

□ 사례 발표 □

KTX-1 Total Training System의 일환으로서 KTX-1 지상 훈련 체계

김 영 철[†]

◆ 목 차 ◆

1. 개 요
2. 본 론

3. 결 론

1. 개 요

KTX-1을 포함한 초중등 훈련기를 활용한 훈련의 목적은 이착륙 훈련, 공중 조작, 편대 비행, 계기 비행, 항법 비행, 야간 비행등의 초중등 비행에 숙달하는 것이며 이 목적은 과거나 지금이나 변한 바가 없다. 이를 위해서 한국의 학생 조종사들은 교과과정에 정해진 책자를 통하여 이론을 배우고 교관과 함께 초중등 항공기를 타고 처녀 조종연습을 시도해왔다.

근래의 컴퓨터의 발전으로 인하여 전세계적인 추세는 책자를 통한 수업보다는 컴퓨터를 활용한 학습도구를 사용하여 학습효과를 높이고자 많은 멀티미디어 교재를 개발하여 활용하고 있으며, 실제 항공기를 사용한 처녀비행시의 위험요소 최소화, 훈련비용의 절감 및 실제로 연습이 불가능한 비상처치훈련을 수행하기 위한 모의 훈련 장비를 활용하고 있다. 이 훈련 보교재의 비용효과는 이미 국내외의 논문에서 발표되어 인정된바 있다.

한국 최초로 국내기술진에 의하여 설계제작되고 양산배치예정인 KTX-1 초중등 훈련기를 사용한 조종사 훈련 목적을 체계적이며 효율적으로 달성하기 위하여, 조종사의 지상 학습 교재의 전산화 훈련체계의 개발이 필요하며, 또한 조종실 절차 훈련 장비, 모의 비행 훈련 장비의 개발이 필요하다.

뿐만 아니라 항공기의 기동율을 극대화 시키고 사전에 위험을 효율적으로 제거하기 위해서는 항공기의 정비 또한 효과적으로 수행되어야 하며 이를 위해 정비사 훈련을 위한 전산화 훈련 체계의 개발이 필요하다.

조종사 훈련 체계와 정비사 훈련 체계를 연계한 종합 지상 훈련 체계의 효율적인 관리를 위한 KTX-1 훈련 관리 센터와 이러한 개별 시스템을 묶는 컴퓨터 망의 설치도 필요하다.

초기에는 이러한 훈련 체계 개발에는 상당한 비용이 소요되나 무기체계의 개발, 생산 및 운용 지원 수명주기의 세 단계중 운용 지원에서 가장 많은 비용(전체의 약 60%)이 소요되는 것을 고려할 때 이러한 투자가 충분히 검토될 때 운용유지 비용이 절감될 수 있다고 볼 수 있다.

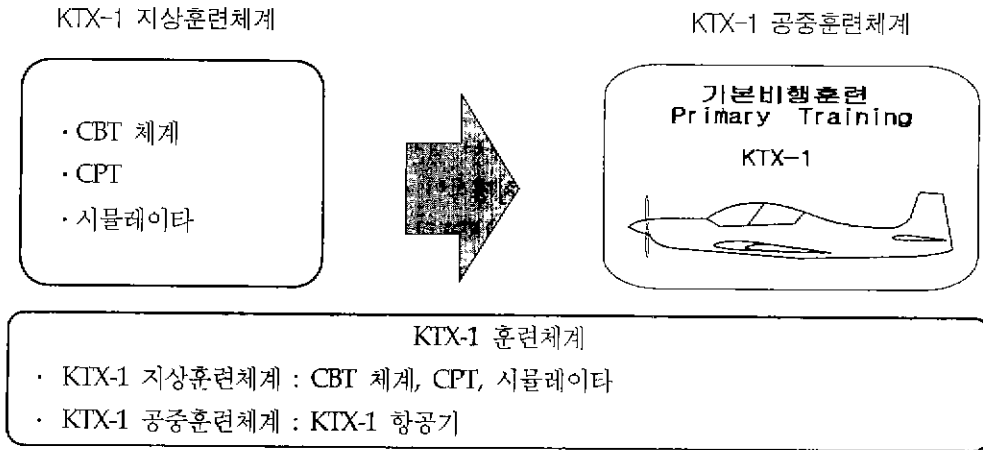
[†] 정회원 : 대우중공업 항공지상연구소 책임연구원

여기서는 KTX-1 Total Training System의 일환으로서 KTX-1 지상훈련체계의 정의, 필요성, 각 장비별 체계 개발 개념, 각 장비별 개발 기술과

