a.2.	Alternative procedures start.
2.a.3.	Abnormal procedures start/shut down.
2.b.	Pushback/Powerback (powerback requires visual system).
이하생략	

<표 78> FAR Part 60 FTD Level 5 정성적 평가기준 (B3B) (샘플)

QPS requirements	
Entry No.	Operations tasks
Tasks in this table are subject to evaluation if appropriate for the airplane system or systems simulated as indicated in the SOQ Configuration List as defined in Appendix B, Attachment 2 of this part.	
1. Preflight	
	Accomplish a functions check of all installed switches, indicators, systems, and equipment at all crewmembers' and instructors' stations, and determine that the flight deck (or flight deck area) design and functions replicate the appropriate airplane.
2. Surface Operations (pre-takeoff)	
2.a.	Engine start (if installed):
2.a.1.	Normal start.
2.a.2.	Alternative procedures start.
2.a.3.	Abnormal/Emergency procedures start/shut down.
3. In-Flight Operations	
3.a.	Normal climb.
3.b.	Cruise:
3.b.1.	Performance characteristics (speed vs. power).
3.b.2.	Normal turns.
3.c.	Normal descent.
이하생략	

<표 79> FAR Part 60 FTD Level 4 정성적 평가기준 (B3C)

QPS requirements	
Entry No.	Operations tasks Tasks in this table are subject to evaluation if appropriate for the airplane system or systems simulated as indicated in the SOQ Configuration List as defined in Appendix B, Attachment 2 of this part.
1.	Level 4 FTDs are required to have at least one operational system. The NSPM will accomplish a functions check of all installed systems, switches, indicators, and equipment at all crewmembers' and instructors' stations, and determine that the flight deck (or flight deck area) design and functions replicate the appropriate airplane.

비행훈련장치(FTD)에 대한 기능 및 정성적 평가를 위한 기준은 우리나라와 미

연방항공청(FAA) 모두 대상항공기 각 비행단계별 세부 평가사항, 비행기 시스템의 각 기능 평가 등과 관련한 평가 항목 등을 제시하고 있으나 미국의 요건이 우리나라 대비 좀 더 광범위하고 세부적인 요건을 지정하고 있다.

④ 우리나라와 미국의 회전익항공기 모의비행장치 QPS 검토

□ 일반요건

회전익항공기 모의비행장치(Flight Simulator)에 대한 우리나라의 평가 기준은 우리나라 고시 별표 9의 “회전익항공기 모의비행장치의 등급별 세부 구비사항”에 구비되어 있다. 우리나라의 회전익항공기 모의비행장치(Flight Simulator)는 고정익 비행기의 모의비행장치와 마찬가지로 1등급부터 3등급으로 구분하여 전체적인 모의비행장치의 형상, 운동시스템, 시각시스템 등에 대한 기준을 규정하고 있다. 다음은 우리나라 고시 별표 9의 “비행훈련장치(FTD)의 등급별 세부구비사항”의 일부이다.

<표 80> 회전익항공기 모의비행장치의 등급별 세부 구비사항 ; 별표 9 (샘플)

회전익항공기 모의비행장치 구비 요건	등 급			비 고
	1	2	3	
a. 동일형식의 회전익항공기와 조종실이 유사하고, 조종 장치와 스위치의 움직이는 방향이 동일 하여야한다. 조종실은 조종석 배치 최후단부의 동체 단면의 모든 전방공간으로 구성되어야 한다. 조종사 훈련석과 필요한 조종석의 bulkheads aft부분도 조종실의 일부로 간주되고 실제와 동일해야 한다.	X	X	X	
b. 절차에 영향을 주거나 또는 조종실에서 볼 수 있는 지시를 나타나게 하는 회로차단기가 정확히 위치되고 기능상 정확하여야 한다.	X	X	X	
c. 회전익항공기의 자세, 추력, 항력, 고도, 온도, 총중량, 무게중심위치와 비행형태의 변화에 따른 영향을 포함하여 비행 중 조우되는 항력과 추력의 다양한 조합에 대한 공기역학적 변화에 대한 효과가 실제 비행과 일치하여야한다.	X	X	X	
d. 교관석에서 wind shear 및 공기요란 등을 입력하는 경우, 그 효과가 관련된 계기의 지시에 자동적으로 반응하여야한다.	X	X	X	수치는 연료는 lb, 속도는 kt, 고도는 ft 등으로 표시.
e. 통신, 항법, 지시계기는 해당 회전익항공기에 장착된 장비와 동일한 허용오차 범위 내에서 작동하여야 한다.	X	X	X	
f. 승무원 좌석에 추가하여, 교관석과 정부심사관석을 위한 두 개의 좌석이 마련되어야 한다. 이들 좌석에서는 조종사의 계기와 영상장면이 잘 보여야 한다. 동승자의 좌석은 승무원의 좌석과 꼭 같은 것일 필요는 없으나 좌석벨트는 갖춰야 한다. 이하생략	X	X	X	

미연방항공청(FAA)의 FAR Part 60의 Appendix C에서는 회전익항공기 FFS(Full Flight Simulator)에 대한 Qualification Performance Standards (QPS)을 제시하고 있으며 이러한 QPS 에서는 FAR Part 60 본문의 각 조항에 대해 적합성입증을 위한 세부적인 요건 및 지침을 제공하고 있다. 또한 Appendix C의 Attachment 1에서는 회전익항공기에 대한 “Minimum Simulator Requirements”를 규정하고 있다.

<표 81> FAR Part 60 FFS General Simulator Requirements (샘플)

Entry No.	QPS requirements	Simulator levels			Information
	General simulator requirements	B	C	D	Notes
1.	General Flight Deck Configuration				
1.a.	The simulator must have a flight deck that is a replica of the helicopter being simulated. The simulator must have controls, equipment, observable flight deck indicators, circuit breakers, and bulkheads properly located, functionally accurate and replicating the helicopter. ~ 이하생략	X	X	X	For simulator purposes, the flight deck consists of all that space forward of a cross section of the fuselage at the most extreme aft setting of the pilots' seats including additional, required flight crewmember duty stations and those required bulkheads aft of the pilot seats. ~ 이하생략
1.b.	Those circuit breakers that affect procedures or result in observable flight deck indications must be properly located and functionally accurate	X	X	X	
2.	Programming				
2.a.	A flight dynamics model that accounts for various combinations of air speed and power normally encountered in flight must correspond to actual flight conditions, ~ 이하생략	X	X	X	
2.b.	The simulator must have the computer capacity, accuracy, resolution, and dynamic response needed to meet the qualification level sought. An SOC is required	X	X	X	
2.c.	Ground handling (where appropriate) and aerodynamic programming must include the following:				
2.c.1.	Ground effect. Level B does not require hover programming. An SOC is required	X	X	X	Applicable areas include flare and touch down from a running landing as well as for in-ground-effect (IGE)

					hover. ~ 이하생략
2.c.2.	Ground reaction. Level B does not require hover programming. An SOC is required.	X	X	X	Reaction of the helicopter upon contact with the landing surface during landing (e.g., strut deflection, tire or skid friction, side forces) may differ with changes in gross weight, airspeed, ~ 이하생략
2.d.	The simulator must provide for manual and automatic testing of simulator hardware and software programming to determine compliance with simulator objective tests as prescribed in Attachment 2 of this appendix. An SOC is required.		X	X	This may include an automated system, which could be used for conducting at least a portion of the QTG tests. Automatic "flagging" of out-of-tolerance situations is encouraged.
2.e.	The relative responses of the motion system, visual system, and flight deck instruments must be measured by latency tests or transport delay tests. Motion onset must occur before the end of the scan of that video field. Instrument response may not occur prior to motion onset. Test results must be within the following limits:				The intent is to verify that the simulator provides instrument, motion, and visual cues that are like the helicopter responses within the stated time delays. It is preferable motion onset occur before the start of the visual scene change (the start of the scan of the first video field containing different information). ~ 이하생략
2.e.1.	Response must be within 150 milliseconds of the helicopter response	X			
2.e.2.	Response must be within 100 milliseconds of the helicopter response		X	X	
2.f.	The simulator must simulate brake and tire failure dynamics (including antiskid failure, if appropriate). An SOC is required.		X	X	The simulator should represent the motion (in the appropriate axes) and the directional control characteristics of the helicopter when experiencing simulated brake or tire failures.

2.g.	The aerodynamic modeling in the simulator must include: (1) Ground effect, (2) Effects of airframe and rotor icing (if applicable), ~ 이하생략		X	X	See Attachment 2 of this appendix for further information on ground effect.
2.h.	The simulator must provide for realistic mass properties, including gross weight, center of gravity, and moments of inertia as a function of payload and fuel loading. An SOC is required.	X	X	X	
이하생략					

이러한 회전익항공기 모의비행장치에 대한 일반적인 요건은 우리나라와 미연방항공청(FAA) 모두 전체적인 모의비행장치의 형상, 운동시스템, 시각시스템 등을 제시하고 있으나 미국의 요건이 우리나라 대비 우리나라에서는 지정되지 않은 요건들을 포함하여 좀더 광범위하고 세부적인 요건을 지정하고 있다. 또한 FAR Part 60에서는 다음과 같은 사항에 대하여 추가적으로 요건을 제시하고 있다.

- Table C1B : Table of Tasks vs. Simulator Level
- Table C1C : Table of Tasks vs. Simulator Level

<표 82> FAR Part 60 Table C1B : Table of Tasks vs. Simulator Level (샘플)

QPS requirements					Information
Entry No.	Subjective requirements The simulator must be able to perform the tasks associated with that level of qualification.	Simulator levels			Notes
		B	C	D	
1. Preflight Procedures					
1.a.	Preflight Inspection (Flight deck Only) switches, indicators, systems, and equipment	X	X	X	
1.b.	APU/Engine start and run-up				
1.b.1.	Normal start procedures	X	X	X	
1.b.2.	Alternate start procedures	X	X	X	
1.b.3.	Abnormal starts and shutdowns (hot start, hung start)	X	X	X	
1.c.	Taxiing-Ground	X	X	X	
1.d.	Taxiing-Hover	X	X	X	
1.e.	Pre-takeoff Checks	X	X	X	

2. Takeoff and Departure Phase					
2.a.	Normal takeoff				
2.a.1.	From ground	X	X	X	
2.a.2.	From hover		X	X	
2.a.3.	Running	X	X	X	
2.b.	Instrument	X	X	X	
2.c.	Powerplant Failure During Takeoff	X	X	X	
2.d.	Rejected Takeoff	X	X	X	
2.e.	Instrument Departure	X	X	X	
이하생략					

<표 83> FAR Part 60 Table C1C : Table of Tasks vs. Simulator Level (샘플)

QPS requirements					Information
Entry No.	Subjective requirements The simulator must be able to perform the tasks associated with that level of qualification.	Simulator levels			Notes
		B	C	D	
1.	Instructor Operating Station (IOS), as appropriate				
1.a.	Power switch(es)	X	X	X	
1.b.	Helicopter conditions	X	X	X	e.g., GW, CG, Fuel loading, Systems, Ground Crew.
1.c.	Airports/Heliports/Helicopter Landing Areas	X	X	X	e.g., Selection, Surface, Presets, Lighting controls
1.d.	Environmental controls.	X	X	X	e.g., Clouds, Visibility, RVR, Temp, Wind, Ice, Snow, Rain, and Windshear.
1.e.	Helicopter system malfunctions (Insertion/deletion)	X	X	X	
1.f.	Locks, Freezes, and Repositioning	X	X	X	
2.	Sound Controls.				
2.a.	On/off/adjustment	X	X	X	
3.	Motion/Control Loading System				
3.a.	On/off/emergency stop	X	X	X	
이하생략					

□ 정량적 평가 요건

우리나라 고시 별표 10에서는 회전익항공기 모의비행장치(Flight Simulator)의 각 등급에 대하여 다음의 샘플과 같이 “회전익항공기 모의비행장치의 세부 항목별 허용기준”을 제시하고 있다. 별표 10은 비행단계별 모의장치성능에 관한 항목, 조작특성, 운동 시스템, 영상 시스템, 모의비행장치의 세부 시스템 항목 등으로 구분하여 각 세부 평가항목으로 나누고 각 항목별로 정량적인 평가 허용치를 규정하고 있다. 다음은 우리나라 고시에 제시된 정량적 평가 기준인 “회전익항공기 모의비행장치의 세부 항목별 허용기준”의 일부이다.

<표 84> 회전익항공기 모의비행장치의 세부 항목별 허용기준 ; 별표 10 (샘플)

검 증	허용오차	비행조건	등 급			비 고
			1	2	3	
1. 수행 a. 엔진 평가 (1) 시동 (a) 엔진 시동과 가속(일시적)	Light Off Time - ±10% or ±1 sec Torque - ±5% Rotor Speed - ±3% Fuel Flow - ±10% Gas Generator Speed - 5% Power Turbine Speed - ±5% Turbine Gas Temp. - ±30℃	Ground Rotor Brake Used/Not Used	X	X	X	시동에서 안정된 상태까지와 안정된 상태에서 작동되는 RPM까지의 각각의 엔진의 시간 기록.
(b) 안정된 상태와 작동되는 RPM 조건	Torque - ±3% Rotor Speed - ±1.5% Fuel Flow - ±5% Gas Generator Speed - ±2% Power Turbine Speed - ±2% Turbine Gas Temp. - ±20℃	Ground	X	X	X	안정된 상태와 작동 RPM 상태의 현재 데이터. 순간촬영 검증을 한다.
(2) 동력 터빈 속도 Trim	동력 터빈 속도의 총변화의 ±10%	Ground	X	X	X	trim 시스템 작동의 엔진 응답의 시간 기록 (양쪽방향).
(3) 엔진과 로터 속도 통제	Torque - ±5% Rotor Speed - ±1.5%	상승 / 강하	X	X	X	집단 스텝 입력. 상승과 강하수행 검증을 동시에 수행할 수 있음.

검 증	허용오차	비행조건	등 급			비 고
			1	2	3	
b. 지상 이동 (1) 최소 회전 반경	회전익항공기 회전 반경의 ±3ft (0.9m)나 20%	Ground	X	X	X	차동의 제동이 쓰일 때 제동 힘은 회전익항공기 비행 검증 값에 따라 정한다.
(2) 회전율 vs. 페달 편향이나 nosewheel 각도	±10% or ±2°/sec 회전율	Ground	X	X	X	
이하생략						

미연방항공청(FAA)의 FAR Part 60의 경우에도 Appendix C의 Attachment 2에서 회전익항공기모의비행장치(Flight Simulator)에 대한 정량적 평가 기준(FFS Objective Tests)을 제시하고 있다. 이 기준에서는 평가표 이외에도 다음과 같은 순서에 의해 정량적 평가를 수행하는데 있어 필요한 사항을 상세하게 기술하고 있다.

1. Introduction.
2. Test Requirements. ; Table C2A, Objective Tests.
3. General.
4. Control Dynamics.
5. [Reserved]
6. Motion System.
7. Sound System.
8. Additional Information About Flight Simulator Qualification for New or Derivative Helicopters.
9. Engineering Simulator-Validation Data.
10. [Reserved]
11. Validation Test Tolerances.
12. Validation Data Roadmap.
13. Acceptance Guidelines for Alternative Engines Data.
14. Acceptance Guidelines for Alternative Avionics (Flight-Related Computers and Controllers).
15. Transport Delay Testing.
16. Continuing Qualification Evaluations-Validation Test Data Presentation.
17. Alternative Data Sources, Procedures, and Instrumentation: Level A and Level B Simulators Only.

또한 “Test Requirements” 항목에는 정량적 평가 기준표인 “Table C2A : Full Flight Simulator (FFS) Objective Tests”이 제시되어 있으며 이 기준에는 Performance, Handling Qualities, Motion System, Visual System, Sound system 등의 회전익항공기 모의비행장치에 대한 정량적 평가 기준이 상세하게 제시되어 있다. 다음은 Table C2A의 일부이다.

<표 85> FAR Part 60 회전익항공기 모의비행장치 정량적 평가기준 (샘플)

QPS requirements								
Test		Tolerance(s)	Flight condition	Test details	Simulator level			Notes
Entry No.	Title				B	C	D	
1. Performance								
1.a.	Engine Assessment							
1.a.1.	Start Operations							
1.a.1.a	Engine start and acceleration (transient)	Light Off Time-±10% or ±1 sec., Torque-±5%, Rotor Speed-±3%, Fuel Flow-±10%, Gas Generator Speed-±5%, Power Turbine Speed-±5%, Gas Turbine Temp.-±30 ℃	Ground with the Rotor Brake Used and Not Used, if applicable.	Record each engine start from the initiation of the start sequence to steady state idle and from steady state idle to operating RPM.	X	X	X	
1.a.1.b.	Steady State Idle and Operating RPM conditions	Torque-±3%, Rotor Speed-±1.5% Fuel Flow-±5%, Gas Generator Speed-±2%, Power Turbine Speed-±2%, Turbine Gas	Ground	Record both steady state idle and operating RPM conditions. May be a series of snapshot tests.	X	X	X	

		Temp.-±20 ℃						
1.a.2.	Power Turbine Speed Trim	±10% of total change of power turbine speed, or ±0.5% change of rotor speed.	Ground	Record engine response to trim system actuation in both directions.	X	X	X	
1.a.3.	Engine and Rotor Speed Governing	Torque-±5%, Rotor Speed-1.5%	Climb and descent	Record results using a step input to the collective. May be conducted concurrently with climb and descent performance tests.	X	X	X	
			이하생략					

회전익항공기 모의비행장치에 대한 정량적 평가를 위한 기준은 우리나라와 미연방항공청(FAA) 모두 비행단계별 모의장치성능에 관한 항목, 조작특성, 운동 시스템, 영상 시스템, 모의비행장치의 세부 시스템 항목 등으로 구분하여 등을 제시하고 있으나 미국의 요건이 우리나라 대비 좀 더 광범위하고 세부적인 요건을 지정하고 있다.

□ 정성적 평가 요건

우리나라 고시 별표 11에서는 회전익항공기 모의비행장치의 각 등급에 대하여 다음의 샘플과 같이 모의비행장치에 대한 기능 및 정성적 평가인 “시스템기능과 주관적 검증”을 제시하고 있다. 별표 11은 각 비행단계별 세부 평가사항, 시각시스템, 특수 효과 등으로 구분하여 각 세부 평가항목으로 나누고 각 항목별로 기능 및 정성적인 평가를 수행하도록 규정하고 있다. 다음은 우리나라 고시에 규정된 회전익항공기 모의비행장치에 대한 기능 및 정성적 평가 기준인 “시스템기능과 주관적 검증”의 일부이다.

<표 86> 시스템기능과 주관적 검증 ; 별표 11 (샘플)

회전익항공기 모의비행장치의 점검항목	등 급			비 고
	1	2	3	
1. 기능과 비행 a. 비행 준비 (1) 비행 전. 모든 승무원과 교관석에서 모든 스위치, 계기, 시스템 및 장비의 기능점검을 수행하고 조종실 설계와 기능이 시뮬레이션 하려는 회전익항공기의 것과 동일한지를 확인한다. (2) APU / 엔진 시동과 회전점검 (a) 정상 시동 절차 (b) 다른 방법의 시동 절차 (c) 비정상 시동과 엔진정지 (hot start, hung start 등) (d) 로터 맞물기 (e) 시스템 점검 (f) 기타	X	X	X	
b. Ground Taxi (1) taxi에서 요구하는 힘 (2) 유효한 제동 (3) Ground 조작 (4) 비정상 / 비상 절차 예 : (a) 제동 시스템 고장 (b) Ground 공명 (c) 기타	X	X	X	
c. Hover (1) hovering (2) 계기 반응 (a) 엔진 계기 (b) 비행 계기 (3) hovering 선회 (4) Hover power 검사 (a) In ground effect (IGE) (b) Out of ground effect (OGE) (5) crosswind / tailwind hover (6) 비정상 / 긴급 절차 예 : (a) 엔진 고장 (b) Hovering autorotation (c) 연료 통제 시스템 고장 (d) Settling with power (OGE) (e) 안정한 시스템 고장 (f) 방향 조종 불량 (g) 기타		X	X	

회전익항공기 모의비행장치의 점검항목	등 급			비 고
	1	2	3	
(7) Translating tendency				
(8) 외부 화물 적제운용				
(a) Hookup				
(b) Release				
(9) Winch operations				
이하생략				

미연방항공청(FAA)의 FAR Part 60의 경우에도 Appendix C의 Attachment 3에서 회전익항공기 모의비행장치에 대한 정성적 평가 기준(Simulator Subjective Evaluation)을 제시하고 있다. 이 기준에서는 평가표 이외에도 모의비행장치에 대한 기능 및 정량적 평가를 수행하는데 있어 필요한 사항을 상세하게 기술하고 있다. FAR Part 60, Appendix A의 Attachment 3에서 제시하고 있는 정성적 평가기준 중 "Functions and Subjective Tests" 평가표는 각각의 항목별로 "Table C3A"부터 "Table C3G"로 구성되며 Table C3A의 경우는 대상항공기 운용에 대한 기능 및 정성적 평가를 중심으로 하고 있으며 Table C3B 및 Table C3C의 경우에는 해당 모의비행장치에 적용되는 공항모델링의 등급에 따라 모델링에 대한 평가기준을 중심으로 구성되어 있다. 또한 Table C3D의 경우에는 모의비행장치의 운동(Motion)시스템에 대한 평가 기준을 규정하고 있으며 Table C3E는 음향시스템, Table C3F는 특수효과, Table C3G는 교관석(IOS)에 대한 기능 및 정성적 평가 기준을 규정하고 있다. 다음은 각 평가표의 일부를 제시한 것이다.

<표 87> FAR Part 60 회전익항공기 모의비행장치 정성적 평가기준 (C3A) (샘플)

QPS requirements				
Entry No.	Operations tasks	Simulator level		
		B	C	D
Tasks in this table are subject to evaluation if appropriate for the helicopter simulated as indicated in the SOQ Configuration List or the level of simulator qualification involved. Items not installed or not functional on the simulator and, therefore, not appearing on the SOQ Configuration List, are not required to be listed as exceptions on the SOQ.				
1. Preparation for Flight				
1.a.	Flight deck check: Switches, indicators, systems, and equipment	X	X	X
2. APU/Engine start and run-up				
2.a.	Normal start procedures	X	X	X
2.b.	Alternate start procedures	X	X	X
2.c.	Abnormal starts and shutdowns (e.g., hot start, hung start)	X	X	X
2.d.	Rotor engagement	X	X	X

2.e.	System checks	X	X	X
3. Taxiing-Ground				
3.a	Power required to taxi	X	X	X
3.b.	Brake effectiveness	X	X	X
3.c.	Ground handling	X	X	X
3.d.	Water handling (if applicable)		X	X
3.e.	Abnormal/emergency procedures:			
3.e.1.	Brake system failure	X	X	X
3.e.2.	Ground resonance		X	X
3.e.3.	Dynamic rollover		X	X
3.e.4.	Deployment of emergency floats/water landing		X	X
3.e.5.	Others listed on the SOQ	A	X	X

이하생략

<표 88> FAR Part 60 회전익항공기 모의비행장치 정성적 평가기준 (C3B) (샘플)

QPS requirements				
Entry No.	Visual requirements for qualification at the stated level class I airport or landing area models	Simulator level		
		B	C	D
This table specifies the minimum airport visual model content and functionality to qualify a simulator at the indicated level. This table applies only to the airport scenes required for simulator qualification; i.e., two helicopter landing area models for Level B simulators; four helicopter landing area models for Level C and Level D simulators.				
1.	Functional test content requirements The following is the minimum airport/landing area model content requirement to satisfy visual capability tests, and provides suitable visual cues to allow completion of all functions and subjective tests described in this attachment for simulators at Level B.			
1.a.	A minimum of one (1) representative airport and one (1) representative helicopter landing area model. The airport and the helicopter landing area may be contained within the same model. If but if this option is selected, the approach path to the airport runway(s) and the approach path to the helicopter landing area must be different. The model(s) used to meet the following requirements may be demonstrated at either a fictional or a real-world airport or helicopter landing area, but each must be acceptable to the sponsor's TPAA, selectable from the IOS, and listed on the SOQ	X		
1.b.	The fidelity of the visual scene must be sufficient for the aircrew to visually identify the airport and/or helicopter landing area; determine	X		

	the position of the simulated helicopter within the visual scene; successfully accomplish take-offs, approaches, and landings; and maneuver around the airport on the ground, or hover taxi, as necessary			
1.c.	Runways:			
1.c.1.	Visible runway number	X		
1.c.2.	Runway threshold elevations and locations must be modeled to provide sufficient correlation with helicopter systems (e.g., altimeter)	X		
1.c.3.	Runway surface and markings	X		
1.c.4.	Lighting for the runway in use including runway edge and centerline	X		
1.c.5.	Lighting, visual approach aid (VASI or PAPI) and approach lighting of appropriate colors	X		
1.c.6.	Representative taxiway lights	X		

이하생략

<표 89> FAR Part 60 회전익항공기 모의비행장치 정성적 평가기준 (C3C) (샘플)

QPS requirements				
Entry No.	Visual scene content additional airport or landing area models beyond minimum required for qualification Class II airport or landing area models	Simulator level		
		B	C	D
This table specifies the minimum airport or helicopter landing area visual model content and functionality necessary to add visual models to a simulator's visual model library (i.e., beyond those necessary for qualification at the stated level) without the necessity of further involvement of the NSPM or TPAA.				
1.	Airport or landing area model management The following is the minimum visual scene management requirements for simulators at Levels B, C, and D.			
1.a.	The installation and direction of the following lights must be replicated for the "in-use" surface:			
1.a.1.	For "in-use" runways: Strobe lights, approach lights, runway edge lights, visual landing aids, runway centerline lights, threshold lights, and touchdown zone lights	X	X	X
1.a.2.	For "in-use" helicopter landing areas: ground level TLOF perimeter lights, elevated TLOF perimeter lights (if applicable), Optional TLOF lights (if applicable), ground FATO perimeter lights, elevated TLOF lights (if applicable), landing direction lights	X	X	X
2.	Visual feature recognition The following are the minimum distances at which runway or landing area features must be visible for simulators at Levels B, C, and D. Distances are measured from runway threshold or a helicopter landing area to an aircraft aligned with the runway or helicopter landing area on a 3° glide-slope from the aircraft to the touchdown point, in simulated meteorological conditions. For circling approaches, all tests apply			

	to the runway used for the initial approach and to the runway of intended landing.			
2.a.	For Runways:			
2.a.1.	Strobe lights, approach lights, and edge lights from 5 sm (8 km) of the threshold	X	X	X
2.a.2.	Centerline lights and taxiway definition from 3 sm (5 km)	X	X	X
2.a.3.	Visual Approach Aid lights (VASI or PAPI) from 3 sm (5 km) of the threshold	X		
2.a.4.	Visual Approach Aid lights (VASI or PAPI) from 5 sm (8 km) of the threshold		X	X
2.a.5.	Threshold lights and touchdown zone lights from 2 sm (3 km)	X	X	X
2.a.6.	Markings within range of landing lights for night/twilight (dusk) scenes and as required by the surface resolution test on daylight scenes	X	X	X
2.a.7.	For circling approaches, the runway of intended landing and associated lighting must fade into view in a non-distracting manner	X	X	X
2.b.	For Helicopter landing areas:			
2.b.1.	Landing direction lights and raised FATO lights from 1 sm (1.5 km)	X	X	X
2.b.2.	Flush mounted FATO lights, TOFL lights, and the lighted windsock from 0.5 sm (750 m)		X	X
2.b.3.	Hover taxiway lighting (yellow/blue/yellow cylinders) from TOFL area		X	X
2.b.4.	Markings within range of landing lights for night/twilight (dusk) scenes and as required by the surface resolution test on daylight scenes	X	X	X

이하생략

<표 90> FAR Part 60 회전익항공기 모의비행장치 정성적 평가기준 (C3D) (샘플)

QPS requirements					Information
Entry No.	Motion system (and special aerodynamic model) effects	Simulator level			Notes
		B	C	D	
This table specifies motion effects that are required to indicate the threshold at which a flight crewmember must be able to recognize an event or situation. Where applicable, flight simulator pitch, side loading and directional control characteristics must be representative of the helicopter.					
1.	Runway rumble, oleo deflection, ground speed, uneven runway, runway and taxiway centerline light characteristics: Procedure: After the helicopter has been pre-set to the takeoff position and then released, taxi at various speeds with a smooth runway and note the general characteristics of the simulated runway rumble effects of oleo deflections. Repeat the maneuver	X	X	X	If time permits, different gross weights can also be selected as this may also affect the associated vibrations depending on helicopter type. The associated motion effects for the above tests should also include an assessment of the effects of rolling over centerline lights, surface discontinuities of uneven

	with a runway roughness of 50%, then with maximum roughness. Note the associated motion vibrations affected by ground speed and runway roughness				runways, and various taxiway characteristics.
2.	Friction Drag from Skid-type Landing Gear: Procedure: Perform a running takeoff or a running landing and note an increase in a fuselage vibration (as opposed to rotor vibration) due to the friction of dragging the skid along the surface. This vibration will lessen as the ground speed decreases		X	X	
3.	Rotor Out-of-Track and/or Out-of-Balance condition: Procedure: Select the malfunction or condition from the IOS. Start the engine(s) normally and check for an abnormal vibration for an Out-of-Track condition and check for an abnormal vibration for an Out-of-Balance condition	X	X	X	Does not require becoming airborne. The abnormal vibration for Out-of-Track and Out-of-Balance conditions should be recognized in the frequency range of the inverse of the period for each; i.e., 1/P for vertical vibration, and 1/P for lateral vibration.

이하생략

<표 91> FAR Part 60 회전익항공기 모의비행장치 정성적 평가기준 (C3E)

QPS Requirements				
Entry No.	Sound system	Simulator level		
		B	C	D
The following checks are performed during a normal flight profile, motion system ON.				
1.	Precipitation.		X	X
2.	Rain removal equipment.		X	X
3.	Helicopter noises used by the pilot for normal helicopter operation.		X	X
4.	Abnormal operations for which there are associated sound cues, including engine malfunctions, landing gear or tire malfunctions, tail boom		X	X
5.	Sound of a crash when the flight simulator is landed in excess of limitations		X	X

이하생략

<표 92> FAR Part 60 회전익항공기 모의비행장치 정성적 평가기준 (C3F)

QPS requirements				
Entry No.	Special effects	Simulator level		
		B	C	D
This table specifies the minimum special effects necessary for the specified simulator level.				
1.	Braking Dynamics: Representations of the dynamics of brake failure (flight simulator pitch, side-loading, and directional control characteristics representative of the helicopter), including antiskid and decreased brake efficiency due to high brake temperatures (based on helicopter related data), sufficient to enable pilot identification of the problem and implementation of appropriate procedures		X	X
2.	Effects of Airframe and Engine Icing: Required only for those helicopters authorized for operations in known icing conditions Procedure: With the simulator airborne, in a clean configuration, nominal altitude and cruise airspeed, autopilot on and auto-throttles off, engine and airfoil anti-ice/de-ice systems deactivated; activate icing conditions at a rate that allows monitoring of simulator and systems response. Icing recognition will include an increase in gross weight, airspeed decay, change in simulator pitch attitude, change in engine performance indications (other than due to airspeed changes), and change in data from pitot/static system, or rotor out-of-track/balance. Activate heating, anti-ice, or de-ice systems independently. Recognition will include proper effects of these systems, eventually returning the simulated helicopter to normal flight.		X	X
이하생략				

<표 93> FAR Part 60 회전익항공기 모의비행장치 정성적 평가기준 (C3G) (샘플)

QPS Requirements				
Entry No.	Instructor Operating Station (IOS)	Simulator level		
		B	C	D
Functions in this table are subject to evaluation only if appropriate for the helicopter or the system is installed on the specific simulator.				
1.	Simulator Power Switch(es)	X	X	X
2.	Helicopter conditions.			
2.a.	Gross weight, center of gravity, fuel loading and allocation	X	X	X
2.b.	Helicopter systems status	X	X	X
2.c.	Ground crew functions	X	X	X

3.	Airports/Heliports.			
3.a.	Number and selection	X	X	X
3.b.	Runway or landing area selection	X	X	X
3.c.	Landing surface conditions (rough, smooth, icy, wet, dry, snow)	X	X	X
3.d.	Preset positions	X	X	X
3.e.	Lighting controls	X	X	X
4.	Environmental controls.			
4.a	Visibility (statute miles/kilometers)	X	X	X
4.b.	Runway visual range (in feet/meters)	X	X	X
4.c.	Temperature	X	X	X
4.d.	Climate conditions	X	X	X
4.e.	Wind speed and direction	X	X	X
이하생략				

회전익항공기 모의비행장치에 대한 기능 및 정성적 평가를 위한 기준은 우리나라와 미연방항공청(FAA) 모두 대상항공기 운용, 공항모델링, 모의비행장치 운동(Motion)시스템, 음향시스템, 특수효과 등과 관련한 평가 항목 등을 제시하고 있으나 미국의 요건이 우리나라 대비 좀 더 광범위하고 세부적인 요건을 지정하고 있다.

⑤ 우리나라와 미국의 회전익항공기 비행훈련장치(FTD) QPS 검토

□ 일반요건

우리나라의 모의비행훈련장치에 관한 고시인 국토교통부고시 제2013-107호 “모의비행훈련장치 지정기준 및 검사요령(Approval for Synthetic Flight Trainer)”에서는 현재까지 회전익항공기 비행훈련장치(FTD)에 대한 평가 기준을 규정하고 있지 않고 있다.

미연방항공청(FAA)의 경우, FAR Part 60의 Appendix D에서는 회전익항공기 비행훈련장치(FTD)에 대한 Qualification Performance Standards (QPS)을 제시하고 있으며 이 기준에서는 FAR Part 60 본문의 각 조항에 대해 적합성입증을 위한 세부적인 요건 및 지침을 제공하고 있다. 또한 Appendix D의 Attachment 1에서는 “General FTD Requirements”를 규정하고 있다. 다음은 Appendix D의 Attachment 1에 제시되어 있는 회전익항공기에 대한 Minimum FTD Requirements(Table D1A, Table D1B)의 일부이다.

<표 94> FAR Part 60 회전익항공기에 대한 Minimum FTD Requirements(D1A) (샘플)

QPS requirements						Information
Entry No.	General FTD requirements	FTD level				Notes
		4	5	6	7	
1. General Flight Deck Configuration.						
1.a.	The FTD must have a flight deck that is a replica of the helicopter, or set of helicopters simulated with controls, equipment, observable flight deck indicators, circuit breakers, and bulkheads properly located, functionally accurate and replicating the helicopter or set of helicopters. ~ 이하생략			X	X	For FTD purposes, the flight deck consists of all that space forward of a cross section of the flight deck at the most extreme aft setting of the pilots' seats including additional, required crewmember duty stations and those required bulkheads aft of the pilot seats. ~ 이하생략
1.b.	The FTD must have equipment (i.e., instruments, panels, systems, circuit breakers, and controls) simulated sufficiently for the authorized training/checking events to be accomplished. The installed equipment, must be located in a spatially correct configuration, and may be in a flight deck or an open flight deck area. ~ 이하생략	X	X			
2. Programming.						
2.a.	The FTD must provide the proper effect of aerodynamic changes for the combinations of drag and thrust normally encountered in flight. ~ 이하생략		X	X	X	

<표 95> FAR Part 60 회전익항공기에 대한 Minimum FTD Requirements(D1B) (샘플)

QPS requirements						Information
Entry No.	Subjective requirements The FTD must be able to perform the tasks associated with the level of qualification sought.	FTD level				Notes
		4	5	6	7	
1. Preflight Procedures						
1.a.	Preflight Inspection (Flight Deck Only) switches, indicators, systems,	A	A	X	X	

	and equipment					
1.b.	APU/Engine start and run-up					
1.b.1.	Normal start procedures	A	A	X	X	
1.b.2.	Alternate start procedures	A	A	X	X	
1.b.3.	Abnormal starts and shutdowns (hot start, hung start)	A	A	X	X	
1.c.	Taxiing-Ground				X	
1.d.	Taxiing-Hover				X	
1.e.	Pre-takeoff Checks	A	A	X	X	
2. Takeoff and Departure Phase						
2.a.	Normal takeoff					
2.a.1.	From ground				X	
2.a.2.	From hover				X	
2.a.3	Running				X	
2.b.	Instrument			X	X	
2.c.	Powerplant Failure During Takeoff			X	X	
2.d.	Rejected Takeoff				X	
2.e.	Instrument Departure			X	X	

회전익항공기 비행훈련장치(FTD)에 대하여 미연방항공청(FAA)의 경우 전체적인 비행훈련장치(FTD)의 형상, 조종실, 계기배치와 장비작동, 조종반응, 계기작동, 항법장비 등과 같은 항목에 대한 기준을 세부적으로 제시하고 있으며 이외에도 FAR Part 60에서는 다음과 같은 사항에 대하여 추가적으로 요건을 제시하고 있다.

- Table D1C : Table of FTD System Tasks

<표 96> FAR Part 60의 Table D1C : Table of FTD System Tasks

QPS requirements						Information
Entry No.	Subjective requirements In order to be qualified at the FTD qualification level indicated, the FTD must be able to perform at least the tasks associate with that level of qualification.	FTD level				Notes
		4	5	6	7	
1. Instructor Operating Station (IOS)						
1.a.	Power switch(es)	A	X	X	X	
1.b.	Helicopter conditions	A	A	X	X	e.g., GW, CG, Fuel loading, Systems, Ground. Crew.
1.c.	Airports/Heliports/Helicopter Landing Areas	A	X	X	X	e.g., Selection, Surface, Presets, Lighting controls.

1.d.	Environmental controls	A	X	X	X	e.g., Temp and Wind.
1.e.	Helicopter system malfunctions (Insertion/deletion)	A	A	X	X	
1.f.	Locks, Freezes, and Repositioning (as appropriate)	A	X	X	X	
1.g.	Sound Controls. (On/off/adjustment)		X	X	X	
1.h.	Motion/Control Loading System, as appropriate. On/off/emergency stop		A	X	X	
2. Observer Seats/Stations						
2.a.	Position/Adjustment/Positive restraint system	A	X	X	X	
Note: An “A” in the table indicates that the system, task, or procedure may be examined if the appropriate simulator system or control is in the FTD and is working properly.						

□ 정량적 평가 요건

미연방항공청(FAA)의 FAR Part 60의 Appendix D의 Attachment 2에서 회전익 항공기 비행훈련장치(FTD)에 대한 정량적 평가 기준(Flight Training Device (FTD) Objective Tests)을 제시하고 있다. 이 기준에서는 Performance, Handling Qualities, FTD System Response Time 등의 사항에 대한 평가 기준이 제시되어 있다. 다음은 Appendix D의 Attachment 2에 제시된 정량적 평가 기준인 “Table D2A : Flight Training Device (FTD) Objective Tests”의 일부이다.

<표 97> FAR Part 60 회전익항공기 FTD Objective Tests (샘플)

QPS requirements								
Test		Tolerances	Flight conditions	Test details	FTD level			Notes
No.	Title				5	6	7	
1.	Performance							
1.a.	Engine Assessment.							
1.a.1.	Start Operations.							
1.a.1.a.	Engine start and acceleration (transient)	Light Off Time-±10% or ±1 sec. Torque-±5% Rotor Speed-±3% Fuel Flow-±10% Gas Generator Speed-±5%	Ground with the Rotor Brake Used and Not Used	Record each engine start from the initiation of the start sequence to steady state idle and from steady state idle to operating RPM		X	X	

		Power Turbine Speed-±5% Gas Turbine Temp-±30 °C						
1.a.1. b.	Steady State Idle and Operating RPM conditions	Torque-±3% Rotor Speed-±1.5% Fuel Flow-±5% Gas Generator Speed-±2% Power Turbine Speed-±2% Turbine Gas Temp-±20 °C	Ground	Record both steady state idle and operating RPM conditions. May be a series of snapshot tests	X	X	X	
1.a.2.	Power Turbine Speed Trim	±10% of total change of power turbine speed; or ±0.5% change of rotor speed	Ground	Record engine response to trim system actuation in both directions		X	X	
1.a.3.	Engine and Rotor Speed Governing	Torque-±5% Rotor Speed-±1.5%	Climb Descent	Record results using a step input to the collective. May be conducted concurrently with climb and descent performance tests		X	X	

□ 정성적 평가 요건

우리나라 고시 별표 5에서는 비행훈련장치(FTD)의 각 등급에 대하여 다음의 샘플과 같이 비행훈련장치(FTD)에 대한 기능 및 정성적 평가인 “비행훈련장치의 비행단계별 점검항목”을 제시하고 있다. 별표 5는 비행준비, 지상활주, 이륙, 상승, 순항, 강하, 계기접근, 착륙 등의 각 비행단계별 세부 평가사항, 비행기 시스템의 각 기능 평가 등으로 구분하여 각 세부 평가항목으로 나누고 각 항목별로 기능 및 정성적인 평가를 수행하도록 규정하고 있다. 다음은 우리나라 고시에 규정된 기능 및 정성적 평가 기준인 “비행훈련장치의 비행단계별 점검항목”의 일부이다.

미연방항공청(FAA)의 FAR Part 60의 경우 Appendix D의 Attachment 3에서 회전익항공기 비행훈련장치(FTD)에 대한 정성적 평가 기준(Flight Training Device (FTD) Subjective Evaluation)을 제시하고 있다. 이 기준에서는 정성적 평가를 미연방항공청(FAA)의 회전익항공기 FTD 등급 정의에 따라 FTD Level 7, FTD Level 6, FTD Level 5, FTD Level 4에 따라서 다음과 같은 평가기준을 규정하고 있다. 일례로 미연방항공청(FAA)의 회전익항공기 FTD 등급 중 가장 높은 등급인 FTD Level 7의 경우 비행준비, 지상활주, 이륙, 상승, 순항, 강하, 접근, 착륙 등의 각 비행단계별 세부 평가사항, 비행기 시스템의 각 기능 평가, 교관석(IOS) 평가항목과 공학 및 착륙장에 대한 평가항목 등으로 구분하여 평가기준을 규정하고 있다.

- Table D3A-Table of Functions and Subjective Tests Level 7 FTD
- Table D3B-Table of Functions and Subjective Tests Airport or Landing Area Content Requirements for Qualification at Level 7 FTD
- Table D3C-Table of Functions and Subjective Tests Level 7 FTD Visual Requirements Additional Visual Models Beyond Minimum Required for Qualification Class II Airport or Helicopter Landing
- Table D3D-Table of Functions And Subjective Tests Level 6 FTD
- Table D3E-Table of Functions and Subjective Tests Level 5 FTD
- Table D3F-Table of Functions and Subjective Tests Level 4 FTD

다음은 FTD Level 별 각 평가기준의 일부를 제시한 것이다.

<표 98> FAR Part 60 회전익항공기 FTD Level 7 정성적 평가기준 (D3A) (샘플)

QPS requirements	
Entry No.	Operations tasks
Tasks in this table are subject to evaluation if appropriate for the helicopter simulated as indicated in the SOQ Configuration List or a Level 7 FTD. Items not installed, not functional on the FTD, and not appearing on the SOQ Configuration List, are not required to be listed as exceptions on the SOQ.	
1. Preflight Procedures	
1.a.	Preflight Inspection (Flight Deck Only) switches, indicators, systems, and equipment.
1.b.	APU/Engine start and run-up.
1.b.1.	Normal start procedures.
1.b.2.	Alternate start procedures.
1.b.3.	Abnormal starts and shutdowns (hot start, hung start).
1.b.4.	Rotor engagement.
1.b.5.	System checks.

1.c.	Taxiing-Ground.
1.c.1.	Power required to taxi.
1.c.2.	Brake effectiveness.
1.c.3.	Ground handling.
1.c.4.	Abnormal/emergency procedures, for example:
1.c.4.a.	Brake system failure.
1.c.4.b.	Ground resonance.
1.c.4.c.	Other (listed on the SOQ).
1.d.	Taxiing-Hover.
1.d.1.	Takeoff to a hover.
1.d.2.	Instrument response.
1.d.2.a.	Engine instruments.
1.d.2.b.	Flight instruments.
1.d.3.	Hovering turns.
1.d.4.	Hover power checks.
1.d.4.a.	In ground effect (IGE).
1.d.4.b.	Out of ground effect (OGE).
1.d.5.	Crosswind/tailwind hover.
1.d.6.	Abnormal/emergency procedures:
1.d.6.a.	Engine failure.
1.d.6.b.	Fuel governing system failure.
1.d.6.c.	Settling with power (OGE).
1.d.6.d.	Stability augmentation system failure.
1.d.6.e.	Directional control malfunction (including Loss of Tail Rotor Effectiveness, LTE).
1.d.6.f.	Other (listed on the SOQ).
1.e.	Pre-takeoff Checks.

<표 99> FAR Part 60 회전익항공기 FTD Level 7 정성적 평가기준 (D3B) (샘플)

QPS requirements	
Entry No.	Operations tasks
This table specifies the minimum airport visual model content and functionality to qualify an FTD at the indicated level. This table applies only to the airport/helicopter landing area scenes required for FTD qualification.	
1.	Functional test content requirements for Level 7 FTDs. The following is the

	minimum airport/landing area model content requirement to satisfy visual capability tests, and provides suitable visual cues to allow completion of all functions and subjective tests described in this attachment for Level 7 FTDs.
1.a.	A minimum of one (1) representative airport and one (1) representative helicopter landing area model. The airport and the helicopter landing area may be contained within the same visual model. If this option is selected, the approach path to the airport runway(s) and the approach path to the helicopter landing area must be different. The model(s) used to meet the following requirements may be demonstrated at either a fictional or a real-world airport or helicopter landing area, but each must be acceptable to the sponsor's TPAA, selectable from the IOS, and listed on the SOQ.
1.b.	Fidelity of the Visual Scene. The fidelity of the visual scene must be sufficient for the aircrew to visually identify the airport and/or helicopter landing area; determine the position of the simulated helicopter within the visual scene; successfully accomplish take-offs, approaches, and landings; and maneuver around the airport and/or helicopter landing area on the ground, or hover taxi, as necessary.
1.b.1.	For each of the airport/helicopter landing areas described in 1.a., the FTD visual system must be able to provide at least the following:
1.b.1.a.	A night and twilight (dusk) environment.
1.b.1.b.	A daylight environment.
1.c.	Runways:
1.c.1.	Visible runway number.
1.c.2.	Runway threshold elevations and locations must be modeled to provide sufficient correlation with helicopter systems (e.g., altimeter).
1.c.3.	Runway surface and markings.
1.c.4.	Lighting for the runway in use including runway edge and centerline.
1.c.5.	Lighting, visual approach aid (VASI or PAPI) and approach lighting of appropriate colors.
1.c.6	Taxiway lights.