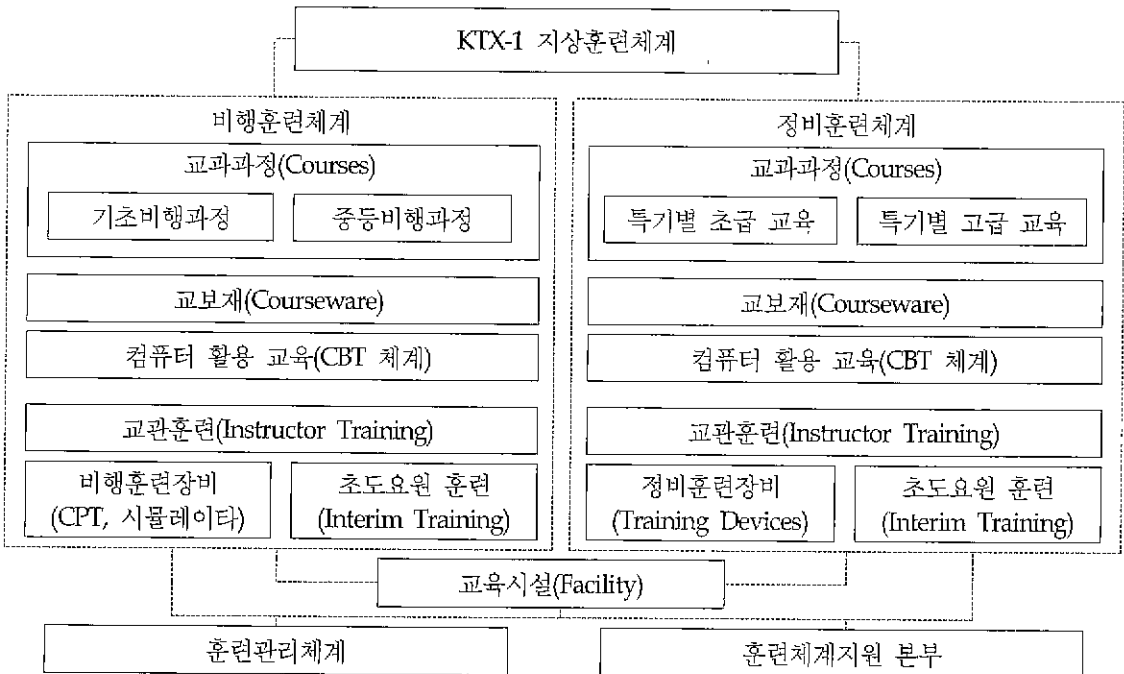
술과 자료의 공유성에 대하여 기술한다.

2. 본 론

2.1 KTX-1 훈련 체계 정의



2.2 KTX-1 지상 훈련 체계 구성 Block Diagram



2.3 KTX-1 지상훈련체계 필요성

훈련장비	필요성 및 효과
CBT 체계	<ul style="list-style-type: none"> · 책자를 통한 강의실 교육 한계 극복 · PC에서 자습을 통하여 비행교범 및 정비 교범을 시청각을 통하여 입체적으로 학습 및 평가가 가능 · 항공기 내부장비의 작동, 장탈착 및 고장탐구훈련 실시 가능
CPT	<ul style="list-style-type: none"> · 저가인 장비인 CPT로 고가인 실제항공기의 일부훈련 대체 가능 · 조종실 절차훈련, 계기비행훈련 및 제한적인 비상처치훈련가능
시뮬레이터	<ul style="list-style-type: none"> · 지상에서 모의 훈련함으로써 처음부터 실제 항공기를 사용하여 비행 훈련을 할 경우 발생될 수 있는 치명적인 사고를 미연에 방지 · 실제 항공기로서는 불가능한 비상처치훈련도 가능하여 고가의 항공기 손실 감소와 조종사의 인명피해를 줄일 수 있음 · 조종사 취약과목에 대하여 이착륙과정을 거치지 않고 집중훈련이 가능 · 사고분석 및 악천후에서의 연습도 가능하여 비용효과면에서 뛰어난 것으로 평가되고 있음