<표 100> FAR Part 60 회전익항공기 FTD Level 7 정성적 평가기준 (D3C) (샘플)

QPS requirements	
Entry No.	Operations tasks
This table specifies the minimum airport or helicopter landing area visual model content and functionality necessary to add visual models to an FTD's visual model library (i.e., beyond those necessary for qualification at the stated level) without the necessity of further involvement of the NSPM or TPAA.	
1.	Visual scene management. The following is the minimum visual scene management requirements.
1.a.	The installation and direction of the following lights must be replicated for the

	“in-use” surface:
1.a.1.	For “in-use” runways: Strobe lights, approach lights, runway edge lights, visual landing aids, runway centerline lights, threshold lights, and touchdown zone lights.
1.a.2.	For “in-use” helicopter landing areas: Ground level TLOF perimeter lights, elevated TLOF perimeter lights (if applicable), Optional TLOF lights (if applicable), ground FATO perimeter lights, elevated TLOF lights (if applicable), landing direction lights.
2.	Visual feature recognition. The following are the minimum distances at which runway or landing area features must be visible. Distances are measured from runway threshold or a helicopter landing area to an aircraft aligned with the runway or helicopter landing area on a 3° glide-slope from the aircraft to the touchdown point, in simulated meteorological conditions. For circling approaches, all tests apply to the runway used for the initial approach and to the runway of intended landing.
2.a.	For Runways.
2.a.1.	Strobe lights, approach lights, and edge lights from 5 sm (8 km) of the threshold.
2.a.2.	Centerline lights and taxiway definition from 3 sm (5 km).
2.a.3.	Visual Approach Aid lights (VASI or PAPI) from 5 sm (8 km) of the threshold.
2.a.4.	Threshold lights and touchdown zone lights from 2 sm (3 km).
2.a.5.	Markings within range of landing lights for night/twilight (dusk) scenes and as required by the surface resolution test on daylight scenes.
2.a.6.	For circling approaches, the runway of intended landing and associated lighting must fade into view in a non-distracting manner.
2.b.	For Helicopter landing areas.
2.b.1.	Landing direction lights and raised FATO lights from 2 sm (3 km).
2.b.2.	Flush mounted FATO lights, TOFL lights, and the lighted windsock from 1 sm (1500 m).
2.b.3.	Hover taxiway lighting (yellow/blue/yellow cylinders) from TOFL area.
2.b.4.	Markings within range of landing lights for night/twilight (dusk) scenes and as required by the surface resolution test on daylight scenes.

<표 101> FAR Part 60 회전익항공기 FTD Level 6 정성적 평가기준 (D3D) (샘플)

QPS requirements	
Entry No.	Operations tasks
Tasks in this table are subject to evaluation if appropriate for the helicopter simulated as indicated in the SOQ Configuration List or for a Level 6 FTD. Items not installed or not functional on the FTD and not appearing on the SOQ Configuration List, are not required to be listed as exceptions on the SOQ.	
1. Preflight Procedures	

1.a.	Preflight Inspection (Flight Deck Only) switches, indicators, systems, and equipment.
1.b.	APU/Engine start and run-up.
1.b.1.	Normal start procedures.
1.b.2.	Alternate start procedures.
1.b.3.	Abnormal starts and shutdowns.
1.b.4.	Rotor engagement.
1.b.5	System checks.
2. Takeoff and Departure Phase	
2.a.	Instrument.
2.b.	Takeoff with engine failure after critical decision point (CDP).
3. Climb	
3.a.	Normal.
3.b.	One engine inoperative.

<표 102> FAR Part 60 회전익항공기 FTD Level 5 정성적 평가기준 (D3E) (샘플)

QPS requirements	
Entry No.	Operations tasks
Tasks in this table are subject to evaluation if appropriate for the helicopter simulated as indicated in the SOQ Configuration List or for a Level 5 FTD. Items not installed or not functional on the FTD and not appearing on the SOQ Configuration List, are not required to be listed as exceptions on the SOQ.	
1. Preflight Procedures	
1.a.	Preflight Inspection (Flight Deck Only) switches, indicators, systems, and equipment.
1.b.	APU/Engine start and run-up.
1.b.1.	Normal start procedures.
1.b.2.	Alternate start procedures.
1.b.3.	Abnormal starts and shutdowns.
2. Climb	
2.a.	Normal.
3. Inflight Maneuvers	
3.a.	Performance.
3.b.	Turns, Normal.
4. Instrument Procedures	
4.a.	Coupled instrument approach maneuvers (as applicable for the systems installed).
5. Normal and Abnormal Procedures (any phase of flight)	

5.a.	Normal system operation (installed systems).
5.b.	Abnormal/Emergency system operation (installed systems).
6. Postflight Procedures	
6.a.	Parking and Securing.
6.b.	Engine and systems operation.
6.c.	Parking brake operation.
6.d.	Rotor brake operation.
6.e.	Abnormal/emergency procedures.

<표 103> FAR Part 60 회전익항공기 FTD Level 4 정성적 평가기준 (D3F) (샘플)

QPS requirements	
Entry No.	Operations tasks
Tasks in this table are subject to evaluation if appropriate for the helicopter simulated as indicated in the SOQ Configuration List or for a Level 4 FTD. Items not installed or not functional on the FTD and not appearing on the SOQ Configuration List, are not required to be listed as exceptions on the SOQ.	
1. Preflight Procedures	
1.a.	Preflight Inspection (Flight Deck Only) switches, indicators, systems, and equipment.
1.b.	APU/Engine start and run-up.
1.b.1.	Normal start procedures.
1.b.2.	Alternate start procedures.
1.b.3.	Abnormal starts and shutdowns.
2. Normal and Abnormal Procedures (any phase of flight)	
2.a.	Normal system operation (installed systems).
2.b.	Abnormal/Emergency system operation (installed systems).
3. Postflight Procedures	
3.a.	Parking and Securing.
3.b.	Engine and systems operation.
3.c.	Parking brake operation.
4. Instructor Operating Station (IOS), as appropriate	
4.a.	Power Switch(es).
4.b.	Preset positions (ground; air)
4.c.	Helicopter system malfunctions.
4.c.1.	Insertion/deletion.
4.c.2.	Problem clear.

⑥ 미국의 모의비행훈련장치(FSTD) 품질관리시스템 QPS 검토

미연방항공청(FAA) FAR Part 60의 Appendix E에서는 모의비행훈련장치(FSTD)에 적용되는 품지관리시스템의 QPS(Quality Management Systems)를 규정하고 있다.

모의비행훈련장치(FSTD)의 승인(Qualification)을 위해서는 신청자가 승인당국에 Quality Management System (QMS) program을 제안하여야 하고 승인당국의 승인이 있은 후 신청자는 승인된 QMS를 이행하여야 한다. 또한 신청자가 제안하는 QMS는 승인 받고자하는 모의비행훈련장치(FSTD)의 초도평가 이전에는 승인당국에 제출되어야 한다고 규정되어 있다.

다음은 FAR Part 60의 Appendix E에 제시되어 있는 FSTD Quality Management System에 대한 평가기준이다.

<표 104> 모의비행훈련장치(FSTD) 품질관리시스템(QMS)의 QPS

Entry No.	QPS requirement	Information (reference)
E1.1.	A QMS manual that prescribes the policies, processes, or procedures outlined in this table	§ 60.5(a).
E1.2.	A policy, process, or procedure specifying how the sponsor will identify deficiencies in the QMS	§ 60.5(b).
E1.3.	A policy, process, or procedure specifying how the sponsor will document how the QMS program will be changed to address deficiencies	§ 60.5(b).
E1.4.	A policy, process, or procedure specifying how the sponsor will address proposed program changes (for programs that do not meet the minimum requirements as notified by the NSPM) to the NSPM and receive approval prior to their implementation	§ 60.5(c).
E1.5.	A policy, process, or procedure specifying how the sponsor will document that at least one FSTD is used within the sponsor's FAA-approved flight training program for the aircraft or set of aircraft at least once within the 12-month period following the initial or upgrade evaluation conducted by the NSPM and at least once within each subsequent 12-month period thereafter	§ 60.7(b)(5).
E1.6.	A policy, process, or procedure specifying how the sponsor will document that at least one FSTD is used within the sponsor's FAA-approved flight training program for the aircraft or set of aircraft at least once within the 12-month period following the	§ 60.7(b)(6).

	first continuing qualification evaluation conducted by the NSP and at least once within each subsequent 12-month period thereafter	
E1.7.	A policy, process, or procedure specifying how the sponsor will obtain an annual written statement from a qualified pilot (who has flown the subject aircraft or set of aircraft during the preceding 12-month period) that the performance and handling qualities of the subject FSTD represents the subject aircraft or set of aircraft (within the normal operating envelope). Required only if the subject FSTD is not used in the sponsor's FAA-approved flight training program for the aircraft or set of aircraft at least once within the preceding 12-month period	§ 60.5(b)(7) and § 60.7(d)(2).
E1.8.	A policy, process, or procedure specifying how independent feedback (from persons recently completing training, evaluation, or obtaining flight experience; instructors and check airmen using the FSTD for training, evaluation, or flight experience sessions; and FSTD technicians and maintenance personnel) will be received and addressed by the sponsor regarding the FSTD and its operation	§ 60.9(b)(1).
E1.9.	A policy, process, or procedure specifying how and where the FSTD SOQ will be posted, or accessed by an appropriate terminal or display, in or adjacent to the FSTD	§ 60.9(b)(2).
E1.10.	A policy, process, or procedure specifying how the sponsor's management representative (MR) is selected and identified by name to the NSPM	§ 60.9(c) and Appendix E, paragraph (d).
E1.11.	A policy, process, or procedure specifying the MR authority and responsibility for the following:	§ 60.9(c)(2), (3), and (4).
E1.11. a.	Monitoring the on-going qualification of assigned FSTDs to ensure all matters regarding FSTD qualification are completed as required by this part.	
E1.11. b.	Ensuring that the QMS is properly maintained by overseeing the QMS policies, practices, or procedures and modifying as necessary.	
E1.11. c.	Regularly briefing sponsor's management on the status of the on-going FSTD qualification program and the effectiveness and efficiency of the QMS.	
E1.11. d.	Serving as the primary contact point for all matters between the sponsor and the NSPM regarding the qualification of assigned FSTDs.	
E1.11. e.	Delegating the MR assigned duties to an individual at each of the sponsor's locations, as appropriate.	
E1.12.	A policy, process, or procedure specifying how the sponsor will:	§ 60.13; QPS Appendices A, B, C,

		and D.
E1.12. a.	Ensure that the data made available to the NSPM (the validation data package) includes the aircraft manufacturer's flight test data (or other data approved by the NSPM) and all relevant data developed after the type certificate was issued (e.g., data developed in response to an airworthiness directive) if the data results from a change in performance, handling qualities, functions, or other characteristics of the aircraft that must be considered for flight crewmember training, evaluation, or experience requirements.	
E1.12. b.	Notify the NSPM within 10 working days of becoming aware that an addition to or a revision of the flight related data or airplane systems related data is available if this data is used to program or operate a qualified FSTD.	
E1.12. c.	Maintain a liaison with the manufacturer of the aircraft being simulated (or with the holder of the aircraft type certificate for the aircraft being simulated if the manufacturer is no longer in business), and if appropriate, with the person who supplied the aircraft data package for the FFS for the purposes of receiving notification of data package changes.	
E1.13.	A policy, process, or procedure specifying how the sponsor will make available all special equipment and qualified personnel needed to conduct tests during initial, continuing qualification, or special evaluations	§ 60.14.
E1.14.	A policy, process, or procedure specifying how the sponsor will submit to the NSPM a request to evaluate the FSTD for initial qualification at a specific level and simultaneously request the TPAA forward a concurring letter to the NSPM; including how the MR will use qualified personnel to confirm the following:	§ 60.15(a)-(d); § 60.15(b); § 60.15(b)(i); § 60.15(b)(ii); § 60.15(b)(iii).
E1.14.a.	That the performance and handling qualities of the FSTD represent those of the aircraft or set of aircraft within the normal operating envelope.	
E1.14.b.	The FSTD systems and sub-systems (including the simulated aircraft systems) functionally represent those in the aircraft or set of aircraft.	
E1.14.c.	The flight deck represents the configuration of the specific type or aircraft make, model, and series aircraft being simulated, as appropriate.	
E1.15.	A policy, process, or procedure specifying how the subjective and objective tests are completed at the sponsor's training facility for an initial evaluation	§ 60.15(e).
E1.16.	A policy, process, or procedure specifying how the sponsor will update the QTG with the results of the FAA-witnessed tests and	§ 60.15(h).

	demonstrations together with the results of the objective tests and demonstrations after the NSPM completes the evaluation for initial qualification	
E1.17.	A policy, process, or procedure specifying how the sponsor will make the MQTG available to the NSPM upon request	§ 60.15(i).
E1.18.	A policy, process, or procedure specifying how the sponsor will apply to the NSPM for additional qualification(s) to the SOQ	§ 60.16(a); § 60.16(a)(1)(i); and § 60.16(a)(1)(ii).
E1.19.	A policy, process, or procedure specifying how the sponsor completes all required Attachment 2 objective tests each year in a minimum of four evenly spaced inspections as specified in the appropriate QPS	§ 60.19(a)(1) QPS Appendices A, B, C, or D.
E1.20.	A policy, process, or procedure specifying how the sponsor completes and records a functional preflight check of the FSTD within the preceding 24 hours of FSTD use, including a description of the functional preflight	§ 60.19(a)(2) QPS Appendices A, B, C, or D.
E1.21.	A policy, process, or procedure specifying how the sponsor schedules continuing qualification evaluations with the NSPM	§ 60.19(b)(2).
E1.22.	A policy, process, or procedure specifying how the sponsor ensures that the FSTD has received a continuing qualification evaluation at the interval described in the MQTG	§ 60.19(b)(5)-(6).
E1.23.	A policy, process, or procedure describing how discrepancies are recorded in the FSTD discrepancy log, including:	§ 60.19(c); § 60.19(c)(2)(i); § 60.19(c)(2)(ii).
E1.23.a.	A description of how the discrepancies are entered and maintained in the log until corrected.	
E1.23.b.	A description of the corrective action taken for each discrepancy, the identity of the individual taking the action, and the date that action is taken.	
E1.24.	A policy, process, or procedure specifying how the discrepancy log is kept in a form and manner acceptable to the Administrator and kept in or adjacent to the FSTD. (An electronic log that	§ 60.19(c)(2)(iii).

	may be accessed by an appropriate terminal or display in or adjacent to the FSTD is satisfactory.)	
E1.25.	A policy, process, or procedure that requires each instructor, check airman, or representative of the Administrator conducting training, evaluation, or flight experience, and each person conducting the preflight inspection, who discovers a discrepancy, including any missing, malfunctioning, or inoperative components in the FSTD, to write or cause to be written a description of that discrepancy into the discrepancy log at the end of the FSTD preflight or FSTD use session	§ 60.20.
E1.26.	A policy, process, or procedure specifying how the sponsor will apply for initial qualification based on the final aircraft data package approved by the aircraft manufacturer if operating an FSTD based on an interim qualification	§ 60.21(c).
E1.27.	A policy, process, or procedure specifying how the sponsor determines whether an FSTD change qualifies as a modification as defined in § 60.23	§ 60.23(a)(1)-(2).
E1.28.	A policy, process, or procedure specifying how the sponsor will ensure the FSTD is modified in accordance with any FSTD Directive regardless of the original qualification basis	§ 60.23(b).
E1.29.	A policy, process, or procedure specifying how the sponsor will notify the NSPM and TPAA of their intent to use a modified FSTD and to ensure that the modified FSTD will not be used prior to:	§ 60.23(c)(1)(i), (ii), and (iv).
E1.29.a.	Twenty-one days since the sponsor notified the NSPM and the TPAA of the proposed modification and the sponsor has not received any response from either the NSPM or the TPAA; or	
E1.29.b.	Twenty-one days since the sponsor notified the NSPM and the TPAA of the proposed modification and one has approved the proposed modification and the other has not responded; or	
E1.29.c.	The FSTD successfully completing any evaluation the NSPM may require in accordance with the standards for an evaluation for initial qualification or any part thereof before the modified FSTD is placed in service.	
E1.30.	A policy, process, or procedure specifying how, after an FSTD modification is approved by the NSPM, the sponsor will:	§ 60.23(d)-(e).
E1.30.a.	Post an addendum to the SOQ until as the NSPM issues a permanent, updated SOQ.	
E1.30.b.	Update the MQTG with current objective test results and appropriate objective data for each affected objective test or other MQTG section affected by the modification.	
E1.30.c.	File in the MQTG the requirement from the NSPM to make the modification and the record of the modification completion.	

E1.31.	A policy, process, or procedure specifying how the sponsor will track the length of time a component has been missing, malfunctioning, or inoperative (MMI), including:	§ 60.25(b)–(c), and QPS Appendices A, B, C, or D.
E1.31.a.	How the sponsor will post a list of MMI components in or adjacent to the FSTD.	
E1.31.b.	How the sponsor will notify the NSPM if the MMI has not been repaired or replaced within 30 days.*	
E1.32.	A policy, process, or procedure specifying how the sponsor will notify the NSPM and how the sponsor will seek requalification of the FSTD if the FSTD is moved and reinstalled in a different location	§ 60.27(a)(3).
E1.33.	A policy, process, or procedure specifying how the sponsor will maintain control of the following: (The sponsor must specify how these records are maintained in plain language form or in coded form; but if the coded form is used, the sponsor must specify how the preservation and retrieval of information will be conducted.)	§ 60.31.
E1.33.a.	The MQTG and each amendment.	
E1.33.b.	A record of all FSTD modifications required by this part since the issuance of the original SOQ.	
E1.33.c.	Results of the qualification evaluations (initial and each upgrade) since the issuance of the original SOQ.	
E1.33.d.	Results of the objective tests conducted in accordance with this part for a period of 2 years.	
E1.33.e.	Results of the previous three continuing qualification evaluations, or the continuing qualification evaluations from the previous 2 years, whichever covers a longer period.	
E1.33.f.	Comments obtained in accordance with § 60.9(b);	
E1.33.g.	A record of all discrepancies entered in the discrepancy log over the previous 2 years, including the following:	
E1.33.g.1.	A list of the components or equipment that were or are missing, malfunctioning, or inoperative.	
E1.33.g.2.	The action taken to correct the discrepancy.	
E1.33.g.3.	The date the corrective action was taken.	
E1.33.g.4.	The identity of the person determining that the discrepancy has been corrected.	

* Note: If the sponsor has an approved discrepancy prioritization system, this item is satisfied by describing how discrepancies are prioritized, what actions are taken, and how the sponsor will notify the NSPM if the MMI has not been repaired or replaced within the specified timeframe.

(나) ATD(Aviation Training Device) 관련 규정 검토

① ATD(Aviation Training Device)에 대한 지침

미연방항공청(FAA)의 경우 FAR Part 61 Certification : Pilots, Flight Instructors, and Ground Instructors에서 조종사 면장 획득 시 모의비행훈련장치를 사용한 비행훈련시간이 일부 인정할 수 있도록 규정하고 있으며 동 규정에서 ATD(Aviation Training Device)를 통해서도 모의비행훈련장치를 사용한 비행훈련 시간을 인정받을 수 있도록 규정하고 있다. 우리나라의 경우 현재 ATD 관련한 사항은 규정된 바 없다.

미연방항공청(FAA)은 ATD에 대한 승인을 위한 평가기준을 AC 61-136 "FAA Approval of Basic Aviation Training Devices (BATD) and Advanced Aviation Training Devices (AATD)"을 통해 제시하고 있다.

ATD는 기본적으로 개인용컴퓨터 시뮬레이션 프로그램을 기반으로 일반항공(GA)에서 사용하기 위한 것이다. 미국의 일반항공(GA) 커뮤니티에서는 개인용컴퓨터 기반의 시뮬레이션 기술이 발전함에 따라 이를 비행훈련에 적용하려는 시도가 있었으나 미연방항공청(FAA)에서는 미연방항공청(FAA)이 승인하는 ATD에 대해서만 비행훈련시간으로 인정해 주고 있다.

미연방항공청(FAA)이 승인하는 ATD는 크게 BATD (Basic Aviation Training Device)와 AATD (Advanced Aviation Training Device)로 구분되며 BATD의 경우 다음과 같아야 한다고 규정하고 있다.

- □ AC 61-136 Appendix 2 "BATD Requirements"에 규정되어 있는 평가기준의 만족
- □ 지상 훈련 또는 계기비행훈련 커리큘럼에 따른 훈련 플랫폼의 제공(최소 비행절차 관점)
- □ 승인당국이 AC 61-136를 기반으로 인정한 장치

또한 AATD의 경우 다음과 같아야 한다고 규정하고 있다.

- □ AC 61-136 Appendix 2 "BATD Requirements"에 규정되어 있는 평가기준의 만족
- □ AC 61-136 Appendix 3 "AATD Requirements"에 규정되어 있는 평가기준의 만족
- □ 자가용 조종사, 상업용 조종사, 운송용 조종사, 교관 조종사, 계기비행 한정을 위한 지상 훈련 또는 계기비행훈련 커리큘럼에 따른 훈련 플랫폼의 제공(최소 비행절차 및 운용 관점)

□ 승인당국이 AC61-136를 기반으로 인정한 장치

이러한 ATD를 승인받기 위하여 ATD 제작사나 운영자는 해당 BATD 또는 AATD에 대한 설계기준인 QAG (Qualification and Approval Guide)를 미연방항공청(FAA)의 AFS-800에 제출하고 승인받아야 한다.

② ATD(Aviation Training Device) 승인 절차

BATD 또는 AATD 제작사는 일반적인 카테고리 및 클래스의 항공기를 대표할 수 있는 시뮬레이션 기술을 적용하여 미연방항공청(FAA)의 AFS-800에 AC61-136에서 요구하는 기준을 만족하는 ATD임을 제시할 수 있는 적절한 문서를 제출한다.

□ ATD 제작사는 모든 기능, AC61-136에서 요구하는 지상 및 비행 성능이 각종 기동, 절차, 운용 훈련 과제 등을 통하여 만족될 수 있음을 확인하여야 한다.

□ 미연방항공청(FAA)에서 제출된 QAG에 대하여 문서검토를 수행한 이후에, 미연방항공청(FAA)의 평가팀은 ATD에 대한 평가를 수행한다. 평가 결과 적용 기준을 만족하는 경우 해당 ATD를 승인하고 FAR part 61 등의 해당 규정에서 제시하고 있는 바에 따라 운용할 수 있다.

□ 그러나, FAR Part 141 Pilot Schools 규정에 따라 승인된 비행훈련센터의 경우 ATD 사용을 위한 별도의 승인을 비행훈련센터의 승인된 훈련 커리큘럼의 일부로서 획득하여야 하고 이러한 승인은 미연방항공청(FAA)의 FSDO(Flight Standards District Office)를 통해 이루어져야 한다.

③ BATD(Basic Aviation Training Device)의 승인 기준

일반적으로 미연방항공청(FAA)은 BATD 각 형상별로 승인을 하고 있으며 승인은 동일한 형상을 유지하고 있는 모든 시리얼 넘버에 유효하다. 제작사는 승인받고자 하는 BATD에 대하여 미연방항공청(FAA)의 승인을 요청하여야 하고 이때, 다음과 같은 사항을 포함하는 QAG를 함께 제출하여야 한다.

□ BATD 장치의 형상을 확인할 수 있는 하드웨어 및 소프트웨어 각 구성품에 대한 상세한 설명. 하드웨어 및 소프트웨어 구성품에 대한 설명에는 제작사, 모델명/버전명, 기타 필요한 정보가 포함되어 미연방항공청(FAA)이 해당 형상을 확인할 수 있어야 함.

□ 대표되는 항공기, 항공기 계열에 대한 적절한 설계기준 및 정량적 요건을 만족함을 보이는 평가결과

□ 최종 조립된 장치에 대한 컬러 사진. 이 사진에는 각 구성품의 위치, 특징 등을 확인할 수 있어야 함.

□ 장치에 대한 OS(Operating System), 구성품/모듈의 장착, 모든 메뉴/명령어에 대한 설명, 시스템 셋업, 운용, 고장탐구 관련 사항 등을 포함하는 운용교범이나 매뉴얼의 제공.

미연방항공청(FAA)은 제출된 QAG를 기반으로 문서검토를 수행하고 문서검토가 완료된 이후 해당 장치가 설치된 곳에서 장치에 대한 평가를 수행한다. 평가는 QAG를 기반으로 평가되며 일반적으로 다음과 같은 사항이 포함된다.

□ 조종장치 (조종간, 러더페달, 동력계통 조종장치, 2차조종장치, 기타 조종장치)
□ 디스플레이 (비행계기, 동력장치 계기, 플랩지시기, 트림지시기, 음성통신장비, 항법장비 등)
□ 비행특성 (성능, 피치에 대한 영향성, 플랩 영향성, 바람 영향성, 난기류 영향성 등)
□ 비행교육 관련 기능 (일시정지 기능, 항공기 위치 변경 기능, 녹화기능, 시스템 고장 모사 등)

평가 수행 후 미연방항공청(FAA)의 평가팀이 평가된 장치가 QAG를 만족한다고 판단하는 경우 해당 BATD 장치를 승인한다. BATD 장치 승인이후, 미연방항공청(FAA)은 승인된 BATD 장치가 관련 기준을 충족시키지 못한다고 판단하는 경우 승인을 취소할 수 있다.

④ AATD(Advanced Aviation Training Device)의 승인 기준

AATD 장치의 승인은 BATD 장치의 승인 관련 기준을 만족한 이후에 다음과 같은 사항들을 추가적으로 고려하여야 한다.

□ 실재와 유사한 조종실 형상(조종실 열림/닫힘 포함) 및 계기판 형상 (일반형상 또는 특정형상)
□ 조종실 각종 스위치/노브 등의 실재감, 기능성
□ 조종실 비행계기, 동력장치 계기의 실재감, 기능성
□ 디지털 항공전자장비 패널
□ GPS 항법 실재감, 기능성
□ 자동조종장치, 비행지시기(FD) 실재감, 기능성
□ 트림 시스템의 실재감, 기능성
□ 시계비행 및 계기비행을 수행하기에 충분한 시각참조점을 제공할 수 있는 시각 시스템
□ 훈련받는 조종사를 방해하지 않도록 별도로 구성된 교관석

또한 미연방항공청(FAA)에서는 AATD 장치에 다음과 같은 사항을 구비하도록 권

고하고 있다.

□ 교관이 ATC 역할을 수행할 필요없이 시나리오 기반의 훈련 또는 노선 비행 기반의 훈련을 통해 조종사 기량을 평가할 수 있는 자동 ATC 통신
□ 조종실 의자의 높낮이, 앞뒤 변화를 통해 공간 지각을 할 수 있도록 구성
□ 조종실과 동일한 러더페달의 장착위치 (조종실 바닥 등)

AATD 장치의 승인에 있어 BATD 장치에 적용되는 평가 기준이외에 다음과 같이 항공기의 각 비행단계별로 기능 및 정성적 평가가 추가된다.

□ 비행전 준비
□ 이륙 전 단계 및 이륙
□ 비행 중 운용 단계 (상승, 순항, 하강 단계 등)
□ 접근 단계(정밀접근, 비정밀접근)
□ 착륙 및 착륙 후 운용 단계
□ 기타 (항공기 시스템 작동, 공중 절차 등)

다. 우리나라 모의비행훈련장치 승인절차

(1) 우리나라의 모의비행훈련장치(FSTD) 승인

우리나라의 민간항공에서는 2013년 4월에 우리나라 최초의 형식증명(TC : Type Certificate)된 민간항공기(KC-100)의 개발이 이루어졌으며 이러한 우리나라 민간항공산업의 특징과 연계하여 그동안 민간항공용의 모의비행훈련장치(FSTD) 개발은 이루어지 않았다.

그동안 우리나라의 민간항공용 모의비행훈련장치(FSTD)의 사용승인은 주로 대형기 위주의 외국에서 개발된 모델을 구매하여 우리나라에 설치하고 우리나라 승인당국의 지정을 받는 형태로 이루어졌다.

그러나 현재는 우리나라 고유의 소형비행기 모델의 개발이 완료되었고 이에 대한 훈련 지원을 위한 민간항공용 모의비행훈련장치(FSTD) 개발 필요성이 대두됨에 따라 우리나라 승인당국 주도의 국제수준을 만족하는 모의비행훈련장치(FSTD) 승인(Qualification)을 수행하여야 한다.

국제수준을 만족하는 모의비행훈련장치(FSTD) 승인(Qualification)은 승인을 위한 적용규정이 국제수준에 맞아야 하고 그 규정을 적용하여 평가하는 절차 또한 국제수준에 맞아야 한다. 따라서, 이 절에서는 국제사회에서 대표적인 승인당국인 미연방항공청(FAA)에서 수행하는 모의비행훈련장치(FSTD) 승인(Qualification) 절차를

토대로 국제수준을 만족하는 모의비행훈련장치(FSTD) 승인(Qualification) 절차를 제시한다.

(2) 모의비행훈련장치(FSTD) 승인절차

모의비행훈련장치(FSTD)에 대한 승인(Qualification)은 우리나라에서 고시한 모의비행훈련장치(FSTD) 평가기준에 의해 수행되며 우리나라의 국토교통부고시 제2013-107호 “모의비행훈련장치 지정기준 및 검사요령(Approval for Synthetic Flight Trainer)”의 제5조(검사의 구분 : Inspections) 조항에서는 지정검사, 정기검사, 특별검사로서 모의비행훈련장치(FSTD)에 대한 승인(Qualification)을 구분하고 있다.

이러한 모의비행훈련장치(FSTD) 승인을 위한 승인당국의 평가는 일반적으로 다음과 같은 절차로 이루어진다.

1) 검사 요청 : 신청자가 승인당국에 모의비행훈련장치(FSTD) 승인신청
2) 신청자는 승인당국에 지정검사교범(QTG : Qualification Test Guide)을 제출
3) 승인당국은 신청자의 지정검사교범(QTG)을 검토하고 승인
4) 신청자는 승인당국에 적합성 확인서(Letter of Compliance) 제출
5) 승인당국은 해당 모의비행훈련장치(FSTD)에 대한 평가 수행
6) 승인당국은 해당 모의비행훈련장치(FSTD)에 대한 평가 결과서 작성
7) 승인당국은 해당 모의비행훈련장치(FSTD)에 대한 지정서(Statement of Qualification) 발급

다음은 개발되는 모의비행훈련장치(FSTD)에 대한 지정검사(Initial Qualification), 정기검사(Recurrent Qualification) 등에 대한 세부적인 이행 절차이다. 본 절차는 미연방항공청(FAA)의 절차를 준용하였다.

(가) 모의비행훈련장치(FSTD) 지정검사(Initial Qualification) 절차

모의비행훈련장치(FSTD) 운용자(Sponsor)는 모의비행훈련장치(FSTD)를 조종사 훈련 프로그램에 포함시키기 위한 신청서를 승인당국(훈련센터 담당 등)에 제출한다. 신청서에는 훈련장비, 훈련 프로그램에서의 사용 목적 등을 명시하여야 한다.

또한, 운용자는 지정검사교범(QTG : Qualification Test Guide)을 승인당국에 제출하여야 하고 지정검사(Initial Qualification)를 수행할 날짜를 승인당국과 협의하여야 한다. 이때, 지정받으려는 모의비행훈련장치(FSTD)가 하나의 장치 내에서 기종이 변경 가능한 형식인 경우 일반적으로 각각의 기종에 대한 평가를 각기 다른 날짜에 수행한다.

운용자가 비행훈련에 대하여 특정 과목에 대한 비행시간 인정을 받거나 운항기준, 자격기준 등에서 요구하는 비행평가, AQP(Advanced Qualification Program) 등을 받고자 하는 경우, 신청서에 지정검사교범(QTG)를 첨부하여 제출한다. 이때 제출되는 지정검사교범(QTG)은 적용되는 평가기준(FAR Part 60 등)을 만족하는 것이어야 한다.

일반적으로 모의비행장치 등의 모의비행훈련장치(FSTD)에 적용되는 데이터는 항공기 제작사의 비행시험 데이터를 사용하는 것을 원칙으로 하며 제작사의 비행시험 데이터를 사용할 수 없는 경우에 대하여, 운용자는 승인당국에 예외신청을 하고 제작사의 비행시험 데이터를 대체할 수 있는 데이터를 승인당국에 제출하고 이를 수락 받아야 한다.

운송용항공기(FAR Part 121)에 대하여 조종사 훈련이나 기량점검에 Level C 또는 Level D급의 모의비행장치(FFS)를 사용하고자하는 운용자는 해당 모의비행장치(FSS)를 가지고 수행되는 훈련프로그램을(FAR Part 121 참조) 제출하여야 한다.

승인당국은 운용자가 제출한 신청서와 지정검사교범(QTG)에 대한 기술적 검토와 모의비행훈련장치(FSTD) 평가팀을 확정한다. 승인당국은 제출된 지정검사교범(QTG)이 규정된 평가기준(FAR Part 60 등)을 만족하는지 면밀히 검토하고, 수정이 필요한 사항이 있을 경우 이를 운용자에게 통보하여 보완하도록 한다. 이러한 지정검사교범(QTG) 검토 진행에 따라 승인당국은 운용자와 협의하여 해당 모의비행훈련장치(FSTD)에 대한 평가 계획을 수립한다.

모의비행훈련장치(FSTD) 평가팀은 일반적으로 1명에서 2명 사이의 평가조종사와 엔지니어로 구성되어 평가를 수행한다. 이때, 운용자는 해당 피평가되는 모의비행훈련장치(FSTD)에 익숙한 자격 있는 조종사를 제공하여야 한다.

모의비행훈련장치(FSTD) 평가를 수행하는 데 있어 모의비행훈련장치(FSTD) 평가팀은 해당 모의비행훈련장치(FSTD)의 지정검사교범(QTG)를 숙지하여야 하고 모의비행훈련장치(FSTD) 평가를 수행하는 도중, 승인당국 평가자가 해결하기 어려운 기술적 문제가 발생한 경우, 승인당국에 협력을 요청할 수 있다. 또한 승인당국은 지정검사교범(QTG)의 모든 항목에 대한 평가를 수행할 수 도 있으나 승인당국이 중요하다고 판단하는 평가항목에 대해서만 선별적으로 평가하여 이를 기반으로 운용자의 평가결과를 수락 할 수 도 있다.

모의비행훈련장치(FSTD)에 대한 지정검사(Initial Qualification) 첫날에는 승인당국의 평가팀 리더가 운용자, 제작자 등이 참석한 상태에서 팀원 및 평가 참여자 역할

등의 소개, 일정별 평가 아젠다 등에 대한 브리핑을 실시한다. 모의비행훈련장치(FSTD)에 대한 정량적 평가, 정성적 평가는 모두 피평가 되는 모의비행훈련장치(FSTD)에서 수행하여야 하고 각 일정이 종료되면 평가 도 중 발생한 문제 등에 대한 디브리핑을 실시한다.

모의비행훈련장치(FSTD)에 대한 정량적 평가에서 승인당국의 평가 조종사는 해당 모의비행훈련장치(FSTD)에서 운용자의 조종사가 진행하는 시험을 함께하고 매뉴얼 시험 절차에 따라 시험 일부를 매뉴얼로 직접 비행하는 방식으로 수행한다. 이때, 승인당국의 엔지니어는 해당 시험 결과를 모니터링하고 시험 결과를 평가한다.

시험 도중 규정된 시험 오차(Tolerance)를 초과하는 사항이 발생되는 경우 승인당국의 엔지니어는 공학적 경험을 토대로 이러한 사항에 대해 판단한다. (평가에 있어 애매한 사항이 발생하는 경우 정성적인 판단을 하는 것을 충분히 있을 수 있는 일임) 시험 오차를 벗어나는 사항을 수락 가능한 사항이라고 판단하는 경우 평가표에 해당 불일치사항을 표기하고 평가결과에 대한 판단논리를 평가보고서에 제시한다.

승인당국 평가팀에 의한 평가가 완료되면 평가팀은 피평가된 모의비행훈련장치(FSTD) 지정에 대한 평가결과를 판단하게 된다. 그러나 운용자가 신청한 모의비행훈련장치(FSTD) Level으로의 최종 지정은 승인당국이 마스터지정검사교범(Master QTG)을 확정하는 최초의 정기검사(Recurrent Qualification) 단계에서 이루어진다. 이에 따라 운용자가 요청하는 경우, 승인당국 평가팀은 운용자가 원래 지정을 요청하였던 Level 보다 한 단계 낮추어 지정하고 최초의 정기검사(Recurrent Qualification) 시점에서 원래 신청하였던 Level로 지정할 수 있다. 또한 모의비행훈련장치(FSTD) 평가 중 발생된 불일치 사항은 기록되어 시정조치 되어야 하며 승인당국이 가능하다고 판단하는 경우 해당 사항이 개선될 때까지 임시 운용제한을 두어 조종사 훈련에 사용할 수 도 있다.

지정이 Level C 또는 Level D 완료된 모의비행훈련장치(FSTD)의 경우 관련된 운항규정에 따라 실제 항공기에서가 아닌 모의비행훈련장치(FSTD)에서 비행훈련, 시험, 비행기량심사 등을 수행 할 수 도 있다.

(나) 모의비행훈련장치(FSTD) 정기검사(Recurrent Qualification) 절차

승인당국의 정기검사(Recurrent Qualification)는 승인당국 평가팀에 의해 이루어지며 운용자는 해당 피평가되는 모의비행훈련장치(FSTD)에 익숙한 자격 있는 조종사를 제공하여야 한다.

승인당국 평가팀은 정기검사(Recurrent Qualification)를 실시하기 이전에 운용자, 운용자의 조종사 등이 참석한 검사전 브리핑을 실시한다. 승인당국 평가팀은 정비기록을 확인하여 적절한 시간안에 정비가 이루어졌는지 확인하고 이전 검사 이후에 운용자가 수행한 평가시험을 확인한다.

승인당국의 정기검사(Recurrent Qualification)는 승인당국 평가팀에 의하여 약 8시간 정도로 수행되고 일반적으로 마스터지정검사교범(Master QTG)에서 8~15가지 정량적 시험 항목을 선정하여 비행성능 항복부터 평가를 시작한다. 평가는 자동 또는 매뉴얼로 평가팀의 판단에 따라 수행하며 이러한 정량적 평가는 전체 평가시간의 3분의 1정도로 한다. 이후에 승인당국 평가팀은 정성적 평가를 수행하게 되는데, 정성적 평가는 항목은 평가팀에 의해 선정되어 지고 할당된 평가시간의 약 3분의 2 정도로 한다.

(다) 모의비행훈련장치(FSTD)의 품질관리 시스템(QMS)

품질관리 시스템(QMS)의 목적은 모의비행훈련장치(FSTD)가 지정된 목적으로 사용될 때 최고의 수준을 유지할 수 있도록 하기 위한 것으로서 승인당국은 모의비행훈련장치(FSTD) 규정에 제시되어 있는 품질관리 시스템(QMS) 요건 및 절차에 따라 운용자의 품질관리 시스템(QMS)을 평가하고 불일치사항의 기록, 불일치사항에 대한 시정조치 내역, 승인당국의 평가이력, 운용자의 평가이력, 소프트웨어 및 하드웨어 변경이력 등에 대한 문서화, 정비기록, 항공기 형상변경 등을 확인한다.

운용자는 자신의 품질 프로그램을 최소한 1년에 1회 이상 평가하여 그 결과를 승인당국이 개별 정기평가를 기반으로 운용자 품질 프로그램 평가 결과를 추적하여 그 효과를 확인하기 위하여 승인당국에 제공한다.

(라) 모의비행훈련장치(FSTD)의 고장, 불일치 사항 관리

모의비행훈련장치(FSTD) 운용자는 모의비행훈련장치(FSTD) 장비 또는 부품에 대한 손실, 기능이상, 고장 관리 절차가 있어야 한다.

승인당국의 평가팀은 각각의 모의비행훈련장치(FSTD) 평가가 완료되는 데로, 모의비행훈련장치(FSTD) 평가 체크리스트에 평가 중 발생한 불일치 사항에 대해 기록한다. 이러한 기록의 사본을 운용자에게 제공하고 승인당국에 제출한다.

승인당국은 발생한 불일치 사항의 경중을 판단하여 모의비행훈련장치(FSTD) 지정 Level을 낮추거나 훈련에 대한 제한사항을 둘 수 있다.

제4절 기술수준 분석

1. 항공 산업 기술수준

가. 항공기 요소기술 식별

<표 105> 국내 항공기 제작 기술수준 예측 모형 (1989, 김성배) (계속)

대분류기술 (중요도)	중분류기술 (중요도)	소분류기술 (중요도)	세부기술	중요도	현기술 수준*
제작/조립 기술(0.142)	기체 및 기계보기 제작조립기술 (0.0525)	기체 및 기계보기 제작기술 (0.0175)	정밀주조기술	0.0012	30
			소재성형기술	0.0036	60
			소재처리기술	0.0041	48
			기계가공기술	0.0036	68
			단조주조가공기술	0.0021	40
			신용접접합기술	0.0017	35
			분말야금기술	0.0013	33
		기체 및 기계보기 조립기술 (0.0351)	기체조립기술	0.0018	65
			시스템해석기술	0.0035	43
			치공구제작기술	0.0020	65
			치공구설계기술	0.0047	65
			치공구검사기술	0.0055	60
			공정관리기술	0.0050	55
			품질관리기술	0.0044	60
			제작공정설계기술	0.0042	60
			품질검사기술	0.0044	65
	엔진 및 엔진보기 제작조립기술 (0.0483)	엔진 및 엔진보기 조립기술 (0.0403)	정밀주조기술	0.0036	33
			소재성형기술	0.0068	48
			소재처리기술	0.0043	60
			기계가공기술	0.0065	55
			단조주조가공기술	0.0045	43
			신용접접합기술	0.0050	33
			분말야금기술	0.0050	40

* 현기술수준은 선진국 기술수준을 100으로 할때의 상대적 수준임

<표 45> 국내 항공기 제작 기술수준 예측 모형 (1989, 김성배) (계속)

대분류기술 (중요도)	중분류기술 (중요도)	소분류기술 (중요도)	세부기술	중요도	현기술 수준*
	기체 및 기계보기 제작조립기술 (0.0525)	엔진 및 엔진보기 조립기술 (0.0081)	엔진조립기술	0.0007	55
			시스템해석기술	0.0021	40
			치공구제작기술	0.0007	60
			치공구설계기술	0.0009	65
			치공구검사기술	0.0007	60
			공정관리기술	0.0007	60
			품질관리기술	0.0007	62
			제작공정설계기술	0.0008	60
			품질검사기술	0.0007	58
		전자 및 보기 제작기술 (0.0090)	정밀주조기술	0.0009	43
			소재처리기술	0.0007	32
			전기류제작기술	0.0009	47
			계기류제작기술	0.0012	33
			전자보기제작기술	0.0020	43
			정밀용접기술	0.0013	48
			제작공정설계기술	0.0019	50
	엔진 및 엔진보기 제작조립기술 (0.0483)	전자 보기 조립기술 (0.0179)	부품조립기술	0.0009	50
			시스템해석기술	0.0036	48
			치공구제작기술	0.0007	50
			치공구설계기술	0.0010	48
			치공구검사기술	0.0011	50
			공정관리기술	0.0022	48
			품질관리기술	0.0029	48
			제작공정설계기술	0.0022	48
			품질검사기술	0.0033	50

<표 45> 국내 항공기 제작 기술수준 예측 모형 (1989, 김성배) (계속)

대분류기술 (중요도)	중분류기술 (중요도)	소분류기술 (중요도)		중요도	현기술 수준*
	소재생산 기술 (0.0152)	금속재료 생산기술 (0.0114)	기체재료생산기술	0.0067	25
			엔진재료생산기술	0.0063	23
			전기 및 전자재료 생산기술	0.0018	30
		비금속재료 생산기술 (0.0038)	복합재료생산기술	0.0029	35
			특수용도재료 생산기술	0.0010	18
	치계종합기술 (0.1493)	최초조립기술		0.0373	35
		비행성능시험기술		0.0373	30
		시스템종합기술		0.0746	25
	공력설계기술 (0.0519)	공력기초 기술 (0.0173)	전산유체역학기술	0.0034	40
			항력감소기술	0.0026	40
			공력추진결합기술	0.0034	32
			Vortex MGT기술	0.0029	30
			비행체설계기술	0.0043	35
		공력설계 기술 (0.0346)	외부형상상세설계	0.0115	42
			공력특성해석기술	0.0231	40
	구조설계 기술 (0.0601)	구조기초 기술 (0.030)	경량항공기 구조 설계기술	0.0112	35
			공력탄성기술	0.0077	30
			복합재료기술	0.0056	25
			신소재기술	0.0032	18
			비금속재료기술	0.0024	18
		구조설계 기술 (0.030)	비행성능해석기술	0.0118	33
			비행제어제통설계	0.0072	30
			비행조정계통설계	0.0051	30
			안정성 및 조종성 해석기술	0.0059	25

<표 45> 국내 항공기 제작 기술수준 예측 모형 (1989, 김성배) (계속)

대분류기술 (중요도)	중분류기술 (중요도)	소분류기술 (중요도)	세부기술	중요도	현기술 수준*
	추진계통 설계기술 (0.0609)	추진기관 기초기술 (0.0203)	터빈효율향상기술	0.0102	35
			추진효율향상기술	0.0102	35
			소음감소기술	0.0102	25
			미래형 엔진 설계기술	0.0102	18
		추진계통 설계기술 (0.0203)	추진장치 성능해석기술	0.0042	35
			추진장치설계기술	0.0052	33
			흡입구 설계기술	0.0026	33
			노즐 설계기술	0.0026	33
			엔진장착설계기술	0.0029	38
			보조출력장치 설계기술	0.0029	33
	비행제어계통 설계기술 (0.0631)	비행제어 기초기술 (0.0210)	조종계통제어기술	0.0084	48
			계기 및 표시 시스템설계기술	0.0042	50
			엔진 통제장치 설계기술	0.0084	48
		비행제어 계통 설계기술 (0.0420)	구조설계기술	0.0125	68
			피로/파괴 분석기술	0.0024	50
			하중해석기술	0.0052	58
			응력해석기술	0.0096	55
			공탄성해석기술	0.0066	43
			중량분포 및 균형해석기술	0.0058	43

<표 45> 국내 항공기 제작 기술수준 예측 모형 (1989, 김성배) (계속)

대분류기술 (중요도)	중분류기술 (중요도)	소분류기술 (중요도)	세부기술	중요도	현기술 수준
	계통설계/ 탑재장비 설계기술 (0.0438)	계통설계 기술 (0.0254)	계기계통설계기술	0.0044	50
			전기계통성계기술	0.0058	50
			유압계통설계기술	0.0049	48
			연료계통설계기술	0.0052	43
			보기계통설계기술	0.0052	48
		탑재장비 설계기술 (0.0082)	항법계통설계기술	0.0020	50
			통신계통설계기술	0.0014	58
			조종실 설계기술	0.0028	43
			비상탈출계통 설계기술	0.0009	43
			객실환경계통 설계기술	0.0011	48
		탑재장비 통합기술 (0.0103)	소프트웨어 설계기술	0.0052	38
			소프트웨어 제작기술	0.0026	43
			소프트웨어 작동시험기술	0.0026	50
시험평가기술 (0.429)	풍동시험기술 (0.109)	3차원날개시험기술		0.0150	48
		조종면효과시험기술		0.0068	48
		동체나셀시험기술		0.0096	43
		전체항공기모델시험기술		0.0191	50
		스핀회복시험기술		0.0193	20
		공력탄성시험기술		0.0138	33
		프로펠라시험기술		0.0125	38
		제트엔진모형시험기술		0.0129	33

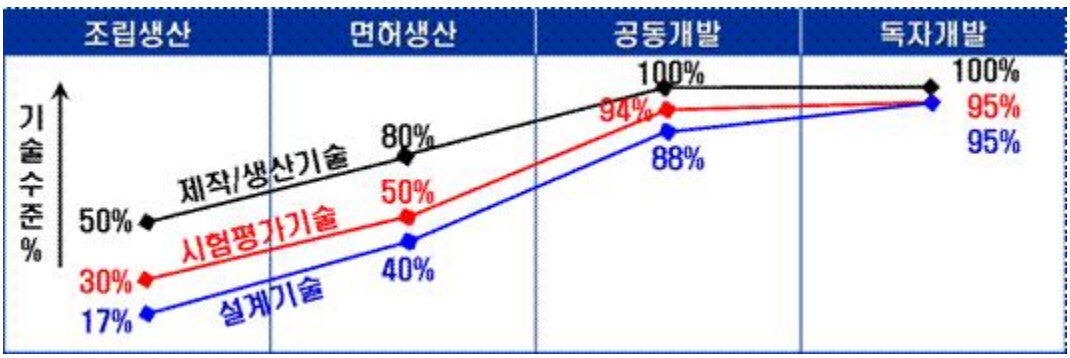
<표 45> 국내 항공기 제작 기술수준 예측 모형 (1989, 김성배)

대분류기술 (중요도)	중분류기술 (중요도)	소분류기술 (중요도)	중요도	현기술수준
	구조시험기술 (0.0832)	정적강도시험기술	0.0141	48
		지상진동시험기술	0.0240	38
		피로시험기술	0.0281	43
		낙하시험기술	0.0171	38
	추진기관 시험기술 (0.0927)	지상성능시험기술	0.0212	48
		고공성능시험기술	0.0212	35
		예비비행정격시험기술	0.0182	33
		인증시험기술	0.0160	33
		프로펠라시험기술	0.0160	35
	비행시험기술 (0.0918)	계통시험기술	0.0126	50
		저속시험기술	0.0096	43
		고속성능/비행성능시험 기술	0.0116	43
		플러터시험기술	0.0094	48
		동력장치시험기술	0.0202	43
		하중시험장치	0.0172	48
		강착장치시험기술	0.0114	50
		온도/기술시험장치	0.0050	50
		가속도시험기술	0.0059	43
		진동시험기술	0.0086	43
		음향시험기술	0.0050	48
		충격시험기술	0.0085	43
		폭발시험기술	0.0077	43
		EMI/EMC 시험기술	0.0114	50

나. 항공기 기술수준 분석

국내산업의 기술수준은 완제기 측면에서, 설계기술은 KT-1 기본훈련기, T-50 고등훈련기 개발을 통해 완제기 체계종합 및 개발능력을 확보하였고, 제조기술은 KF-16 전투기, KT-1, T-50 양산을 통해 항공선진국 수준에 도달한 상태이다. 또한 개발 핵심역량인 시험평가에 있어서도 구조시험, 계통기능시험, 비행시험 등의 능력을 확보한 상황이다.

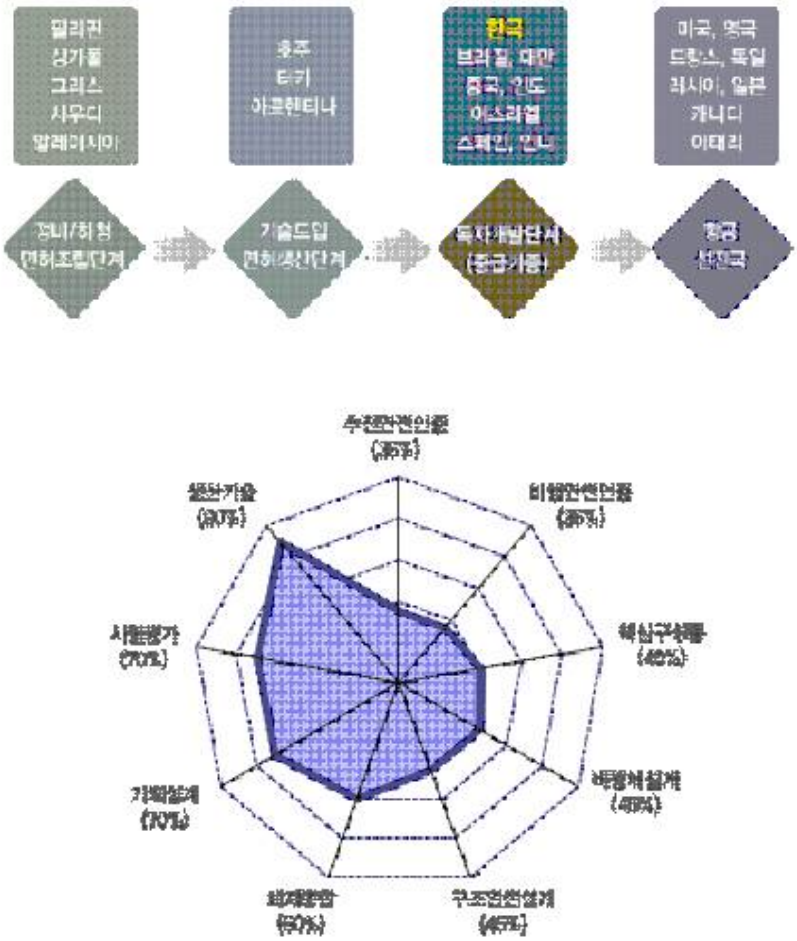
부품소재 측면에서는, 유압 등 일부 부품은 해외업체와 국제공동개발 단계에 진입하였고, 첨단 항공전자장비, 정밀무장, 엔진 등은 기술도입생산 수준으로, 최근 레이더 등 핵심장비에 대해서 점진적으로 국제공동개발을 통한 국산화 노력을 기울이고 있다.



<그림 32> 항공기술 확보 수준 (자료: 'T-50 기술수준 평가', 기술획득심의위원회(ADD/기품원/KIDA) (2006년))

지식경제부의 '항공산업 발전 기본계획 2010~2019' (2010.1월)에 따르면 한국은 중급기종에 대하여 독자개발단계 수준에 도달하고 있다. 또한, 미국의 디펜스뉴스에 따르면 한국의 무인기 부분은 호주, 상가포르 등과 함께 시장과 기술주도가 가능한 Tier1급으로 평가되고 있다.

민항기 부문의 기술 수준은 <그림 30>와 같이 평가되고 있다. 엔진 및 부품, 인증 등의 부문에서 부족한 것으로 평가되고 있다. 보다 자세한 기술평가 모형에 따른 기술 수준예측은 고려대학교 경영학과 김성배의 "국내 민간항공산업 기술수준 예측" 박사 논문에 나온 결과는 <표 46>과 같다.



<그림 33> 국내 항공산업 수준 (출처: 한국항공우주산업진흥협회)

2. 항공 시뮬레이터 기술수준 분석

가. 시뮬레이터 요소기술 식별

<표 106> 시뮬레이터 요소기술 분류

요소기술 분류	
Level I	Level II
주컴퓨터 (Host Computer)	실시간 컴퓨터
	입출력제어장치
	통신 드라이버
	실시간 스케줄러
	비행운동 및 시스템 모델링
영상시스템 (Visual System)	영상 생성장치 (Image Generator)
	시현장치 (Display System)
	지형지물 모델링
	계기장비 그래픽 모델링
조종석 (Cockpit)	조종석 설계.제작
운동판 (Motion System)	서보제어
	역운동학 모델링
	워시아웃 필터
조종감제시기 (Control Loading)	기구설계
	서보제어
교관석 (IOS)	UI
	통신 드라이버
	자가진단
시스템 통합 및 시험평가	비행시험 데이터처리
	신호통합
	시험평가 (QTG)
	유지보수 편의성

나. 시뮬레이터 기술수준 분석

<표 107>은 전문가 자문회의에 참가자들의 설문조사를 통해 국내·외 시뮬레이션 기반기술에 대한 평가표를 작성한 것으로 해외업체의 최고수준의 점수를 5점으로 할 때 국내 시뮬레이터 개발업체의 상대적 기술수준을 평가하였다.

<표 107> 전문가 평가단의 시뮬레이터 기술수준조사 설문 결과

요소기술 분류		국내 SI 기술 수준	해외 SI 최고 수준	국내 부품 기술 수준	해외 부품 최고 수준	비고
Level Ⅰ	Level Ⅱ					
주컴퓨터 (Host Computer)	실시간 컴퓨터	4.0	5.0			IBM 등으로부터 구매 가능
	입출력제어장치	3.7	5.0			다수의 시뮬레이터 연동 시
	통신 드라이버	3.65	5.0			다수의 시뮬레이터 연동 시
	실시간 스케줄러	3.3	5.0			다수의 시뮬레이터 연동 시
	비행운동 및 시스템 모델링	3.5	5.0			항공기 제작사로부터 구매가능
영상시스템 (Visual System)	영상 생성장치 (Image Generator)	3.6	5.0	4.0	5.0	국내업체 자체 IG 개발실적 미미
	시현장치 (Display System)	3.65	5.0	3.2	5.0	국내업체 Collimation System 개발실적 전무
	지형지물 모델링	3.7	5.0	4.0	5.0	동적개체 및 특수효과
	계기장비 그래픽 모델링	3.55	5.0	4.0	5.0	MFD 등
조종석 (Cockpit)	조종석 설계.제작	3.45	5.0	3.7		국내업체 FAA 비준 경험 전무
	조종감제시기 (Control Loading System)	3.2	5.0	3.0	5.0	국내업체 FAA 비준 경험 전무

운동판 (Motion System)	서보제어	3.7	5.0	3.2	5.0	국내업체 FAA 비준 경험 전무
	역운동학 모델링	3.7	5.0	3.2	5.0	국내업체 FAA 비준 경험 전무
	워시아웃 필터	3.7	5.0	3.2	5.0	국내업체 FAA 비준 경험 전무
조종감제시기 (Control Loading)	기구설계	3.55	5.0	3.0	5.0	국내업체 FAA 비준 경험 전무
	서보제어	3.45	5.0	3.2	5.0	국내업체 FAA 비준 경험 전무
교관석(IOS)	UI	3.65	5.0			국내업체 FAA 비준 경험 전무
	통신 드라이버	3.65	5.0			국내업체 FAA 비준 경험 전무
	자가진단	3.1	5.0			국내업체 FAA 비준 경험 전무
시스템 통합 및 시험평가	비행시험 데이터처리	3.45	5.0			국내업체 FAA 비준 경험 전무
	신호통합	3.5	5.0			국내업체 FAA 비준 경험 전무
	시험평가 (QTG)	3.25	5.0			국내업체 FAA 비준 경험 전무
	유지보수 편의성	3.6	5.0			국내제품 사용실적 제한
총 점수		81.6	115.0	37.7	50	
최고수준 대비 (%)		71.0		75.4		

다. 항공기 시뮬레이터의 국산화 가능 기술 및 부품 식별

항공기 시뮬레이터의 요소기술 식별과 국내/외의 시뮬레이터 기술수준 분석을 통하여 다음과 같이 국산화 가능 기술 및 부품을 도출하였다.

<표 108> 항공기 시뮬레이터의 국산화 가능 기술 및 부품

필수 국산화 항목	선택 국산화 항목
• 비행특성 모델 및 QTG용 시험평가 툴 • FFS / FTD / AATD 겸용 전자식 조종 감제시기(Control Loader) 및 링키지 • MFD (예, G1000) 시뮬레이터 • FFS / FTD / AATD용 조종석 • FTD / AATD용 운동판 • FTD / AATD용 영상디스플레이	• 6 DOF 운동판 • 컬리메이션 디스플레이 • 영상 엔진

제5절 특허/논문 분석 및 중복성 검토

1. 특허 및 논문 분석

가. 특허 분석

'소형항공기 시뮬레이터' 개발은 응용과제로 본 사업과 관련하여 원천 및 기초기술과 관련한 특허 취득을 목적으로 하지 않는다. 다시 말해 시뮬레이터를 구성하는 각 주요 장치들의 디자인이나 성능개선을 목적으로 한 개별 특허들은 존재하지만, 본 사업은 소형항공기 시뮬레이터 각 구성장치들을 구매하여 조립하는 개발하는 방식이기에 특허 문제는 발생하지 않는다.

나. 논문 분석

논문 분석을 위해 본 과제와 직접적인 연관성이 있는 『일반항공/소형항공기(General Aviation)』 및 『시뮬레이터/시뮬레이션(Simulator/Simulation)』의 키워드를 기반으로 검색을 실시하였다.

	일반항공 (general aviation)	소형항공기 (small aircraft)	KC-100
NTIS	4	25	11
NDSL	16	50	18
google 학술검색(서적 포함)	23,500	15,300	49

	시뮬레이터(항공기) (simulator)	시뮬레이션(항공) (시뮬레이션)	소형항공기/일반항공 + 시뮬레이터/시뮬레이션
NTIS	11	191	1
NDSL	50	550	1
google 학술검색 (서적 포함)	2,240 (FFS: 622, FTD: 483, ATD: 37)	2,760	3

논문은 소형항공기 관련 기술 논문이 대부분이며, 동향과 관련된 논문도 소수 존재한다. 하지만, 본 과제와 연관성이 가장 큰 '소형항공기 시뮬레이터' 키워드에 대한 논문은 1개 존재하며, 이 논문은 시뮬레이터 시스템(FFS, FTD, ATD)에 대한 논문은 아니며, 시뮬레이터 구성 요소의 일부분에 대한 논문이다. 따라서 본 과제를 통해 시제품 개발 이외에도 관련 기술논문의 작성이 필요해 보인다.

2. 중복성 검토

현재까지 항공기 개발 관련 사업은 '국내 소형항공기 개발 현황' <표 47> 및 <표 48>에 기술한 바와 같이 주로 산업자원부와 과학기술부 지원으로 이루어졌다. 최근, KC-100의 개발이 국토부 주관으로 수행되었지만, 개발된 소형항공기와 관련하여 시뮬레이터 개발 사업은 본 과제가 유일하다.

제6절 종합분석 결언

세계적인 경제 침체기에도 불구하고 중동 및 아시아권의 중소형 항공기 및 항공조종사 시장은 타 지역에 비해 성장 잠재력이 큰 시장으로 전망되고 있다. 이에 국내에서도 국토교통부 및 지식경제부에서 항공기 개발 이외에 항공 안전 및 인프라 선진화를 위한 정책을 마련해 시행하고 있다.

국토교통부의 지원하에 KAI에서 개발한 KC-100 항공기는 일반항공 시장에

서 미국 NASA의 AGATE 프로그램에서 요구하는 조건을 모두 만족하는 항공기로 현재 일반항공기 제작수준은 세계 최고의 수준에 올랐다고 볼 수 있다.

비록 일반항공 분야에서 항공기 안전성은 높아졌지만, 항공기 조종사 훈련과 관련된 시뮬레이터는 전량 해외에서 수입을 하고 있으며, 교육프로그램은 특별한 규정 없이 운영되고 있는 실정이다. 최근에 까지 FAA에서는 항공기 조종사 양성을 위해 규정을 정비하고 안전성을 위해 노력하고 있지만, 국내에서는 조종사 양성과 관련된 프로그램이 미비하며, 규정 또한 낙후된 실정이다.

따라서 소형항공기와 시뮬레이터, 교육 프로그램을 수입하여 운영하는 수동적 단계에서 벗어나 KC-100의 개발에 따라 시뮬레이터를 국산화하고, 교육 프로그램과 관련 규정을 국제 수준에 맞게 정비함으로써 최근에 유행하는 항공기, 시뮬레이터, 교육 프로그램을 통합한 턴키방식의 수출을 통해 항공 안전성을 확보하면서 국가 경쟁력을 재고하는 전략이 필요하다.

본 과제의 성공적인 수행을 통해 항공기 제작 및 교육을 동시에 운영하는 국제 동향에 걸맞은 자리매김을 할 수 있을 것으로 보인다.

제3장 연구개발과제 구성 및 추진전략

제1절 비전 및 목표

1. SWOT 분석

가. 항공산업 SWOT 분석

<표 111> 항공산업 SWOT 분석

	강점 (S)	약점 (W)
	1. 제조, 조립, 정비 등의 특정분야에서 세계 최고수준의 경쟁력을 보유 2. T50, KUH 등 군사업을 통한 체계종합 기술 확보 3. 세계 10위권의 군수시장과 세계 8위권의 항공운항 시장 4. 자동차, IT, 전자부품 등 연관 산업이 발달	1. 완제기 업체의 Global 마케팅 경험 및 능력이 부족 2. 부품, 설계, 재료 등에서 핵심원천기술이 부족하고 핵심중견기업이 부재 3. 군수 위주의 산업구조와 대형기/국제노선 위주로 민수시장이 형성 4. 항공산업을 지원할 금융상품 및 제도가 미비
기회 (O)	**SO 전략**	**WO 전략**
1. 동북아를 중심으로 항공운송 산업의 지속적인 증가 2. 선진국의 아웃소싱 확대로 진입기회가 확대 3. 지능형 무인기, PAV 등의 시장 확대가 예상	1. 연료절감형 중형기등 수요 확대가 예상되는 기종을 전략적으로 개발 2. 미래형 무인기 시스템 개발에 기술역량을 집중하여 미래시장을 개척 3. 국내 수요 기반이 탄탄한 MRO를 적극적으로 산업화	1. 해외 선진사와 국제공동으로 완제기를 개발하여 국내 업체의 약점을 보완 2. 대형민항기 등의 국제공동개발에 국내 부품업체가 RSP 참여를 확대
위협 (T)	**ST 전략**	**WT 전략**
1. 항공기의 대형화로 선진국과의 기술격차 확대 2. 중국, 일본 등의 잠재적 경쟁국의 항공시장 진입 3. 배출가스, 구조재료 등에 대한 환경규제 심화	1. 글로벌 경쟁력 확보가 가능한 기술분야의 국내 기업을 World Class로 육성 2. 군용 완제기 개발시 기술 이전을 통해 주요국과의 기술 격차를 해소	1. 해외 전문 중소기업을 전략적으로 인수하여 기술과 관련인력을 확보 2. 세계 최고 수준인 타 산업분야와의 융합을 통해 기술적 난이도를 해결

나. 소형항공기 개발 SWOT 분석

<표 112> 소형항공기 개발 SWOT 분석

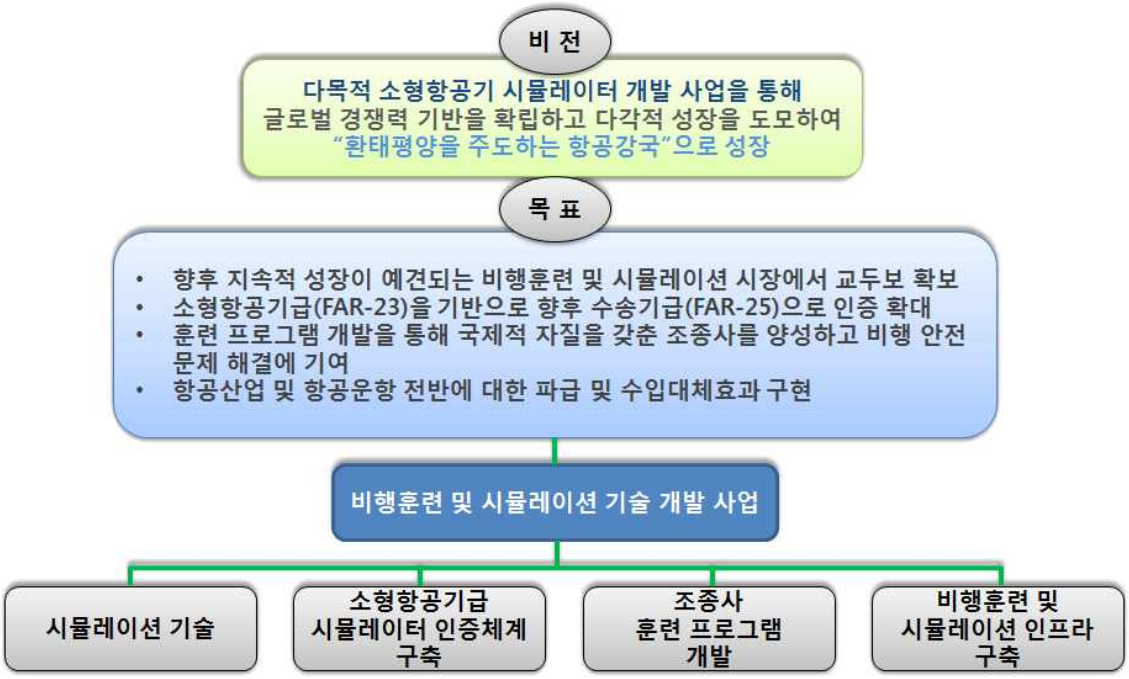
	강점(Strength)	약점(Weakness)
내부 역량	1. 군수사업 수행을 통한 완제기 개발능력 구축 2. B787, A350등 차세대 민항기 참여로 세계 수준의 설계, 제작 능력 보유 3. 복합재 구조물 제조 기반 확보	1. 완제기 분야 한미간 BASA 구축되지 않아 자체브랜드 수출이 불가능 2. 세계시장 독자 마케팅 능력이 취약 3. 경쟁력 확보의 핵심인 국내 부품 기업군이 취약 4. 항공산업육성에 적합한 금융제도 및 금융상품 시장이 미형성
	기회(Opportunity)	위협(Threats)
외부 요인	1. 동북아시아를 중심으로 세계 민항기 수요가 증가 2. 고유가, 지구온난화로 신개념의 친환경, 고효율 항공기 수요가 급증 3. 선진업체의 전략적 제휴 강화로 후발국의 시장진입 기회가 확대	1. 일본, 중국, 러시아 등 잠재적 경쟁국의 완제기 시장 진출로 경쟁심화 2. 핵심기술 분야에서 선진국 및 경쟁국과의 기술격차가 확대

다. 다목적 소형항공기 시뮬레이터 개발 SWOT 분석

<표 113> 다목적 소형항공기 시뮬레이터 개발 SWOT 분석

강점(Strength)	약점(Weakness)
○ 실 비행 훈련과 비교하여 시뮬레이터 훈련비용 이점 ○ 지속적인 시뮬레이터에 대한 수요 존재 ○ 시뮬레이터 기반의 훈련방식이 최고의 비행훈련 기술습득 방안	○ 시뮬레이터 도입에 따른 사용자 인식변화까지의 시간차 ○ 높은 시뮬레이터 시장 진입장벽 ○ 기술적 한계 존재
기회(Opportunity)	**위협(Threats)**
○ 개방된 시장 및 기술 ○ 규모가 증가하는 시장 ○ 온라인 세상 ○ 저가항공사의 시장진입 ○ 훈련 요구도의 개선	○ Double dip 후퇴 경제사항 ○ 지적재산권에 따른 비용증가 ○ 예측 불가의 유가

2. 사업의 비전



<그림 34> 다목적 소형항공기 시뮬레이터 개발사업의 비전과 목표

○ 비전

- 다목적 소형항공기 시뮬레이터 개발사업을 통해 글로벌 경쟁력 기반을 확립하고 다각적 성장을 도모하여 "환태평양을 주도하는 항공강국"으로 성장

3. 사업의 목표

○ 목표

- 향후 지속적 성장이 예견되는 비행훈련 및 시뮬레이션 시장에서 교두보 확보
- 소형항공기급(FAR-23)을 기반으로 향후 수송기급(FAR-25)으로 인증 확대
- 훈련 프로그램 개발을 통해 국제적 자질을 갖춘 조종사를 양성하고 비행 안전문제 해결에 기여
- 항공산업 및 항공운항 전반에 대한 파급 및 수입대체효과 구현

우리가 속해 있는 아시아-태평양 지역의 비행훈련 및 시뮬레이션 기술 시장은 다음과 같이 다음과 같은 특징이 있다.

○ 시장 특성

- 2008년 글로벌 경제위기 이후 중국과 인도가 포함된 이머징 시장인 아시아-태평양 지역에서 경제성장의 지속
- 아시아-태평양 지역에서만 향후 20년 동안 신규 항공기가 10,000 단위로 증가할 것으로 예측됨
- 2030년까지 이 지역에서만 33,500대의 항공기가 신규로 도입될 것으로 예측됨
- 국내 및 단거리 국제항공 여행은 해마다 7% 성장이 예측
- ICAO가 요구하는 언어 스킬을 갖춘 국제적 자질의 항공기 조종사에 대한 수요가 매우 크지만, 비행훈련 및 시뮬레이션 시장 하부구조가 잘 갖춰지지 않은 상황
- 아시아-태평양 지역에서 비행훈련 및 시뮬레이션 시장의 예측 평균성장률은 5.4%로 타 지역에 비해 최고
- 중국, 인도, 사우디아라비아, 그리고 UAE 등과 같은 이머징 마켓에서 FTD 전체 시장 매출의 50% 이상을 차지

국내 비행훈련 및 시뮬레이션 기술은 <표 42>에서와 같이 군 관련 사업을 통해 기술을 확보하였으며 그 기술 수준은 <표 48>에서와 같이 최고수준 대비 71% 정도를 유지하고 있다.

하지만, 이는 상용 항공기 시뮬레이션 기술로 현재 최고 수준에 이르는 무인기 개발 기술을 확보하고 있으며 군용 시뮬레이터에 대한 Level D급 시뮬레이터를 개발할 수 있는 수준에 달하고 있다.

따라서 본 사업을 통해 소형항공기급 시뮬레이터를 개발하여 FAA의 인증을 받고, 해외 수출의 기반이 쌓이면 군용 시뮬레이터 기술은 쉽게 상용 시뮬레이터 기술로 전용될 수 있다. 이를 바탕으로 아시아-태평양 지역에서 비행훈련 및 시뮬레이션 시장에 진입할 수 있는 기회가 생길 것으로 예측된다.

비행훈련 및 시뮬레이션 기술은 단순히 비행모의장치의 개발에서 끝나는 것이 아니라 조종사 훈련 프로그램을 개발하고 국제 사회에 자질을 갖춘 조종 인력의 양성도 함께 이루어져야 한다.

따라서 본 사업은 비행모의장치의 개발, 시뮬레이터 인증, 조종사 훈련 프로그램 개발, 그리고 비행훈련 및 시뮬레이션 인프라 구축이라는 토탈 패키지 형태의 사업으로 사업이 성공적으로 이루어질 경우 “환태평양을 주도하는 항공강국”의 목표를 달성할 수 있을 것으로 예측된다.

제2절 연구개발과제 구성

1. 기술수요조사

가. 기술수요조사 실시 (2013.4.16. ~ 2013.5.10.)

<표 114> 기술수요조사를 통한 본 사업 세부과제 안

제안사	세부과제명
세종대학교	1. KC-100 모의비행훈련장치(Synthetic Flight Trainer) 개발
	2. 다목적 일반 4인승 소형항공기의 비행훈련장치(FTD 및 ATD) 개발
	3. 시뮬레이터에 적용 가능한 비행시험 데이터 확보 및 데이터 처리
	4. 소형비행기 비행시뮬레이터 인증 및 BASA 확대방안 기획
	5. 비행훈련센터 운용방안 및 교육훈련 프로그램의 개발
KAI	1. KC-100 모의비행훈련장치(Synthetic Flight Trainer) 개발
	2. 다목적 일반 4인승 소형항공기의 비행훈련장치(FTD 및 ATD) 개발
	3. 시뮬레이터에 적용 가능한 비행시험 데이터 확보 및 데이터 처리
	4. 소형비행기 비행시뮬레이터 인증 및 BASA 확대방안 기획
유니텍	1. 다목적 소형항공기 비행시뮬레이터를 위한 독립형 항공기 시뮬레이터 관리 시스템

나. 사용자 설문조사 실시 (2013.4.16. ~ 2013.5.10.)

사용자 설문조사는 비행교육기관을 중심으로 실시되었으며, 주된 설문 내용은 수용할 수 있는 가격대에 대한 선호도 조사가 주를 이루었다. Visiongain의 보고서에 따르면 전형적인 FTD의 판매가격은 $1-2백만 불 수준으로 설문조사에서도 1억 원 내외의 가격대를 선호하는 것으로 나타났다.

현재 항공운항학과에서 운용중인 FDT와 AATD의 가격대는 다소 저렴한 편으로 <표 53>에 기술되어 있다.

<표 115> 비행교육 기관별 시뮬레이터 구매가격

비행 교육기관	항공기 기종	모의비행훈련장치 등급				추정가격 (USD)
		등급	제작사	운동판	영상	
항공대	Cessna 172S	FTD Level 5	Mechtronix	x	○ (프로젝터)	275,000
	Cessna 172S	AATD	Mechtronix	x	○ (프로젝터)	150,000
한서대	Cessna 172S	FTD Level 5	Frasca	x	○ (프로젝터)	250,000
경운대	Cessna 172S	FTD Level 6	Frasca	x	○ (프로젝터)	600,000

다. 전문가 구성 및 자문 내용

(1) 전문가 구성 현황

<표 116> 전문가 구성 현황

전문 분야	참여 연구원	소속
항공안전	이 장연	한국항공우주연구원
항공 인증	최 병철	ASTC
소형항공기 및 시뮬레이터 제작	곽 상혁	한국항공우주산업
비행교육	방 장규	교통대학교
운용유지보수	조 광형	시뮬
비행시험	이 정훈	한국항공우주연구원

(2) 전문가 자문 내용

(가) 전문가 자문회의

○ 개요
- 일시: 2013. 05. 31(금) 15시
- 장소: 세종대학교 항공우주공학과 세미나실

○ 본 사업 세부과제 결정
- 사용자 설문조사 결과 검토
- 세종대 세부과제 검토
- 수요조사를 통한 신규과제 검토
- 본 사업 세부과제 결정
- 시뮬레이터 기술수준 평가지표 조사 항목 확정

○ 국내·외 시뮬레이터 기술수준 평가지표 마련을 위한 조사 항목 확정 및 설문조사 실시

(나) 비행 교육 자문

○ 개요
- 일시: 2013. 06. 19(수) 09시
- 장소: 세종대학교 항공우주공학과 1016호

○ 자문 내역
- 소형항공기 비행교육을 통한 조종사 양성과정
- 국내조종사 양성과정에 대한 전반적인 자문
- 계기비행 및 시계비행에서 시뮬레이터 활용이 가능한 항목제시

(다) 시뮬레이터 개발 자문

○ 개요
- 일시: 2013. 07. 29(월) 09시
- 장소: 세종대학교 항공우주공학과 1016호

○ 자문 내역
- 다목적 일반 4인승 소형항공기 비행훈련장치(FTD 및 AATD) 개발 시스템
 1) 컴퓨터 시스템
 2) 모션 시스템
 3) 비주얼 시스템 연구방안 및 활용방안 제시

(라) 시뮬레이터 개발 자문

○ 개요
- 일시: 2013. 08. 26(월) 09시
- 장소: 세종대학교 항공우주공학과 1016호

○ 자문 내역
- FAA Part 60 시뮬레이터 인증기준 제시
- 다기종 표현 시뮬레이터 구성
- 컴퓨터 시스템 연구 내용 자료 구성
- 비행시험 데이터 분석

2. 세부과제도출

기술수요조사를 통해 확보된 세종대학교 및 KAI 안을 전문가 자문회의를 통해 통합하여 다음과 같이 분야별로 세부과제를 도출하였다.

<표 117> 전문가 자문회의를 통해 결정된 세부과제

제안서의 세부과제명	자문회의로 결정된 세부과제명
1. KC-100 모의비행훈련장치(Synthetic Flight Trainer) 개발	1. KC-100 모의비행훈련장치(Synthetic Flight Trainer) 개발
2. 다목적 일반 4인승 소형항공기의 비행훈련장치(FTD 및 ATD) 개발	2. 다목적 소형항공기 비행훈련장치(FTD 및 ATD) 개발
3. 시뮬레이터에 적용 가능한 비행시험 데이터 확보 및 데이터 처리	3. 다목적 소형항공기에 적용하기 위한 데이터 확보 및 데이터 처리
4. 소형비행기 비행시뮬레이터 인증 및 BASA 확대방안 기획	4. 소형비행기 비행시뮬레이터 인증 및 BASA 확대방안 기획
5. 비행훈련센터 운용방안 및 교육훈련 프로그램의 개발	5. 교육훈련 및 운용 프로그램 표준 모델 개발

<표 54>에서와 같이 결정된 세부과제를 시뮬레이터, 인증, 인프라 및 교육훈련 연구 분야로 구분하고, 이를 부담금 여부에 따라 <표 55>와 같이 최종 결정하였다.

<표 118> 최종 결정된 세부과제

분야	세부과제명
시뮬레이터	1. KC-100 소형항공기의 3등급 모의비행장치 (Full Flight Simulator) 개발
	2. 일반 4인승 소형항공기의 “나”등급 비행훈련장치(Level 5 Flight Training Device: FTD) 및 AATD (Advanced Aviation Training Device) 개발
인증	3. 모의비행훈련장치 (Synthetic Flight Trainer) 인증 인프라 연구 및 교육훈련 프로그램 개발
인프라	
교육훈련	

제3절 세부과제 주요 내용 및 추진전략

1. 과제관련 시뮬레이션 기술 연구

(가) 시뮬레이션 개요

(1) 시뮬레이션 개요

시뮬레이션(simulation)이란 어느 시스템이나 공정의 기능을 다른 수단을 활용하여 모의 구현함을 의미한다. 시스템이나 공정의 기능을 표현하기 위하여 우리는 모델을 사용하게 되는데, 모델이란 모델의 대상을 우리가 직접 접촉하지 않고도 이에 관련한 정보를 교환할 수 있도록 하는 상징화된 언어의 집합이다. "상징"이라는 단어가 내포하듯이 모델링은 그 대상의 모든 측면을 표현할 수 없으며, 함축화하는 절차를 반드시 수반한다. 시뮬레이션 정의에서의 "다른 수단"으로는 컴퓨터와 컴퓨터 언어가 주로 사용된다.

모델링-시뮬레이션(M&S: Modeling & Simulation) 기술은 현대의 다양한 산업과 기술분야에서 매우 중요한 역할을 담당하여왔다. M&S는 기술개발의 시험 단계에서 알고리즘과 매개변수를 체계적으로 변화시키기 위한 연구 개발용 도구로서, 그리고 새로운 프로그램의 초창기에 개발될 시스템을 비교평가 하는 도구로서 일반적으로 활용되어 왔다. 모델링 기술은 해석 기술(Analysis) 자체만큼 오랜 역사를 갖지만, 시뮬레이션 기술의 발달은 컴퓨터 기술의 발달과 같이 한다.

시뮬레이션 기술을 분류하는 방법에는 여러 가지가 있을 수 있다. 시뮬레이션이 실제의 현상이 일어나는 시간대와 동일한 시간 내에 수행되느냐에 따라 실시간과 비실시간으로 분류할 수 있고, 시뮬레이션의 목적이 연구개발인가, 교육훈련인가, 오락인가에 따라 시뮬레이션의 종류를 분류하는 방법도 있다.

시뮬레이션에 실제의 하드웨어나 사람이 그 일부로 포함되느냐의 여부에 따라 HILS (Hardware-In-the-Loop Simulation)와 MILS (Man-In-the-Loop Simulation)를 단순 시뮬레이션과 분리할 수도 있을 것이다. 하지만, 항공기의 조종사 훈련용 시뮬레이터나 워게임과 같은 군사용 시뮬레이션 등을 다루는 시뮬레이션 분야에서 정의하는 방식은 통상 가상 시뮬레이션, 구성 시뮬레이션, 실제 시뮬레이션 등의 3가지 분야로 구분한다.

(2) 시뮬레이션 기술의 진화

시뮬레이션 분야에서 시뮬레이션을 가상 시뮬레이션, 구성 시뮬레이션, 실제 시뮬레이션 등 다음과 같이 정의한다.

(가) 가상 시뮬레이션(Virtual Simulation)

가상 시뮬레이션은 항공기의 조종사 훈련용 시뮬레이터나 가상현실(Virtual Reality) 기술로 대표된다. 즉, 가상 시뮬레이션이란 가상의 세계를 창출하여 실제의 사람이 훈련, 오락, 연구 등의 목적으로 활용하는 시뮬레이션 기술이라 하겠다. 가상의 세계는 사람이 손으로 감각할 수 있는 하드웨어로 구성될 수도 있고, 가상현실 기술에서처럼 컴퓨터에 의하여 생성된 순수 가상의 세계일 수도 있다. 이 가상 시뮬레이션의 효시는 1927년과 1929년 사이에 제작된 Edwin Link의 조종사 모의비행훈련장치인 “Blue Box”로 통상 인정된다. 물론, 1903년 Wright 형제의 첫 동력 비행을 위하여 매우 원시적인 비행훈련장치가 Wright 형제 자신들에 의하여 고안된 적이 있고, Link 이전에도 모의비행 훈련장치에 대한 필요에 따라 1910년의 Sanders Teacher 등 다양한 장치들이 고안되었다. “Blue Box”라 불리는 Link의 Link Trainer를 가상 시뮬레이션의 효시로 인정하는 이유는 모델과 시뮬레이션이라는 개념이 원시적인 형태이기는 하나 진정으로 도입되었기 때문이다. 그는 피아노와 오르간 제작을 업으로 하는 집안의 영향 하에 기학(氣學: Pneumatics) 기술을 기초로 연산장치를 고안하여 항공기의 비행특성을 시뮬레이션 하였던 것이다. 훈련용 시뮬레이터를 강력한 추진축으로 하여 Analog, Hybrid, Digital Computer의 시대를 거치며 비약적으로 발전해 온 가상 시뮬레이션 영역은 오늘날까지도 시뮬레이션 기술 전반에서 가장 중요한 위치를 차지하고 있다.

(나) 구성 시뮬레이션 (Constructive Simulation)

2차 대전이 막바지에 이르고 있던 1940년대 중반에는 또 다른 형태의 시뮬레이션 기술이 영국에서 탄생하고 있었다. Operations Research 기술로부터 출발한 구성 시뮬레이션이 바로 그 것인데, 주로 지상 전투의 워게임 시뮬레이션으로 발전하여 왔고, 1980년대 초반에 이르러는 해군과 공군으로까지 확장되어 전체 군의 전력 분석용 시뮬레이션 기술로 성장하였다. 부대 단위의 시뮬레이션에서 시작된 워게임 또는 구성 시뮬레이션은 대규모 군 대 군의 단위로 확장되었고, 나중에는 다수의 전쟁 모델을 동시

에 시뮬레이션 할 수 있도록 세부 내역과 모델들의 동기화까지 수용하게 되었다. 이러한 발전은 ALSP (Aggregate Level Simulation Protocol) 프로그램으로 연결되며, 모델 개발자와 사용자의 연합을 유도하였다. ALSP의 주목적은 전투 시뮬레이션을 통하여 결정권자들을 훈련시키는 것이었다.

(다) 실제 시뮬레이션(Live Simulation)

실제 시뮬레이션은 가상 시뮬레이션이나 구성 시뮬레이션과는 또 다른 형태의 시뮬레이션 영역으로 3가지 시뮬레이션 중 가장 뒤늦은 1970년대에 시작되었다. 이 시뮬레이션은 1970년대 미 해군의 Top Gun school로부터 유래되었는데, 실제의 장비와 실제의 인력을 활용한다. ACMI (Air Combat Maneuvering Instrumentation) 시스템이 좋은 예가 될 수 있는데, 전투기 조종사들의 훈련을 위하여 적군과 아군으로 나누어 실제 전투 상황과 같은 공중 교전을 연출한다.
단, 기총이나 미사일이 발사되지 않고, 이에 해당하는 데이터가 무선통신을 통하여 지상의 중앙 컴퓨터에 전달되고, 적기에 대한 격추 여부가 시뮬레이션을 통하여 산출되어 적기에 역시 무선으로 전달되는 것이다. 이러한 전투 상황은 중앙 컴퓨터에 의하여 통제되고 컴퓨터 그래픽스 기술을 동원하여 시현됨으로써 가상 시뮬레이션을 통한 훈련보다는 한 차원 실제 상황에 근접하는 무대를 연출한다. 이러한 실제 시뮬레이션 기술은 Red Flag나 ACMI로 발전하였고, 1980년대에 접어들어 육군의 훈련을 위해서도 활용되기 시작한 이래 우리군의 과학화 훈련단에서도 채택하여 운용 중에 있다.

나. 시뮬레이션 기반 기술

(1) 시뮬레이션 기반 기술

시뮬레이터 시스템의 형상은 시뮬레이션 대상이 항공기냐, 자동차냐, 발전소냐에 따라 좌우될 수밖에 없다. 더 나아가, 항공기 시뮬레이터의 경우도 대상 기종이 고정익기냐, 회전익기냐, 또 기종에 따라서 시뮬레이터 시스템의 세부 S/W, H/W 구조가 달라질 것이다. 시뮬레이션의 목적이 연구 개발용인가, 교육 훈련용인가, 오락용인가에도 시스템의 형상이 좌우될 수밖에 없을 것이다. 하지만, 이러한 시스템들의 형상은 대체로 공통된 특징을 갖고 있다. 본 장에서는 그 공통분모에 대하여 다루고자 한다. 시뮬레이터들 중에서도 항공기 시뮬레이터가 가장 포괄적이고, 일반적이기 때문에 다음의 내용들은 항공기 비행 훈련용 시뮬레이터를 위주로 전개된다.

그림 35의 경우는 캐나다 CAE사의 B777 비행 훈련용 시뮬레이터의 외양과 내부를 개념적으로 보여주고 있다. 시뮬레이터는 통상 조종석, 모션 프렛폼, 비주얼 시스템, 교관석 등으로 구별된다. 조종석 또는 Cab는 조종사가 위치하는 공간이며, 비행, 항법, 통신을 위한 각종 계기, 스위치, 장비 등과 엔진제어계통 비행조종계통 장치들이 포함된다. 교관석은 IOS (Instructor's Operation Station)라고 지칭하며, 시뮬레이터 전체 시스템 자원들과 상태를 관찰하고 통제한다. 그림 2에 IOS의 전형적인 형상이 나타나 있다. 모션 플렛폼은 조종사 귀 내부의 전정기관에 모션 큐를 제공하여 움직임을 느끼게 하는 장치로 통상 Stewart Platform 방식의 6 DOF 시스템이 적용된다. 비주얼 시스템은 조종사가 조종석 내부 또는 창 밖에서 감지하는 비주얼 큐를 제공하는 것을 목적으로 하며, 특히 창 밖 시계 또는 OTS (Out-the-Window)의 시현이 위주가 된다. 이러한 서브 시스템들을 통합하는 컴퓨터 시스템의 형상이 그림 3에 도시 되었다.

다음은 군용 시뮬레이터의 형상을 살펴보자. 그림 4에는 미국 Evans & Sutherland 사 F-16 전투기의 비행 및 전술 훈련용 시뮬레이터 형상의 개념도를 보여주고 있는데, 얼듯 보기에는 상용 비행 시뮬레이터와 매우 다른 형상을 갖는 것으로 보이지만, 그 H/W 및 S/W의 구성은 앞서의 B777 시뮬레이터와 매우 유사하다. 단, 이 경우는 돔 타입의 비주얼 디스플레이 시스템을 사용하고 있고, 앞서의 경우는 컬리메이션 (collimation) 방식의 디스플레이가 적용되었다.
다음의 절들은 시뮬레이터를 구성하는 서브 시스템들과 이들을 구현하기 위한 기술들에 대한 보다 구체적인 설명이다.