2.4 KTX-1 지상훈련장비 종류별 소개

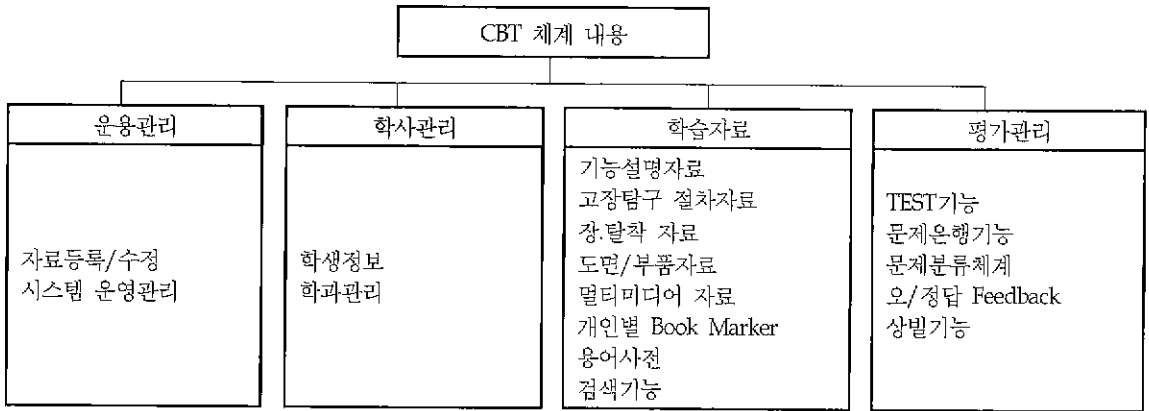
구분	CBT 체계	CPT	시뮬레이터
개요	다수의 훈련생이 교육을 할 수 있도록 컴퓨터망을 구축하여 항공기의 기본적인 기능, 성능, 특성 등의 교육이 가능하도록 만들어진 체계	실제 항공기를 탑승하기 전에 비행절차, 계기비행 및 일부 비상처치 훈련을 할 수 있도록 한 장비	실제 항공기와 병행하여 지상에서 비행훈련을 수행할 수 있는 모의 비행훈련장비
훈련 내용	<ul style="list-style-type: none"> · 정비교육체계 장탈착 훈련 고장탐구 훈련 정비사 학습관리 · 비행교육체계 비행교범 교과과정 조종사 학습관리 	<ul style="list-style-type: none"> · 조종실 비행절차 훈련 · 계기 비행 · 일부 비상처치 훈련 	<ul style="list-style-type: none"> · 이착륙 훈련 · 계기비행 훈련 · 비상처치 훈련 · 특수비행 훈련
효과	<ul style="list-style-type: none"> · 다수 훈련생의 동시 교육가능 · 최신 멀티미디어 입체학습으로 교육 효과가 뛰어남 · 시험 및 자동 평가 기능으로 학습 관리가 용이 	<ul style="list-style-type: none"> · 저가인 장비로 조종실 절차, 계기 비행 및 일부 비상 처치 훈련을 할 수 있어 비용효과면이 뛰어남 	<ul style="list-style-type: none"> · 실제 훈련이 불가능한 비상 사태 훈련 · 실제 항공기 사용전에 모의 훈련으로 치명적 실수 미연에 방지 · 조종사별 취약 과목 집중 교육