그림 35 B777 비행훈련용 시뮬레이터의 외부 및 내부 형상



그림 36 B777 비행훈련용 시뮬레이터의 IOS

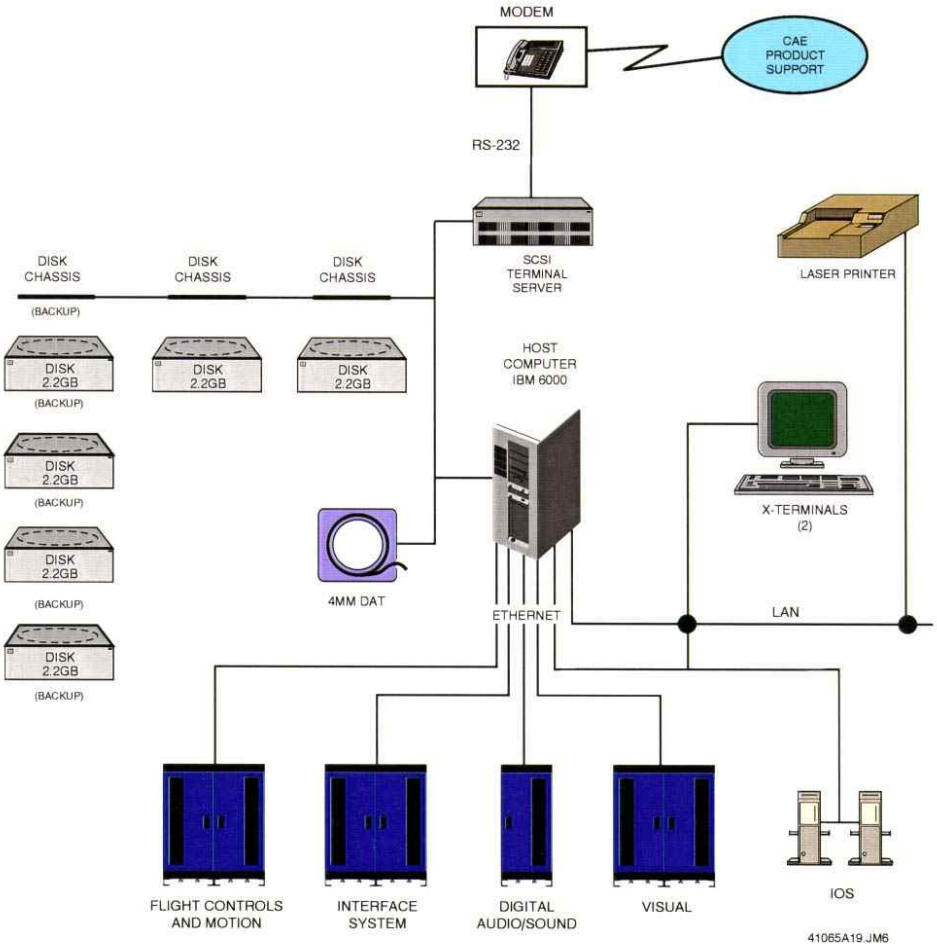


그림 37 B777 시뮬레이터의 컴퓨터 시스템

(2) 시뮬레이터 요소 기술 분류

시뮬레이터의 요소 기술은 시뮬레이터의 구성 형상에 따라 조종석, 컴퓨터, 영상장치, 모션 시스템, 조종감 제시기, 교관석으로 구분할 수 있다.

구분			적용기술 및 설명
조종석	조종반력장치		항공기 조종면에 가해지는 힘을 조종사에게 전달하는 장치
	계기		항공기의 계기를 모사 하는 장치
컴퓨터	입출력장치		시뮬레이터와 주 컴퓨터 간의 통신을 담당하는 장치
	주 컴퓨터 (HOST)		시뮬레이터 주 프로그램과 장치들의 연산을 수행하는 장치
	주 프로그램		항공기의 각종 기능에 관련된 수학적 모델
	음향장치		항공기의 소음 및 계기의 음향을 재현하는 장치
영상 장치	영상생성장치		영상을 실기간적으로 재현해주는 장치
	시현 장치	프로젝터	영상 DB를 조종사에게 시현해 주는 장치
		스크린	영상 DB를 조종사에게 시현해 주는 장치
	영상 데이터베이스		동적 개체들을 포함하는 주변 환경을 시각화 하기위한 영상을 제작하기 위한 데이터 (고도, 지도, 3D 모델라이브러리 등이 있음)
모션 시스템	모션 플랫폼		항공기의 병진 방향 힘들과 회전 운동들 모사하는 장치
	워시아웃 프로그램		모션 큐의 onset 부분이 시현 된 직후 조종석 또는 Cab을 슬며시 중립 또는 정상 상태로 되돌리는
교관석	교관통제석		훈련 시나리오 생성 및 훈련 절차를 실행하는 장치
	디브리핑 장치		훈련생의 훈련 기록 등을 저장, 평가하는 장치

(3) 조종석

(가) 조종 반력 시스템

① 고정익 항공기 비행조종 시스템

고정익 항공기의 비행조종시스템은 항공기의 유형에 따라 매우 다양하게 설계된다. 예를 들자면, 초경량 항공기와 우주왕복선의 비행조종 시스템들은 서로 상이하게 설계될 수밖에 없을 것이다. 또한, 비행조종시스템의 설계는 개발 당시에 적용가능한 기술, 기체의 형상, 항공기의 임무 등에 좌우된다.

이러한 폭 넓은 다양성에도 불구하고, 대부분의 비행조종 시스템들은 다음과 같이 분류될 수 있다.

구 분	구동 방식
역전가능 (reversible)	직 구동 (direct mechanical) 탭 구동 (tab driven)
역전 불능 (irreversible)	기계식 전자식 (Fly-By-Wire)

역전가능 비행조종시스템이란 조종석에서의 조종이 기계식으로 바로 연결된 관련 비행 조종면의 움직임으로 나타나는 시스템을 말한다. 결과적으로, 조종석의 조종장치에서 생성된 힘들이 비행 조종면 힌지 (hinge)에 직접 적용되며, 조종면상의 공기력들이 조종석의 조종 장치상에서 바로 감지된다. 따라서 비행 조종면상의 일반 공기력 및 기동력들이 조종석의 조종 장치들을 역으로 구동할 수 있게 되므로, 시스템이 역전가능 하다고 한다. 반면에 역전 불가능 비행 조종 시스템이란 조종석의 조종이 구동장치의 힘을 빌려 해당 비행 조종면을 움직이는 시스템을 일컫는다. 결과적으로 조종석의 조종장치에서 생성된 힘들이 보강되어 비행 조종면의 힌지에 적용되며, 조종면상의 공기력은 조종석의 조종장치에 전달되지 않거나 부분적으로만 느껴진다. 따라서 조종면상의 공기력이나 기동력들이 증폭 액추에이터로 인하여 조종장치들을 역 방향으로 구동할 수 없게 되어 이 시스템은 역전 불가능하다 말한다.

기계식 역전가능 직 구동 시스템은 공기력 부하로 인한 조종석 조종력이 경미한

General Aviation급의 경비행기에서 사용된다. 탭 구동 시스템은 직 구동 시스템이 채용될 경우 조종사에게 전달되는 조종력이 너무 버거운 DC-9과 같은 중급 항공기에 주로 사용된다. 이러한 시스템들에서 탭의 들림은 비행 조종면을 공기력 부하에 반하는 방향으로 움직이게 한다. 한편, 조종면에 작용하는 공기력들이 매우 큰 B747 이나 A340과 같은 대형 수송기들이나 F22 최신예 전투기처럼 컴퓨터제어 방식의 비행조종장치를 갖춘 항공기에서는 유압식 또는 전동 기계식 또는 Fly-By-Wire 시스템이 사용된다.

임의의 항공기에서 비행조종 시스템들을 통상 주 조종계통과 부 조종계통으로 분류하게 된다. 주 조종장치는 항공기의 피치, 요우, 롤 등의 자세 기동을 주도하는 시스템들을 일컫는다. 그 외의 조종장치는 부가적인 것으로 간주된다. 이러한 정의를 사용할 경우 다양한 조종 시스템들은 다음과 같이 분류된다.

주조종기	부조종기
Elevators	Speed Brakes
Trimmable Stabilizer	Slats & Flaps
Ailerons	
Roll Spoilers	
Rudder	

② 조종감 반력 시스템

조종석에서의 조종감이란 조종사가 조종면이나 타이어의 변형 크기와 직결된 조종 레버의 작동 시 입력에 따른 차량의 응답으로 인하여 감지되는 저항력 또는 부하를 의미한다. 이러한 조종감은 시뮬레이터의 조종감 제시시스템 (Control Loading System)에 의해 시뮬레이션 된다.

조종감 제시 시스템은 결정적으로 중요한 조종사-항공기간의 인터페이스를 시뮬레이션 하므로, 시뮬레이터에서 가장 잘 표현되어야 할 속성이다. 조종사 훈련에 있어 이미 상당 부분이 실제 항공기에서 시뮬레이터로 이전되었으므로 취급특성의 표현에 대한 요구사항도 강화되었다. 따라서 이 인터페이스의 정확성에 대한 요구도 실제적으로 강화되어 왔다. 조종감 제시기는 부하제시장치와 비행조종시스템 모델

등 두 가지 기본요소로 구성되어 있다고 할 수 있다. 부하제시장치는 시뮬레이터 조종석에서 느끼는 실제 조종력을 만들어내며, 비행조종 모델은 특정 항공기의 비행조종시스템이 임의의 비행조건 하에서 생성하는 다양한 힘들을 시뮬레이션 한다. 이러한 두 구성 요소들이 통합되어 시뮬레이터에서 요구되는 정적 f(x), 동적 f(x,t) 조종석 조종력들을 제시하게 된다.

㉮ 조종감 제시 시스템 유형

조종감 제시기는 수동형과 능동형으로 분류할 수 있다. 수동형 조종감 제시기는 시스템에 에너지를 유입 시키지 않으므로, 시뮬레이터 비행조종 메커니즘을 역 구동 시킬 수 없다. 반면에, 능동형 조종감 제시기는 시스템에 에너지를 도입시키므로 시뮬레이터 비행조종 메커니즘을 역 구동 시킬 수 있다. 대부분의 능동형 장치들은 폐회로 서보(closed loop servos)로 구동 된다.

다음은 전형적으로 사용되는 조종감 제시기들에 대한 분류이다.

수동형 부하 제시기	능동형 부하 제시기
마찰 브레이크	유압식 액추에이터
기계식 스프링	전동기
기계식 댐퍼	
기계식 질량	

□ 수동형 장치

수동형 장치들은 비행조건에 따라 시뮬레이션 되는 힘들이 변하지 않아 시뮬레이터 조종 메커니즘을 역 구동 할 필요가 없는 경우에 통상 적용된다. 수동형 장치들은 보통 다음의 부 조종장치 (secondary controls)들에 적용된다.

1) 플랩 레버 (Flap Levers)
2) 강착장치 레버 (Landing Gear Lever)
3) 스로틀 (Throttles)
4) 기타 레버 (Misc Levers)
5) 속도제동 레버 (Speed Brake lever)
6) 가속 페달 (Accelerator Pedal)

□ 능동형 장치

능동형 장치들은 비행조건에 따라 힘들이 변하고, 정확한 동적 성능이 요구되며, 시뮬레이터 조종 메커니즘을 역 구동 시킬 필요가 있는 경우에 사용된다. 능동형 장치들은 일반적으로 다음과 같은 주 조종 장치들과 일부 부 조종 장치들에 적용된다.

1) 컬럼 (Column)
2) 스로틀 (Throttles: auto)
3) 휠 (Wheel)
4) 토우 브레이크 (Toe Brakes)
5) 러더 페달 (Rudder Pedal)
6) 스탭 트림 휠 (Stab Trim Wheel)
7) 노즈 휠 틸러 (Nose Wheel Tiller)
8) 이머전시 랜딩 (Emergency Landing)
9) 기어 레버 (Gear Lever)
10) 스티어링 휠 (Steering Wheel)
11) 트랜스미션 레버 (Transmission Lever)
12) 크러치 페달 (Clutch Pedal)
13) 브레이크 페달 (Brake Pedal)

㉯ 능동형 조종감 제시기 서보

능동형 조종감 제시기의 요구사항과 구성요소를 살펴보면 다음과 같다.

□ 서보요구사항

조종감 제시기의 기능은 조종감을 시뮬레이션 하는 것이다. 물론, 이러한 기능은 항공기의 종류에 따라 다를 것이며, 조종감 제시기에 대한 성능 요구사항도 가변적일 수밖에 없을 것이다. 하지만, 조종부하 서보는 일반적으로 특정 항공기에 맞추어 설계되기 보다는 표준화되어 있다. 특정 항공기의 조종감은 이러한 표준 서보들과 특정 항공기의 조종 모델을 통합하여 얻어진다. 결과적으로, 조종부하 서보는 통상적인 항공기 조종력들을 분석하여 유도된 임의의 요구사항을 충족시킬 수 있는 성능을 가져야 한다. 이러한 일반 요구사항은 정적과 동적의 두 가지 기본 항목으로 구별될 수 있다.

다음은 각 항목에 해당하는 전형적인 요구사항을 제시한다.

정적 요구사항	동적 요구사항
임계력 (Force Threshold) 0.1 lb	고 진폭 자유응답 고유주파수 (Large Amplitude Free Response Natural Frequency) 5 Hz
최대력 (Maximum Force) 250 lb	미소신호 대역폭 (Small Signal Bandwidth) 50 Hz
최대 힘경사율 (Maximum Force Gradient) 300 lb/in	

임계력은 서보가 충실하게 재현할 수 있는 힘의 최저수준을 규정한다. 최대력은 조종사의 손에 전달될 수 있는 힘의 최대 값으로 조종력 잼 (jam) 현상의 시뮬레이션 시에 발생한다. 최대 힘경사율은 전방질량 멈춤, 잼, 사전부하 스프링, 정적 마찰력 등과 같은 가파른 힘 경사율의 시뮬레이션 시에 나타나는 조종 반발성향의 최대치이다.

자유응답 (또는 스텝 응답) 요구사항은 서보가 통상 2~5 Hz 범주의 감쇄고유주파수를 갖는 항공기의 조종운동특성을 재현할 수 있어야 한다고 규정하고 있다. 또한, 대역폭에 관련한 요구사항은 서보가 미소 진폭을 갖는 50 Hz까지의 신호에 대하여 응답할 수 있어야 할 것을 요구한다.

□ 서보 하드웨어

전형적인 조종감 제시 서보 시스템은 다음의 하드웨어 구성요소를 포함한다.

구 성	구 성 요 소	
조종석 조종장치 및 링키지	조종간 그립	
부하제시장치	유압식	유압식 액츄에이터 (Typically Hydrostatic)
		유동제어 서보 밸브 (Flow Control Servo-valve: Two Stage)
	전기식	전동 모터 (AC 또는 DC)
		기어 축소기 (Gear Reduction Device)
		파워 앰프 (Power Amplifier)
변환기	힘/토크(로드셀)	
	속도	
	변위	

부하제시장치는 유압식과 전기식으로 구분할 수 있으며 유압식과 전기식의 각 장점은 다음과 같다.

구 분	장 점
유압식	- 오랜 사용과 적용사례로 인한 입증된 성능 - 유압의 사용으로 고 출력 성능 - 소 패키지
전기식	- 유압식 펌프와 배전 시스템이 필요 없음 - 유압 오일이 유출되거나 이슬이 발생으로 인한 오염의 염려가 없음 - 개선된 신뢰성 - 낮은 정비유지 비용 - 낮은 획득비용 및 수명비용 (life cycle costs)

□ 전기식 시스템의 형상

각 조종축 또는 조종간은 시뮬레이터 링키지와 기어 축소기를 통하여 전기 모터에 연결된다. 파워 앰프로부터의 전류를 통하여 생성되는 모터의 토크는 기어 축소기 샤프트에 적용되어 조종력을 만들어낸다. 힘 변환기 (force transducer)는 힘의 전달 길목에 설치되는데, 힘의 해상력을 최대화하기 위하여 기어 감속기의 조종장치 쪽에 통상 장착된다. 이러한 이유로, 기어 감속기는 측정 가능한 백레쉬 (backlash)가 없어야 한다. 백레쉬는 힘의 전달을 불연속으로 만들어 서보 안정성에 부정적인 영향을 미친다. 속도 및 변위 변환기들은 시뮬레이터 링키지의 백레쉬, 마찰, 이완 등으로 야기되는 내부 서보 루프에서의 불연속성과 비선형성을 방지하기 위해 통상 모터 축에 바로 장착된다.

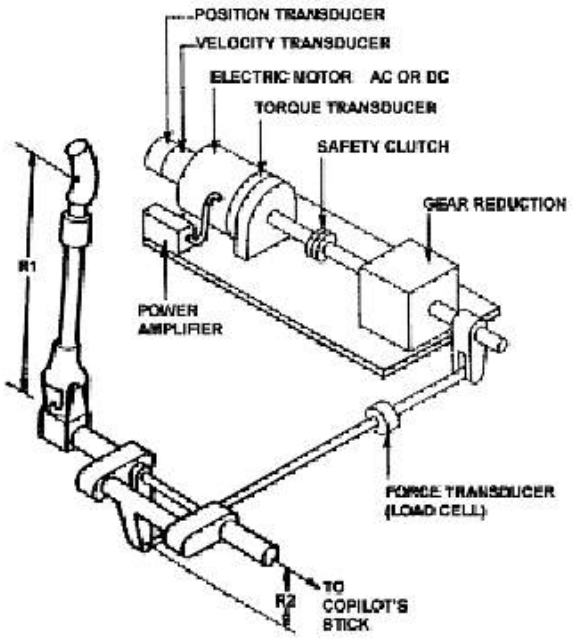


그림 38 전기식 시스템 형상 예

□ 유압식 시스템의 형상

각 조종 축 또는 조종간은 시뮬레이터 링키지를 거쳐 액추에이터의 피스톤 로드에 연결된다. 피스톤의 유압은 서보 밸브에 의해 변환되어 조종부하를 제공한다. 힘 변환기는 힘 전달 길목에 설치되며, 통상 피스톤 로드의 끝 또는 매우 견고한 연결 링크를 이용하여 주변에 장착된다. 속도와 변위 변환기에 대해서 전기식 시스템과 동일한 원칙이 적용된다. 여기에서도 시뮬레이터 링키지에 의한 내부 서보 루프에서의 비선형성과 불연속성을 방지하도록 설계되어 있다.

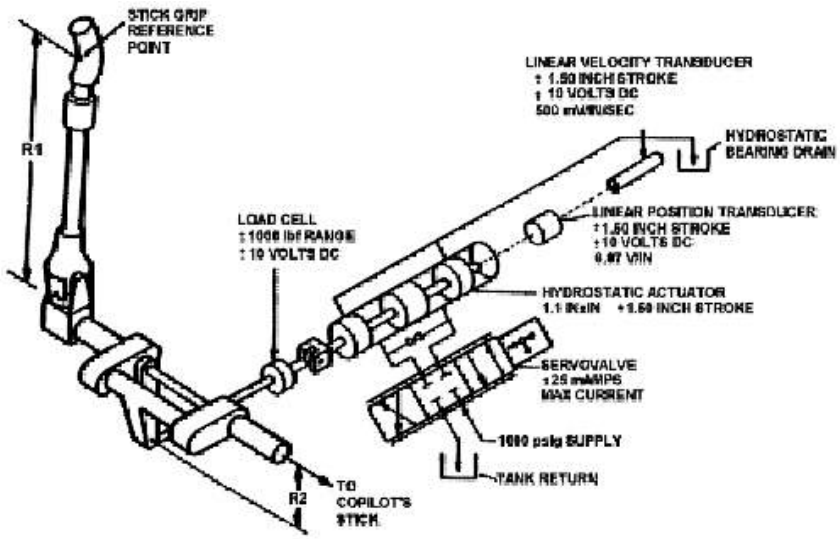


그림 39 유압식 시스템 형상 예

(나) 계기 시스템

항공기 조종석을 구현하는데 있어 조종사에게 비행감각을 제시하는 장치로 조종감 제시기와 함께 비행 계기들이 있다. 비행계기들은 항공기의 종류에 따라 달리 구성되어 진다. 비행계기들은 아날로그식 비행계기를 사용한 항고기의 아날로그식 계기를 구현하는 방식과 현재의 최신 계기 방식인 디지털 방식의 비행계기를 구현하는 방식이 있다. 최근에는 항공기의 비행계기가 Glass Cockpit의 형태로 디지털화 되어감으로 인해 비행계기도 LCD 패널에 계기를 구현하는 방식으로 바뀌고 있다.



그림 40 디지털 방식 회전익 계기 구성 예

(4) 컴퓨터

(가) 시스템 입출력 장치

시뮬레이터에 사용되는 컴퓨터로의 입출력 신호는 고유의 특성을 갖는다. 그 일부를 정리하면 다음과 같다.

(1) 입출력 유형
시뮬레이터 입출력 상의 고유의 특성을 이해하기 위하여 그 신호들을 분리해 살펴보자.

- 불연속 입력: 이는 승무원이 조작하는 라디오 채널 선택장치, 회로 차단기와 같은 토글 (Toggle) 또는 선택형 스위치로부터 발생한다.
불연속 출력: 통상 조종석 내의 주의나 경고용 지시기 등을 켜는데 사용된다.
아날로그 입력: 조종간이나 러더(Rudder) 같은 조종장치의 위치를 지시하는 연속 가변형 전위들이 이에 해당된다.

- 아날로그 출력: 고도계와 같은 연속 가변형 지시계들을 구동하는 전위들이 이에 속한다.

- 동기식 출력: 지시계들을 구동하며 제어 가능한 위상 변위를 갖는 신호들이 이와 같이 분리 된다. 이들은 아날로그 신호로서 계기들이 경제적인 이유로 인하여 전위에 따라 응답하도록 개조되지 않는 경우에 사용된다.

조종석과 시뮬레이션 컴퓨터간에 모든 정보의 이동을 취급하는 접속부는 다수의 A/D, D/A 변환기와 다중송신기(Multiplexer), 전원 장치 등으로 이루어진다. 이 부분을 구성하는 데는 상당한 비용이 소요되며, 조종석 내부 장치들을 변경할 시마다 이 접속부와 관련 소프트웨어도 따라서 개조되어야 한다는 단점이 있다.

다양한 기능을 수행하기 위하여 여러 대의 마이크로컴퓨터를 접속부에 분산 배치하는 방식이 관련 하드웨어 가격이 저렴해짐에 따라 시도되고 있다. 이 방식은 상대적으로 저가인 하급 마이크로컴퓨터들에 역할을 분담시키는데, 구성에 큰 비용이 소요되지 않는다. 시스템이 적절하게 설계된다면 모듈 별로 단위화가 가능하며, 접속되는 조종장치와 계기들이 변환되어도 모듈 별로 대체함으로써 주 컴퓨터에 주는 영향을 극소화 할 수 있다는 장점이 있다. 마이크로 컴퓨터들의 가격이 현격하게 하락하고 있는 만큼 이러한 방식이 경제적으로 가능하여지는 것은 시간 문제라 하겠다.

(나) 주 컴퓨터(HOST)

① 비행모델(공력, 추진 등)연산장치

항공기의 각종 기능에 관련된 수학적 모델들은 모의비행의 심장부로서, 모의비행을 언급할 때 우선적으로 연상되는 것들이다. 이러한 모델들은 일련의 수학적 공식들로 이루어지며, 비행 시뮬레이터 조종석내의 조종자가 비행착각을 느끼도록 하는 근원이 된다. 그 공식들의 해(解)는 1초 내에도 많은 횟수로 반복되어 구해지는데, 공식들이 더 복잡할수록, 더 자주 해(解)가 계산될수록 비행운동의 모의구현은 더욱 정확해지며 연속적으로 느껴져 더욱 실감나는 모의구현이 이루어진다. 이러한 요건을 충족시키기 위해서는 컴퓨터 하드웨어가 고성능의 CPU(Central Processing Unit)와 적정 용량의 메모리를 갖추어야 한다. 고성능 CPU를 요구함은 보다 복잡정교하고 정확한 항공기 모델의 연산처리를 가능케 하여 사실도 높은 모의구현을 추구하기 위함이며, 적절한 기억용량에 대한 요건은 이 공식들이 많은 기억공간을 차지하지 않기 때문이다.

비행 시뮬레이터 제조업계는 최근까지도 최고 수준의 미니컴퓨터만을 사용하여왔는데, 이는 적절한 가격에 최상의 성능이 보장되기 때문이었다. 하지만, 지난 수년간 마이크로프로세서를 근간으로 한 컴퓨터들의 비약적인 발전으로 이들의 사용이 점점 늘어가고 있다.

(다) 주 프로그램

① 항공기 모델링

항공기 모델링 소프트웨어는 관심이 되는 항공기의 거동을 모의 재현하기 위하여 필요한 모든 것을 포함한다. 주요 구성원을 열거해 보면, 공력 모델, 추진 모델, 항공기의 다양한 시스템 등과 전투기의 시뮬레이션인 경우는 무기체계의 모델까지도 이에 해당된다.

이러한 모델들의 대부분은 동기적으로 실행된다. 여기서 동기적이라 함은 정확한 시간간격에 따라 반복됨을 의미한다. 항공기의 거동을 시뮬레이션 하기 위하여, 일련의 모델들이 컴퓨터 상에서 되풀이되어 연산이 되는데, 1회 연산에 소요되는 시간을 프레임(Frame) 또는 적분간격(step size)이라고 한다. 모델들의 대부분은 미분방정식에 의하여 정의가 되고 이들의 해를 구한다 함은 적분을 의미하기 때문에 적분간격이라는 용어가 사용되는 것이다. 경우에 따라서는 모델들의 일부가 매 프레임 당 연산 될 필요가 없거나, 컴퓨터의 연산처리능력의 한계 때문에 연산이 불가능할 수가 있는데, 이러한 경우에는 그 작업의 부분 부분이 여러 연속되는 프레임

에 걸쳐 나누어 실행되기도 한다. 엔진모델의 연산이 좋은 예인데, 다발엔진 항공기에서 한 프레임 당 단 하나의 엔진만이 처리되는 것이 일반적이다. 이 일련의 프레임들이 조합되어 한 번의 완전한 시뮬레이션을 구성하는데, 이를 한 사이클(cycle)이라 한다. 즉, 하나의 사이클은 순간순간의 시뮬레이션을 완성하는 것이다.

항공기의 각 모델들은 같은 주기를 갖고 연산처리 될 수도 있지만, 때로는 보다 정교한 시뮬레이션을 위하여 다른 여러 주기가 달리 적용되기도 한다. 거동이 시간축에 따라 완만하게 변하는 경우는 비교적 긴 프레임 내에 해가 처리되어도 무방할 것이며, 급격히 변하는 경우는 연산에 소요되는 프레임의 길이가 매우 짧아야 할 것이다. 이처럼 여러 프레임이 동시에 사용되는 경우에 가장 짧은 것을 기본 반복율(iteration rate)이라 한다.

시뮬레이터의 성능을 평가하기 위하여 반복율이 얼마다 할 때 이 기본 반복율을 지칭하는 것이다. 이 기본 반복율이 어떠한 값을 가져야 하느냐 하는 데는 의견이 사실 분분하다. 최고급 공학용 시뮬레이터의 경우는 현재 120Hz 정도가 가능하며, 500Hz까지 그 반복율을 높이려는 노력이 계속되고 있다. 이처럼 높은 비율은 항공기의 설계, 특히 조종계통의 설계를 지원하기 위하여 요구된다. 훈련용 시뮬레이터의 경우는 비교적 낮은 반복율로도 충분하다. 고성능 항공기에 대한 고급 시뮬레이터에서는 50~60Hz가 종종 사용되기도 하지만, 30Hz가 통상 훈련용 시뮬레이터에서 찾아볼 수 있는 반복율이다. 민간 시뮬레이터의 경우는 미국 FAA (Federal Aviation Administration)에서 시뮬레이터의 등급에 따라 그 한계 반복율을 규정하고 있기는 하다.

② 환경 모델링

전통적으로 시뮬레이션은 항공기 자체와 그 시스템을 모델링 하는데 주로 사용되어 왔다. 하지만, 항공기가 주변 환경 속에서 비행을 한다는 사실이 인식됨에 따라 이러한 경향은 변화하고 있다. 즉, 효과적인 훈련이 되기 위해서는 훈련생도가 주변환경과 상호반응을 하여야 하므로, 환경의 모델링이 중요한 시뮬레이션의 대상이 된 것이다. 공학용 시뮬레이터에서는 이 환경의 모델링이 그리 중요치 않게 취급되기도 하지만, 공학용 시뮬레이터라 하더라도 전술평가 시에는 환경을 모의구현 한다.

(5) 시뮬레이터 영상 시스템

(가) 영상 시스템 하드웨어

① 인지적 관점에서의 영상 시스템 요구사항

영상 시뮬레이션이란 정적, 동적 개체들을 포함하는 주변 환경을 시현하는 기술이다. 주변 환경의 시뮬레이션에는 대기와 기상, 지형과 지표면의 변형, 해양과 해수의 변화 등이 포함될 수 있다. 시뮬레이션 되는 개체에는 다양한 유형의 관절연결 부품, 애니메이션 효과, 방사 (radiation) 효과 등이 포함될 수 있으며, 무기와 같이 시뮬레이션 개체에서의 발사도 해당된다. 이러한 개체들의 수학적 모델들은 컴퓨터에서 수치연산을 통하여 시뮬레이션 되는 반면, 결과적으로 나타나는 개체들의 시각적인 움직임은 영상 시스템에 의한 시현 과정을 거쳐 볼 수 있게 되는 것이다.

비행 또는 지상 차량의 시뮬레이션에 적용되는 영상 시스템은 디스플레이와 영상생성장치 (Image Generator: IG), 두 가지 하부 시스템으로 구성된다. 디스플레이는 기동 중인 운전자가 속한 환경에 대한 영상 정보를 운전자의 시각으로 직접 전달한다. 조종사의 눈으로 전달되는 시계의 범위 (Field of View: FOV), 해상도, 밝기, 색의 대비 등은 디스플레이의 특성 또는 사양에 의해 제약된다. IG는 디스플레이에 화면의 내용을 제공하며, 디스플레이 사양의 한계 내에서 운전자가 보는 모든 시각정보의 근원이 된다. 경우에 따라 IG와 디스플레이는, 시뮬레이션 되는 차량의 위치와 속도 그리고 기타 상태를 나타내는 정보를 받기 위하여 시뮬레이터와 접속되는 영상 시스템 제어용 컴퓨터의 지시를 받게 된다. 영상 시스템의 설계는 운전자가 시뮬레이터에 할당된 임무를 수행하기 위해 요구하는 시각적 요구사항에 의해 지배를 받는다.

영상 시뮬레이션 기술은 우선 관측자의 시각에 충족되어야 한다. 하지만, 영상 시스템의 사양은, 주어진 가격 한도 내에서 기술적으로 무엇을 생성할 수 있느냐, 시뮬레이션 임무를 수행하는데 관측자에게 무엇이 필요하고 무엇이 필요하지 않느냐 등을 근거로 결정되는 것이 현실이다. 이러한 선택을 위하여 영상 시스템 설계자는 인간의 시각 (vision)과 영상 인식 (visual perception) 상의 특성을 이해하여야 한다. 또한, 영상 시스템의 사양 선택은 시뮬레이터의 용도에 더욱 많은 영향을 받는다. 예를 들어, 항공기 설계용 비행 시뮬레이터에 중요한 특성이 비행 훈련용 시뮬레이터에 같은 정도의 중요성을 갖지 않을 수도 있다는 것이다.

사람의 영상 시스템 성능은 두 가지 핵심인자 집합에 의해 결정된다. 한 가지 집합은 광 물리학 (physics of light), 광학 (Optics) 법칙, 물질 매개변수, 그리고 이러한 매개 변수들을 시뮬레이터의 영상 시스템으로 통합하는 공학적 원리 등으로부터

나온다. 두 번째 인자 집합은 시각의 정신물리학 (psychophysics)과 인간 관측자에게 채택된 인지절차 (perceptual process)에 근원을 둔다.

시각은 실세계에 대한 데이터를 이끌어내는 인간의 기본 센서로, 실세계에 대한 상당한 양의 감각적 지식을 제공한다. 시각은 인간의 공간적 방향감에 있어서도 지배적 역할을 한다. 시각 시스템은 인체의 다른 감각들과 결합되어 시각/평형감/운동감 감각 간의 상호작용을 일으킨다. 예를 들어, 자세와 전정기관/시각시스템의 반사작용이 망막 상의 이미지를 안정시키는 것과 같은 것이다. 영상 정보는 어디에서 정보를 찾을지를 결정하는데 관련되는 다양한 감각 기관들의 내부 작용을 통하여 의존하여 얻어진다. 조종사의 영상 장면에 대한 인지와 그 정보의 응용은 기억, 현재의 다른 정보와의 비교, 현재의 운전 절차 등에 좌우된다.

② 영상 시스템의 성능 제약

거의 모든 영상 시스템들은 컴퓨터 이미지 생성 (computer image generation: CIG)이나 TV 카메라/모델 보드에 기반하고 있다. 이러한 이미지는 통상 CRT나 라이트 밸브 (light valve)를 통하여 캘리그래픽 (calligraphic) 방식이나 스캔하여 작성된 정보의 형태로, 그리고 컬리메이션 (collimation) 광학장치나 스크린 상으로 조종사에게 제시된다.

영상 디스플레이가 시뮬레이터 조종실에 덧붙여서 설치되었기 때문에 생기는 중요한 기계적 제약은 시각적 안심거리 (eye relief)이다. 시각적 안심거리는 눈으로부터 디스플레이의 첫째 광학적 요소까지의 거리를 의미한다. 스크린이 비행 시뮬레이터에서 사람의 눈으로부터 6 ~ 20ft 사이에 배치 될 경우 통상 이것은 문제가 되지 않는다. 하지만, 무한대의 거리에 상이 맺히도록 컬리메이션 광학 장치를 사용한 경우에는 장치의 일부분이 조종실 구조물 내부로 들어가야 하는 문제를 발생시킬 수도 있다. 이 문제의 확실한 해결책은 광학장치를 조종사의 눈으로부터 멀리 띄어 놓는 방법인데, FOV(Field of View)를 유지하기 위하여 보다 큰 광학장치를 필요로 하므로 비용을 상승시킨다. 비용 상승을 감수할 수 없을 경우는 축소된 FOV에 만족하여야 할 것이다. 예를 들어, 어느 헬리콥터 시뮬레이터 주위에 장착된 6개의 무한대 즉, 컬리메이션 디스플레이 창은 모두 동일한 크기의 광학장치를 사용했음에도 불구하고 창에 따라 24도~48도의 서로 다른 FOV를 시현하였다. 관측자의 시점에서 가장 멀리 위치한 디스플레이의 FOV가 가장 작게 나타났다.

시뮬레이터용 영상 시스템의 가격을 결정하는 가장 큰 요소들로는 FOV, 해상도, 장면의 내용, 게임 영역의 폭, 주변환경에 포함되는 동적 모델의 수 등이 해당된다. 이러한 것들은 장비와 소프트웨어의 용량에 영향을 미치는 인자들로 결국 가격에

절대적 영향을 미치게 된다. 그것들은 또한 훈련에 결정적 영향을 끼친다. 왜냐하면, 그것들은 조종사의 임무수행을 위하여 필요한 정보가 포함될지 아닐지를 결정하기 때문이다.

색의 밝기와 대비와 같은 다른 시각적 요소들은 영상정보가 얼마나 잘 또는 얼마나 편안하게 보여지는지를 결정하는데, 다행히도 사람의 눈은 이러한 값들을 수용하는 공차 범위가 제법 넓다. 영상 정보가 적절한 위치로, 적합한 시간에 제시되는 것 또한 필요하다. 사람들은 이 두 가지 요소들에 대해서도 이전의 두 요소들에 대해서처럼 수용할 수 있는 적절한 공차 범위를 갖고 있다. 그림 높이의 3~4% 정도에 해당하는 공간상의 왜곡은 급격한 불연속적 왜곡점 없이 점진적으로 누적되어 나타난다면, 사격조준기를 제외한 영역에서 수용될 수 있다. 사격조준기 FOV 영역에 나타나는 정보의 정확성은 무장발사를 위한 시각적 요구 사항인 통상 1% 미만의 왜곡을 허용할 뿐이다. 사람들은 대체로 200 msec까지의 시간 지연 또는 왜곡 현상을 수용할 수 있기는 하지만, 빠른 응답특성을 가진 일부 차량이나 까다로운 임무들에서 시간지연 허용범위는 100~150 msec를 넘지 말아야 한다. 보통 이러한 지연 지간의 절반은 조종간과 스로틀 (throttle)의 입력신호 처리와 컴퓨터 연산으로 소비되고, 나머지 절반은 통신과 응답 생성(예, 지시계와 서보의 연동, 운동장치의 위치변화, CIG와 이미지 디스플레이)에 사용된다.

디스플레이가 2차원 이미지 평면으로 제시된다는 사실은 자주 거론되지 않지만, 또 다른 제약 요소로 작용한다. 평면 이미지의 경우, 원근법으로 얻어지는 착시를 제외하고는 장면의 실제적 깊이를 느낄 수 없다. 눈의 초점은 하나의 거리에 대하여 한 번 맞추어지면, 장면을 둘러보는 도중 내내 변할 필요가 없다. 인지 훈련의 목적 중 하나는 자극을 주는 패턴의 차이를 정확하게 식별할 수 있도록 정보를 추출하고 거를 수 있는 능력을 키우는 것이다. 실제의 세상이나 3D 디스플레이를 보는데 있어서 다른 시각적 깊이에서 눈의 초점을 다시 맞추는 과정은, 보고 있지 않은 또 다른 깊이에서 개체들이 제공하는 화면정보를 거부할 수 있도록 도와준다. 이러한 효과나 언급되지 않은 다른 3D 관련 현상들이 시뮬레이터에서 학습한 시각적 인지능력을 실세계의 시각적 인지능력으로 전이하는데 미치는 영향은 아직 알려져 있지 않다.

시뮬레이터용 이미지 생성 장치들은 거의 절대적으로 컴퓨터 이미지 생성 (CIG) 방식으로 전환되고 있다. 또 다른 추세는 워크스테이션이나 PC를 기반으로 한 컴퓨터 그래픽스 제품들의 사용이 계속 확산되어 시뮬레이션용 저가 CIG 선택사양으로 자리잡아가고 있다는 것이다. 이러한 제품들은 저가에 높은 처리 용량으로 인하여 언뜻 매력적으로 보이지만, 시뮬레이터에 적용되기 전에 조심스레 평가되어야 한다. 평가 대상이 되는 요소들로는 지평선 시뮬레이션, 시정 (visibility) 효과, 주위 환경의 크기, 주위 환경 내의 동적 범위 (dynamic range) (예, 100 mile 범위에서 1

inch의 위치 정밀도), 저 전달지연의 실시간 시뮬레이션 (예, 충분한 장면 내용의 30 Hz 갱신율과 100 msec 미만의 전달지연) 등이 해당된다.

영상 시스템에서 균형을 맞춘다는 것은 최종적인 외양이나 유용성 면에서 위하여 중요하다. 매우 낮은 해상도의 디스플레이는 희미할수록 보기가 좋다. 반대로, 고해상도의 디스플레이가 희미하면, 관측자는 많은 비용을 치르고 얻은 해상도의 가치를 충분히 활용할 수 없을 것이다. 제한된 수의 CIG 가장자리 선들, 폴리건(polygon)들, 이용 가능한 개체들을 사용하여 장면의 어떠한 특징들을 잡아낼 것인가를 위하여 지금도 데이터베이스의 모델링 작업에 상당한 개발노력이 투자 되고 있다. 이러한 선택들은 거의 전적으로 지식 관련 인지를 위한 이미지 처리용 초점 모드와 연계되며, 차량 제어에서 너무나 중요한 세상 사물 관련 인지를 위한 환경 처리 모드의 요구도 충족시킬 수 있을 것으로 여겨진다. 하지만, 이러한 가정은 환경 모드에 대한 우리의 이해가 너무도 부족하기 때문에 잘못된 것일 수도 있다. 광각 눈 추적 디스플레이 (Wide Angle Eye Tracked Display)의 출현은 이러한 처리 모드들과 인지 수준에 대한 더욱 심도 있는 연구를 가능케 할 것이다.

③ 영상 생성 장치(IG : Image Generator)

비행 시뮬레이터 개발에 있어서 점점 더 중요한 위치를 차지하고 있는 IG 분야에 대하여 여기서 서술하는 요건들은 기본적으로 군용 모의 비행훈련 장치에 관한 것들이다. 상용 비행 시뮬레이터에서도 창 밖 시계 구현을 위한 비주얼 시스템(Visual System)들이 사용되고는 있지만, 이들이 기술적인 면에서 최선두에 위치하고 있지는 않기 때문이다.



그림 41 NASA HMD (Helmet Mounted Display) 영상 장치

컴퓨터 이미지는 특별한 데이터베이스 상에서 정의되어 특수 하드웨어에 의하여 가시화 된다. IG에 있어 최대 제약요소는 컴퓨터 하드웨어의 처리능력이기 때문에 상당한 수준의 하드웨어가 사용되어야 한다. 따라서 컴퓨터 이미지 제작사들은 고급 프로세서나 병렬연산 프로세서들을 선호하며, 미니컴퓨터 이상의 하드웨어를 주로 사용해 왔다. 근래에는 IG의 데이터베이스를 구축하기 위하여 복잡 정교한 그래픽 전용 워크스테이션들과 함께 PC를 기반으로 한 IG의 연구 개발 적용이 이루어지고 있다. 현 기술발전 추세에 따른 해외 영상 생성 장치 적용 사례는 다음과 같다.

국 가	제품명	회사명	특 징	사 용
Canada	Medalion-S CGI System	CAE	calligraphic lights, thermal imagery, night vision imagery 포함. 채널당 20000폴리곤을 60Hz, 200만 픽셀로 처리. IG 채널당 16개의 GPU를 병렬로 사용.	MH-60 Black Hawk and MH-47 Chinook helicopter Combat Mission Simulators for US Army. Royal Australian Navy's simulator for the S-20B-2 Seahawk.
	Tropos PC-based image generation system	CAE	채널당 10000폴리곤을 60Hz, 150만 픽셀 처리. 주간영상은 60Hz, 야간영상은 40 Hz로 처리. 채널당 calligraphic lights는 주간영상 2,100개 야간영상 5,000개.	CAE 암스텔담 훈련센터의 B737 시뮬레이터에 사용 EADS, EVA Air, GECAT
	Maxvue Medallion CGI SYSTEM	CAE	6,000~20,000 폴리곤, 300만 픽셀. 30~72 Hz의 갱신속도 FLIR, NVG, TV 시뮬레이션	20개 이상의 Maxvue System 사용 중
France	Apogee 6 IG System	Sogitec	COTS PC를 기반 8M pixels HR Video Output 60Hz의 갱신속도 채널당 초당 600만 폴리곤 처리 256Mtexel Memory 채널당 15,000 raster light points 처리 1채널에 초당 1.6G pixel 처리	프랑스 공군에서 사용
International	TalesView	Thales	windows, Unix, Linux및 OpenGl을 지원하는 모든 하드웨어에서 구동가능. 60Hz의 갱신속도	
	Thales Space Magic	Thales	20,25,30,50,60 Hz의 update rate. 채널당 해상도 1280X1024 FLIR, LLTV,NVGs 센서 구현	

국 가	제품명	회사명	특 징	사 용
United States	Harmony Series	E&S	High Level System FLIR, NVG 을 위한 센서 텍스쳐 제공 1,200 M pixels/s peak fill rate 초당 2,000만 폴리곤처리 Raster & Calligraphic lights	United States
	simFusion	E&S	Lowcost PC-based OpenGL compliant system 5000 and 6000 version up to 2,048 X 1,536 4500 version 1,000 Mpixels/s 5000 version 256 MB of unified memory noise, offset, AGC, monochrome 센서 시뮬레이션	Mil Mi-8MTV helicopter simulator made by Penza in Russia for the SPARC
	Compu-Scene SE 2000 (Compu-Scene SE series)	LM STS	Polygons 24,000/system 해상도 2,828X2,828 최대 채널 8 최대 시점 4 데이터 갱신율 30Hz, 60Hz FLIR,NVG,LLTV 센서 시뮬레이션	USAF C-5 Galaxy 시뮬레이터 업그레이드
	Quantum3D	Quantum 3D	Open Architecture Image Generator NVIDIA Quadro 4 사용 2.6 G Pixels/s 처리 초당 960만 폴리곤 처리 옵션으로 nVSensor을 이용해 NVG및 IR 센서 효과 구현	
	AAlchemy	Quantum 3D	PC-based Visual System Heavy Metal GX+의 실시간 그래픽 서브시스템 초당 1,068 million pixels 처리 초당 300만 개의 폴리곤 처리	F-15C DMT (Royal Saudi AirForce) Helicopter Commander Tactical Trainers (TT&S) CH-47F Transportable Flight Proficiency Simulator (US Army)

④ 영상 시현 장치

컴퓨터 그래픽 이미지가 비행 시뮬레이션에 처음으로 적용되었던 1970년대 초반 이후로 광범위한 종류의 디스플레이 시스템들이 다양한 훈련 임무들에 적용되어왔다. 처음에는 이러한 디스플레이들이 캘리그래픽(calligraphic) 입력 장치들을 기반으로 하였는데, 영상 생성장치의 관점에서 볼 때 벡터나 광점 하나하나를 생성하는 비용이 더 낮았기 때문이었다. 결과적으로 시스템들은 일몰시나 야간에 이착륙 훈련을 할 수 있는 활주로와 같이 매우 단순한 이미지만을 포함하게 되었다. 그 이후 바로 래스터 기능이 더해져 활주로 줄무늬와 같이 면의 세부 묘사가 가능해졌다. 하지만, 컴퓨터 메모리 가격이 급락함에 따라 비트맵(bit map) 방식의 그래픽을 지원하는 대형 비디오 버퍼의 가격이 적절한 수준으로 낮아졌다. 이러한 시장변화는 풍부한 장면 내용을 제공하여 완전한 주간 훈련을 가능케 하는 래스터 스캔 디스플레이와 보다 개선된 성능의 래스터/캘리그래픽 통합 시스템의 출현을 가능케 하였다.

㉮ 허상 이미지 시스템(Collimation System)

컬리메이션은 무한의 초점거리를 의미한다. 시뮬레이션 물체로부터 디스플레이 표면까지의 거리는 대략 1m(small collimated Monitor)과 5m이상(larger collimated mirror systems) 내에 있다. 컬리메이트 디스플레이의 초점 거리는 전형적으로 50~100m 사이의 형상에 설정된다. 즉, 시뮬레이터가 조종사에게 시현된 실제 이미지의 거리의 평균이다. 이 시스템의 거리 초점의 경우 비행 시뮬레이션과 같이 많은 적용 사례들에서 보다 현실감 있게 할 뿐 아니라, 이미지 원근감이 거의 변화하지 않게 관찰자는 머리와 눈의 이동 범위를 가지도록 하는 상당히 큰 이점을 가지고 있다.

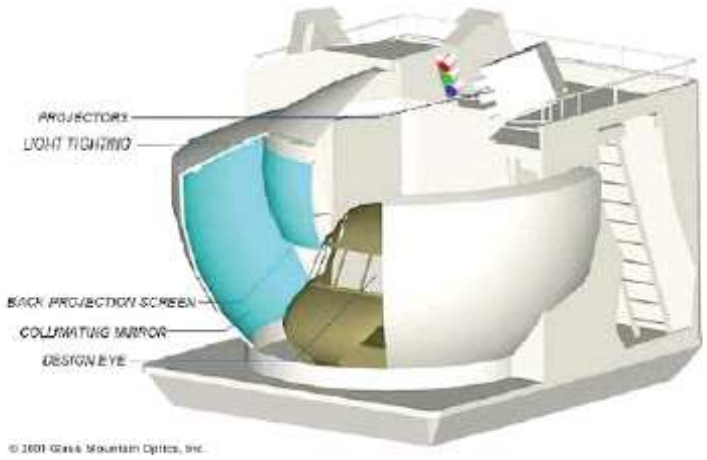


그림 42 컬리메이션 시스템 예시_미 BARCO

실사 이미지 시스템에서 원근감의 오차는 2명의 조종사가 나란히 앉아있고 횡방향으로 분리된 2명의 시점을 동시에 허용할 수 있는 시뮬레이션인 경우에는 중요할 수 있다. 이러한 이유와 초점 거리의 현실감 증대를 위하여, 컬리메이션은 비행 시뮬레이터의 민간 증명에서 높은 규제 수준의 요구사항이다.

미국의 FAA와 유럽의 JAA Full Flight Simulator(FFS) Level C와 D등급이 포함된다. Collimated systems는 2명의 조종사 위치에서 크고, 무결절성과 수평 시계를 표현할 수 있는 시스템으로 개발되어지고 있다. 이 시스템에 조종사의 전방에 커다란 굴곡의 거울을 통하여 생성되는 컬리메이션으로 조종석위의 보이지 않는 곳의 스크린상에 후방투사 방식으로 이용할 수 있다. 이와 같은 밀러로 중간 스크린으로부터 이미지를 반영하고 다시 초점을 맞추는데 이 시스템이 바로 CCCD (Cross-Cockpit Collimated Display) system이다.

이 시스템의 시계는 일반적으로 3개의 프로젝터에 대해 약 150X40°이고 5개의 프로젝터에 대해 약 220°이다. 헬리콥터 시뮬레이터에 관한 미국의 FAA 요구사항에 부합하도록 설계된 근자의 시스템은 40~60°사이의 수직 시계(FoV)가 가능하다. 요구된 초점 거리는 거리 초점을 생성하기 위해 작은 수직 곡률 큰 영역의 밀러 면을 이용함으로 얻을 수 있고, 밀러의 수평 범위는 연속된 수평 시계를 주기위한 조종사실을 두른다(wraps around).

물체의 전방의 3m나 4m에 몇 개의 밀러를 설치하고 재질은 유리나 반사되는 코팅의 연질의 플라스틱(mylar)으로 만들 수 있다. 그러나 CCCD system은 수평 시계를 유지하는데 프로젝터의 수, 밀러의 크기와 가격에 제한을 받는다. 수직 시계는 헬리콥터 시뮬레이터를 제외하고 일반적으로 가격으로 인하여 40°이지만 최근에는 약 60°까지 사용가능 하다. 이러한 수직 시계 형상은 민간항공 시뮬레이터에는 적합하지만, 큰 수직 시계를 필요로 하는 전투기와 같은 시뮬레이터에 적합하지 않다. 그러나 비행 시뮬레이터보다 낮은 수직 시계를 가지는 훈련용 시뮬레이터의 경우 특수한 훈련 임무에 한해 사용할 수 있다.

㉯ 실사 이미지 시스템

실사 이미지 시스템에서 관측자는 초점이 맞추어진 발광 이미지를 포함하는 표면을 보게 된다. 일반적으로 이 표면운 CRT의 앞면 유리이거나 아니면 프로젝션 스크린일 것이다. 실사 이미지 시스템의 주요 장점은 컬리메이션에서 요구되는 복잡한 광학 시스템을 통상 필요로 하지 않는다는 것이다. 적은 수의 부품으로 구성된 단순 광학 시스템으로 인하여 얻게 되는 혜택은 밝기, 대비, 해상도 등에서의 성능 향상으로 나타나며, 상대적으로 낮은 가격을 가능케 한다.

실사 이미지 시스템의 단점은 가상 시스템의 장점을 향유할 수 없다는 것이다. 근접하는 이미지를 조종사가 보게 됨으로써 잠재적으로 눈의 안심거리가 문제가 될 수 있을 뿐 아니라 훈련 기간 내내 강제적으로 눈의 시각이 모아짐으로써 부정적 큐가 야기될 수도 있는 것이다. 더욱이, 머리의 움직임은 개체의 각 변위나 외관적 크기를 바꾸게 된다.

이러한 문제들에 대한 명백한 해결 방안은 디스플레이 장치나 스크린을 가능한 조종석에서 멀리 떨어뜨려 놓는 것이다. 그 결과로 비정상적으로 큰 CRT나 스크린을 사용하게 되고 대규모 공간을 요구하게 된다. 하지만, 화면의 크기를 늘린다는 것이 적재 공간이나 모션 플랫폼의 크기 제약으로 인하여 늘 가능하지는 않다. 게다가, 이미지의 밝기는 조망 거리의 제곱에 비례하여 감소하게 된다. 조망 거리를 늘림으로써 야기되는 또 다른 문제는 주조종사와 부조종사가 분리된 디스플레이를 갖게 하는 것이 더 이상 가능하지 않게 된다는 것이다. 이러한 훈련 여건의 변화로 정확한 기하학적 투시 화법을 두 승무원들 모두에게 동시에 제공한다는 것이 불가능하게 되며, 이는 많은 훈련임무에서 문제가 될 수 있다. 착륙 임무를 생각해 보자. 주조종사가 활주로 중앙선에 정렬되어 있을 경우, 부조종사는 비행기가 너무 좌측으로 치우쳐 있다고 판단하게 될 것이다. 결국에는 부조종사가 이러한 인위적 훈련환경에 적응하게 될 것이라 추측할 수 있다. 하지만, 이는 훈련에 부정적 효과를 미치며, 실제 항공기의 비행에서 익힌 비행기술을 별 생각없이 적용할 경우 위험한 상황에 직면할 수 있는 것이다. 이 문제에 대한 해결 방안은 2명 또는 그 이상의 승무원이 조종석에서 동시에 훈련을 받아야 할 경우는 실사 이미지 시스템의 사용을 되도록 피하는 것이다. 물론, 한 명의 조종사가 주로 항공기를 조종하고 다른 승무원들은 창 밖 시계로부터의 정보를 별로 필요로 하지 않을 경우는 실사 이미지 시스템을 사용하여도 무방할 것이다.

㉰ 프로젝터

앞서 살펴본 실사 이미지 시스템에 사용될 수 있는 프로젝터에 대하여 알아보면 다음과 같다.

□ CRT 프로젝터

CRT(Cathode Ray Tube) 시스템의 장점은 적당한 가격에서 고화질의 영상을 가질 수 있으며, 영상은 최소 지연으로 항상 실시간으로 나타난다. 픽셀당 가격은 UXGA(초확장 그래픽 배열 (Ultra eXtended Graphics Array -1600 x 1200 화소의 표준 컴퓨터 디스플레이 해상도)와 QXGA(4배확장 그래픽 배열(Quadruple eXtended. Graphics Array - 2048 x 1536 화소의 표준 컴퓨터 디스플레이 해상도)

해상도에서 저가이다.

단점은 프로젝터의 사이즈가 크고, 상대적으로 밝기(brightness)는 낮으며, 날마다 튜닝 조절이 필요하며, 디스플레이 장소의 반대쪽에는 휘도(luminance)가 다양하다. 최근 개발제품은 빔 비정수차(astigmatism - 줄무늬가 생기는 현상) 보정, 디지털 변환과 형상 조절 기능을 가지고 있다.

□ LCD 프로젝터

빛의 생성은 변조장치(modulator)로부터 분리되어 있으며, high light outputs이 가능하다. 3색(red, green, blue) 패널이 사용가능하며, 해상도는 QXGA까지 가능하다. on/off와 off/on까지의 픽셀의 변환 시간은 빠른 이동물체가 나타나는 이미지 내에 번지는 현상(smearing)을 발생시킬 만큼 길다. 이러한 현상을 줄이기 위하여 프로세싱이 필요하다.

□ DLP(Digital Light Processor) 프로젝터

1987년 미국 Texas Instruments에서 개발한 DLP (Digital Light Processor) 기술이다. 이는 CMOS회로가 형성된 기판 위에 디지털 마이크로 미러소자(DMD, Digital Micromirror Device)들을 배열시킨 칩과 이를 구동하기 위한 회로 및 광원, 광학계를 이용한 기술로, 현재 세계 유수의 프로젝터, 프로젝션 TV 제조기업에서 사용되고 있다.

DLP은 디스플레이에서 각 픽셀에 대해 작은 거울을 사용한다. 디지털 프로세스는 각 픽셀의 밝기를 제어한다. 거울 또는 픽셀은 완전하게 on/off 할 수 있다. 이 프로젝터는 높은 균일성과 색의 선형성을 가지고 있다. 회색 구현은 PWM(Pulse Width Modulation)의 방법에 의해 생성될 수 있다. PWM에 의하여 평균 시간 픽셀은 프레임이 픽셀의 필요한 밝기에 비례하여 생성된다. 그러나 이것은 이미지 가공품의 결과로 나타날 수 있다. 그러므로 PWM 시퀀스로 이러한 현상을 줄일 수 있도록 설계될 수 있다. DLP 프로세싱은 이미지가 디스플레이가 되기 전에 완전한 플레임 시간을 요구한다. 이와 같은 플레이 지연은 2개의 플레임(60Hz에서 33mS)의 변조장치에 의하여 전체 시스템의 지연을 주는 또 다른 플레임 시간이 추가된다. 이러한 지연 시간은 DLP 기반의 프로젝터를 투영된 이미지와 상호작용이 적게 영향을 주는 사례의 시뮬레이션에 제한한다. UH60, 항공관제 시뮬레이터와 Ship's Bridge 시뮬레이터에 사용된다.

각 타입별 장점과 단점을 비교해 보면 다음과 같다.

구분	DLP 타입	LCD 타입	CRT 타입
장 점	정비성 용이, 기존 DB 활용가능, 램프시스템 (4개 장착운용으로 순기 비용 최소)	정비성 용이, 기존 DB 활용가능	고해상도, 고대조비 구현, Light Point 구현, 빠른 신호처리, 최소 지연
단 점	프레임 지연, 칼라 휠 사용으로 Rainbow effect 및 Smear 발생, 회색 구현 시 Chip vibration 현상으로 지표면 왜곡 발생	색상 재현 한계, 눈의 피로감 발생, 컬러필터 사용으로 빛 손실 발생, Dead Pixel 존재	CRT Burn-in 발생, 높은 유지보수비, 설치 및 유지보수 난점
적용 사례	UH-60	T-50	CN-235

** 한국항공우주산업 P-3C 상쇄연구 자료

<표 119> 70°이내의 수직 시계를 가지는 디스플레이 시스템

국가	회사명	프로젝터	디스플레이 시스템	적용사례
Canada	CAE	CRT (Raster/ Calligraphic) 3 or 5채널	- CAE CCCD System - FoV: 수직 - 40° 또는 50° 수평 - 150,180,200° ※ 헬리콥터의 경우 - FoV: 50°X200° 60°X22°	KLM 독일 항공사 flight simulator
Germany	Rheinmetall Defence Electronics	Laser 13채널	- CCCD System - 스캐닝 레이저 원리	독일 공군 Tornado
International	Thales Services Division	MAGIClight CRT 3 or 5채널	- Thales WIDE CCCD System - FoV: 40°X150°, 180°(WIDE I) - FoV: 45°X225°(WIDE II)	USAF C-141 무기체계 훈련기 보잉 777
			-Thales AWARDS CCCD System -FoV: 40°X150°, 50°X200°	
UK	Equipe Electronics Limited	(Raster/ Calligraphic)3 채널	- C-Series CCCD System - Fov: 180°X40°	
	SEOS Limited		- PANORAMA® CCCD System - Fov: 225°X60°	민간항공, 헬리콥터 군 수송기
USA	Evans & Sutherland	CRT	- E&S 200° for CCCD System - Fov: 40°X200° - FAA Level D	
			- E&S Collimated Monitor	F-16
	FlightSafety International	CRT (Raster/ Calligraphic)	- MultiViewTM CCCD System - FoV: 수직 - 40, 45, 50, 60° 수평 - 180, 200, 225° ※ 헬리콥터의 경우 수직 60°	보잉 777 비행시뮬레이터 C-17, C-5B, P-3C, MH-53
	Glass Mountain Optics		- GMO Crewview CCCD System - FoV: 수직 - 40, 45 수평 - 180, 225	B767, C-17, F-15, F-18 AH-46, Ch-46 MH-53, MH-60 UH-1H, UH-60
	NORDAM		- OmniVue CCCD System - FoV: 180°X40° ※ 헬리콥터의 경우 - FoV; 225°X60°	보잉 777 UH-60 C-130H

<표 120> 70°이상의 수직 시계를 가지는 디스플레이 시스템

국가	회사명	디스플레이 시스템	적용사례
Canada	CAE	- 12ft Dome - FoV: 220° X 90°	UK Royal Navy Merlin Helicopter Simulator
		- Faceted - FoV: 220° X 90° - Projector: 4대	Texan T-6
Germany	Rheinmetall Defence Electronics	- 3.5m Dome - Projector: 13대	독일 공군 Tornado
International	CAE/Thales	- 12ft Dome - FoV: 240° X 90° - Projector: 4대 또는 5대	Bell UH-1D EC-135 CH-53G
UK	SEOS Limited	- Prodas® Hiview Dome - Projector: 2대(기본) : 2대 이상(Full FoV)	MIG-29
USA	Boeing	(기본 사양) - 바닥면적 10 X 12ft - FoV: 216° X 135° - Projector: 4대 (Full FoV) - 바닥면적 28 X 25ft - FoV: 360° X 135° - Projector: 6대	F-15
	Glass Mountain Optics	(Four-screen Version) - Faceted - FoV: 220° X 110° - Projector: 4대 (Full Version) - Faceted - FoV: 360° - Projector: 9대	F-16, F-22 F-18 JSF/F-35 BAE-Hawk
	Link Simulation and Training	- Faceted - FoV: 220° X 110° - Projector: 6대	US Navy A/F-18 USAF AFRN F-22

(나) 시뮬레이터 영상 시스템 소프트웨어

영상 시스템에서 사용되어지는 소프트웨어는 영상 생성 장치에서 구현되는 컴퓨터 그래픽이다. 컴퓨터 그래픽을 구성하는 원천 소스데이터는 3D 데이터베이스이다. 3D 데이터베이스는 이미지를 생성하기 위하여 컴퓨터를 사용하는 임의의 절차 통해 생성된다. 이미 많은 유형의 컴퓨터 이미지들이 우리 주변에서 찾아볼 수 있는 다양한 영역에서 활용되고 있으며, PC에서 사용되는 대부분의 소프트웨어 툴들은 컴퓨터 그래픽스를 기반으로 하고 있다. 근래에 들어서는 PC에 그래픽스 가속기가 장착되어 더욱 강력한 그래픽스 기능을 제공하게 되었다. CAD/CAM 워크스테이션들은 와이어 프레임 (wire frame) 이미지로부터 발전하여 음영과 배면처리를 포함하여 모든 색상을 완벽히 표현하는 매우 강력한 그래픽스 기능을 제공한다. 컴퓨터에 기반 한 훈련은 진화하여 교육과정의 모든 단계에서 CIG(Computer Image Graphic)를 이용할 수 있게 되었다. 프레임 버퍼 (frame buffer)형 시스템의 이미지는 TV 광고나 영화의 특수 효과에서 많이 등장한다. 또한, 컴퓨터 이미지는 합법적 예술로서의 독자적인 영역을 개척해가고 있다. 컴퓨터 그래픽 영역의 3D 데이터베이스는 시뮬레이터 영역에 사용되어지기 위해 통합 환경 데이터베이스의 형태로 발전되고 있다.

(6) 시뮬레이터 모션 시스템

(가) 모션 시스템 하드웨어

지표면에 축을 고정한 모션 시뮬레이터에서 항공기의 병진 방향 힘들과 회전 운동들을 동시에 복제한다는 것은 물리적으로 불가능하다. 명백하게 어떤 합리적 절충이 요구된다. 예를 들자면, 모션 이벤트들은 현저하게 감소된 크기의 모션으로도 아주 효과적으로 시뮬레이션 될 수 있다. 모션 시뮬레이터의 주요 설계요소 중 하나는, 임무와 관련하고 인간의 성과에 영향을 미치며 그리고 주어진 기술적 경제적 제약 하에서 제공될 수 있는, 모션 정보를 판단하는 것이다. 이를 위해서 모션이 인간의 거동에 미치는 영향과 인간의 감각기관 및 인식 시스템의 제약과 능력에 관한 상당한 이해를 바탕으로 모션 플랫폼을 설계하고 이를 구동시키는 워시아웃 알고리즘을 설계한다.

모션 시스템은 장비의 물리적 행정 한계(displacement envelope)에 제한을 받는다. 유압식 모션 플랫폼의 경우, 모션 속도는 유액이 밸브 관들을 통과하는 속도나 기계식 잭 (jack)의 최대 속도에 의해 제한된다. 특정 힘과 각 가속 큐들은 장비가 조종석에 적용할 수 있는 힘들에 의해 제약되는 것이다.

<표 121> 6자유도 모션시스템 개요

모션 형태	자유도 명칭	모션 설명	회전 또는 움직임 축	가속도 표기법
회전률	Pitch	Pitch Rate	Lateral	Ry
	Roll	Roll Rate	Longitudinal	Rx
	Yaw	Yaw Rate	Normal(Vertical)	Rz
방향성	Heave	Vertical	Normal(Vertical)	Gz
	Sway	Lateral	Lateral	Gy
	Surgy	Longitudinal	Longitudina	Gx

FAA에서는 Level D의 모션 재현을 위해 모션 재현 한계를 설정하고 있다. 또한 MIL-STD 1558에서도 6자유도 모션 플랫폼에 대해 움직임 재현 한계를 설정하고 있다.

<표 122> 6자유도 플랫폼에 대한 MIL-STD 1558의 요구사항

	전체 움직임	최대 속도	최대 가속도
Heave	5.6 ft	2 ft/s	0.8 g
Sway	5.6 ft	2 ft/s	0.6 g
Surge	5.6 ft	2 ft/s	0.6 g
Pitch	50°	20°/s	60°/s2
Yaw	40°	20°/s	60°/s2
Roll	40°	20°/s	60°/s2

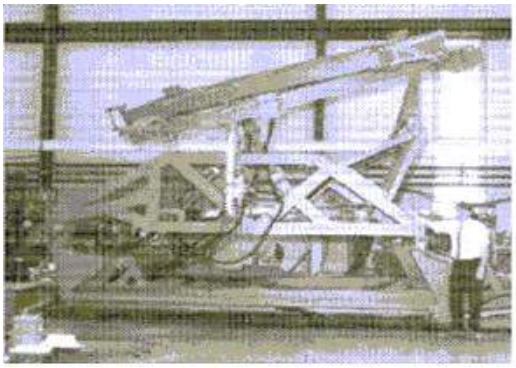
① 직렬 플랫폼 방식의 모션 시스템

직렬 (Cascading) 모션 플랫폼은 하나의 움직일 수 있는 플랫폼을 다른 하나의 플랫폼에 쌓아 올리는 절차에서 이름 지어졌다. 적재된 각 플랫폼은 통상 하나의 자유도로 운동할 수 있다. 이 방식의 장점은 여러 개의 자유도를 만들어낼 수 있으며, 한 자유도의 운동이 다른 자유도의 운동과 독립적이라는 것이다. 따라서 어느 특정 자유도에 대한 편위를 특정 요구사항을 충족시키도록 재단하여도 다른 자유도의 편위에 전혀 영향을 미치지 않게 된다. 직렬 플랫폼 방식들은 다음과 같다.

㉮ Link- 5 DOF

이 시스템은 직렬형 모션 플랫폼의 전형이라 할 수 있는데, 횡 방향 플랫폼 (lateral platform)이 바닥에 고정된 선로상에 적재되어 있다. 그 다음에 횡 방향 플랫폼 위로 로커 암(rocker arms)에 의해 작동되는 히브 플랫폼 (heave platform)이 놓여진다.

이 히브 플랫폼 위로는 피치/롤 플랫폼을 독립적으로 피치시키는 가위형 조립품이 다시 올려진다. 가장자리의 유압식 액추에이터가 피치/롤 플랫폼을 롤 시킨다. 피치/롤 플랫폼 위에는 4개의 아이들러 암 (idler arm) 조립품으로 지지되는 요우 플랫폼이 최종적으로 올려진다.



<그림 43> 직렬형 5 DOF Link 모션
플랫폼

<표 123> Link 5 DOF 플랫폼의 성능

	전체 움직임	최대 속도	최대 가속도
Heave	2.0 ft	1.00 ft/s	0.5 g
Sway	2.5 ft	1.25 ft/s	0.2 g
Surge	X	X	X
Pitch	30°	7.0°/s	25°/s2
Yaw	30°	15°/s	100°/s2
Roll	30°	8.5°/s	70°/s2

㉯ Vertical Motion Simulator (VMS)

NASA Ames는 VTOL 연구를 위하여 특별히 고안된 모션 시뮬레이터를 수용할 수 있도록 가로, 세로, 높이가 36 ft X 73 ft X 120 ft인 탑 건물을 신축한 바 있다. 이 플랫폼은 직렬형 6 DOF 모션 시스템이다. VMS는 기존의 또는 새로 제안되는 항공기나 헬리콥터의 비행성 (handling qualities) 연구를 지원하도록 설계되었다. VMS는 단좌 또는 복좌식으로 변환될 수 있고 교체가 가능한 조종석 (ICAB: interchangeable cab)을 장착한다. ICAB는 조종사와 부조종사용으로 컬리메이션 방

식의 칼라 창 밖 시계 디스플레이를 갖추고 있으며, 개량형인 Advanced Cab And Visual System (ACAVS)에는 20 ft 직경의 돔 디스플레이 시스템이 설치되어 있다. 그림 30의 VMS 모션 시뮬레이터는 큰 규모의 가로 (sway) 및 높이(heave) 방향 편위 (excursion) 능력을 갖추고 있는 플랫폼 위에 직렬 방식으로 4 DOF 플랫폼이 적재된 형상이다.



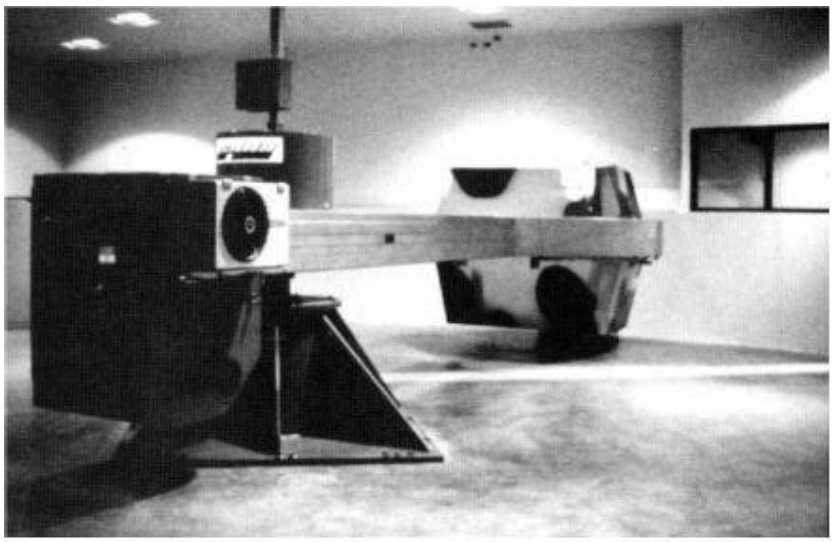
<그림 44> NASA VMS 시뮬레이터

<표 124> 6 DOF VMS의 성능

	전체 움직임	최대 속도	최대 가속도
Heave	50 ft	16 ft/s	0.75 g
Sway	35 ft	8 ft/s	0.50 g
Surge	8 ft	4 ft/s	0.31 g
Pitch	36°	40°/s	115°/s2
Yaw	48°	46°/s	115°/s2
Roll	36°	40°/s	115°/s2

㉰ 빔형 모션 시뮬레이터

Large Amplitude Multi-mode Aerospace Research Simulators (LAMARS)는 미 공군의 Wright-Patterson 기지 내에 있는 Air Force Flight Dynamics Laboratory에 설치되어 있다. 조종석은 빔 (beam)에 대하여 피치, 롤, 요우 운동을 할 수 있도록 짐벌(gimbal)로 연결되어 있으며, 빔은 수직, 수평 평면 내에서 움직일 수 있다. 횡 방향 운동을 위한 요우와 빔의 수평 운동 그리고 히브 운동에 대한 피치와 빔의 수직 운동 사이에 어느 정도의 커플링 (coupling)이 나타나며, 서지 (surge) 방향의 자유도는 존재하지 않는다. 그림 31은 미국 ETC사의 빔형 모션 시뮬레이터의 일종인 원심력형 모션 시뮬레이터 제품의 설치상황이다.



<그림 45> ETC사의 외팔보 시뮬레이터

① 상조식 플랫폼 방식의 모션 시스템

상조식(synergistic) 모션 시뮬레이터에서는 1 자유도 (DOF)의 운동이라도 이를 시현하기 위하여 모든 액추에이터들이 공조해야만 한다. 이는 앞서 언급한 바 있는 직렬형 시스템과는 사뭇 다르다. 상조식 설계는 보다 단순한 기계적 구조와 부품의 보다 큰 공통성을 가능케 하며, 움직이는 질량을 최소화할 수 있다는 무엇보다도 가장 중요한 장점을 갖고 있다. 이러한 형상이 치루는 대가는 액추에이터들과 DOF들 사이에 존재하는 높은 정도의 커플링과 상호 작용이다. 오늘날 가장 흔히 사용되고 있는 디자인은 1966년에 Franklin Research Center가 특허 낸 형상으로부터 유래한다. Sikorsky Aircraft Company가 제작한 원형은 72 inch 행정의 액추에이터

들을 사용하여 병진방향 DOF로 각각 약 5 ft씩을, 롤, 피치, 요우 방향으로 각각 90°, 90°, 120°씩을 움직인다.

상조식 시스템은 대표적인 6주 (six-post) 시스템이다. 부품의 공통성은 이 그림에서 명백하게 드러난다. 6개의 유압 잭 (액추에이터) 들이 동일하며, 3개의 바닥 패드 (pad)들과 3개의 플랫폼 마운트 (mount)들 역시 일치한다. 6개의 전기-유압식 제어 시스템도 마찬가지로 똑같다. 하지만, 이 시스템은 어느 특정 DOF로 모션이 발생하더라도 6개의 모든 액추에이터들이 공조하여 구동 되어야 할 것을 요구한다. 이 시스템의 주요 단점은 어느 한 DOF의 운동이라도 다른 DOF들의 운동에 대한 대가를 때로 치러야 한다는 것이다. 이러한 이유로, 공표된 변위 성능들은 비동기적 즉, 서로 독립된 값들이다.

기본 6주 형상으로부터의 다양한 변종들이 시장에 존재한다. 제품 목록에 따르면, 액추에이터의 전형적인 행정거리는 12~72 inch 이며, 84 inch의 제품도 이용할 수 있다.

일반 액추에이터의 내경은 3.5~5.5 inch 사이이다. 내경의 크기는 로드 (rod)의 좌굴 (buckling)도 고려해야 하지만, 전기-유압식 제어 루프의 요구 강도 (stiffness)에 보다 직접적으로 좌우된다. 액추에이터 내부의 유압 액 컬럼 (column)의 압축성은 기계적 공명현상에 일조한다. 이러한 공명의 최대값을 수용할 수 있는 주파수대로 밀어 올리기 위하여 액추에이터의 직경은 설계 하중을 지지할 수 있어야 한다. 설계자들은 일반적으로 이 주파수대를 8~12 Hz 근방으로 잡고 있다.

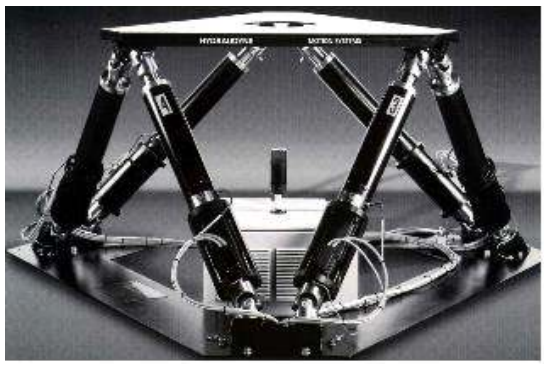
오늘날까지도 유압식 액추에이터들이 대부분의 경우에 채택되고 있지만, 다양한 종류의 전기 구동식 6주 시스템들이 또한 이용 가능하다. 이 전기식 시스템은 유압 동력 공급 부품들 (예, 펌프, 압축기, 분기관, 호스 등)을 제거할 수 있다는 명백한 장점 이외에도 보다 향상된 액추에이터 강도 (stiffness)를 확보할 수 있는 새로운 가능성을 열었다. Fokker사는 "E-Cue"라고 명명된 전기식 시스템을 소개한 바 있는데, 선택적 충실도를 갖는 소형 비행 시뮬레이터 시장에 초점을 맞추고 있다. 이 제품은 6개 액추에이터 각각의 베이스에 전기식 모터가 장착되어 있으며, 액추에이터의 변위는 모터로 구동되는 벌레형 기어 메커니즘 (worm gear mechanism)에 의해 실현된다. 평가 유효하중 (payload)은 6,600 lb이며, 수직방향의 총 전위 능력은 2.3 ft이다. 이 유효하중은 최상급 비행 시뮬레이터에 통상 채택되는 대형 유압식 시스템들의 1/3 정도이다.

Moog사는 평가 유효하중이 2,000~13,000 lb인 6주 시스템들을 포함하는 전기 모션 베이스 생산라인을 갖추고 있다. 이러한 시스템들의 총 변위능력은 각각 1.3 ft

와 36°에서 2.3 ft와 26°까지 이다. 전기식 시스템들의 여타 공급 업체들이 속속 시장에 진입하고 있어, 전기식 시스템들의 성능 범위는 더욱 확대되는 추세이다.

모션 시스템의 국내개발은 제한된 시장특성에 의해 활발한 개발이 이뤄지고 있지는 않다. 대표적으로 썬 에어로시스가 모션 시스템 개발에 집중하고 있는 가운데, 도담, 시뮬라인, 이노 시뮬레이션에서도 자체 시뮬레이터를 위해 모션 시스템을 개발하고 있다. 썬 에어로시스는 자체적으로 동양최대용량의 전기식 모션 시스템을 개발하여, 산림청 헬리콥터인 Ka-32용 헬리콥터 시뮬레이터에 개발된 모션 시스템을 적용하였다. 시뮬라인은 전통적으로 모션 시스템을 개발 운용하던 회사였다. 과거 시뮬라인의 모션 시스템은 육군의 지상차량용 시뮬레이터에 적용이 되었으나, 현재 시뮬라인은 오락용 및 전시용도의 민수용 모션베이스 개발에 치중하고 있다. 이노 시뮬레이션은 지상차량 시뮬레이터를 중점적으로 개발하는 회사로 자체적인 모션 시스템 설계 개발 능력을 보유하고 있으나, 주로 2ton정도의 저용량 모션 시스템을 개발하고 있다. 현재 국내 모션 시스템 개발은 Moog의 국내 시장에 대한 공격적 진출로 국내 업체의 고전이 예상된다.

그러나 제한된 공간의 시설에 모션 시뮬레이터를 설치할 경우 전기식 시스템이 최적이라고 쉽게 가정해서는 안 된다. 가격 경쟁력을 갖춘 유압식 6주 시스템들을 또한 시장에서 찾아 볼 수 있는데, 이들은 별도의 펌프실과 유압 배관용 도랑을 필요로 하지 않는 저소음 유압식 동력장치를 갖추고 있다. 한 예가 McFadden사의 12 inch 행정의 6주 시스템으로 평가 유효하중이 2,000 lb이다. 이 장치는 내구성과 저렴한 가격 조건을 갖추고 있다는 측면에서 주로 오락 산업에 목표를 두고 있다고 판단된다.



<그림 46> 전기식 모션장치

최근의 개발되는 시뮬레이터에 적용되는 모션 시스템은 구동방식에 따라 크게 유압식과 전기식으로 구분한다. 전기식은 전기기계식과 전기공압식으로 구분할 수 있다. 유압식과 전기식은 유압 구동기와 전기 구동기의 사용방식에 따라 구분된다. 유

압식은 펌프, 필터, 어큐뮬레이터, 제어기, 유압분배기, 호스 등으로 구성된 유압시스템을 이용하여 구동된다. 전기식에서 전기기계식은 서보제어기를 통한 모터를 이용하여 피스톤을 직접 구동한다. 전기공압식은 전기기계식과 같이 서보제어기를 통한 모터를 이용하여 피스톤을 직접 구동하는 방식에 공압장치를 첨부하여 플랫폼의 균형을 좀더 엄밀하게 제어하는 방식으로 구동한다.

이를 정리하면 다음과 같다.

- 공압식은 다이나믹한 특성이 장점이나, 컴프레서 설치를 위한 별도의 공간을 필요로 한다.

- 전기식은 최근의 일반적인 적용 시스템으로 정비 및 설치비용의 장점이 있으나 충격에 약한 단점을 보일 수 있다.

- 유압식은 파워가 좋고 가격이 중간형이나 유지보수의 어려움과 유압펌프설치에 따른 별도의 공간이 필요하다.

<표 125> 모션장치 비교_출처: 한국항공우주산업 P-3시뮬레이터 상쇄 연구

설계기준		유압식	전기공압식	전기기계식
유효하중		최대 17.5톤	최대 14.5톤	최대 14.5톤
장치	요구사항	유압실, 유압장치 및 라인	공압실 및 공압장치	없음
	추가비용	유압장비비용	공압장비비용	
유지보수	정비성	유압실 점검 유압시스템 검사 유체필터 교환 압력체크(월1회)	공압실 점검 구동기검사(년1회) 배터리 교체 입력체크(월1회)	구동기검사 (년1회) 배터리 교체
	비용	유압장비 정비비용	공압장비 정비비용	모터정비비용
성능	주파수 응답	5~15Hz	20Hz 이상	20Hz 이상
	Turnaround Bump	±0.04 g	±0.04 g	±0.04 g
	Crosstalk	10%	1%	1%
- 주파수응답 : 모션의 동적 대역폭(대역폭 클수록 우수) - Turnaround Bump : 모션의 방향 전환시 발생하는 진동현상 (오차가 적을 수록 우수) - Crosstalk : 구동기 사이의 간섭으로 인한 성능 저하 (낮을수록 우수)				

최근의 모션 시스템 적용 추세는 전기식으로 채택되는 것이 사실이다. 그러나 대상체에 따라 유압식과 전기식의 장점이 있으므로 대상체의 목적에 따라 모션 시스템의 채택을 고려해야한다.

(나) 시뮬레이터 모션 시스템 소프트웨어

① 모션 시뮬레이터 워시아웃

워시아웃은 모션 큐를 고주파 성분(onset)과 저주파성분(sustained) 으로 구별하여, 주어진 플랫폼 시스템의 물리적 제약 하에서 큐들이 관리되고 시현 될 수 있도록 한다. 워시아웃은 모션 큐의 onset 부분이 시현 된 직후 조종석 또는 Cab을 슬며시 중립 또는 정상 상태로 되돌리는 작업을 포함한다. 즉, 큐의 시현으로 인한 변위와 속도를 조종사가 인식하는 못하는 수준에서 씻어내는 것이다. 워시아웃은 또한 시현 될 모션의 크기를 축소시키는 작업을 포함할 수도 있다. 이러한 작업이 잘만 수행 되면, 항공기 운동에 비하여 실제적으로 축소된 한계선도 내에서 효과적으로 모션을 시현할 수도 있다. 워시아웃은 시뮬레이터 Cab의 편위를 제한하도록 선형이든 비선형이든 고주파 여과 필터를 반드시 제공하여야 한다.

비선형 설계에는 적응형 필터들을 포함하여 다양한 기준들에 대한 최적화 제어기법들이 적용되어 왔다. 플랫폼의 성능을 파악하기 위하여 onset 큐의 지속시간을 조절할 수 있도록 워시아웃 필터가 설계된 적이 있으며, 일부 엔지니어들은 실제 항공기와 시뮬레이터 모션 플랫폼 상의 해당 평형감각 모델들 사이에 존재하는 응답특성 차이를 최소화할 수 있는 워시아웃 필터의 설계를 시도하기도 하였다. 이러한 일련의 연구들에는 워시아웃 지속시간을 최소화하기 위하여, 큐의 수준이 차이를 못 느끼는 경계 이하로 떨어졌을 때 워시아웃의 속도를 높이는 적응형 필터의 설계도 포함된다.

전래의 모션 플랫폼을 사용하여 특정 힘의 지속적인 큐를 구현할 수 있는 유일한 방법은 플랫폼을 기울여 중력 벡터가 큐를 제공토록 하는 것이다. 이 기법은 잔류경사(residual tilt) 또는 중력정렬(gravity alignment)이라 알려져 있다. 조화 워시아웃(coordinated washout) 설계는 세로 방향(surge)과 가로 방향(sway)의 힘에 대한 지속적인 큐들을 시현하는데 플랫폼의 피치와 롤 운동을 onset 큐들과 조합하여 중력정렬 원리를 적용한다.

잔류경사나 중력정렬 기법들은 귀 내부의 평형기관이 피치(또는 롤)와 종 방향(또는 횡 방향) 힘을 구별하지 못한다는 점을 활용한다. 세 반고리관이 감지할 수 있는 경계치보다 낮은 수준으로 모든 의사 플랫폼 각속도들을 유지하면서 지속 큐를 제시하는 것이 (즉, 각속도가 onset 큐를 유발하지 않도록) 이러한 기법들이 사용하는 속임수이다. 양의 피치 각은 양의 서지(surge) 힘 큐를 유도하므로, 시뮬레이션 되는 항공기의 피치 속도와 서지 힘이 위상이 일치한다면 종 방향 운동의 조화문제는 간단해진다. 마찬가지로, 음의 롤 각은 양의 스웨이(sway) 힘을 유도하기 때문에, 시뮬레이션 되는 항공기의 롤 속도와 스웨이 힘이 180°의 위상차를 갖는다면 횡 방

향 조화 문제도 간단히 해결될 것이다. 항공기의 운동이 이러한 위상 관계에서 멀어져 갈수록 조화된 또는 시기적절한 잔류경사 큐를 제공하기는 더욱 까다롭게 된다.

회전방향과의 커플링 없이 병진운동 onset 큐를 시현하는 것은 가능하지만, 그 역순은 실현 불가하다. 회전각 onset 큐들을 제시하기 위해서 워시아웃 필터는 각 회전을 시뮬레이터 cab에 전달한다. 플랫폼을 기울임으로써 조종사에게 지속적인 힘의 큐들을 제시하는 것과 동일한 방식으로, 중력 벡터는 Cab이 회전함에 따라 조종사에게 경사 큐를 제공한다. 하지만, 각운동 onset 큐들에 따라다니는 경사 큐들은 시뮬레이션에서만 나타나는 인위적 요소로서 조종사에게 실제 항공기에서는 찾아볼 수 없는 의사 정보를 제공하게 된다. 회전각 onset 큐들로 유도되는 경사 큐들을 대응하는데 아무런 조치도 취해지지 않는다면, 조종사는 이러한 추가 정보를 활용하려 할 것이며, 실제 항공기에서는 맞지 않는 조종 습관에 익숙해질 가능성이 높은 것이다.

(7) 교관석

(가) 교관통제석

과거의 훈련용 시뮬레이터나 현재의 공학용 시뮬레이터에서는 교관의 기능이 단지 시뮬레이터를 관제하는 것으로 제한되었었거나 제한되어 있다. 현재, 비행 시뮬레이터를 훈련용 시스템으로 활용키 위한 노력이 경주되고 있는데, 그 특징과 기능 그리고 교육적 기능을 둘러싼 문제들의 일부를 살펴보면 다음과 같다.

① 훈련 문제의 운영

주어진 특정 훈련목표를 성취하기 위해서는 일반적으로 상당량의 계획과 운영과 관제가 요구된다. 훈련문제의 운영에 대해 살펴보면 다음과 같다.

㉮ 시나리오 생성

단순하고 독립된 임무에 대한 훈련은 단순한 시나리오로 충분하며, 그 시나리오는 격식을 갖출 필요가 없다. 전폭기에서의 전술임무훈련과 같은 고급훈련과정에서는 시나리오가 앞서의 경우와는 반대로 매우 정성스레 제작되기도 한다. 통상, 시나리오는 특수한 컴퓨터 언어로 창출되며 상당한 인력과 시간의 투여를 필요로 한다. 이 분야는 앞으로 개선 될 여지가 충분하며, 시나리오 생성을 위한 새로운 기법들이 시도되고 있다.

㉯ 훈련생의 기량측정

이는 시뮬레이터 내에서 생도가 얼마나 훌륭하게 훈령상황에 대처하는가를 가리키는 포괄적인 용어이다. 이 영역에 있어서 시뮬레이터는 교관을 상당부분 보조하고 지원할 수 있으나, 그 동안 시뮬레이터 업계는 수많은 과실을 범한 바 있다. 이 문제는 단지 기술적인 측면이 아닌 총체적 훈련의 한 부분으로 이해되어야 한다.

㉰ 각종 절차에 대한 관찰

기능고장, 점검, 화기발사 등과 같이 어떤 절차가 요구되는 상황에 대처하기 위하여 시뮬레이터 상에서 많은 훈련이 수행된다. 이 분야에서 교육하고 평가하기 위한 기술은 판단, 기억, 의사 결정, 응답 등을 포함한다. 시뮬레이터 제작자들은 그와 같은 관찰의 기능을 시뮬레이터를 단순 기계가 아닌 훈련 도구로 이해하여 포함시켜야 한다.

㉱ 기록

시뮬레이터가 훈련용이라면, 개개인의 성적을 기록할 수 있어야 한다. 오늘날에 있어 시뮬레이터의 인수 시 훈련운영시스템(TMS, Training Management System)을

포함하는 경우가 늘어나고 있는데, 기록, 시뮬레이터 사용 계획 등이 이에 해당된다.

① 교관석과 시뮬레이터의 인터페이스

과거에는 교관석이 단순 조종패널을 통하여 시뮬레이터에 연결되었다. 시뮬레이터 교관은 조종패널 상의 몇 개의 스위치와 다이얼로 시뮬레이터를 통제하며, 훈련생의 거동을 패널상의 복제된 계기들과 지시등으로 관찰할 수 있었다. 항공기와 시뮬레이터는 점점 더 복잡해지고, 이에 따라 교관이 정보를 모두 다 효과적으로 소화할 수 없을 만큼 결국 이 패널도 복잡하게 변모하게 되었다. 현재의 경향은 교관이 용이하게 그와 같은 정보들을 파악 할 수 있도록 모니터 상에 그래프들을 도시하거나 메뉴방식, 터치 스크린, 마우스(mouse) 입력방식 등을 채택하는 것이다.

(8) 일반적 시뮬레이터 구성비

일반적인 시뮬레이터 구성요소는 조종석(캐빈), 컴퓨터, 모션시스템, 영상장치, 교관석으로 구분할 수 있다. 조종석은 조종석 및 조종 반력 장치와 계기로 구성되며, 컴퓨터는 주컴퓨터, 입출력장치, 주프로그램 등으로 구분할 수 있다. 영상장치는 영상 생성장치와 영상 시현 장치 및 영상 데이터베이스로 구분할 수 있다. 교관석은 교관통제석 장치로 구분할 수 있다. 일반적인 시뮬레이터 개발비용은 100을 기준으로 조종석, 컴퓨터, 모션시스템, 영상장치를 각 35, 20, 15, 30의 비율로 구성할 수 있다. 세부 구성비율은 다음과 같다.

<표 126> 시뮬레이터 구성비

구분			구성 비율(%)
조종석	조종반력장치		4~6
	계기		15~20
	기타 하드웨어		15~20
컴퓨터	입출력장치		4~6
	주 컴퓨터 (HOST)		4~6
	주 프로그램		8~12
	음향장치		1~2
영상장치	영상생성장치		10~15
	시현장치	프로젝터	5~10
		스크린	2~5
	영상데이터베이스		10~20
모션 시스템	모션 장치		10~15
	워시아웃 프로그램		1~2

다. 시뮬레이터의 종류

(1) 시뮬레이터의 종류

(가) 훈련 목적에 따른 분류

시뮬레이터는 훈련의 목적에 따라 다음과 같은 종류로 분류한다.



FFS : FULL FLIGHT SIMULATOR



FTD : FLIGHT TRAINING DEVICE



IPT : INTERGRATED PROCEDURE TRAINER

PTT : PART TASK TRAINER



CBT : COMPUTER BASES TRAINER

<그림 47> 시뮬레이터의 종류

① Full Flight Simulator(모의비행장치, Flight Simulator)

항공기조종실 내부의 복제품으로 비행 및 지상운항에 필요한 일체의 장비와 컴퓨터프로그램, 조종실에서 보이는 전경을 보여주는 시각장치 및 운동장치를 갖추고 지상과 공중에서 실제의 항공기와 동일한 성능을 계기 및 시각장치 상에 보여주는 장치를 말한다.

② Flight Training Device(비행훈련장치, FTD)

실제항공기와 유사한 조종석을 확보하고 계기, 기계, 전기 및 전자 등 항공기 각 시스템과 성능 등을 갖추고 항공기 시스템의 이해와 계기비행상태 하에서의 비행절차를 숙달시키기 위해 고안된 장치를 말한다. 즉, 비행훈련장치(FTD)는 모의비행장치(FFS)가 갖는 훈련 중 일부를 담당한다. 비행훈련장치는 시각장치(visual system)를 사용하지 않는 고정 훈련기(fixed-base trainer)이다.

③ Integrated Procedures Trainer(IPT):

캐나다 CAE사의 IPT는 CAE Simfinity에 기반을 둔다. 이러한 형태의 장치는 미션 리허설(missin rehearsal)이나 비행중(in-flight) 혹은 지상(on-ground)에서의 절차(procedures)를 연습하고 가르치기 위해 사용하며, 모의비행장치에 사용된 같은 소프트웨어를 사용해서 낮은 비용으로도 높은 충실도(high fidelity)를 얻을 수 있다. IPT는 터치스크린 모니터를 사용하며 조종사(piolot)는 모의비행장치나 실장비를 사용하지 않고도 특정 작업(certain tasks)에 대한 스킬을 유지할 수 있다. 또한 작동절차 훈련(procedures training)외에 비쥬얼와 전술 환경(tacticall environment)을 추가하면 조종사들이 디브리핑을 사용해서 미션 실행 훈련을 할 수 있다. 이 장비는 한 두 시간 만에 설치 및 해제가 가능하고 특별한 도구나 장비없이 쉽게 이동할 수 있다.