2.5 KTX-1 CBT 체계

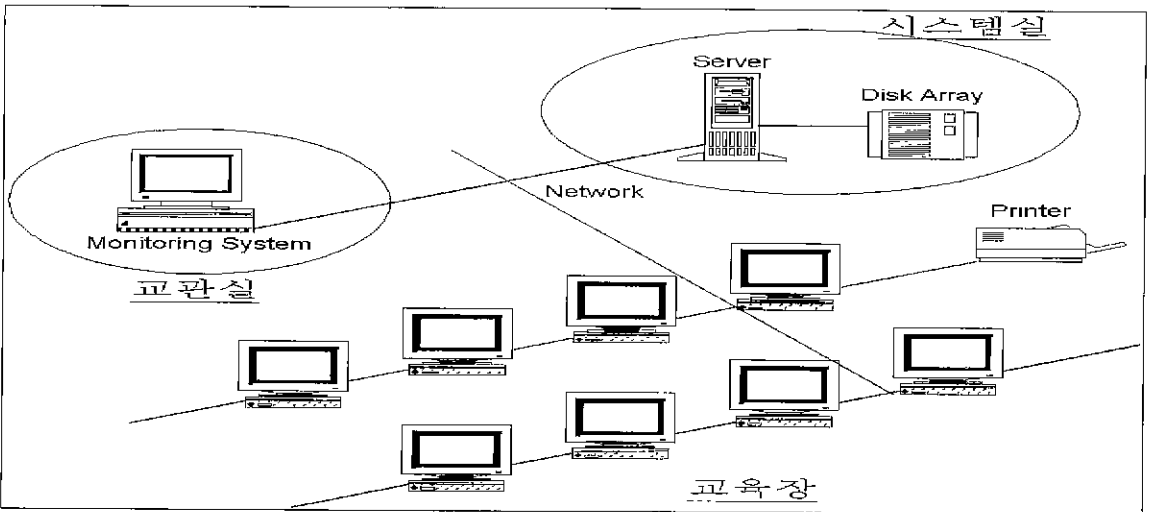
○ CBT 체계 개요

컴퓨터를 활용한 지상훈련체계 학습단계(CBT 체계 -> CPT -> Simulator)중 첫 단계이다. 책자만으로는 부족한 비행 및 정비 기초 훈련을 효과적으로 수행할 수 있어서, 조종실 절차훈련 단계나 지상 모의 비행훈련 단계에서는 그 단계만의 고유한 훈련의 실시가 가능하여 장비의 운용 효율을 올릴 수 있다. KTX-1 학생 조종사/정비사의 KTX-1 비행 및 정비 훈련이 가능하도록한 교육훈련시스템으로, 멀티미디어

어를 이용하여 다양하고 복잡한 정보를 피교육자가 자율적으로 쉽게 적용할 수 있도록 하면서 체계적이면서도 개별적인 특성을 살린 교육이 가능토록 지원해주는 시스템이다. 특히 한정된 공간에서 많은 사람들에게 직접체험이 아닌 가상체험으로 대량의 학습 효과를 노릴 수 있어 최근 교육계나 기업체, 군등에서 널리 사용되는 훈련체계이다. 추후 KTX-1의 명세 등의 변동이 발생해도 Server(Host Computer)쪽의 Data Base만 변경하면 사용이 가능하고, 구축 예정인 군의 전산망에도 쉽게 적용가능하다.



○ 시스템 구성도



- 개발 내용
 - 학습자료 제작 및 활용
 - 비행 및 정비 교범의 각종 정보를 체계적으로 제공
 - 각종 증상에 따른 고장현상, 고장수리방법, 수리시 필요한 정비장비등을 체계적으로 제공
 - 평가 관리
 - 문제은행을 만들어 적절한 TEST를 제공
 - TEST중 정/오답에 대한 적절한 Feedback 체계 구성
 - 학사 관리
 - 일반 Application Tool로 개발
 - 각종 교육현황 자료의 리포트 제공
 - 운용 관리
 - 학생과 질의/응답 기능
 - 교관의 지시/전달/명령 기능
 - 교관의 고장 상태 제공 기능
- 훈련 범위
 - 비행 교육 체계
- 시스템 구성도