④ Part Task Trainer

Part Task Trainer(PPT)는 승무원 멤버나 정비사를 훈련하도록 설계된 훈련장비이다. 예를 들어 항전장비 시스템, 각종 시스템의 숙달훈련, 무장 발사, 공중급유(aerial refueling)와 그 외 특정 항공기에 대한 다양한 작업을 훈련할 수 있다.

⑤ Cockpit Procedures Trainer

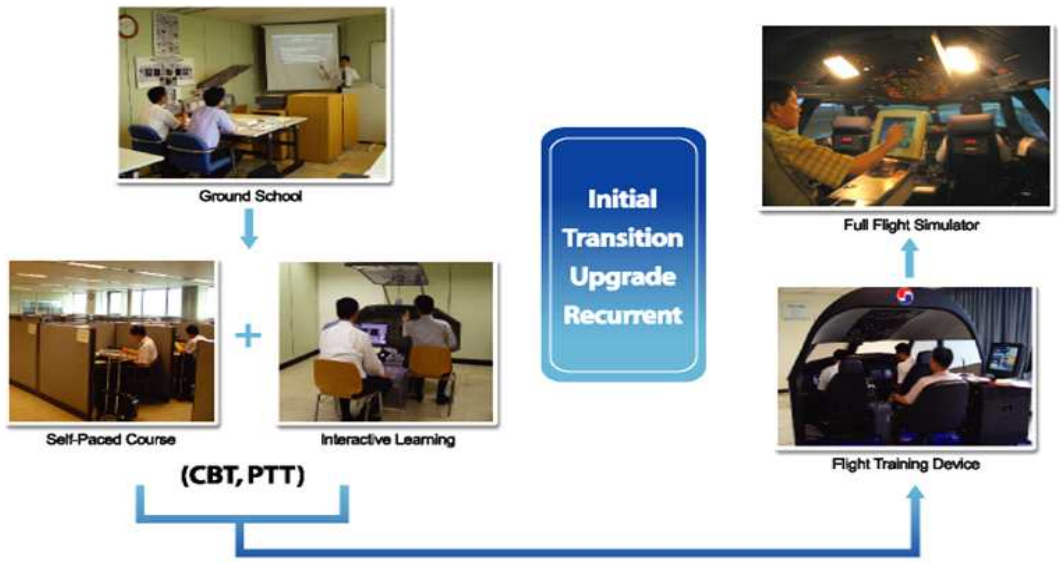
Cockpit Procedure Trainer(CPT)는 조종석(cockpit)의 레이아웃에 쉽게 적응하도록 하는 훈련장치이다. CPT 훈련으로 조종석에 이미 적응이 되어 있는 조종사는 모의비장치와 실장비(actual aircraft)에 쉽게 적응할 수 있다.

⑥ Reconfigurable Flight Trainer

다양한 기종으로 변경이 가능하므로 비용대 효과면에서 큰 이점이 있다.

(2) 시뮬레이터를 이용한 훈련

앞에서 언급한 다양한 항공기 시뮬레이터를 이용한 훈련은 아래의 그림에서와 같이 단계별로 훈련이 진행이 된다.



(3) 시뮬레이터별 구성 및 특징

(가) 모의비행장치(Flight Simulator, Full Flight Simulator)



<그림 48> 모의비행장치의 외부 및 내부형상

① 모의비행장치 구성도



<그림 49> 모의비행장치 구성도

시뮬레이터는 통상 조종석, 모션 플랫폼, 비주얼 시스템, 교관석 등으로 구별된다. 조종석 또는 Cab은 조종사가 위치하는 공간이며, 비행, 항법, 통신을 위한 각종 계기, 스위치, 장비 등과 엔진제어계통 비행조종계통 장치들과 항공기의 비행시 비행환경 소음을 입체 음향으로 재현하도록 음향장치가 포함된다. 모션 플랫폼은 조종사 귀 내부의 전정기관에 모션 큐를 제공하여 움직임을 느끼게 하는 장치로 통상 Stewart Platform 방식의 상조식 6 자유도(DOF, Degrees of Freedon) 시스템이 적용된다. 비주얼 시스템은 조종사가 조종석 내부 또는 창 밖에서 감지하는 영상 정보를 제공하는 것을 목적으로 하며, 특히 창 밖 시계 또는 OTW (Out-the-Window)의 시현이 위주가 된다. 교관석은 IOS (Instructor's Operation Station)라고 지칭하며, 시뮬레이터 전체 시스템 자원들과 상태를 관찰하고 통제한다. 교관석에서는 지상운항 및 비행 중에 조종석에서 필요한 시스템요소에 대하여 항공기의 해당시스템의 정상, 비상조건, 기상환경조절 등으로 작동할 수 있도록 하고, 조종사의 조작반응이 표시되도록 구현된다.

(나) 비행훈련장치(flight training device, FTD)



<그림 50> 비행훈련장치(FTD)의 외부 및 내부형상

① 비행훈련장치 구성도



<그림 51> 비행훈련장치 구성도

비행훈련장치에는 통상 조종석, 비주얼 시스템(옵션사항), 교관석 등으로 구별된다. 조종석에는 실제 항공기와 동일하게 항공기의 비행 상태를 관찰할 수 있는 조종 패널 장치인 조종 계기 패널은 Semi Graphic Panel이 적용되고, 항공기의 비행운동성을 조종하기 위한 조종 재현 장치인 조종반력(Control Loading) 시스템은 실

제항공기가 이륙, 순항 및 착륙외장 상태에서와 동일하게 구현할 수 있도록 Force-Feedback 반력 구현이 적용된다. 항공기의 비행시 비행환경 소음을 입체 음향으로 재현하도록 비행 소음 스피커가 장착된다. 또한 계기판과 장비작동에 필요한 조명도 공급한다. 비주얼 시스템은 비행 전방 시야에 대한 영상 구현을 위한 장치로서 스크린이나 분활 모니터가 적용된다. 교관석은 IOS (Instructor's Operation Station)라고 지칭하며, 시뮬레이터 전체 시스템 자원들과 상태를 관찰하고 통제한다. 교관석에서는 지상운항 및 비행 중에 조종석에서 필요한 시스템요소에 대하여 항공기의 해당시스템의 정상, 비상조건, 기상환경조절 등으로 작동할 수 있도록 하고, 조종사의 조작반응이 표시되도록 적용한다.

(다) Advanced Aviation Training Device(AATD)



<그림 52> AATD의 외부 및 내부형상

① AATD 구성도



<그림 53> AATD 구성도

AATD에도 비행훈련장치와 유사하게 통상 조종석, 비주얼 시스템(옵션사항), 교관석 등으로 구별된다. 조종석에는 실제 항공기와 동일하게 항공기의 비행 상태를 관찰할 수 있는 조종 패널 장치인 CPDU(Control Position Display Unit), PFD(Primary Flight Display), MFD(Multi-function Display)은 통상 Garmin G1000이 적용되고, 항공기의 비행운동성을 조종하기 위한 조종 재현 장치인 조종반력(Control Loading) 시스템은 패시브 방식의 Spring-Mass 시스템이 적용된다. 항공기의 비행시 비행환경 소음을 입체 음향으로 재현하도록 비행 소음 스피커가 장착된다. 또한 계기판과 장비작동에 필요한 조명도 공급한다. 비주얼 시스템은 비행 전방 시야에 대한 영상 구현을 위한 장치로서 분할 모니터가 적용된다. 교관석은 IOS (Instructor's Operation Station)라고 지칭하며, 시뮬레이터 전체 시스템 자원들과 상태를 관찰하고 통제한다. 교관석에서는 지상운항 및 비행 중에 조종석에서 필요한 시스템요소에 대하여 항공기의 해당시스템의 정상, 비상조건, 기상환경조절 등으로 작동할 수 있도록 하고, 조종사의 조작반응이 표시되도록 적용한다.

(4) 시뮬레이터의 등급별 구분

(가) 비행훈련장치(flight training device) 등급별 구분

비행훈련장치						
FAA Level	국토교통부 Level	Cockpit	Aerodynamic Model	Control Loading	Sounds System	NSP Approval
2		Generic	Generic	No		Reference Data
3		Generic	Generic	Yes	Yes	Reference Data
4	가	Specific	Not Required	Not Required		
5	나	Specific	Generic	No		Reference Data
6	다	Specific	Specific	Yes	Yes	Qualification Test Guide
7	라	Specific	Specific	Yes	Yes	Qualification Test Guide

(나) 모의비행장치(Flight Simulator) 등급별 구분

모의비행장치						
FAA Level	국토교통부 Level	Cockpit	Motion	Visual	Response time	Realism
A		Specific	3축	45 x 30 deg	Min 300ms	Generic
B	1등급	Specific	3축	45 x 30 deg	Min 300ms	Ground effect
C	2등급	Specific	6축 Special Effect	75 x 30 deg Min 10 levels occulting Dusk scene	Min 150ms	significant sound/noise Control feel to replicate A/C Windshear model Icing…
D	3등급	Specific	6축 Special Effect plus	75 x 30 deg Daylight visual, minimum brightness 6FLNight scene > 4000 light points	Min 150ms	

(다) 시뮬레이터별 차이점 비교

분류	주요 구성품	차이점	등급	
모의비행장치 (Flight Simulator)	- 조종석 - 운동시스템 - 시각시스템 - 교관석	운동시스템 시각시스템 필수	국토교통부 모의비행장치 3등급	FAA Level D 등급
비행훈련장치 (Flight Training Device)	- 조종석 - 운동시스템 - 시각시스템 - 교관석	조종반력 기준데이터 필수	국토교통부 비행훈련장치 나등급	FAA Level 5 등급
AATD (Advanced Aviation Training Device)	- 조종석 - 운동시스템 - 시각시스템 - 교관석	-	-	FAA AATD

(라) 모의비행훈련장치의 비행훈련시간 인정

<표 127> 모의비행훈련장치를 이용한 비행훈련시간 인정

기관	시험분류	비행시간 인정	비 고
국토교통부	자가용 면장 (PPL)	비행시간 40시간 중 5시간 인정	제93조(모의비행장치의 지정기준 등) ③ 항 별표 9 (개정 2013. 03. 23)
	사업용 면장 (CPL)	비행시간 200시간 중 10시간 인정	
		10시간중 계기비행시간 5시간 인정	
	운송용 면장 (ATPL)	비행시간 1500시간 중 100시간 인정	
		75시간중 계기비행시간 30시간 인정	
	계기비행(IFR) 자격	비행시간 40시간 중 20시간 인정	
FAA	Private Pilot	2.5 hours	FAR Part 61 Certification: Pilots, flight instructors, and ground instructors. Flight Simulators or Flight Training Devices
	Commercial Pilot	50 hours	
	Airline Transport Pilots(Instrument)	25 hours	
	Instrument Pilot	20 hours	
	Private Pilot	2.5 hours	FAA AC 61-136 Appendix 3. Advanced Aviation Training Device (AATD) Requirements
	Commercial Pilot	50 hours	
	Airline Transport Pilots(Instrument)	25 hours	
	Instrument Pilot	20 hours	

2. 세부과제의 주요내용

가. 세부과제 주요 내용

(1) KC-100 소형항공기의 3등급 모의비행장치 (Full Flight Simulator) 개발

(가) 연구개발 목표

FAA Part 60에 기술된 Level D등급 기준을 만족하는 KC-100 소형항공기의 3등급 모의비행장치(Full Flight Simulator)를 개발한다.

(나) 연구개발 필요성 및 정부지원 필요성

○ 국내 환경 측면의 필요성

- 항공기 조종사 양성과 조종사 자격 유지를 위한 비행시뮬레이터 개발을 통해 국내 보급 및 수출추진 필요
  ※ 국내 조종사 양성 및 교육용 비행시뮬레이터는 전량 해외에 의존하거나 미 인증 제품을 수입하여 비행시간으로 인정받지 못하는 실정
  ※ 비행교육 프로그램의 체계적 개발을 통한 항공사의 조종사 비행교육훈련 실시 필요 (해외 경우, 항공기 제작사에서 모의비행훈련센터를 운영)
- 일반 항공기에서는 체험할 수 없는 악기상 등 위급상황에 대처할 수 있는 비행훈련까지 지원이 가능한 공인된 첨단 비행시뮬레이터를 활용할 경우, 효율적·체계적·경제적인 조종사 양성과 기량유지에 기여하게 되며 항공사고 예방을 위해서도 개발이 시급함
- 낙후된 항공레저산업 육성을 위하여, 고부가가치 첨단 항공기용 비행시뮬레이터(Flight Simulator) 핵심 제작기술 국산화 추진 필요

○ 국외 환경 측면의 필요성

- 중국 민간항공 분야의 비약적 성장이 국내 민간항공 분야에 블랙홀로 작용하여 국내 조종사의 절대적 부족 현상 발생으로 효율적 조종사 양성을 위하여 모의비행훈련장치 수요 발생
- KC-100의 주 경쟁기종인 Cirrus SR-22의 경우 폴란드에 전용 모의비행훈련센터를 설치하고 Full Motion Simulator를 운용하고 있어, KC-100 해외수출을 고려 시 국제적 경쟁력 확보를 위하여 모의비행훈련장치 개발이 병행되어야 할 것임

○ 정부 지원의 타당성

- 항공기 산업 및 제품 특성은 기술의 첨단성 및 파급성, 제품의 안보의존성, 개발투자의 장기성, 위험성 및 대규모성, 공공의존성 등으로 인하여 개발, 생산 및 판매 전 단계에 걸쳐서 높은 '공공성' 및 '전략성'을 보임
- 최근 개발된 KC-100을 포함하는 소형항공기에 대한 비행시뮬레이터 및 비행교육 프로그램의 개발은 KC-100의 양산과 국내 비행시뮬레이터 산업의 활성화를 위해 매우 중요하여 투자가 상당기간 지속되어야 하는 장치산업의 특성을 가짐
- 소형항공기의 비행시뮬레이터 개발은 그 열매가 특정 산업체나 기관이 아닌 관련 국내 산업전체를 활성화 시키는 효과를 갖기 때문에 정부지원의 당위성을 가짐

(다) 기존 연구와의 중복성 및 연계방안

국토해양부 지원과제인 『항공안전기술개발사업단 소형 항공기급 인증기 개발』사업으로 개발된 KC-100 항공기를 대상으로 모의비행장치(FFS) 개발시 실장비 및 비행시험 데이터 등을 활용할 수 있어 기술의 수준과 연속성을 기대할 수 있으며, 비용을 효과적으로 활용할 수 있어 국제적 경쟁력을 확보할 수 있다.

(라) 연구개발 주요 내용

BASA 체결을 전제로 개발 중에 있는 4인승 소형항공기(KC-100)의 경우 사업성을 갖기 위해서는 비행훈련용 시뮬레이터 개발이 병행되어야 한다. 90년대 후반 미국 보잉사에서 B777을 시장에 내어놓기 1년 전에 이에 대한 비행훈련용 시뮬레이터가 캐나다 CAE 등을 통하여 출시되었는데, 중대형 수송기의 경우 이를 조종하기 위한 훈련에 사용되는 시뮬레이터는 물론, 비행훈련센터를 설립하여 특정 기종에 대한 비행훈련을 패키지화하는 것은 B777 이후 이미 시장의 트렌드로 자리 잡게 되었다.

군용 항공기의 경우 국내의 경우만 하여도 KT-1, T-50, KF-16, F-15, C-130, CN-235, KHP, UH-60 어느 기종을 보더라도 해당 군에서 비행훈련용 시뮬레이터를 당연히 보유하고 있음을 확인하게 된다. 통상 실제 항공기를 6~9대 정도 운용하고 있을 때 1대의 비행훈련용 시뮬레이터를 보유하는 것이 경제성을 갖는다고 알려져 있다.

항공기의 개발과 비행훈련용 시뮬레이터의 개발을 병행하는 동향은 근래에 소형항공기 시장으로 전이되고 있다. 일례로 Cirrus사의 경우 KC-100과 경쟁기종인 SR-22의 마케팅을 지원하기 위해 폴란드에 전용 비행훈련센터를 설립한 바 있고, Diamond사의

경우도 DA-40 등 자체 항공기를 위한 독립적인 시뮬레이터 업체를 운영하고 있다.

연구목표	주요 연구내용
KC-100 모의비행장치 개발	▪ FAA Part 60의 시뮬레이터 인증기준에 부합 ▪ Computer System ▪ Cockpit/Structure ▪ Control Loading System ▪ Flight Instrument/Panel ▪ Motion System ▪ Visual System ▪ KC-100 Simulation S/W ▪ Aerodynamic Data (KC-100) ▪ Flight Test Data (KC-100 FAA Level D) ▪ System Integration ▪ QTG

이러한 비행시뮬레이터들의 개발은 비행특성을 모의하기 위한 기준 비행특성 데이터가 전제된다. 기준 데이터는 주로 비행시험, 풍동시험, 해석적 시뮬레이션 방법 등을 통하여 확보되는데, KC-100의 경우 감항인증을 위한 비행시험을 충분히 하였다 하더라도 시뮬레이터용 비행시험 데이터가 충분히 확보되었는지는 의문이다.

시뮬레이터용 비행시험에는 통상 지면효과 (Ground Effect), 항공기-엔진 상호작용, 소음 등에 대한 섬세한 비행시험이 포함되는데, 이러한 비행시험들은 일반적으로 감항인증용 비행시험에서는 상대적으로 무시되거나 해상도가 부족하기 때문이다. 따라서 기존 KC-100 비행시험 데이터들을 분석하여 필요시 추가의 비행시험이 계획되어야 소위 Level D급 최상위 비행시험 데이터 패키지가 완성될 수 있을 것이다.

또한 비행시험 데이터 처리를 통한 비행특성 관련 매개변수 값들을 추출하는 작업도 감항인증용 비행시험에서는 요구되지 않는 항목이기 때문에 역시 시뮬레이터 개발을 위해 필수적으로 요구되는 개발항목이라 하겠다.

Level 5 이하의 FTD 또는 ATD에서는 이렇게 확보된 KC-100 기준 비행시험데이터를 동급의 타 기종 항공기 시뮬레이터에 적용할 수 있기 때문에 다양한 소형항공기 기종별 기준 데이터를 별도로 확보할 필요 없이 일부 튜닝작업을 통하여 적용하면 된다.

연구목표	주요 연구내용
KC-100 소형항공기에 대한 FAA Part 60 Level A 비행시험 데이터 확보	▪ FAA Part23에 기술된 감항인증을 위한 비행시험 데이터 확보 (KAI 혹은 타기관의 비행시험을 통해) ▪ 지면효과(Ground Effect), 항공기-엔진 상호작용, 소음 등 시뮬레이터용 비행시험 항목 추가
FTD Level 5등급 비행시험 데이터	▪ DATCOM 혹은 AAA 등의 디자인 데이터 활용 ▪ 기종별 튜닝 ▪ KC-100 비행시험 데이터 활용가능성 타진
비행시험 데이터 처리	▪ 비행시험 데이터 축소(reduction) ▪ 비행특성 관련 매개변수 값들을 추출 (Parameter ID)

(마) 최종성과물

KC-100 소형항공기의 3등급 모의비행장치 (Full Flight Simulator) 개발을 통하여 산출되는 최종성과물은 다음과 같다.

○ KC-100 소형항공기의 국토교통부 3등급 모의비행장치 1대



그림 54 모의비행장치 구성도

(2) 다목적 일반 4인승 소형항공기의 “나”등급 비행훈련장치 (Level 5 Flight Training Device: FTD) 및 AATD (Advanced Aviation Training Device) 개발

(가) 연구개발 목표

FAA Part 60에 기술된 FTD Level 5등급 기준을 만족하는 다목적 일반 4인승 소형항공기의 “나”등급 비행훈련장치(FTD) 및 FAA AC 61-136에 기술된 AATD를 개발한다.

(나) 연구개발 필요성 및 정부지원 필요성

○ 국내 환경 측면의 필요성

- 항공기 조종사 양성과 조종사 자격 유지를 위한 비행시뮬레이터 개발을 통해 국내 보급 및 수출추진 필요
  ※ 국내 조종사 양성 및 교육용 비행시뮬레이터는 전량 해외에 의존하거나 미 인증 제품을 수입하여 비행시간으로 인정받지 못하는 실정
  ※ 비행교육 프로그램의 체계적 개발을 통한 항공사의 조종사 비행교육훈련 실시 필요 (해외 경우, 항공기 제작사에서 모의비행훈련센터를 운영)
- 절차훈련을 중심으로 악기상 등 위급상황에 대처할 수 있는 비행훈련까지 지원이 가능한 공인된 첨단 비행시뮬레이터를 활용할 경우, 효율적·체계적·경제적인 조종사 양성과 기량유지에 기여하게 되며 항공사고 예방을 위해서도 개발이 시급함
- 또한, 항공기 비행체험에 관심 있는 학생 등 일반 국민들이 항공기 비행체험을 쉽게 접하고 즐길 수 있는 인프라가 국내에는 거의 없는 실정이며, 다목적 소형 항공기용 비행 시뮬레이터를 국산화 개발 보급을 통하여 선진화된 항공레저 체험문화 구축 시급
- 낙후된 항공레저산업 육성을 위하여, 고부가가치 첨단 항공기용 비행시뮬레이터 (Flight Simulator) 핵심 제작기술 국산화 추진 필요

○ 국외 환경 측면의 필요성

- 중국 민간항공 분야의 비약적 성장이 국내 민간항공 분야에 블랙홀로 작용하여 국내 조종사의 절대적 부족 현상 발생으로 효율적 조종사 양성을 위하여 모의비행훈련장치 수요 발생

- KC-100의 주 경쟁기종인 Cirrus SR-22의 경우 폴란드에 전용 모의비행훈련센터를 설치하고 Full Motion Simulator를 운용하고 있어, KC-100 해외수출을 고려 시 국제적 경쟁력 확보를 위하여 모의비행훈련장치 개발이 병행되어야 할 것임

○ 정부 지원의 타당성

- 항공기 산업 및 제품 특성은 기술의 첨단성 및 파급성, 제품의 안보의존성, 개발투자의 장기성, 위험성 및 대규모성, 공공의존성 등으로 인하여 개발, 생산 및 판매 전 단계에 걸쳐서 높은 '공공성' 및 '전략성'을 보임
- 최근 개발된 KC-100을 포함하는 소형항공기에 대한 비행시뮬레이터 및 비행교육 프로그램의 개발은 KC-100의 양산과 국내 비행시뮬레이터 산업의 활성화를 위해 매우 중요하여 투자가 상당기간 지속되어야 하는 장치산업의 특성을 가짐
- 소형항공기의 비행시뮬레이터 개발은 그 열매가 특정 산업체나 기관이 아닌 관련 국내 산업전체를 활성화 시키는 효과를 갖기 때문에 정부지원의 당위성을 가짐

(다) 기존 연구와의 중복성 및 연계방안

비행훈련장치(FTD) 및 AATD 개발시 세부과제(1) 모의비행장치(FFS) 개발시 확보된 기술 및 데이터를 바로 활용할 수 있어 기술의 수준과 연속성을 기대할 수 있으며, 비용을 효과적으로 활용할 수 있어 국제적 경쟁력을 확보할 수 있다.

또한, 다목적 소형항공기 기종에 대한 시뮬레이터 개발을 통해 기존에 국가과제로 개발한 다양한 국산 소형항공기에 대한 수요를 창출할 수 있으며, 해외의 항공기 수요를 대체하는 효과도 기대된다.

(라) 연구개발 주요 내용

소형항공기 비행훈련용 시뮬레이터 시장은 이러한 근례의 동향에도 불구하고 전통적으로 그 규모가 크다고 할 수 없고, Frasca 등 일부 시뮬레이터 중견기업들과 PC기반 ATD (Aviation Training Device)를 제작하는 소규모 제작업체들이 작은 시장을 분할하고 있다. 그 가장 큰 이유는 소형항공기 자체가 고가가 아니며 쉽게 접근이 가능하기 때문에 현실감이 부족하나 상대적으로 고가인 비행훈련용 시뮬레이터를 굳이 활용할 필요가 없었기 때문이라 추정된다.

소형항공기 시장에는 Cessna, Cirrus 등 여러 군소 업체들이 매우 다양한 기종들을 시장에 내어 놓고 있음을 감안할 경우 KC-100을 위한 전용 비행시뮬레이터 이외에도

실제로 가격 경쟁력을 가질 수 있으며, 다양한 기종에 사용될 수 있는 Level 4, 5 FTD 또는 ATD 시장에 관심을 가져야 한다.

소형항공기 시장이 안전성 개선을 전제로 성장할 경우 이 시장 역시 동반 성장할 것이라 기대할 수 있기 때문이다. 따라서 다목적 일반 4인승 소형항공기의 비행훈련장치(FTD 및 ATD)의 개발이 KC-100 전용 시뮬레이터와 병행하여 개발이 추진되어야 수익성 측면에서의 기대효과를 보장할 수 있을 것이다.

연구목표	주요 연구내용
비행훈련장지(FTD)	▪ FAA Part 61의 시뮬레이터 인증기준에 부합 ▪ Computer System ▪ Cockpit/Structure ▪ Control Loading System ▪ Flight Instrument/Panel ▪ Motion System ▪ Visual System ▪ Flight Simulation S/W ▪ Aerodynamic Data (FAA FTD Level 5) ▪ System Integration ▪ QTG
비행훈련장지(ATD)	▪ FAA Part 60의 시뮬레이터 인증기준에 부합 ▪ Computer System (PC) ▪ Virtual Cockpit/Structure ▪ Control Loading System (COTS) ▪ Flight Instrument/Panel (COTS) ▪ Motion System ▪ Visual System (COTS) ▪ Flight Simulation S/W (COTS) ▪ Aerodynamic Data (FAA FTD Level 5) ▪ System Integration ▪ QTG
다 기종 표현	▪ Virtual Cockpit ▪ Digital Flight Instrument/Panel ▪ Aerodynamic Data (KC-100 Data 튜닝)

(마) 최종성과물

다목적 일반 4인승 소형항공기의 “나”등급 비행훈련장치(Level 5 Flight Training Device: FTD) 및 AATD (Advanced Aviation Training Device) 개발을 통하여 산출되는 최종성과물은 다음과 같다.

○ 국토교통부“나”등급 및 FAA Level 5 FTD 인증을 모두 확보한 비행훈련장치 및 AATD 각 1대



<그림 55> 비행훈련장치(FTD)의 최종성과물 예시



<그림 56> AATD의 최종성과물 예시

(3) 모의비행훈련장치 (Synthetic Flight Trainer) 인증 인프라 연구 및 교육훈련 프로그램 개발

(가) 연구개발 목표

FAR Part 60 “Flight Simulation Training Device Initial And Continuing Qualification And Use”을 기본으로 한 국내 모의비행훈련장치 인증 인프라와 FAR Part 141 "Pilot school", FAR Part142 "Training center"를 만족하는 FSTD(Flight Simulation and Training Device)의 비행교육 프로그램을 개발한다.

(나) 연구개발 필요성 및 정부지원 필요성

미국 FAA에서는 실제 항공기의 감항기술 기준격인 모의비행훈련장치에 대한 기술기준인 FAR Part 60 "Flight Simulation Training Device Initial and Continuing Qualification and Use"을 제정해 개발되는 비행시뮬레이터, 즉 모의비행훈련장치에 적용하고 있다.

우리나라의 경우 민간의 소요에 의해 국내에서 개발되고 정부에 의해 승인된 모의비행훈련장치의 개발은 현재까지 본 기획과제가 최초이며 지금까지는 국내 조종사의 훈련 소요에 따라 외국에서 인증된 모의비행훈련장치를 도입하여 이에 대한 검사를 통한 승인 후 운영되고 있다.

현재 우리나라는 최초의 형식증명(TC) 획득을 목표로 한 민간항공기인 KC-100에 대한 종합적이고 체계적인 훈련을 위한 모의비행훈련장치의 개발 등의 국내 개발의 모의비행훈련장치 소요가 대두되고 있는 바, 기존의 국내 도입에 초점이 맞추어진 국내 관련 규정을 국내 개발 모의비행훈련장치 인증을 위한 체계로 보완할 필요가 있다.

또한, KC-100 항공기의 경우, 국내뿐만 아니라 해외 판매를 위하여 실질적인 모의비행훈련장치 국내개발에 따른 평가 및 지정을 위하여 평가 및 지정체계 구축 및 실질적인 시험평가 방안도 마련되어야 할 것으로 판단되며 이를 위하여 승인당국에서 규정에 대한 적합성 확인(Compliance finding)을 위해 필요한 승인당국 관점에서의 평가 및 지정체계, 즉 적용되는 규정 및 지침, 인증수락 기준, 모의비행훈련장치 평가항목 및 평가기준 등에 대한 연구를 수행하여야 할 필요성이 있다.

(다) 기존 연구와의 중복성 및 연계방안

소형항공기에 대한 인증인프라의 경우 국토해양부 지원과제인 『항공안전기술개발사업단 소형 항공기급 인증기 개발』사업을 통해 항공선진국 수준의 인증인프라를 구축 중에 있으나 시뮬레이터의 지정과 관련한 인증 인프라의 경우, 적용되는 지정기준, 평가절차 및 방법 등이 항공기와는 서로 상이한 관계로 소형항공기급의 인증인프라 구축과는 직접적인 연관성은 적은 것으로 판단된다. 따라서 본 과제를 통해 우리나라의 시뮬레이터에 적용되는 기술기준, 평가절차 및 방법 등의 인증인프라 구축에 대한 연구를 별도로 수행할 필요가 있다.

이러한 소형비행기에 대한 인증인프라 구축은 소형항공기 인증인프라 구축에서 적용된 방식과 유사하게 본 연구를 통하여 개발되는 적합한 지정기준의 적용과 평가절차를 소형비행기 시뮬레이터에 적용함으로서 이루어진다.

비행 교육프로그램의 경우 기존에 국가사업을 통해 수행된 경험이 존재하지 않기에 본 사업을 통해 항공선진국 수준의 비행 교육프로그램을 개발하여 소형비행기 시뮬레이터 저변확대에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

(라) 연구개발 주요 내용

① 시뮬레이터 시험 및 승인

FAR Part 60 “Flight Simulation Training Device Initial And Continuing Qualification And Use”을 기본으로 한 국내 “시뮬레이터 승인 기준” 개발한다.

㉮ 시뮬레이터 승인기준 개발

시뮬레이터 승인기준 개발은 우리나라 모의비행훈련장치(FSTD)의 평가 및 지정을 위한 고시를 최신기준으로 개정하는 것으로서 미연방항공청(FAA)의 모의비행훈련장치(FSTD) 규정인 FAR Part 60 "Flight Simulation Training Device Initial And Continuing Qualification And Use" 기준과 동등한 기준을 개발하는 것을 목표로 1차년과 2차년에 걸쳐 수행한다.

□ 고시 본문
□ 모의비행훈련장치(FFS) 세부평가기준
□ 비행훈련장치(FTD) 세부평가기준

□ 회전익항공기 모의비행훈련장치(FFS) 세부평가기준
□ 회전익항공기 비행훈련장치(FTD)
□ 모의비행훈련장치(FSTD) 품질관리시스템
□ ATD(Aviation Training Device) 승인기준

㉯ QTG(Qualification Test Guide) 승인을 위한 평가

승인당국은 모의비행훈련장치(FSTD) 개발업체가 작성하는 특정 형상의 모의비행훈련장치(FSTD)를 평가하기 위한 기준인 개발되는 모의비행훈련장치(FSTD)에 대한 QTG(Qualification Test Guide)를 평가하고 승인하여야 한다.

승인당국은 모의비행훈련장치(FSTD) 제작사가 제출한 QTG가 FAR Part 60과 동등하게 개발되어 개정되는 우리나라 고시의 요건을 만족하는지 평가하고 적용되는 경우 모의비행훈련장치(FSTD)의 기본이 되는 항공기의 특성을 반영했는지를 검토한다.

다음은 승인당국이 평가기준을 승인하여야 하는 모의비행훈련장치(FSTD)의 범위이다.

□ 모의비행훈련장치(FFS) 1종
□ 비행훈련장치(FTD) 1종
□ ATD(Aviation Training Device) 1종

㉰ 시뮬레이터 평가

승인당국은 모의비행훈련장치(FSTD)에 대한 QTG 또는 이와 동등한 기준을 승인하고 모의비행훈련장치(FSTD) 개발업체가 승인된 QTG에 따라 초도 평가를 수행한 각각의 모의비행훈련장치(FSTD)에 대하여 지정평가를 수행한다.

□ 모의비행훈련장치(FFS) 1종
□ 비행훈련장치(FTD) 1종
□ ATD(Aviation Training Device) 1종

승인당국의 지정평가는 일반적으로 지정검사와 정기검사를 수행한 이후 해당 모의비행훈련장치(FSTD)의 등급을 결정한다.

② 시뮬레이터를 활용한 교육과정 및 인정시간 검토

㉮ 국내 교육현황

모의비행장치를 활용한 비행시간 인정범위는 항공법 시행규칙 제93조(모의비행장치의 지정기준 등) ③ 항에 따라 다음과 같다.

- 자가용 면장(PPL) 취득 시 총 40시간의 비행시간 요구경력 중 지방항공청장이 인정한 모의비행훈련장치를 이용한 비행경력 5시간까지 인정

- 계기비행(IFR) 자격 취득 시 총 50시간의 비행시간 요구경력 중 지방항공청장이 인정한 모의비행훈련장치를 이용한 비행경력 20시간까지 인정

- 사업용 면장(CPL) 취득 시 총 200시간의 비행시간 요구경력 중 지방항공청장이 지정한 모의비행장치 비행훈련시간 10시간 인정

소형항공기는 자가용 면장(PPL: Private Pilot's License)와 사업용 면장(CPL: Commercial Pilot's License) 취득을 위하여 활용되는데, FAA나 국토교통부에서는 각각 50시간과 200시간의 최소비행시간을 요구한다(표 56 참조).

항공대학교 비행교육원의 비행교육과정을 분석하면 항공운항사의 항공조종사가 되기 위해서 학과 교육 580시간과 비행교육 200시간을 이수하게 되어 있고, 총 12개월의 교육시간을 통해 이수하는 비행교육프로그램은 <그림 32>와 같이 구분되어 있다. 자가용 조종사과정에서는 SE(Single Engine) 항공기를 이용하여 60시간의 비행교육이 이루어지며, FTD를 이용한 5시간의 비행교육이 더해진다. 계기비행증명 교과에서는 자가용 소지자의 경우 SE 55시간과 FTD 5시간이, 사업용 소지자의 경우 SE 30시간과 FTD 15시간이 교육된다. 사업용 조종사과정에서는 자가용 소지자의 경우 SE 90시간과 FTD 5시간이, 계기증명 소지자의 경우 FTD 교육시간이 없이 SE 20시간이 교육된다. 형식한정증명 과정에서는 FTD 비행교육이 없으며, 사업용/단발 소지자의 경우 ME (Multi Engine) 10시간, 자가용/단발 소지자의 경우 ME 15시간의 비행교육이 이루어진다.

항공대학교의 사례에서 보듯이 FAA나 국토교통부의 최소비행시간 요구조건을 충족하는데 있어 대다수의 국내외 기초비행교육기관에서는 모의비행훈련장치가 실제 항공기의 비행시간을 대체하는 개념보다는 보완하는 차원에서 모의비행훈련장치가 활용되고 있는 실정이다. FAA의 Part 61 section 129에는 항공기의 면장취득에

필요한 최소 비행시간과 모의비행훈련장치를 이용해 인정받을 수 있는 최대 비행시간이 명시되어 있는데, 소형항공기 모의비행훈련장치를 통해서 인정받을 수 있는 비행시간은 비행교육 프로그램의 등급에 따라 50시간 또는 100시간까지로 기재되어 있다. 따라서 본 사업을 통하여 소형항공기(SE) FFS, FTD, AATD가 개발되어 경쟁력 있는 가격으로 비행훈련에 투입이 된다면, FTD의 비행교육시간을 보다 많이 인정받을 여지가 있으며 이는 실제 비행기를 조종교육에 투입하는 것보다 경제적일 수 있기 때문에 기존의 기초비행훈련과정에서 활용되는 모의비행훈련장치의 역할을 체계적으로 재설정할 필요가 있다.



<그림 57> 항공대 비행교육원의 학과 및 비행교육기간

<표 128> 모의비행훈련장치의 지정허용범위

구 분	지 정 허 용 범 위
비행훈련장치 가~라 등급	(1) 계기비행 및 비행절차 훈련 (2) 항공기운항절차 및 시스템에 대한 훈련 및 심사 (3) 계기비행경험 및 심사(허가를 받은 경우)
1등급 모의비행장치 (회전익의 경우 : 1등급)	(1) 비행훈련장치의 범위 (2) 당해 기종의 최근비행경험 (3) 야간이착륙훈련
2등급 모의비행장치 (회전익의 경우 : 2등급)	(1) 제1종의 범위 (2) 초기, 전환 및 승격훈련 (3) 특수훈련(예 : CAT-II, 노선적응훈련) (4) 실기검증 및 심사
3등급 모의비행장치 (회전익의 경우 : 3등급)	(1) 제2종의 범위 (2) 모든 훈련(CAT-III, 국지비행 훈련 등) (3) 항공기로 경험 또는 심사를 받아야 하는 과목이외의 모든 심사

모의비행훈련장비의 요구도는 FTD Level 4급 (국토부 지정 비행훈련장치 가등급) 이상 모의비행장치로 규정한다. 따라서 소형항공기에 대한 FTD급 비행훈련은 주로 초도비행 시 절차 획득을 위해 주로 이루어지지만, 모의비행장치는 현실적으로 존재하지 않는 것이 현실이다.

하지만, KC-100과 같은 고급기종의 항공기의 경우 해외수출 및 인증을 목적으로 개발되었으며, 따라서 모의비행장치의 개발은 필수적이다. 하지만, 비행교육을 목적으로 하는 시뮬레이터 특성상 현재 존재하지 않는 교육 프로그램은 개발할 필요가 있다.

연구목표	주요 연구내용
비행교육 프로그램의 개발	▪ 항공법 시행규칙 제93조 비행시간 인정범위 ▪ 기존 비행훈련원 및 비행스쿨 교육 프로그램 벤치마킹 ▪ 모의비행훈련장치를 활용한 비행교육 프로그램 개발 ▪ 비행훈련장치를 활용한 비행교육 프로그램 개발

㈏ 국외 교육현황

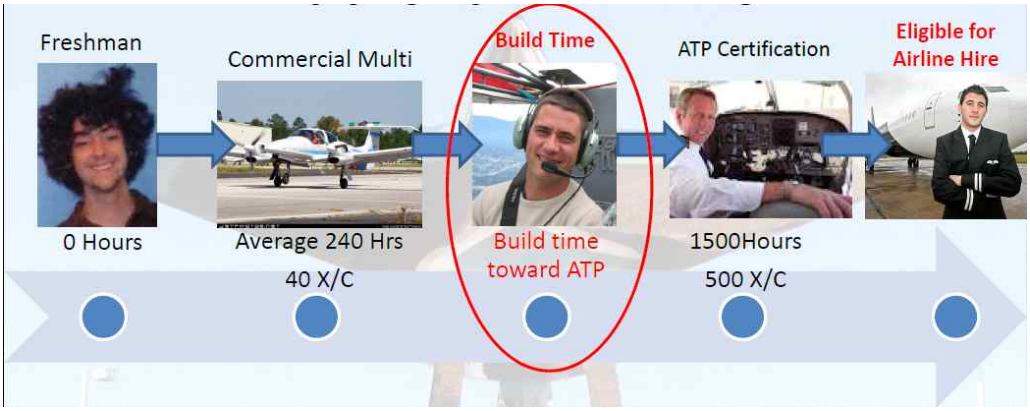
□ ATP 자격증 규정

2013년 7월 15일 FAA 'Pilot Certification & Qualification Requirements for Air Carrier Operations Final Rule'이 안정성 강화를 위하여 PL 211-216을 다음과 같이 최근 개정하였다. 비록 소형항공기 조종을 위해서는 50시간이라는 기본적인 항공기 교육을 이수하면 되지만, 항공기 조종사 자격증을 따기 위한 사람들은 단순히 항공스포츠 및 레저용으로 자격증을 따는 소요는 매우 이례적이기에 ATP 자격에 대한 총체적인 검토가 필요하다.

○ 변경전

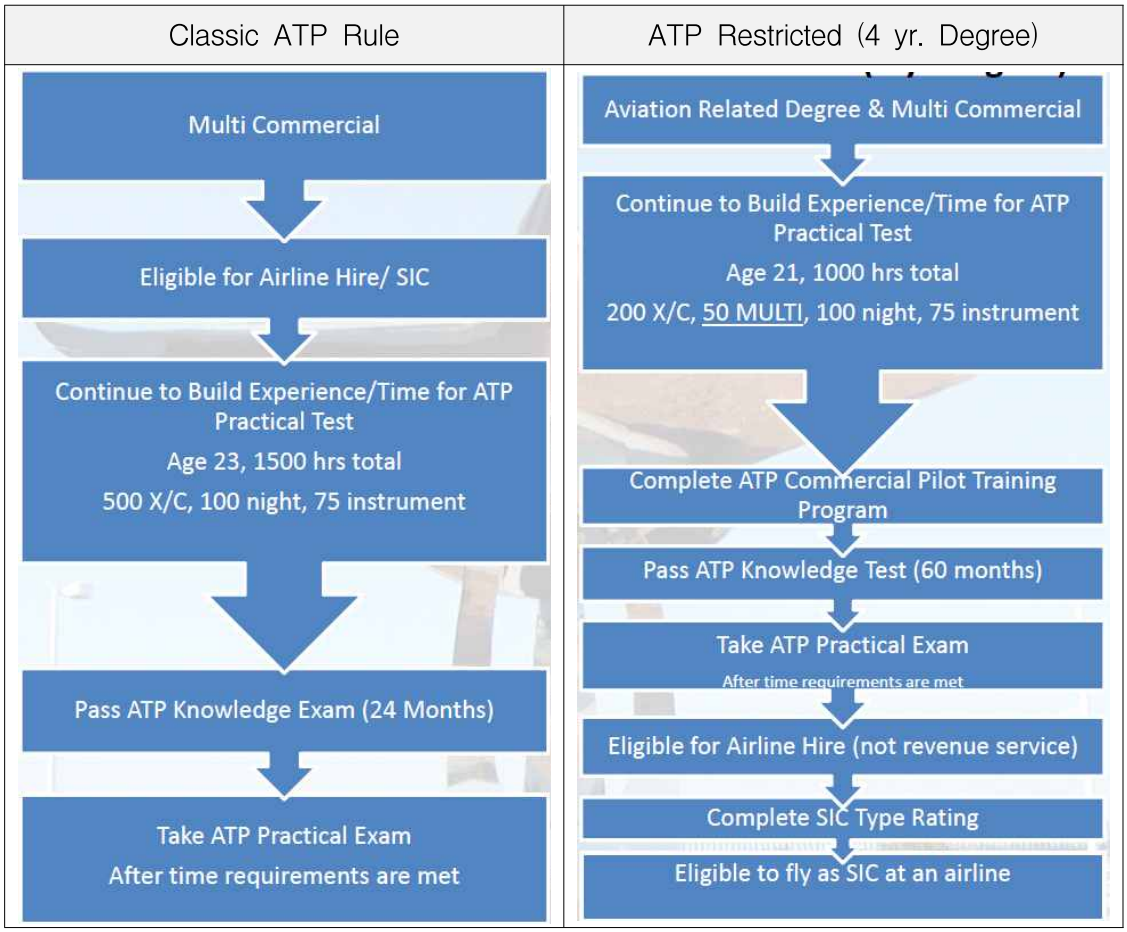


○ 변경후



- Require an ATP certificate for all pilots in part 121 operations (1,500 hour requirement)
- Require 50 hours in class of airplane for an ATP certificate, airplane category
- Require a part 121 SIC have an aircraft type rating for the aircraft to be flown
- Require 1,000 hours of air carrier experience to serve as PIC in part 121
- Permit issuance of a restricted privileges ATP certificate

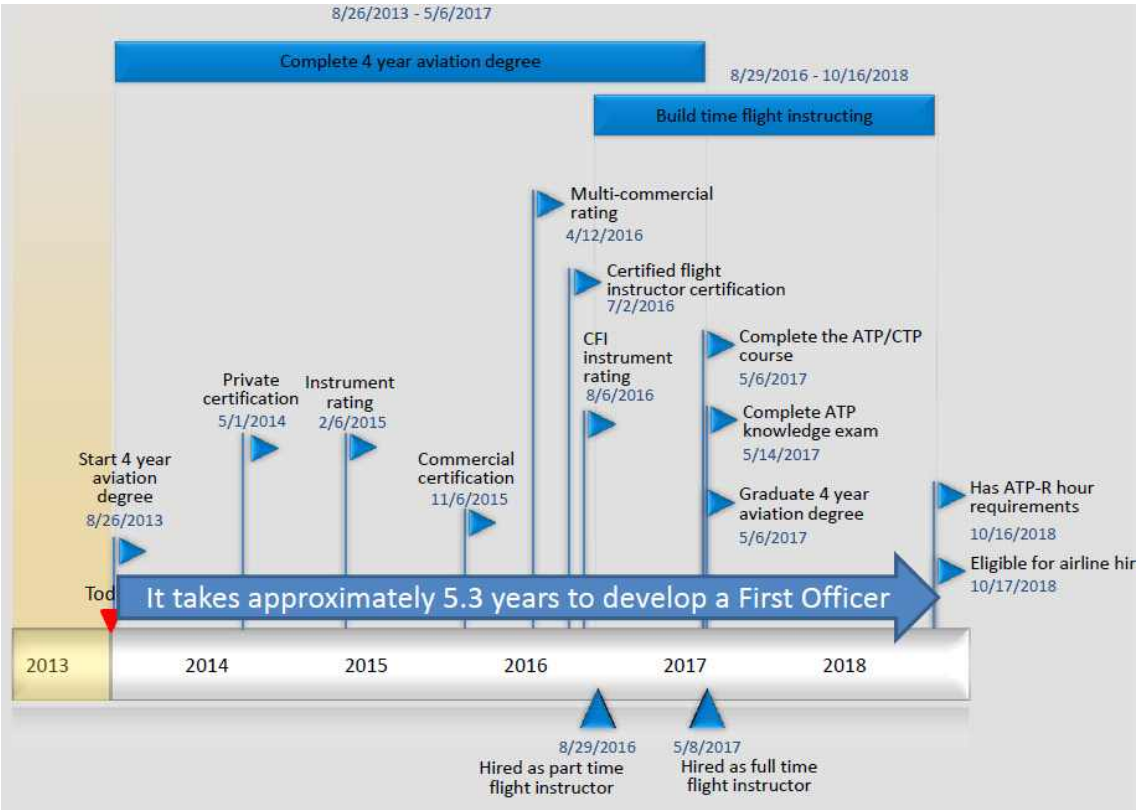
Military	750 hours
Bachelor's Degree w/ aviation major	1,000 hours (60+ aviation credits) 1,250 hours (30+ aviation credits) 200 cross country
Associate's Degree w/ aviation major	1,250 hours (30+ aviation credits) 200 cross country
Pilots not yet 23 years old	1,500 hours 200 cross country



ATP Restricted (4 yr. Degree) 이전인 2012년 2월에 개정된 NPRM에 따르면 조종사 자격증을 획득하기 위해서는 다음과 같이 비행시간이 요구된다.

축적비행시간	자격
	기본교육 - FAA 종사자에 의해 결정된 요구사항에 대한 교육
50+	PPL (Private Pilot License)
190+	CPL (Commertial Pilot License) - Part 141 또는 Part 142
600+	ATP Training Course - 비행교육기관에서 최소 1달, 16시간 FSTD(시뮬레이션 교육), “academic credit” 만족
	ATP knowledge test 자격
	Part 121 자격 - Restricted ATP 수여
	special pairing and consolidation with mentoring PIC
800+	Continued mentoring and monitoring - nospecial pairing
1500+	Unrestricted ATP 수여
(1000 SIC)	Part 121 PIC

신 규정을 적용한 미국 ERAU degree 프로그램은 다음과 같다.



□ ATP 훈련 프로그램 요구사항

○ ATP 훈련 프로그램에 따르면 14 CFR part 60을 만족하는 FSTD(Flight Simulation and Training Device)를 활용하여 최소 10시간의 교육훈련이 요구된다.

- 4 hours FTD level 4+
- 6 hours FFS level C or D

○ 40,000lbs 이상의 항공기에 대한 시뮬레이션 교육이 요구됨

○ 다음과 같은 장비가 반드시 장착되어야 한다.

- FMS
- EFIS
- TCAS
- TAWS



□ 교관 요구사항

○ 항공기 및 FSTD 교관은 다음과 같은 요구사항을 만족해야 한다.

- ATP airplane multi-engine land certificate 자격을 갖춰어야 한다.
- 최소한 2년의 air carrier 경험이 요구됨
  - PIC under 91.1053(a)(2)(i), 또는
  - PIC under 135.243(a)(1), 또는
  - PIC or SIC under 121
- A CFI or training on CFI concepts

○ FSTD 교관은 다음과 같은 요구사항을 만족해야 한다.

- 교육에 적절한 형태 및 등급의 FSTD 확보
- 자격증 소지자에 의한 최초 및 정기교육 가능

□ 비행 교과교육 요구사항

○ Aerodynamics(공기역학) (최소 8시간)

- High altitude operations
- Stall prevention and recovery training
- Upset prevention and recovery training

○ Meteorology(기상학) (최소 2시간)

- Airplane weather detection systems
- Air carrier low-visibility operations

○ Air Carrier Operations(항공 여객기 운영) (최소 14시간)

- Physiology/fitness for duty (overview)
- Automation
- Communications
- Minimum equipment list (MEL) & configuration deviation list (CDL)
- Checklist Philosophy
- Operational Control (overview)
- Ground Operations
- Turbine Engines (overview)
- Transport Airplane Performance
- Navigation and flight path warning systems (overview)

○ Leadership/ professional development, crew resource management, and safety culture (최소 6시간)

- Leadership/professional development
- Crew resource management
- Safety culture and voluntary safety programs (Overview)

□ FSTD 요구사항

○ FTD Level 4+ - 4 hours
- Navigation
- Automation (Autopilot으로 제한)

○ FFS Level C or D - 6 hours
- Runway Safety and Adverse Weather (3 hours)
- High-Altitude Operations, stall and upset prevention and recovery (3 hours)

㉰ 교육훈련 관련 개발항목

본 사업을 통해 다음과 같은 항목에 대한 연구를 수행한다.

○ 국내외 비행교육 프로그램 및 교육기관에 대한 현황조사

○ 국제적 규정에 부합하는 국내 조종사 자격증에 대한 연구

○ 조종사 자격증에 따른 비행교육 시간인증

○ 조종사 자격증에 따른 비행교육과정 (FSTD 포함)

○ 비행교관 자격증 및 비행교과 프로그램

(마) 최종성과물

모의비행훈련장치 (Synthetic Flight Trainer) 인증 인프라 연구 및 교육훈련 프로그램 개발을 통하여 산출되는 최종성과물은 다음과 같다.

○ QTG 시험평가에 기반 한 모의비행훈련장치 인증 인프라 연구 보고서

○ 모의비행훈련장치 기반 소형항공기 비행교육훈련절차 보고서

나. 연차별 연구내용

(1) KC-100 소형항공기의 3등급 모의비행장치 (Full Flight Simulator) 개발

연차	주요 연구내용	
1차년도	1. 자료조사 및 요구도 분석 2. 개념설계	▪ KC-100 ▪ 컴퓨터 시스템 ▪ 조종석 ▪ 조종감제시기 (전기식) ▪ 계기 및 장비 ▪ 운동판 ▪ 영상시스템 ▪ 시뮬레이션S/W
2차년도	3. 예비설계 4. 상세설계 5. 비행시험 및 데이터추출 6. 구성부품 제작	▪ 1차년도 연구내용에 대한 예비 및 상세 설계 ▪ Aerodynamic Data (KC-100) ▪ Flight Test Data (KC-100, FAA Level D) - FAA Part23에 기술된 감항 인증을 위한 비행시험 데이터 확보 (KAI 혹은 타기관의 비행시험을 통해) - 지면효과(Ground Effect), 항공기-엔진 상호작용, 소음 등 Level D 규격을 만족시키기 위한 추가 비행시험 수행 ▪ System Integration
3차년도	7.시스템통합 8.시험평가 9.국내인증	▪ QTG (Qualification Test Guide: 국토교통부고시 제2013-107호, "모의비행훈련장치 지정기준 및 검사요령") 작성을 통한 인증

(2) 다목적 일반 4인승 소형항공기의 “나”등급 비행훈련장치 (Level 5 Flight Training Device: FTD) 및 AATD (Advanced Aviation Training Device) 개발

(가) “나”등급 비행훈련장치 개발

연차	주요 연구내용	
1차년도	1.자료조사 및 요구도 분석 2.개념설계	▪ 대상기종 선정(예: Cessna 172S, KC-100, DA-40NG)하여 가변형, 모듈형으로 설계 ▪ 컴퓨터 시스템 ▪ 조종석 ▪ 조종감제시기 (전기식) ▪ 계기 및 장비 ▪ 운동판 ▪ 영상시스템 ▪ 시뮬레이션S/W
2차년도	3.예비설계 4.상세설계 5.선정 기종별 데이터추출 6.구성부품 제작	▪ 1차년도 연구내용에 대한 예비 및 상세 설계 ▪ Aerodynamic Data (FAA FTD Level 5급 이상) ▪ System Integration
3차년도	7.시스템통합 8.시험평가 9.국내인증	▪ QTG(국토교통부고시 제2013-107호, ″모의비행훈련장치 지정기준 및 검사요령″)
4차년도	10. FAA인증	▪ FAAPart60의 시뮬레이터 인증기준에 부합

(나) AATD (Advanced Aviation Training Device) 개발

연차	주요 연구내용	
1차년도	1.자료조사 및 요구도 분석 2.개념설계	▪ 대상기종 선정(예: Cessna 172S, KC-100, DA-40NG)하여 가변형, 모듈형으로 설계 ▪ 컴퓨터 시스템(PC) ▪ 가상 조종석 ▪ 조종감제시기 (COTS) ▪ 계기 및 장비 (COTS) ▪ 영상시스템 (COTS) ▪ 시뮬레이션S/W (COTS)
2차년도	3.예비설계 4.상세설계 5.구성부품 제작	▪ 1차년도 연구내용에 대한 예비 및 상세 설계 ▪ System Integration ▪ 다 기종표현 - 가상 조종석 - 디지털 계기 및 장비
3차년도	6.시스템통합 7.시험평가 8.국내인증	▪ QAG(Qualification Approval Guide)
4차년도	9. FAA인증	▪ FAA AC61-136의 시뮬레이터 인증기준에 부합

(3) 모의비행훈련장치 (Synthetic Flight Trainer) 인증 인프라 연구 및 교육훈련 프로그램 개발

연차	주요 연구내용	
1차년도	우리나라 “시뮬레이터 승인 기준” 개발 (I)	▪ FAR Part 60 기준에 대한 자료 조사 및 기존 초안 작성 - 고시 본문 - 모의비행장치(FFS) 세부평가기준 - 비행훈련장치(FTD) 세부평가기준 ▪ 항공법시행 규칙 제93조 비행시간 인정범위 ▪ 기존 비행훈련원 및 비행스쿨 교육프로그램 벤치마킹
2차년도	우리나라 “시뮬레이터 승인 기준” 개발 (II)	▪ FAR Part 60 기준에 대한 자료 조사 및 기존 초안 작성 - 회전익항공기 모의비행장치(FFS) 세부평가기준 - 회전익항공기 비행훈련장치(FTD) - 모의비행훈련장치(FSTD) 품질관리시스템 - AATD 승인 기준 ▪ 모의비행훈련장치를 활용한 비행교육 프로그램 개발
3차년도	QTG 승인을 위한 평가	▪ 3종의 모의비행훈련장치(FSTD)의 QTG 또는 이와 동등한 기준에 대한 승인 진행 - 모의비행장치(FFS) 1종 - 비행훈련장치(FTD) 1종 - AATD 1종 ▪ 비행훈련장치를 활용한 비행교육 프로그램 개발
4차년도	모의비행훈련장치(FSTD) 지정을 위한 평가	▪ QTG에 따른 개발자 최종시험 모니터링 및 시험보고서 확인 - 모의비행장치(FFS) 1종 - 비행훈련장치(FTD) 1종 - ATD(Aviation Training Device) 1종 ▪ 승인당국의 시뮬레이터 지정을 위한 평가업무 (승인당국 직접수행 또는 위임) 수행 - 모의비행장치(FFS) 1종 - 비행훈련장치(FTD) 1종 - AATD 1종

3. 세부과제의 추진전략

가. 시장특성

VisionGain의 시장분석 및 예측보고서에 따르면 세계 민간항공 시뮬레이터 분야의 규모는 2012년 기준으로 대략 4조원 (3.61B US$) 규모이며, 매년 3.6% 전후의 성장세를 보이고 있다. 이 중 소형항공기 시뮬레이터 시장은 이 분야의 선두주자들인 Frasca (17.5M US$), Mechtronix (49M US$), Flight Safety International (750M US$) 등의 매출을 기준으로 예측할 경우 대략 1.2% 전후를 차지하는 것으로 추정된다. 즉, 대략 한화 500억원 정도의 시장이 형성되어 있는 셈이다. 소형항공기 시뮬레이터 시장은 SR-22 FFS (Full Flight Training Center)를 보유하고 있는 폴란드의 Cirrus Flight Training Center를 제외하고는 대부분 Level 5의 FTD (Flight Training Device)나 AATD (Advanced Aviation Training Device)가 주류를 형성하고 있어 성능보다는 가격경쟁력을 우선시하는 시장특성을 보이고 있다.

나. 사업화 방안

본 사업을 통하여 개발될 시뮬레이터는 1. KC-100 FFS (FAA Level D 또는 건교부 3등급 모의비행장치), 2. 다목적 소형항공기의 가변형 FTD (FAA Level 5 또는 건교부 “나”등급), 3. 다목적 소형항공기의 가변형 AATD (FAA Level A PC-ATD)로 구별된다.

KC-100 FFS의 경우는 KC-100의 사업화 전략과 맥을 같이할 수밖에 없다. 즉, KC-100 사업전략의 일환으로 경쟁기종인 SR-22와 마찬가지로 모의비행훈련원 (Flight Training Center)를 설치하여 시제를 그 중심 비행훈련장비로 활용하는 것이 현실적이다.

2013년 8월 현재 공군사관학교의 경우 25대 규모의 소형항공기 수요가 있는 것으로 확인되고 있고, KC-100이 그 주요 후보기종으로 검토되고 있는 바 공군사관학교에 모의비행훈련원을 설치하는 것도 한 가지 방법이 될 수 있고, KC-100 제작을 담당하고 있는 KAI의 경우 민간항공분야에 본격적인 진출을 위하여 모의비행훈련원을 설치·운영 할 수도 있을 것이다. 이를 시작으로 하여 KC-100의 판매와 더불어 KC-100 FFS의 사업화도 탄력을 받게 될 것이다. FTD나 AATD의 경우는 사업화 방안이 보다 유연하다 하겠다.

Diamond DA-40, Cessna 172S 등이 KC-100 이외에 모의대상 항공기로 추가되기 때문에 FAA 수준의 인증을 받게 될 경우 국내외 다양한 수요를 충족시킬 수

있다. 가변형이라 함은 기본 프렛폼을 공유한다는 의미이고, 조종석, 조종장치, 계기패널 등의 모듈화가 필수적으로 수반되어야 하므로 가격 경쟁력을 확보한다는 의미이기도 하다. 즉, FTD나 AATD의 경우는 KC-100 비행훈련의 기초과정을 담당할 수도 있으며, 타 경쟁기종들의 비행훈련에도 활용될 수 있으므로 1차적으로는 국내 기초비행훈련원이나 대학의 항공운항학과들과 공조를 통하여 시장을 확보하고, 이러한 경험을 바탕으로 2차적으로는 해외 진출을 추진하는 것이 합리적이다.

특히, 중국을 포함한 아시아 민간항공시장은 그 성장률이 6% 이상을 보이고 있을 정도로 잠재적 시장규모가 매력적이며, 해당 국가들의 한국 제품과 기술에 대한 인식이 좋으므로 그 내부 네트워크들을 활용하여 수출을 시도하는 것이 타당하다.

제4절 과제별, 연차별 기술로드맵 및 성과로드맵

1. 핵심기술요소(CTE) 식별

항목 번호	항목내용
1	이 기술이 사용 요구조건, 비용, 일정 등에 직접적으로 영향을 미치는가?
2	해당 기술을 개발하거나 시연하는데 중대한(실패) 위험이 예상되는가?
3	해당 기술이 새롭거나 독창적인가?
4	기존에 성공적으로 적용된 이후에, 이번에 개발시 변경된 기술인가?
5	해당 기술이 유사환경에서 실현되도록 재개발되는가?
6	이 기술이 임의의 환경에서 작동할 것으로 기대되거나 당초의 설계의도 혹은 규정된 성능을 뛰어넘는 성능을 달성할 것으로 기대되는가?

<표 129> 핵심기술요소(CTE) 식별

체크리스트		1	2	3	4	5	6	CTE 선정여부
주컴퓨터 (HostComputer)	실시간 컴퓨터	O						
	입출력 제어장치	O						
	통신 드라이버	O						
	실시간 스케줄러	O						
	비행운동 및 모델링	O				○		○
영상시스템 (VisaulSystem)	영상 생성장치	O						
	시현장치	O						
	지형지물 모델링	O						
	계기장비 그래픽 모델링	O			○			○
조종석 (Cockpit)	조종석 설계.제작	O						
운동판 (MotionSystem)	서보제어	O						
	역운동학 모델링	O						
	워시아웃 필터	O			○			○
조종감제시기 (ControlLoading)	기구설계	O						
	서보제어	O			○			○
교관석 (IOS)	UI	O						
	통신 드라이버	O						

	자가진단	O			○			○
	신호통합	O				○		○
	시험평가 (QTG)	O				○		○
	유지보수 편의성							
비고		**반드시 충족**	하나 이상 충족					

2. 핵심기술요소(CTE) 개발목표

<표 130> 핵심기술요소(CTE) 개발목표

CTE	유형	국내 현 TRL	국외 현 TRL	목표 TRL
영상 생성	소프트웨어	6	9	8
계기장비 그래픽 모델링	소프트웨어	5	9	9
운동판	장치	6	9	8
조종감제시기	장치	6	9	9
교관석 자가진단	소프트웨어	6	9	9
시험평가 (QTG)	소프트웨어	5	9	9
신호통합	시스템	7	9	9

*** 참고 : 2013년 1월 국토해양 R&D 성과활용 촉진방안에서 국토교통 R&D 기술성숙도(TRL) 적용**



3. 연차별 기술로드맵

<표 131> 연차별 기술 로드맵

CTE	1차년 TRL	2차년 TRL	3차년 TRL	4차년 TRL
영상 생성	6	7	8	8
계기장비 그래픽 모델링	5	7	9	9
운동판	6	7	8	8
조종감제시기	6	8	9	9
교관석 자가진단	6	7	8	9
시험평가 (QTG)	5	6	8	9
신호통합	7	8	8	9

4. 연차별 성과로드맵

<표 132> CTE 기반 연차별 성과 로드맵

CTE	1차년	2차년	3차년	4차년	평가방법
KC-100 Level D FFS	6	7	8	8	① CTE 별 기술개발로드맵 충족 여부 ② 건교부 시험평가인증 확보
Level 5 FTD 및 AATD	5	7	9	9	① CTE 별 기술개발로드맵 충족 여부 ② 건교부 시험평가인증 확보
인증인프라 및 비행교과	6	7	8	8	① FAA 전문가 평가

제5절 성과활용 방안

1. 성과활용 방안



<그림 61> 사업성과 활용방안

첫째, 항공사가 새로운 기종을 개발할 때 최근의 추세는 시뮬레이션 개발팀들이 개발 초기부터 함께 참가하여 항공기 설계 등에 시뮬레이션 기술을 접목하여 성능향상을 꾀하며 항공기 보다 먼저 FFS나 FTD 방식으로 개발되어 항공기 조종사들이 항공기가 제공될 때 조종기술에 익숙해 질 수 있도록 한다. 소형항공기 시뮬레이터 개발기술을 활용하여 향후 개발할 FAR-25 수송기급 인증기 개발에 참여하여 비행성능을 획기적으로 향상시키며 개발 비용을 줄일 수 있다.

둘째, 항공기 시뮬레이션 기술은 무인기 개발에 직접 활용할 수 있다. 세계 최초의 스마트무인기 사업을 성공적으로 이끌었듯 무인기용 지상통제시스템(GCS), 내부 및 외부조종사 등의 기능을 향상시키는데 기술적 배경을 제공할 수 있다.

셋째, 소형항공기 조종사들은 항공기 조종술을 습득하는 초기단계의 기술을 지니고 있다고 할 수 있다. GA 항공기가 성능 향상을 많이 이루었지만 여전히 항공사고를 무시할 수 없는 상황이다. 하지만, 소규모 비행학교(flying school)에서는 재정문제로 시뮬레이터를 활용한 교육은 매우 제한적일 수밖에 없다. 따라서 국가에서 제정지원을 통해 저가로 비행학교에 소형항공기 시뮬레이터 보급을 지원할 경우 항공기 사고의 위험을 줄여 국민의 생명과 재산을 지킬 수 있는 안전장치로 활용할 수 있다.

넷째, 항공스포츠 인구가 국민소득이 $3만 달러에 이르며 최근에 증가하고 있다. 또한, 지방공항의 공동화 현상이 발생하고 있는 상황에 지방공항에 공용으로 활용할

수 있는 시뮬레이터 시설을 갖추고 항공스포츠에 관심이 있는 일반인들이 직접 체험하고 시뮬레이터를 조종해 봄으로써 항공스포츠 인구를 창출하고 이를 지방경제와 연계하여 새로운 사업을 창출할 수 있는 기회를 제공할 수 있다.

다섯째, 본 사업을 통해 비행훈련 및 시뮬레이션 기술을 패키지화함으로써 향후 국내에서 항공기를 개발해 해외에 수출할 경우 단순히 항공기만을 제공하는 것이 아니라 체계 개발까지 턴키로 제공함으로써 수익을 극대화 할 수 있다. 최근의 경향은 시뮬레이터를 제공하고 사용료와 업데이트나 업그레이드 시 로얄티를 받는 방식으로 진입장벽을 높이는 방향으로 재편되는 시뮬레이터 산업에서 교두보를 마련하는 기반을 제공할 수 있다.

2. 정부 정책과의 연계방안

본 과제의 경우 <그림 8>에서 보듯 국토교통부의 <제 1차 항공정책기본계획>이나 <그림 9>에서 보듯 지식경제부의 <항공산업발전기본계획>과의 연계방안을 찾아볼 수 있다.

첫째, <표 40>과 <표 41>에서 보듯 국토해양부에서는 항공안전을 위해 『소형항공기급 인증기 개발』 사업을 2007년부터 추진하여 왔다. 이의 결과물로 KAI에서는 4인승 소형항공기 KC-100을 인증기로서 개발하였다.

항공안전을 위해서는 개발된 항공기의 안정성을 확보하는 것도 중요하지만, 시뮬레이터 기반의 조종사 비행훈련을 통해 항공기 사고에 대한 예방이 필요한 부분이다. 따라서 『다목적 소형항공기 시뮬레이터 기획연구』에서는 소형항공기 인증기로서 개발된 KC-100의 개발을 적극 활용할 수 있다.

비행 시뮬레이션 개발에 필수적인 비행시험데이터의 경우 KAI에서 이미 감항증명에 필요한 비행시험을 시행하였기에 시뮬레이션에 필요한 일부 항목에 대한 비행시험만을 수행하면 된다.

KAI의 경우도 KC-100 항공기 수출을 위해서는 시뮬레이터를 함께 공급함으로써 판매 효과도를 높일 수 있다. 최근의 항공 산업의 경향은 항공기 보다 먼저 시뮬레이터를 개발해 공급하는 것이 일반화되어 있기 때문이다.

KC-100을 기반으로 만든 국토부 3등급 모의비행장치(FFS)의 경우 특정 항공기만을 위해 사용할 수 있지만, “나”등급 비행훈련장치(FTD)나 AATD의 경우 FAR-23 소형항공기 그룹에 속하는 모든 항공기에 대해 사용 가능한 시뮬레이터를 개발할 수 있다.

KC-100을 기반으로 『다목적 소형항공기 시뮬레이터』를 개발함으로써 KC-100 항공기 수출에 시너지 효과를 얻을 수 있으며, 또한, 충실도 높은 비행 시뮬레이션 기술을 비용을 절감하며 확보할 수 있는 장점이 있다.

또한, 인증기 사업으로 항공기에 대한 FAA BASA 인증기술에 대한 연구가 이미 이루어졌기에 시뮬레이터에 대한 인증도 본 과제의 BASA 인증관련 위탁연구기관인 『항우연 인증센터』의 연구결과에 따르면 BASA SIP를 통해 FAA 인증을 확보하는 것은 어려운 것으로 결론지어지고 있는 상황이지만, BASA가 아닌 FAA 통해 국내에서 개발한 시뮬레이터를 직접 인증 받는 등의 방식을 통해 미국시장이나 해외수출도

가능할 것으로 보인다.

둘째, 지식경제부의 『4대 전략』 중 하나인 '완제기 개발을 통한 시장선점 및 기술확보'의 방안과 연계하여 UAV와 같은 미래형 비행체 선도개발에 『다목적 소형항공기 시뮬레이터』 사업으로 확보된 기술을 활용할 수 있다.

UAV의 지상통제시스템(GCS)이나 내·외부조종사의 경우 확보된 시뮬레이터 기술을 그대로 적용할 수 있기 때문이다. 또한, 스마트 무인기 사업을 통해 확보된 무인기 기술과 시뮬레이션 기술이 통합될 경우 시너지 효과를 얻을 수 있다는 장점도 있다.

셋째, 지식경제부의 '인프라 선진화' 또한 항공 인프라 연구를 통해 본 과제와 연계가능하다. 현재, 국내 대학의 항공운항과나 비행 학교(Flying School) 등과 지역공항, 시뮬레이터 기반의 조종사 교육 등을 통해 국내 항공 인프라를 선진화할 수 있다.

이렇게 함으로써 비행조종교육을 받기 위해 해외로 국내 인력이 나가는 것을 막을 수 있으며, 아시아-태평양 지역에서 항공수요가 폭증하여 상용항공기 조종사의 부족이 필연적인 상황에서 국제적 자질을 갖춘 조종사를 양성할 수 있는 비행교육 프로그램의 운영을 통해 해외 조종사 교육 인력을 확보할 수 있는 장점도 잘 활용해야 할 것으로 예측된다.

제6절 연구수행체계

『건설교통 R&D 혁신로드맵』에 의거 비전 및 전문지식을 갖춘 사업단장이 연구개발 과제를 전체적으로 관리하는 책임 운영체계를 도입하여 연구개발·시험평가·성과확산 등 연구사업과 Test bed 시범사업의 전주기적 경영관리 업무를 총괄하는 역할을 수행하도록 한다.

□ 국토해양부

○ 사업총괄기관으로서 연구사업 기획·관리·감독을 총괄하고 기술개발 촉진 및 성과 보급을 위한 법·제도 개선 업무를 지원한다.

□ 전문기관(한국건설교통기술기획평가원)

○ 사업관리 전문기관으로서 연구사업 기획·평가·관리 등의 업무를 수행하고, 연구단 기획, 진도점검, 단계(중간)평가, 기술 확산 등을 중점 관리한다.

□ 사업단장

○ 사업단을 구성하여 과제의 상세기획, 세부과제 공모·선정·진도·성과관리 및 결과물의 활용 등을 위한 업무를 총괄한다.

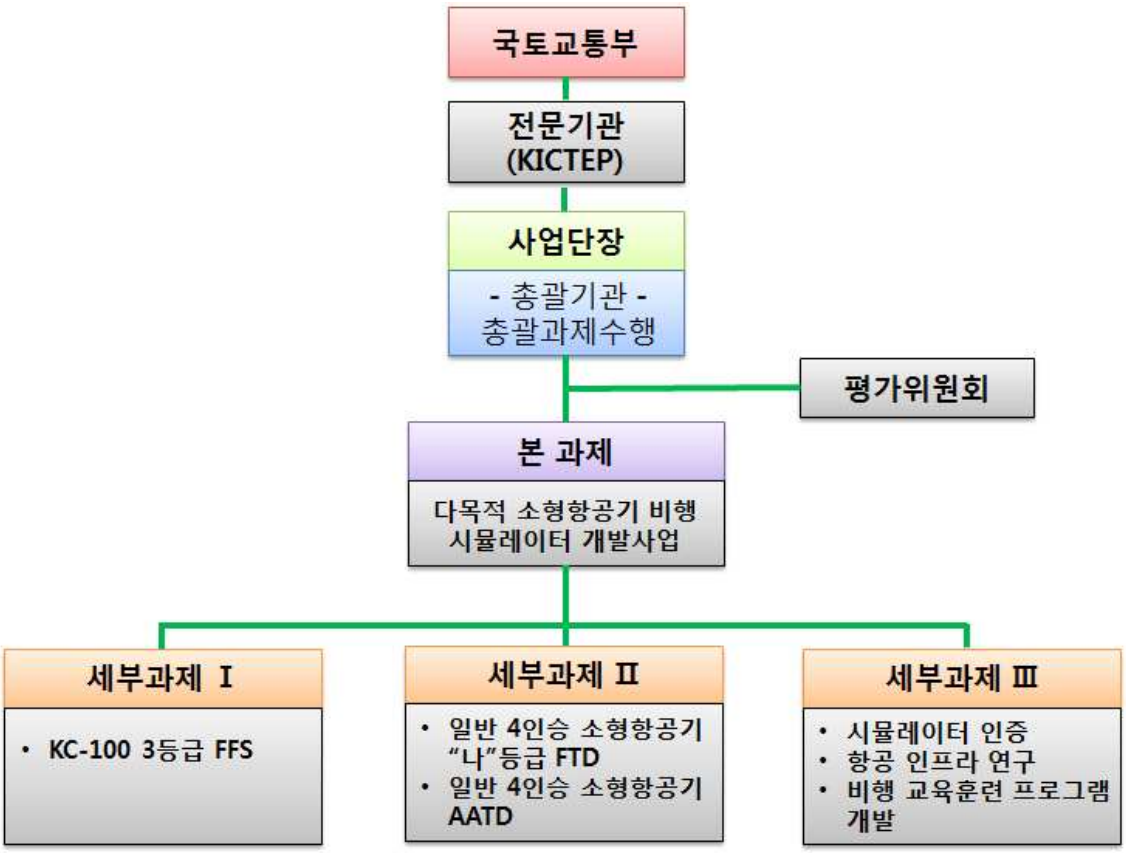
○ 사업단에서 개발된 기술의 국내외 표준 제·개정·법제도 개선, 시범사업 선정, 정책반영 등 실용화를 위한 조직을 운영한다.

□ 사업단 위원회 구성

○ 평가위원회

- 사업단 과제의 선정평가, 단계(중간)평가, 최종평가를 수행하여 과제의 계속 추친 여부 판정 및 사업단장에 대한 업무를 평가한다.

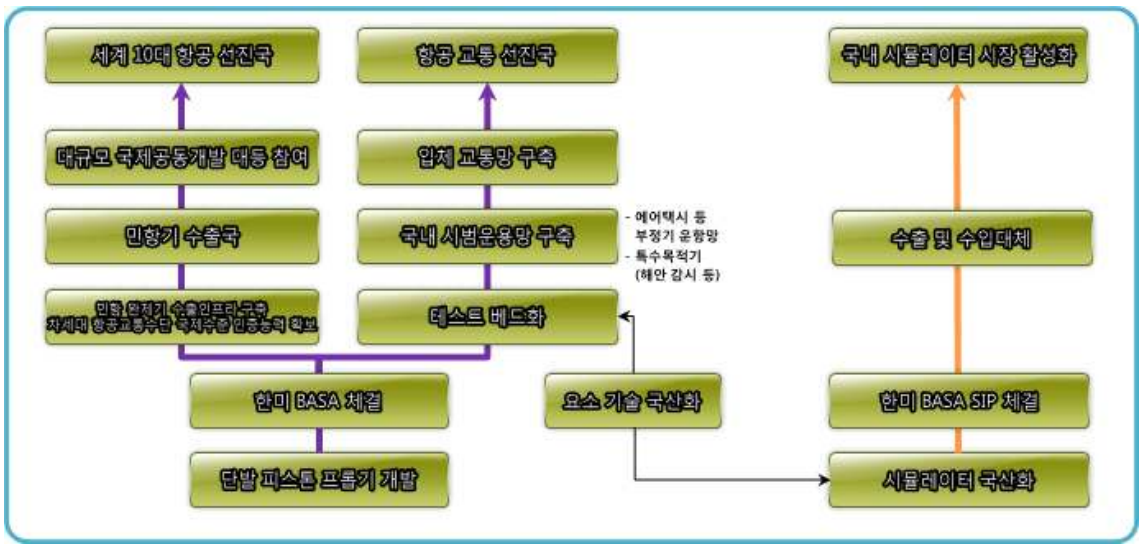
□ 추진체계도



<그림 62> 사업단 추진체계도

제4장 파급효과 분석

제1절 기술적 파급효과



<그림 63> 항공기 개발과 연계한 기술적 파급효과

□ 비행 시뮬레이션 기술은 항공기 성능 개선을 위한 설계 툴로 활용 가능

비행 시뮬레이션 기술은 더 이상 항공기에 종속된 기술이 아니다. 예전에는 항공기 절차훈련이나 조종훈련을 위한 보조 장치로 시뮬레이터가 개발되었지만, 현재는 시뮬레이션 기술을 활용하여 환경 및 항공기 상태 변화에 따른 미개발 항공기의 성능을 테스트할 수 있으며 항공기 설계 단계에서부터 시뮬레이션 기술은 활용가능하다.

□ 『다목적 소형항공기 시뮬레이터 개발』 사업을 통해 해외시장 진출의 교두보를 확보

비행훈련 및 시뮬레이션 시장은 오픈 마켓이지만 진입장벽이 의외로 높은 시장중의 하나이다. 최근에는 비행시험데이터를 확보하고 있는 항공기 제작사에서 시뮬레이터를 함께 개발하는 추세로 더욱 시뮬레이션 시장에 진출하기가 쉽지 않은 상황이다.

KC-100 개발을 계기로 감항인증을 위한 비행시험이 이루어져 데이터가 확보가 되어 있으며, 국내 군용 시뮬레이터 시장에서의 기술력을 바탕으로 초급 조종사 훈련의 근간이 되는 소형항공기 시뮬레이터 시장에 진입할 수 있는 계기를 마련할 수 있다는 점에서 기회라 할 수 있다.

중국, 인도 등의 경제발전을 계기로 아시아-태평양 지역에서 항공 트래픽이 급증하는 현실에서 Regional Jet 수요가 급증할 것으로 예견되어지기에 FAR-23급 소형항공기 시장을 바탕으로 FAR-25급 수송기 시장으로의 발전에 기반기술을 제공할 수 있다.

□ 『항공 인프라 연구 및 비행교육 프로그램』의 개발을 통해 턴키 수출을 달성

Boeing 같은 경우 항공기와 시뮬레이터, 교육훈련 프로그램을 패키지로 턴키로 수출을 하는 방식을 채택하고 있다. 업그레이드에 따른 지속적인 시장을 창출할 수 있으며, 진입장벽을 높여 타 비행훈련 및 시뮬레이션 업체의 시장진입을 어렵게 만드는 전략을 사용하고 있다.

KC-100 소형 인증기 개발이 완료된 현 상황에서 본 사업을 통해 시뮬레이터, 항공인프라 및 비행 훈련교육 프로그램을 동시에 개발하여 국제적 자질을 갖춘 초급 조종사를 배출할 수 있는 무형의 기술을 확보할 수 있다면 Boeing과 같은 턴키 방식으로 해외 진출이 가능하며 해외 시장을 창출하고 국내 고용시장을 확대할 수 있다.

제2절 경제적 타당성

1. 사업의 경제성 분석

가. 경제성 분석 개요

□ 『다목적 소형항공기 비행시뮬레이터 국산화개발』 사업의 경제성 분석을 위하여 본 사업을 통해 발생할 수 있는 직접적인 편익을 산출하여 투입비용 대비 발생 편익의 경제적 가치를 비교한다.

○ 직접 편익이란 『다목적 소형항공기 비행시뮬레이터 국산화개발』 사업의 성과로 발생하는 경제적 혜택으로 연구개발의 성과의 사업화를 통해 발생하는 매출 또는 비용 절감효과 등을 의미한다.

□ 본 사업의 경우 사업 목적 자체가 『다목적 소형항공기 비행시뮬레이터 국산화개발』을 목표로 하고 있기 때문에 동 사업을 통해 개발된 시뮬레이터 추정 매출을 편익으로 산정한다.

나. 경제성 분석 방법론

□ 『다목적 소형항공기 비행시뮬레이터 국산화개발』 사업의 경제성을 '사업내용 분석', '편익 항목 도출', '편익의 경제적 가치 분석 방법론 정립', 그리고 '편익 분석'의 4단계를 통해 실시한다.

□ 1단계: 사업내용 분석

○ 『다목적 소형항공기 비행시뮬레이터 국산화개발』 사업의 목표 및 연구내용을 분석하여 본 사업의 성과활용 가능 분야 및 방법 등을 검토한다.

□ 2단계: 비용 및 편익 항목 도출

○ 1단계 '사업내용 분석' 결과를 토대로, 동 사업에 소요되는 비용과 동 사업의 성과활용을 통해 발생할 수 있는 직·간접 편익 항목을 도출한다.

□ 3단계: 비용·편익의 경제적 가치 분석 방법론 정립

○ 2단계에서 도출된 비용·편익항목에 대하여 경제적 가치 환산 가능 여부를 판단하고, 경제적 가치 환산이 가능한 비용·편익 항목에 대하여 환산 방법

론을 정립한다.

□ 4단계: 비용・편익 분석

○ 경제적 가치 환산이 가능한 비용・편익 항목에 대하여 경제적 가치 분석을 실시한다.

다. 경제성 분석

(1) 사업내용 분석

□ 『다목적 소형항공기 비행시뮬레이터 국산화개발』 사업 내용을 분석한 결과 다음과 같은 결론에 도달할 수 있다.

○ FFS 개발비
○ FTD 개발비
○ AATD 개발비
○ 수출을 위한 인증 및 인증 인프라 비용

□ 비행교육 프로그램 개발비용은 시뮬레이터 매출과 직접적인 연관이 없기에 비용 부문에서 제외한다.

(2) 비용 및 편익항목 도출

□ 비용

○ FFS 개발비
○ FTD 개발비
○ AATD 개발비
○ 수출을 위한 인증 및 인증 인프라 연구에 지불된 비용

□ 편익

○ FFS 추정 매출
○ FTD 추정 매출
○ AATD 추정 매출

(3) 비용·편익의 경제적 가치 분석 방법론 정립

□ 도출된 동 사업의 비용인 '사업예산'은 화폐가치로 산출이 가능하기 때문에 별도의 분석 없이 동 사업의 소요예산을 그대로 활용한다.

□ 편익인 '추정 매출' 또한 화폐가치로 산출이 가능하기에 매출 추정액을 그대로 활용한다.

(4) 비용·편익 분석

(가) 비용분석

□ 『다목적 소형항공기 비행시뮬레이터 국산화개발』 사업의 비용분석은 동 사업에 투입된 연구개발 예산을 토대로 분석한다.

○ 『다목적 소형항공기 비행시뮬레이터 국산화개발』 사업은 향후 3년간 총 89.5억 원(민간 포함 총 115.7억 원)의 예산을 투입할 예정이다.

○ ()안은 정부출연금, 금액은 억 원

- 1차년도 61.6%에 해당하는 55.2억 원이 지출되며, 이후 점차 감소하여 4차년도에는 3.1%에 해당하는 2.8억 원만이 투입된다.

<표 133> 소요예산(안)

구분	2014년	2015년	2016년	2017년	합계
FFS	53.6(40.2)	11.7(8.8)	3.2(2.4)		68.5(51.4)
FTD&AATD	17.3(13.0)	14.2(10.7)	4.7(3.5)		36.2(27.2)
시뮬레이터 승인기준 개발	2(2)	2(2)			4(4)
QTG 평가			3.5(3.5)		3.5(3.5)
시뮬레이터 평가			0.7(0.7)	2.8(2.8)	3.5(3.5)
합계	72.9(55.2)	27.9(21.4)	21.1(10.1)	2.8(2.8)	115.7(89.5)
비중	63(61.6)	24.1(23.9)	10.5(11.3)	2.4(3.1)	100

(나) 편익분석

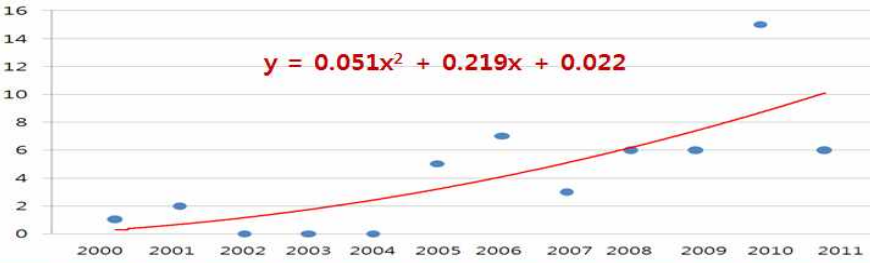
□ 『다목적 소형항공기 비행시뮬레이터 국산화개발』사업의 편입분석은 다음과 같이 3단계로 추정이 이루어진다.

○ KC-100 양산과 관련하여 향후 20년간 KC-100 판매 대수를 추정
○ KC-100 시뮬레이터의 경우 '항공기 6-9대당 시뮬레이터 1대 운용'이라는 시뮬레이터 룰을 적용하여 시뮬레이터 매출을 추정
- 소형항공기 시장 특성상 FFS의 매출은 없다고 보고, FTD와 AATD의 판매 단가는 시장에서 가장 선호하는 AATD 금액인 1억 원으로 추산
- 시뮬레이터 룰 적용시 보수적으로 접근하기 위하여 9대당 1대의 시뮬레이터가 운용된다가 가정
○ 해외 시뮬레이터 시장 진입으로 인한 소형항공기에 대한 FTD 및 AATD 시뮬레이터의 판매에 의한 매출 추정
- VisionGain의 시장분석 및 예측보고서에 따르면 세계 민간항공 시뮬레이터 분야의 규모는 2012년 기준으로 대략 4조원 (3.61B US$) 규모이며, 매년 3.6% 전후의 성장세를 보이고 있다.
- 이 중 소형항공기 시뮬레이터 시장은 이 분야의 선두주자들인 Frasca (17.5M US$), Mechtronix (49M US$), Flight Safety International (750M US$) 등의 매출을 기준으로 예측할 경우 대략 1.2% 전후를 차지하는 것으로 추정된다.
- 2012년 현재 대략 한화 500억 원 정도의 소형항공기 시뮬레이터 시장이 형성되어 있는 셈이다.
- 시장 진입이 예상되는 2018년 이후 KC-100 해외 시장 점유율과 마찬가지로 3% 정도의 시뮬레이션 시장을 점유할 수 있다고 추정할 수 있다.

□ KC-100 소형항공기 추정

○ 국내수요 예측
- 사업초기 KC-100 국내수요 추정치는 20년간 약 300대 수준임. (전체판매의 15% 국내판매, 국내 시장점유율 50% 가정, 근거: 소형항공기 기획연구 총괄보고서, 2007.10.31.)
- 국토해양부 ATIS에 등록된 4인승 항공기 등록현황을 기초로 회귀분석을 실시한 결과, 향후 예상되는 4인승 소형항공기의 등록대수는 20년간 593대 수준임. (근거: KC-100 양산원가분석용역, 2012.2.8)

<표 134> 회귀분석을 통한 4인승 항공기 등록 추정치



년도	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	계
등록대수	1	2	0	0	0	5	7	3	6	6	15	6	51

* ATIS : Aviation Technical Information System

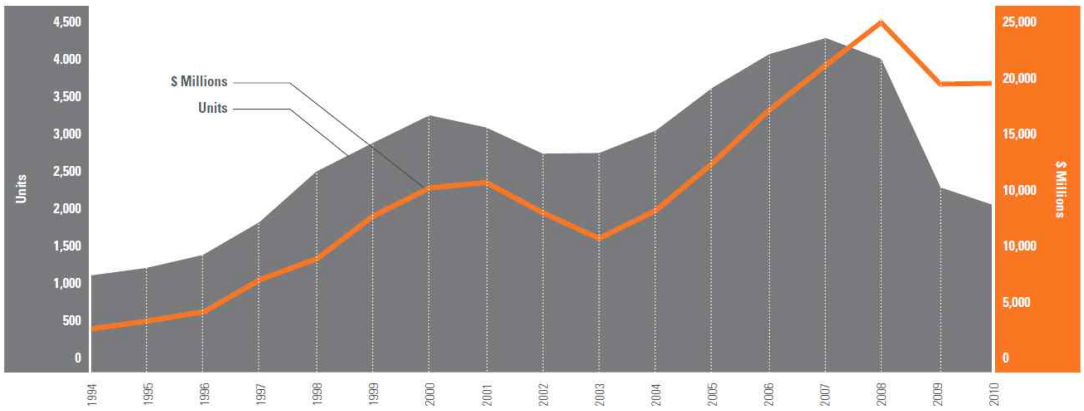
추정

년도	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	10년 합계
등록대수	7	8	10	11	13	15	17	19	21	23	144
년도	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	20년 합계
등록대수	32	35	37	40	43	46	49	52	56	59	593

- 추정된 국내 등록대수 593대 중 국내 시장점유율 50%를 가정하였을 때, 사업초기 국내수요 추정치와 거의 유사함. 국내의 경우, 그 동안 소형항공기 등록 및 활용 현황이 매우 낮아 세계금융위기로 인한 시장성 악화를 경험할 요인이 없었던 때문임
- 국내 등록대수는 세계금융위기 이후에도 완만한 증가 추세를 보이고 있어 향후 국내수요 전망은 오히려 밝은 것으로 판단됨
- 특이사항 : 공군에서는 현재 초등훈련기로 사용하고 있는 러시아제 4인승 항공기의 대체 항공기로 KC-100에 관심을 보이고 있음

○ 해외수요 예측

- 사업초기 KC-100 해외판매 추정치는 20년간 약 1,700대 수준임. (미주시장 점유율 2%, 중국시장 점유율 5% 가정, 근거: 소형항공기 기획연구 총괄보고서, 2007.10.31.)
- 2007년 당시 단발 피스톤기 세계 판매수량은 2,417대로 연간 3%대 성장을 예상하였으나 이후 세계금융위기의 여파로 실제로는 2008년 1,943대, 2009년 893대, 2010년 781대로 급감하였음
- 2010년 단발 피스톤기 판매실적을 기초로 시장규모를 다시 예측한 결과, 향후 KC-100 해외판매 추정치는 20년간 668대 수준임
- 세계금융위기 직전 10년간(1998~2007년) 연평균 시장성장률 : 약 5.5%
- 세계금융위기 직전 14년간(1994~2007년) 연평균 시장성장률 : 약 12.5%



<그림 64> 1994년-2010년 일반항공기 출고량 및 판매실적(출처:GAMA 2010)

○ 해외수요 예측 (계속)

- 해외수요는 세계경제 상승전환 시기, 회복속도에 따라 수요예측 결과에 많은 차이를 보임. (KC-100 해외판매 추정치는 연평균 시장성장률 3%인 경우 668대, 5.5%인 경우 909대, 12.5%인 경우 2,264대 수준임)
- 전세계 피스톤기 판매량의 절반 이상을 차지하는 북미지역 판매가 활성화되지 않는 이상, 당분간 급격한 해외수요 증가를 기대하기 어려움. 다만, 2007년 이후로 남미와 아시아지역의 판매 비중이 증가되고 있다는 점에서 중국을 주요 공략시장으로 판단하여 시장분석을 수행할 필요가 있음

<표 135> 향후 20년간 시장규모 추정치

시장 영역	현재	향후 시장규모 (추정치)			KC-100 예상 판매대수 (20년간)
	2010년	2012년	2031년	2012~2031년 합계	
해외 (연평균 3%성장기준)	781 (판매실적)	829	1,453	22,264	668 **(해외시장 점유율 3%로 가정)**
국내 (ATIS등록 회귀분석)	15 (등록현황)	7	59	593	296 **(국내시장 점유율 50%로 가정)**
합 계	-	-	-	-	**964**

○ KC-100 추정 판매대수

<표 136> KC-100 추정 판매대수

	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	2023년	2024년
국내(50%)	9	10	11	12	16	18	19
해외(3%)	30	31	32	32	33	34	35
	2025년	2026년	2027년	2028년	2029년	2030년	2031년
국내(50%)	20	22	23	25	26	28	30
해외(3%)	37	38	39	40	41	42	44

○ 시뮬레이션 룰에 따른 KC-100 특정 시뮬레이터 추정 판매대수
- 보수적으로 KC-100 항공기 9대 판매 당 시뮬레이터 1대 판매로 추산

<표 137> KC-100 추정 시뮬레이터 판매대수

	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	2023년	2024년
KC-100	38	40	42	44	49	52	54
KC-100 Simulator	4	4	5	5	5	6	6
	2025년	2026년	2027년	2028년	2029년	2030년	2031년
KC-100	57	59	62	64	67	70	73
KC-100 Simulator	6	7	7	7	7	8	8

○ 시뮬레이터 매출 추정
- KC-100 특정 시뮬레이터의 경우 보수적 산정을 위해 대당 시장에서 AATD 가격으로 선호하는 1억 원으로 판매대금 추산
- 시장 진입이 예상되는 2018년 이후 KC-100 해외 시장 점유율과 마찬가지로 3% 정도의 시뮬레이션 시장을 점유할 수 있다고 추정

<표 138> KC-100 추정 시뮬레이터 판매 매출 (억 원)

	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	2023년	2024년
KC-100	4	4	5	5	5	6	6
KC-100 이외	18.4	19.1	19.8	20.4	21.2	21.9	22.7
합계	22.7	23.5	24.4	25.3	26.7	27.7	28.7
	2025년	2026년	2027년	2028년	2029년	2030년	2031년
KC-100	6	7	7	7	7	8	8
KC-100 이외	23.5	24.3	25.1	26.0	26.9	27.9	28.8
합계	29.7	30.8	32.0	33.2	34.4	35.7	37.0

라. 경제성 분석결과

□ 『다목적 소형항공기 비행시뮬레이터 국산화개발』 사업의 경제성 분석에 필요한 분석기간 및 할인율에 대한 기본적 가정은 다음과 같이 정의한다.

○ 비용/편익 분석기간은 다음과 같다.

- 비용 분석기간: 사업의 수행기간 (2014년 - 2017년)
- 편익분석기간: 2018년 - 2031년

○ 본 분석에서의 할인율 또한 국가 연구 개발 사업 예비 타당성 분석 시 적용하는 할인율 5.5%를 동일하게 사용한다.

- 경제성 분석의 대상이 되는 비용과 편익은 동일 시점에서만 발생하는 것이 아니라 경제성 분석의 분석기간 동안 계속 발생하고 이러한 비용과 편익의 가치는 할인율과 발생시점에 따라 변동된다.
- 따라서 서로 다른 시점에서 발생되는 비용과 편익의 가치를 화폐의 시간적 가치를 고려하여 동일시점의 가치로 환산한 후 이들의 크기를 비교하여야만 각 대안의 정확한 경제성 평가가 가능하다.
- 할인율 책정은 투입비용의 기회비용이 되는 이자율에 위험이율(risk-premium)을 더하여 산정하는 것이 원칙이지만, 본 분석에서는 국가연구개발사업의 특성상 국가 연구 개발 사업 예비타당성분석에 적용되는

할인율 5.5%를 그대로 적용한다.

□ 앞서 분석한 『다목적 소형항공기 비행시뮬레이터 국산화개발』 사업의 비용과 편익을 5.5% 할인율을 적용하여 사업이 시작되는 2014년을 기준으로 현재가치로 전환한다.

○ 『다목적 소형항공기 비행시뮬레이터 국산화개발』 사업의 전체 사업비 89.5억 원(정부)을 2014년 현재가치로 환산하명 87.0억 원에 달한다.

<표 139> 비용의 현재가치 (2014년 기준)

구분	2014년	2015년	2016년	2017년	합계
예산 (억 원)	55.2	21.4	10.1	2.8	89.5
할인율 (%)	5.5%				
현재가치 (억 원)	55.2	20.3	9.1	2.4	87.0

○ 편익 발생을 2014년 현재 시점으로 환산한 현재가치는 총 232.4억 원 규모로 산출된다.

<표 140> 편익의 현재가치 (2014년 기준, 억 원)

	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	2023년	2024년
매출	22.7	23.5	24.4	25.3	26.7	27.7	28.7
할인율	5.5%						
현재가치	18.3	18.0	17.7	17.4	17.4	17.1	16.8
	2025년	2026년	2027년	2028년	2029년	2030년	2031년
매출	29.7	30.8	32.0	33.2	34.4	35.7	37.0
할인율	5.5%						
현재가치	16.5	16.2	15.9	15.7	15.4	15.1	14.9

□ 『다목적 소형항공기 비행시뮬레이터 국산화개발』 사업의 B/C ratio는 2.67로 경제성이 있음

<표 141> B/C Ratio 분석 결과

구분	편익의 현재가치(B)	비용의 현재가치(C)	B/C ratio
경제성 분석 결과	232.4	87.0	2.67

2. 경제/산업적 파급효과



<그림 65> KC-100 항공기 경제성 평가모형



<그림 66> 시뮬레이터 룰을 적용한 경제성 평가모형

□ 시뮬레이터 FAA 인증을 통해 해외 시뮬레이터 시장에 진입 가능

KC-100 FAA Level D FFS, Level 5 FTD, AATD에 대한 FAA 인증을 통해 해외 소형항공기 시뮬레이터 시장에 진출할 수 있다. KC-100 FAA Level D FFS의 경우 시장성은 없지만, 비행교육 훈련의 상징적 의미를 갖는다.

FTD나 AATD 시장에서 가격은 경쟁력이다. 전통적으로 대당 $1백만 불 정도의 가격 수준을 유지할 수 있는 경우 특정 본 사업을 통해 다목적 소형항공기 시뮬레이터로 개발될 시뮬레이터는 Wheel이나 Stick 타입에 모두 사용할 수 있는 다양성을 제공하기에 경쟁력은 충분하다고 할 수 있다.

필요에 따라 저가로 COTS 영상 엔진을 활용하거나 모션을 도입할 경우 소비자의 다양한 선호도를 충족시키는 시장을 창출할 수 있다.

□ 턴키 수출을 통해 항공기 수출 시너지 및 가치 창출 가능

앞 절에서도 언급했듯이 KC-100 소형 인증기 개발이 완료된 현 상황에서 본 사업을 통해 시뮬레이터, 항공인프라 및 비행 훈련교육 프로그램을 동시에 개발하여 턴키 수출 및 단일 항공기 수출도 시너지 효과를 낼 수 있을 것으로 보인다.

항공기, 시뮬레이터, 그리고 비행 훈련 및 교육 프로그램, 항공 인프라 구축 등 다양한 국가의 소비자가 원하는 다양한 조합으로 수출이 가능하다. 단순 기술의 수출에서 벗어나 교육, 문화와 조직 등 무형의 가치를 창출할 수 있다.

□ 『비행 훈련 및 시뮬레이션』 개발을 통해 조종사 양성 수요를 확보

국내에는 현재도 비행교육을 받기 위해 해외로 진출하는 경우가 많이 존재한다. 다양한 이유가 존재하겠지만 비행훈련 교육비, ICAO가 강제하는 언어스킬, 시뮬레이터 활용 비행 훈련 등에서 해외의 프로그램이 매력적이기 때문이다.

비행훈련 시간을 인정받기 위해 시뮬레이터를 활용할 수 있는 기회를 본 사업을 통해 제공할 수 있을 것으로 보인다. 내국인이 비행교육을 위해 해외로 나가는 수요를 흡수할 수 있으며, 아시아-태평양 지역에 급증하는 조종사 수요를 흡수함으로서 비행교육 및 훈련 시장에서 아시아 허브로서의 역할을 통해 경제적 우위를 점할 수 있다.

유럽에서 UAE에 설립한 교육기관의 비행 교육 및 훈련 프로그램이 충실도가 높자 오히려 유럽에서 UAE로 교육을 받으러 가는 상황을 벤치마킹해 볼 필요가 있다.

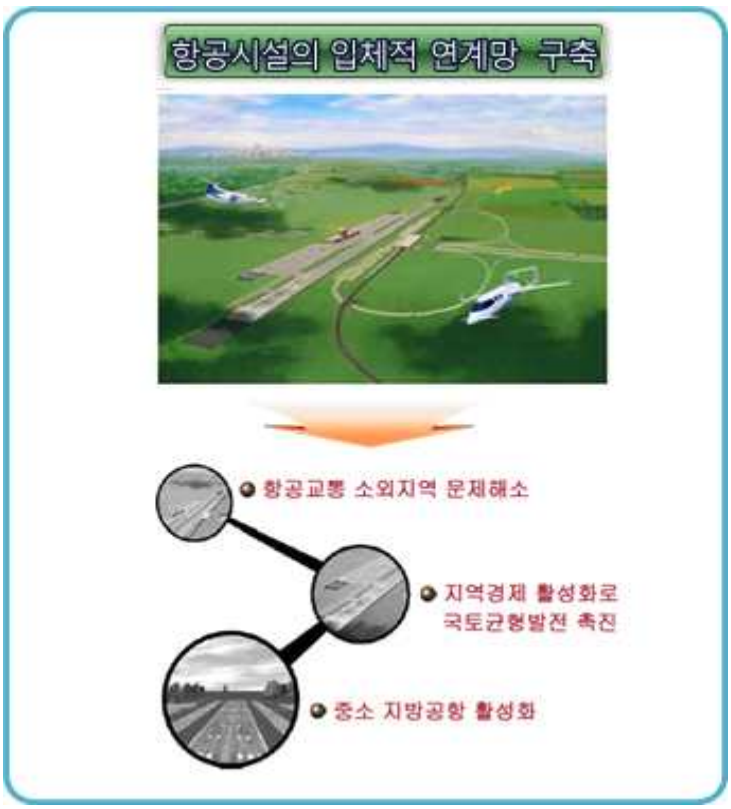
□ 턴키 수출을 통해 국가 신인도 상승 및 기업경쟁력 향상

항공기 개발, 시뮬레이터를 활용한 조종사 양성, 고충실도 비행교육 및 훈련 프로그램 등은 초급 조종사의 실수를 최소화함으로써 항공기 사고에 따른 경제적, 사회적 손실비용을 최소화 할 수 있다.

시뮬레이션 기술을 접목한 항공기의 성능개선과 조종사 훈련을 통해 항공사고율을 선진국 최고수준(10만 비행회수 당 0.05건)이 가능해져 장기적으로 국가신인도를 상승시켜 기업 경쟁력 향상에 기여한다.

□ 항공 인프라 구축을 통해 지역 경제 활성화에 기여

비행 교육기관, 지방공항, 시뮬레이터 기반 교육 시설 등을 입체적으로 연계하여 지방경제의 활성화 및 항공교통 소외문제를 해결할 수 있다. 이를 통해 국토 균형발전을 꾀할 수 있으며 유휴시설 활용을 통해 항공스포츠 시설과도 연계하여 다양한 형태로 경제 활성화를 꾀할 수 있다.



<그림 67> 항공인프라 연계를 통한 산업적 파급효과

제3절 사회/문화적 파급효과

□ 체험용 시뮬레이터 보급을 통해 항공 레저·스포츠 활성화

국민소득이 $3만 달러가 넘어가면서 항공 레저·스포츠에 관심을 많이 갖게 된다. 소형항공기는 레저·스포츠로 즐길 수 있는 분야지만 사고의 위험으로 인해 일반인들이 쉽게 접하기 어렵다는 단점이 있다.

따라서 국가 지원으로 공공기관이나 항공 레저·스포츠 단지 등에 체험용 시뮬레이터를 보급함으로써 일반인들이 쉽게 레저·스포츠 체험을 할 수 있게 함으로써 항공 레저·스포츠 인구를 증대하고 막연한 불안감으로 발생할 수 있는 거부감을 제거함으로써 소득 증가에 따른 국민 스포츠로서 발전을 꾀할 수 있다.

□ 항공 인프라 구축을 통해 지역간 교류를 활성화

지방공항을 경비행기 계류장으로 활용하고 시뮬레이터 도입을 통해 체험 및 비행 교육시설로 활용을 하거나 항공복합단지구축 사업을 통해 관광산업과 연계하여 효율적 항공 인프라 구축을 통해 발전을 도모할 수 있다.

이런 방식을 통해 지방공항이 있는 지역간 교류가 활성화되고 인적 교류 및 사회·문화적 교류가 활발해짐으로써 지역 경제가 활성화되고 이런 재정적 우위를 바탕으로 문화시설이나 공간들이 자리 잡을 수 있는 기반을 제공할 수 있다.

제5장 연구투입 소요예산 산정

제1절 인력투입계획

1. KC-100 소형항공기의 3등급 모의비행장치 (Full Flight Simulator) 개발

<표 142> FFS 개발 인력투입 계획

Items		2014				2015				2016				Total
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
TS Program Management		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5					1.0
Man-Year		0.5				0.5								1.0
TS Design		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5					1.0
Man-Year		0.5				0.5								1.0
TrainingSystem Development	FMS	3.3	8.7	8.0	8.0	6.7	4.0	4.0	4.0					11.7
	Sub-total	3.3	8.7	8.0	8.0	6.7	4.0	4.0	4.0					11.7
	Man-Year	7.0				4.7								11.7
SIM 인증획득										2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Man-Year										2.0				2.0
Total		4.3	9.7	9.0	9.0	7.7	5.0	5.0	5.0	2.0	2.0	2.0	2.0	15.7
Man-Year		8.0				5.7				2.0				15.7

2. 일반 4인승 소형항공기의 “나”등급 비행훈련장치(Level 5 Flight Training Device: FTD) 및 AATD (Advanced Aviation Training Device) 개발

<표 143> FTD 개발 인력투입 계획

Items		2014				2015				2016				Total
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
TS Program Management		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5					1.0
Man-Year		0.5				0.5								1.0
TS Design		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5					1.0
Man-Year		0.5				0.5								1.0
TrainingSystem Development	FMS	3.0	6.0	8.0	8.0	6.0	4.0	4.0	4.0					10.8
	Sub-total	3.0	6.0	8.0	8.0	6.0	4.0	4.0	4.0					10.8
	Man-Year	6.3				4.5								10.8
SIM 인증획득										2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Man-Year										2.0				2.0
Total		4.0	7.0	9.0	9.0	7.0	5.0	5.0	5.0	2.0	2.0	2.0	2.0	14.8
Man-Year		7.3				5.5				2.0				14.8

3. 모의비행훈련장치 (Synthetic Flight Trainer) 인증 인프라 연구 및 교육훈련 프로그램 개발

<표 144> 인증인프라 및 교육훈련 프로그램 개발

업무명	소요 M/M
시뮬레이터 승인 기준 개발	38
QTG 승인을 위한 평가	23
시뮬레이터 평가	23
시뮬레이터를 활용한 교육훈련 프로그램 개발	36
합 계	120

제2절 소요예산 산정

1. 소요예산 도출

세부과제별 소요예산의 도출은 국내 항공기 시뮬레이터 개발 업체와 연구기관의 개발 비용 자료를 바탕으로 산출하였다.

가. KC-100 소형항공기의 3등급 모의비행장치 (Full Flight Simulator) 개발

(1) 시제작 소요예산

<표 145> FFS 시제작 소요예산

구분			적용 지표	'14년	'15년	계
재료비	직접	수입재료비		3,028,606,657		3,028,606,657
		국내재료비		1,181,520,544		1,181,520,544
		포장재료비				0
	소계			4,210,127,201	0	4,210,127,201
	간접재료비					0
	계			4,210,127,201	0	4,210,127,201
노무비	직접노무비					0
	(M/M)					0.0
	간접노무비					0
	계			0	0	0
경비	직접	감가상각비				0
		해외출장비				0
		교육훈련비				0
		설치시운전비			331,648,632	331,648,632
		소 계		0	331,648,632	331,648,632
	간접경비					0
	계			0	331,648,632	331,648,632
제조원가				4,210,127,201	331,648,632	4,541,775,833
일반관리비			5.27%	221,873,703	17,477,882	239,351,585
총원가				4,432,000,904	349,126,514	4,781,127,418
이윤			25.0%	55,468,425	87,281,628	142,750,053
계산가격				4,487,469,329	436,408,142	4,923,877,471
부가가치세				448,746,932	43,640,814	492,387,746
합 계				4,936,216,261	480,048,956	5,416,265,217

(2) SW 개발 소요예산

<표 146> FFS SW 개발 소요예산

구 분			적용 지표	'14년	'15년	'16년	계
재료비	직접	수입재료비					
		국내재료비					0
		포장재료비					0
		소 계		0	0	0	0
	간접재료비						0
	계			0	0	0	0
노무비	직접노무비			514,917,600	371,384,176	133,478,112	1,019,779,888
	(M/M)			96.0	68.0	24.0	188.0
	간접노무비						0
	계			514,917,600	371,384,176	133,478,112	1,019,779,888
경비	직접	감가상각비		33,269,500	33,269,500	33,269,500	99,808,500
		해외출장비		10,000,000	10,000,000		20,000,000
		교육훈련비					0
		설치시운전비					0
		소 계		43,269,500	43,269,500	33,269,500	119,808,500
	제경비		115.0%	592,155,240	427,091,802	153,499,828	1,172,746,870
	계			635,424,740	470,361,302	186,769,328	1,292,555,370
제조원가				1,150,342,340	841,745,478	320,247,440	2,312,335,258
일반관리비							0
총원가				1,150,342,340	841,745,478	320,247,440	2,312,335,258
기술료			30.0%	332,121,852	239,542,793	86,093,382	657,758,027
계산가격				1,482,464,192	1,081,288,271	406,340,822	2,970,093,285
부가가치세				148,246,419	108,128,827	40,634,082	297,009,328
합 계				1,630,710,611	1,189,417,098	446,974,904	3,267,102,613

(3) FFS 개발 소요예산 합계

<표 147> FFS 개발 예산

구 분			'14년	'15년	'16년	계
재료비	직접	수입재료비	3,028,606,657	0	0	3,028,606,657
		국내재료비	1,181,520,544	0	0	1,181,520,544
		포장재료비	0	0	0	0
		소 계	4,210,127,201	0	0	4,210,127,201
	간접재료비		0	0	0	0
	계		4,210,127,201	0	0	4,210,127,201
노무비	직접노무비		556,800,600	371,384,176	133,478,112	1,019,779,888
	(M/M)		96	68	24	188.0
	간접노무비		0	0	0	0
	계		514,917,600	371,384,176	133,478,112	1,019,779,888
경비	직접	감가상각비	33,269,500	33,269,500	33,269,500	99,808,500
		해외출장비	10,000,000	10,000,000	0	20,000,000
		교육훈련비	0	0	0	0
		설치시운전비	0	331,648,632	0	331,648,632
		소 계	43,269,500	374,918,132	33,269,500	451,457,132
	간접경비		592,155,240	427,091,802	153,499,828	1,172,746,870
	계		635,424,740	802,009,934	186,769,328	1,624,204,002
제조원가			5,360,469,541	1,173,394,110	320,247,440	6,854,111,091
일반관리비			221,873,703	17,477,882	0	239,351,585
총원가			5,582,343,244	1,190,871,992	320,247,440	7,093,462,676
이윤			387,590,277	326,824,421	86,093,382	800,508,080
계산가격			5,969,933,521	1,517,696,413	406,340,822	7,893,970,756
부가가치세			596,993,351	151,769,641	40,634,082	789,397,074
합 계			6,566,926,872	1,669,466,054	446,974,904	8,683,367,830

나. 일반 4인승 소형항공기의 “나”등급 FTD 및 AATD 개발

(1) FTD 및 AATD 개발 소요예산

<표 148> FTD 개발 소요 예산

구 분			‘14년	‘15년	‘16년	계
재료비	직접	수입재료비	250,000,000	50,000,000		300,000,000
		국내재료비	1,000,000,000	1,000,000,000	325,000,000	2,325,000,000
		포장재료비				
		소 계	1,250,000,000	1,050,000,000	325,000,000	2,625,000,000
	간접재료비					
	계		1,250,000,000	1,050,000,000	325,000,000	2,625,000,000
노무비	직접노무비		466,644,075	360,461,112	133,478,112	960,583,299
	(M/M)		87	66	24	177
	간접노무비					
	계		466,644,162	360,461,178	133,478,136	960,583,476
경비	직접	감가상각비				
		해외출장비	10,000,000	10,000,000	10,000,000	30,000,000
		교육훈련비				
		설치시운전비				
		소 계	10,000,000	10,000,000	10,000,000	30,000,000
	간접경비					
	계		10,000,000	10,000,000	10,000,000	30,000,000
제조원가			1,726,644,162	1,420,461,178	468,478,136	3,615,583,476
일반관리비						
총원가						
이윤						
계산가격						
부가가치세						
합 계						

다. 모의비행훈련장치 인증, 인프라 연구 및 교육훈련 프로그램 개발

□ 소요예산

<표 149> 모의비행훈련장치 인증, 인프라 연구 및 교육훈련 프로그램 개발 소요예산

업무명	소요 M/M	인건비(천원)	용역비(천원)
시뮬레이터 승인 기준 개발	38	250,000	400,000
QTG 승인을 위한 평가	23	150,000	350,000
시뮬레이터 평가	23	150,000	350,000
시뮬레이터를 활용한 교육훈련 프로그램 개발	36	25,000	400,000
합 계	120	575,000	1,500,000

용역비 : 인건비×1.6 (간접비, 직접비 포함)

시뮬레이터 평가를 위한 훈련비/자문비 포함

□ 예상 업무기간

<표 150> 모의비행훈련장치 인증, 인프라 연구 및 교육훈련 프로그램 개발 예상 업무기간

구분	1차년도				2차년도				3차년도				4차년도			
	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4
시뮬레이터 승인 기준 개발																
QTG 승인을 위한 평가																
시뮬레이터 평가																
시뮬레이터를 사용한 교육훈련 프로그램 개발																

2. 소요예산 산정

세부과제별 소요예산 산정 중 3세부과제인 모의비행훈련장치 인증, 인프라 연구 및 교육 훈련 프로그램 개발의 경우 수익성 보다는 공공성이 강하므로 민간 분담금을 0원으로 산출하였다.

가. 전체사업 소요예산

(단위 : 천원)

구분	1차년		2차년		3차년		4차년		합계	
	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간
총괄	959,000	279,369	6,976,921	2,130,631	1,073,772	200,000	350,000	0	9,359,693	2,610,000
1세부										
KC-100 소형항공기의 3등급 모의비행장치(Full Flight Simulator) 개발	549,144	182,844	4,354,719	1,447,156	240,247	80,000	0	0	5,144,110	1,710,000
2세부										
일반 4인승 소형항공기의 "나" 등급 FTD 및 AATD 개발	289,677	96,525	2,048,097	683,475	377,809	120,000	0	0	2,715,583	900,000
3세부										
모의비행훈련장치 인증, 인프라 연구 및 교육 훈련 프로그램 개발	120,179	0	574,105	0	455,716	0	350,000	0	1,500,000	0

나. 세부과제별 소요예산

(1) KC-100 소형항공기의 3등급 모의비행장치 개발

(단위 : 천원)

예산항목	세부항목	예 산 항 목							비율(%)
		단가(연급여)	연평균 인원/참여율	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	소계	
인건비	책임 연구원	84,000	4인/53%	235,200	246,960	70,560	-	552,720	8
	연구원	60,000	6인/55%	270,000	264,600	77,040	-	611,640	9
	연구보조 (박사과정)			-	-	-	-	-	-
	연구보조 (석사과정)			-	-	-	-	-	-
	소 계			505,200	511,560	147,600	-	1,164,360	17
직접비	연구장비 재료비			50,000	4,160,127		-	4,210,127	61
	연구활동비			40,891	751,596	127,877	-	920,364	13
	연구수당			101,040	102,312	29,520	-	232,872	3
	소 계			191,931	5,014,035	157,397	-	5,363,363	78
위탁연구개발비				-	-	-	-	-	-
간접비				34,857	276,280	15,250	-	326,387	5
합 계				731,988	5,801,875	320,247	-	6,854,110	100

(2) 일반 4인승 소형항공기의 “나”등급 FTD 및 AATD 개발

(단위 : 천원)

예산항목	세부항목	예 산 항 목							비율(%)
		단가(연급여)	연평균 인원/참여율	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	소계	
인건비	책임 연구원	84,000	3인/38%	100,800	145,530	52,920	-	299,250	9
	연구원	60,000	5인/42%	150,000	173,250	63,000	-	386,250	11
	연구보조 (박사과정)			-	-	-	-	-	-
	연구보조 (석사과정)			-	-	-	-	-	-
	소 계			250,800	318,780	115,920	-	685,500	20
직접비	연구장비 재료비			56,000	2,243,000	325,000	-	2,624,000	73
	연구활동비			10,851	10,036	10,000	-	30,887	1
	연구수당			50,160	63,756	23,184	-	137,100	4
	소 계			117,011	2,316,792	358,184	-	2,791,987	77
위탁연구개발비				-	-	-	-	-	-
간접비				18,391	96,000	23,705	-	138,096	3
합 계				386,202	2,731,572	497,809	-	3,615,583	100

(3) 모의비행훈련장치 인증, 인프라 연구 및 교육훈련 프로그램 개발

(단위 : 천원)

예산항목	세부항목	예산항목							비율(%)
		단가(연급여)	연평균 인원/참여율	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	소계	
인건비	책임연구원	86,000	1인/38%	12,900	73,960	47,000	50,000	183,860	12
	연구원	78,000	3인/40%	46,800	203,580	136,500	96,000	482,880	32
	연구보조(박사과정)	30,000	2인/60%	15,000	57,000	36,000	0	108,000	7
	연구보조(석사과정)	21,600	2인/60%	10,800	41,040	25,920	0	77,760	5
	소 계			85,500	375,580	245,420	146,000	852,500	57
직접비	연구장비 재료비			1,516	14,684	13,800	10,800	40,800	3
	연구활동비			4,000	56,447	99,242	126,975	286,664	19
	연구수당			17,100	75,116	49,084	29,200	170,500	11
	소 계			22,616	146,247	162,126	166,975	497,964	33
위탁연구개발비				-	-	-	-	-	-
간접비				12,063	52,278	48,170	37,025	149,536	10
합 계				120,179	574,105	455,716	350,000	1,500,000	100

제3절 재원조달 방법

본 과제의 경우 시뮬레이터 개발 부분은 국가(75%)와 기업(25%)이 동시 투자하여 개발한다. 반면에 모의비행훈련장치 인증, 인프라 연구 및 교육 훈련 프로그램의 개발의 부분의 경우 인증부분은 인증기관을 통해 인프라 연구 및 교육 훈련 프로그램의 개발은 교육기관에서 개발하며 향후 수익을 기대하기 어려운 분야이기에 100% 정부투자로 개발한다.

<표 155> 세부과제별 재정 부담률

과 제 명	정부	기업	인증기관 / 교육기관
① KC-100 소형항공기의 3등급 FFS 개발	75%	25%	
② 일반 4인승 소형항공기의 “나”등급 FTD 및 AATD 개발	75%	25%	
③ 모의비행훈련장치 인증, 인프라 연구 및 교육 훈련 프로그램 개발	100%		0%

<표 156> 세부과제별 재정 분배 추정예산

과 제 명	정부	기업	인증기관 / 교육기관	합계
① KC-100 소형항공기의 3등급 FFS 개발	51.4억	17.1억		68.5억
② 일반 4인승 소형항공기의 “나”등급 FTD 및 AATD 개발	27.1억	9.0억		36.1억
③ 모의비행훈련장치 인증 인프라 연구 및 교육훈련 프로그램 개발	11억 4억		0 0	15억
합계	93.5억	26.1억	0	119.6억

제6장 과제 제안요구서

제1절 과제 제안요구서

연구개발 과제명	소형항공기 시뮬레이터 개발
1. 연구개발 목표	
	○ 소형항공기급 비행에 대한 체험이 가능하고, 민·군용 조종사 양성을 위한 비행훈련을 공인 지원할 수 있는 다목적 소형항공기급 비행시뮬레이터 국산화 개발
2. 연구개발의 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	○ 국내 환경 측면의 필요성 - 항공기 조종사 양성과 조종사 자격 유지를 위한 비행시뮬레이터 개발을 통해 국내 보급 및 수출추진 필요 ※ 국내 조종사 양성 및 교육용 비행시뮬레이터는 전량 해외에 의존하거나 미 인증 제품을 수입하여 비행시간으로 인정받지 못하는 실정 ※ 비행교육 프로그램의 체계적 개발을 통한 항공사의 조종사 비행교육훈련 실시 필요 (해외 경우, 항공기 제작사에서 모의비행훈련센터를 운영) - 일반 항공기에서는 체험할 수 없는 악기상 등 위급상황에 대처할 수 있는 비행훈련까지 지원이 가능한 공인된 첨단 비행시뮬레이터를 활용할 경우, 효율적·체계적·경제적인 조종사 양성과 기량유지에 기여하게 되며 항공사고 예방을 위해서도 개발이 시급함 - 또한, 항공기 비행체험에 관심 있는 학생 등 일반 국민들이 항공기 비행체험을 쉽게 접하고 즐길 수 있는 인프라가 국내에는 거의 없는 실정이며, 다목적 소형항공기용 비행 시뮬레이터를 국산화 개발 보급을 통하여 선진화된 항공레저 체험문화 구축 시급 - 낙후된 항공레저산업 육성을 위하여, 고부가가치 첨단 항공기용 비행시뮬레이터(Flight Simulator) 핵심 제작기술 국산화 추진 필요

	○ 정부 지원의 타당성 ※ 항공기 산업 및 제품 특성은 기술의 첨단성 및 파급성, 제품의 안보 의존성, 개발투자의 장기성, 위험성 및 대규모성, 공공의존성 등으로 인하여 개발, 생산 및 판매 전 단계에 걸쳐서 높은 '공공성' 및 '전략성'을 보임 ※ 최근 개발된 KC-100을 포함하는 소형항공기에 대한 비행시뮬레이터 및 비행교육 프로그램의 개발은 KC-100의 양산과 국내 비행시뮬레이터 산업의 활성화를 위해 매우 중요하여 투자가 상당기간 지속되어야 하는 장치산업의 특성을 가짐 ※ 소형항공기의 비행시뮬레이터 개발은 그 열매가 특정 산업체나 기관이 아닌 관련 국내 산업전체를 활성화 시키는 효과를 갖기 때문에 정부지원의 당위성을 가짐 ○ 국외 환경 측면의 필요성 - 중국 민간항공 분야의 비약적 성장이 국내 민간항공 분야에 블랙홀로 작용하여 국내 조종사의 절대적 부족 현상 발생으로 효율적 조종사 양성을 위하여 모의비행훈련장치 수요 발생 - KC-100의 주 경쟁기종인 Cirrus SR-22의 경우 폴란드에 전용 모의비행훈련센터를 설치하고 Full Motion Simulator를 운용하고 있어, KC-100 해외수출을 고려 시 국제적 경쟁력 확보를 위하여 모의비행훈련장치 개발이 병행되어야 할 것임
□ 기술동향	○ 국내기술동향 - 항공기 시뮬레이터 관련 국내 기술은 1990년대 이후로 비약적 발전을 이뤄 국방 분야의 수요는 거의 국산화로 충족되고 있을 정도로 성숙되었음 - Collimated Display, Image Generator, Motion Platform 등의 핵심요소기술 등은 제한된 시장으로 인하여 국산화가 미미하거나 경쟁력이 부족하다 할 것임 - FAA 수준의 시험평가인증 기술은 여전히 해결해야 할 숙제 중 하나임 ○ 국외기술동향 - 국방 분야에서는 LVC (Live-Virtual-Constructive) 시뮬레이션을 지향하고 있고, 이를 위한 항공기 내장형 기술과 전술연동기술을 통합 합성전장환경 구현으로 발전 중임 - 항공기 시뮬레이터 기술은 80년대 이후로 성숙기에 이르고 있으며, 상용 시뮬레이션 엔진을 이용한 저가의 시뮬레이터 개발이 추진되고 있음

3. 연구개발내용

□ 세부과제별 연구내용

[1세부과제]

○ KC-100 소형항공기의 3등급 모의비행장치 (Full Flight Simulator) 개발

※ 국토교통부고시 제2013-107호"모의비행훈련장치 지정기준 및 검사요령"의 모의비행장치 (Full Flight Simulator) 3등급 지정기준 충족과 인증 확보

- KC-100 소형항공기의 비행시험을 통한 3등급 기준 데이터 확보 및 처리를 통한 비행모델 개발
- 계기, 장비, 조종계통을 포함한 KC-100 조종석 모의
- 컬리메이션 방식의 시현장치와 6DOF 운동판 적용
- 잽슨(Jeppesen) 매뉴얼을 활용하여 국내 주요 민간공항 (15개)의 비행절차 및 영상 DB 적용
- 모의비행장치 통제, 비행훈련교과 적용, 자가 고장 진단 등을 포함하는 교관통제석 개발
- QTG (Qualification Test Guide) 작성을 통한 시험평가

[2세부과제]

○ 일반 4인승 소형항공기의 "나"등급 비행훈련장치(Level 5 Flight Training Device: FTD) 및 AATD (Advanced Aviation Training Device) 개발

※ 비행훈련장치의 경우 1차적으로 국토교통부고시 제2013-107호 "모의비행훈련장치 지정기준 및 검사요령"의 비행훈련장치 "나"등급 지정기준을 충족하고 인증을 확보하며, AATD의 경우 "가"등급 인증을 확보함

※ 최종적으로 FAA 해당 등급(Level 5 FTD 및 AATD) 인증을 확보

- KC-100 모의비행장치 개발 과정에서 확보된 기준 데이터, 비행모델, 계기 및 장비 모델, 공항 및 지형 DB 등을 활용하여 "나"등급 비행훈련장치와 AATD에 적합하게 변환
- 대표 기종 2개 이상(예, KC-100, DA-40, Cessna 172S 등)을 선정하여 요크(yoke) 및 스틱(stick) 방식의 조종계통과 아날로그 및 디지털 MFD 방식의 계기들을 모두 수용할 수 있도록 모듈화를 통한 가변형 조종석 구현
- 비행훈련장치/AATD 통제, 비행훈련교과 적용, 자가고장진단 등을 포함하는 교관통제석 개발
- QTG 작성을 통한 시험평가

[3세부과제]

○ 모의비행훈련장치 (Synthetic Flight Trainer) 인증 인프라 연구 및 교육훈련 프로그램 개발

- FAA 14 CFR Part 60 및 61을 기본으로 한 국내 “모의비행훈련장치 인증기준” 개발
- QTG 시험평가에 기반 한 모의비행훈련장치 인증 인프라 연구
- 소형항공기에 적합한 모의비행훈련장치 기반 비행교육훈련절차 개발
- 항공레저스포츠 (초경량기, 소형항공기 등)의 모의비행훈련장치 기반 비행교육훈련절차 개발

4. 연구개발 추진방법

□ 추진전략

○ 국내외 모의비행훈련장치 관련 규정(예, FAA CFR 14 Part 60 및 61) 들을 연구 분석 하여 인증 절차 및 요구도 반영

○ 국내외 소형항공기 민수 시장을 분석하여 시장 점유율이 높은 대표기종 선정

□ 추진체계

○ 단일 사업 형식으로 추진하되 사업초기에 세부과제 개발자 간의 협의체를 구성하여 중복 개발 방지

○ 국내 관련 인증 수준을 FAA 수준으로 격상시켜 해외 수출 시 추가 개발을 최소화할 수 있도록 FAA 시뮬레이터 인증기관의 자문 또는 참여 권장

○ 사용자인 대학의 항공운항항과나 비행교육원의 모의비행훈련장치 비행교관 및 운용요원들을 자문위원으로 참여시켜 시장성 있는 장비 개발

5. 최종성과물

□ 주요 최종성과물

○ KC-100 소형항공기의 국토교통부 3등급 모의비행장치 1대

○ 일반 4인승 소형항공기의 국토교통부“나”등급 및 FAA Level 5 FTD 인증을 모두 확보한 비행훈련장치 및 AATD 각 1대

○ 모의비행훈련장치 인증기준 수정보완 보고서

○ QTG 시험평가에 기반 한 모의비행훈련장치 인증 인프라 연구 보고서

○ 모의비행훈련장치 기반 소형항공기 비행교육훈련절차 보고서

○ 모의비행훈련장치 기반 항공레저스포츠 비행교육훈련절차 보고서

○ 단계별 기술목표(TRL) 및 평가방식

CTE 연차별 성과목표	1 차년	2 차년	3 차년	4 차년	평가방법
KC-100 Level D FFS	6	7	8	8	- CTE별 기술개발 로드맵 충족 여부 - 건교부 시험평가인증 확보
Level 5 FTD 및 AATD	6	7	8	8	- CTE별 기술개발 로드맵 충족 여부 - 건교부 시험평가인증 확보
인증인프라 및 비행교과	6	7	8	8	- FAA 전문가 평가

6. 활용방안 및 기대효과

□ 활용방안

○ 예상 수요처
- 공군 사관학교, 항공 운항학과 및 비행학교
- 지자체의 관광지 및 지방공항
- 미주, 유럽, 중동, 중국 및 동남아 등 해외

○ 시뮬레이션 기술을 접목하여 항공기 설계 시 성능향상을 꾀함
○ 무인기(UAV) 개발에 활용
○ 소형항공기 조종사의 안전성 확보
○ 턴키 수출
○ 조종사 교육 인력의 흡수
○ 항공 레저 스포츠 인구 창출
○ 항공 인프라 구축을 통해 지역 경제 활성화에 기여

□ 기대효과

○ 세계 10대 항공 선진국을 위한 항공기 개발과 연계한 기술적 파급효과
○ 시뮬레이터 FAA 인증을 통해 4조원 이상 규모의 해외 시장 진출의 교두보 확보
○ 항공 인프라 연구 및 비행교육 프로그램의 개발을 통해 약 1,000억원의 턴키 수출 및 약 266억원의 수입대체 효과
○ 턴키 수출을 통해 항공기 수출 시너지 및 가치 창출 가능
○ 턴키 수출을 통해 국가 신인도 상승 및 기업경쟁력 향상
○ 『비행 훈련 및 시뮬레이션』 개발을 통해 조종사 양성 수요 확보 및 조종사 자격 유지에 활용함으로써 국가 운항안전성 향상에 기여
○ 항공 인프라 구축을 통해 지역 경제 활성화에 기여

○ 체험용 시뮬레이터 보급을 통해 항공 레저·스포츠 활성화
○ 항공 인프라 구축을 통해 지역간 교류를 활성화

7. 연구개발기간 및 소요예산

○ 총 연구개발기간 : 2014. ~ 2017. (4년)
- 1차년도 연구개발기간 : 2014. ~ 2014. (12개월)

○ 총 정부출연금 : 9,360백만원 이내
- 1차년도 정부출연금 : 959백만원 이내

8. 기 타

○ 본 과제의 보안등급은 “일반/보안 과제”임

○ 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 참고하여 작성하되, 과제 목적 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함

○ 기 수행하였거나 현재 수행중인 유사과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함
※ www.kaia.re.kr 열린정보, http://rndgate.ntis.go.kr의 유사과제목록 참조
- 공모과제와 관련하여 기 수행되었거나 현재 수행중인 과제의 연구개발결과물과의 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 연구계획에 포함
- 제안된 연구내용이 타 유사과제와 연구방법이나 목표 등에서 차별화되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함
※ 연구개발 수행 도중 과제의 중복성이 사후에 발견되거나 연구개발목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 때에는 협약을 해약할 수 있음

○ 연구 착수시점 현황과 개발종료 후의 대비가 가능하도록 세부과제별로 As-Is와 To-Be를 구체화・가시화하여 제시

○ 연구개발계획서에 세부과제간 연구내용 및 성과의 연계/활용을 위한 전략 제시
- 기획보고서에서 제시한 기술개발 TRM을 기반으로 전체 개발기술

과 성과물간의 유기적 연계를 파악할 수 있는 체계 제시

※ (예시) 개발기술 상호간, 성과물 상호간, 개발기술-성과물간 연계성

- 과학기술적 성과물을 포함하여 최종성과물을 구체화하여 제시

○ 연구신청자는 연구개발 성과목표(성과지표/달성목표치/가중치) 및 사업수행(일정)계획과 이에 대한 관리계획 등을 연구개발계획서에 제시

- 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적 방안을 제시해야 함

※ 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용

- 제시한 성과지표는 사전검토, 선정평가를 통해 조정(추가) 가능

○ 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업 수행실적이 있고, 과제추진시 역할(자료·기술조사 또는 제공, 시험시공 현장제공 등)이 명확하여야 하며 연구개발결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함

○ 국제공동연구 또는 전문가 활용방안

- 필요시 관련 기술 해외 선도기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용계획을 연구계획에 포함

○ 추후 연구개발계획 등은 수정·보완될 수 있으며, 이에 따라 과제내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음

- 본 과제의 연구기간은 추후 협약시 변경될 수 있음
- 전문기관은 필요시 선정된 주관기관(연구책임자)과 협의를 거쳐 연구개발계획서의 수정·보완(연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화)할 수 있음
- 연구추진과정에서 관련기술 환경변화에 따라 연구내용(연구비 포함)이 조정될 수 있음

○ 연구수행과정에서 실험이 필요한 경우,「분산공유형 건설연구 인프라 구축」과제결과로 구축된 “분산공유 6대 실험시설” 우선 활용

※ 공고시 첨부한 “분산공유형 건설연구 인프라 실험시설 소개자료” 참조

제2절 평가기준 설정

<표 158> CTE 기반 평가

CTE 연차별 성과목표	1차년	2차년	3차년	4차년	평가방법
KC-100 Level D FFS	6	7	8	8	③ CTE 별 기술개발로드맵 충족 여부 ④ 건교부 시험평가인증 확보
Level 5 FTD 및 AATD	6	7	8	8	③ CTE 별 기술개발로드맵 충족 여부 ④ 건교부 시험평가인증 확보
인증인프라 및 비행교과	6	7	8	8	② FAA 전문가 평가

□ QTG 승인을 위한 평가

○ FAR Part 60의 기준을 충족하기 위한 세부 시뮬레이터 Test 절차(시험항목, Tolerance, Pass/Fail Criteria 등 포함)에 대한 적절성 평가

○ KC-100 항공기 비행시험조종사, 비행시험 엔지니어 참여 필요

○ 시뮬레이터 승인 업무절차 규정에 대한 전문지식, 인증을 위한 검사 방법론에 대한 경험/지식 필요

□ 시뮬레이터 평가

○ QTG에 따른 개발자 최종시험 모니터링 및 시험보고서 확인

○ 승인당국의 시뮬레이터 지정을 위한 평가 업무 (승인당국 직접수행 또는 위임)

○ KC-100 항공기 비행시험조종사, 비행시험 엔지니어 참여 필요

○ Option : FAA NSP 등을 통한 자문/평가 협조

제7장 참고문헌

Visiongain, “Civil Aviation Flight Training and Simulation Market 2012-2022”, 2012

국토해양부(2008), “항공안전기술개발사업단 소형 항공기급 인증기 개발”
항공안전기술개발사업단 1차년도 연구결과보고서

General Aviation Manufacturers Association (GAMA) Website:
http://www.gama.aero/publications

International Civil Aviation Organization (ICAO) Website:
http://www.icao.int/

한국항공우주진흥협회 Website:
http://www.aerospace.or.kr/

KAI-EC주식회사 IR 보고서:
http://dart.fss.or.kr/report/viewer.do?rcpNo=20110621000073&dcmNo=3084205&eleId=28&offset=886040&length=310048&dtd=dart3.xsd&displayImage=hide

지식경제부, “2007 산업자원백서”

지식경제부, “2010 지식경제백서”

지식경제부(2010), “The Next Big Thing! 대한민국 산업기술 비전 2020”
Bombardier Aerospace, “Profile, Strategy, and Market,” Feb. 2013

안영수(2007), “항공우주산업의 2020 비전과 전략,” 정책자료 2007-56, 산업연구원

항공안전기술개발사업단(2012), “소형항공기 국내 및 해외수요 예측”

이종원, 권태희, et. al.,(2005) “미국의 General Aviation용 소형항공기 기술개발동향,” 항공우주산업기술동향 3권 1호, PP. 35-42

안석민, 이종원, 권태희, 성기정(2005), “SATS 프로젝트의 개요 및 기술현황,”

항공우주산업기술동향 3권 2호, PP. 31-37

최우영, 황진영(2012), “민간항공기 개발의 WTO 규정과 정부지원 - 일본의 MRJ 사례를 중심으로-,” 항공우주산업기술동향 10권 1호, PP. 14-27

정도희, 강영식, 김진원, “소형 항공기의 국내 상용화 및 개발전략,” 한국항공경영학회 2006 추계학술발표대회, 서울대학교

정도희, 송병흠(2006), “소형 항공기의 수출동향 및 개발전략,” 한국경영학회지 4권 1호, PP. 99-110

정도희(2006), “소형 항공기의 수출동향 및 개발전략에 관한 연구 - 수출형 4인승 선미익기를 중심으로-,” 한국항공경영학회 2006 춘계학술발표대회, 항공대학교

최영진, 이인규, 이경태(2010), “국내 항공산업 통계자료의 시작으로 분석한 ”항공산업 발전 기본계획“,” 항공산업연구 72집, PP. 1-21

편집자, “항공산업 발전 기본계획 - 2010 ~ 2019 -,” 항공산업연구, PP. 104-121

박성배(1989), “국내 민간항공산업 기술수준 예측,” 고려대학교 대학원, 박사학위논문

과학기술처(1991), “다목적 소형항공기 개발 연구 (3차년도),” 중급항공기 개발사업 연구보고서

과학기술처(1992), “다목적 소형항공기 개발 연구 (4차년도),” 중급항공기 개발사업 연구보고서

National Training Aircraft Symposium Website: http://ntas.erau.edu/proceedings/

US Department of Transportation(2010), “Literature for Flight Simulator(Motion) Requirements Research”

윤석준(2002), “시뮬레이션과 시뮬레이터,” 선학사

http://www.molit.go.kr

http://www.faa.gov

국토해양부고시 제2009-883호 “모의비행훈련장치 지정기준 및 검사요령”

FAR Part 60 "Flight Simulation Training Device Initial and Continuing Qualification and Use"

FAA AC 120-40B "Airplane Simulator Qualification"

FAA AC 120-45A "Airplane Flight Training Device Qualification"

주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 사업의 연구보고서입니다.

2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.

3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.

비매품
98550
9 791195 195008
ISBN 979-11-951950-0-8