- 비행 교범
- 조종사 학습관리
- 정비 교육 체계
 - 장착탈 훈련
 - 고장탐구훈련
 - 정비사 학습관리

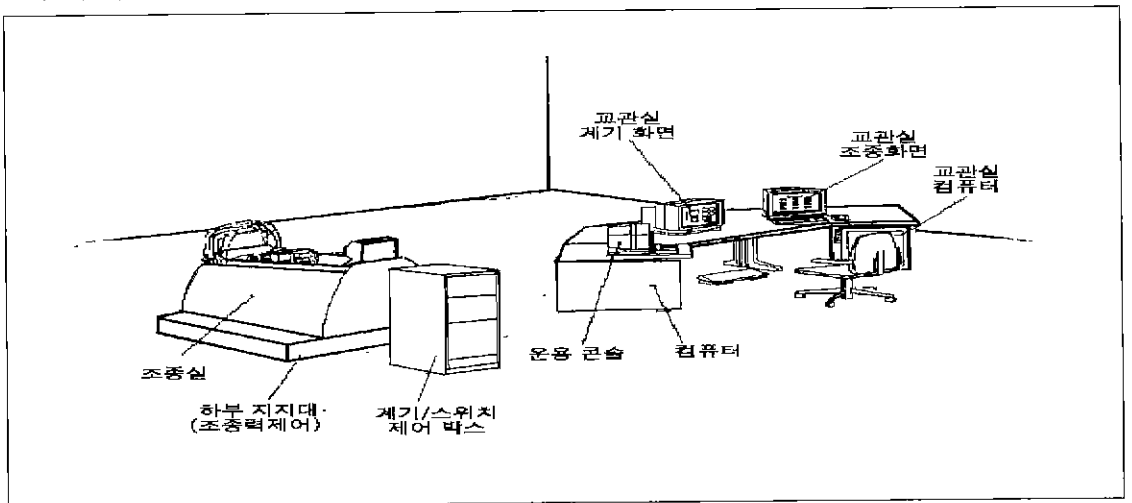
○ 개발 방안

대우중공업과 국과연과 공동으로 기 개발했던 비행/정비 전자 교범을 활용하고, 비행 교범 및 정비 교범과 항공기 설계/제작과 항공기 비행 및 정비운용 자료를 사용하여, 관련 전문업체의 협조를 받아 상기의 개념으로 개발하되 군의 운용자와의 긴밀한 협조가 요구된다.

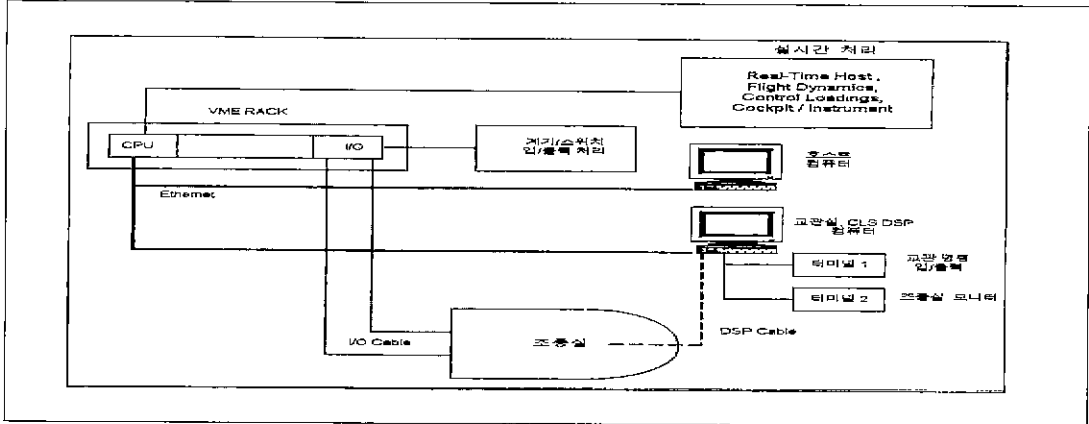
2.6 KTX-1 CPT

- CPT(Cockpit Procedure Trainer) 사용 목적

CPT는 조종실 절차 훈련을 기본목적으로 계기비행 및 제한적 비상처치훈련이 가능한 장비이다.



○ 데이터 흐름도



○ 부체계 구성 내용

구 분	구성 요소	내용 설명
체계 종합	화재 감시/진압	시스템의 화재시 화재감지 및 불활성가스의 자동 분출
	전원 분배 장치	시스템에서 필요한 전원의 분배
	UPS	비상정전시에 전력공급장치
	AVR	일정전압 유지
조종실	시험 장치	시스템의 고장시 고장부위 탐지
	중앙 통제	전방 조종실 모사
	사출 좌석	사출좌석의 모의제작
	패널/콘솔	전방패널과 콘솔의 모의제작
계기/스위치	하부 구조	조종장치/조종실을 고정하고 바닥설치를 위한 하부구조물
	부조종장치	조종실의 부조종장치의 모의제작
	계기/스위치	항공기 계기/스위치를 CGI(Computer Generated Image)계기로 모사
	컴퓨터 장치	계기 구동 소프트웨어 실시간 연산처리를 위한 장치
조종력제어	구동 소프트웨어	계기를 구동하기 위한 소프트웨어
	전원 분배 장치	계기에 필요한 여러 가지 전원의 분배 공급을 위한 장치
	컴퓨터	비행조종장치 동역학 및 조종력 연산용 컴퓨터
	제어기	액츄에이터 제어 장치
컴퓨터	구동기	조종력 구동용 액츄에이터
	연결 기구부	조종간 및 액츄에이터 연결 기구부
	조종 장치	실제 조종간 및 Grip의 모의제작
	실시간처리컴퓨터	소프트웨어의 실시간 연산처리
모의 S/W	연산 소프트웨어	항공기모사 실시간처리 소프트웨어
	시스템 Network	전체 컴퓨터 시스템의 Network
	대기환경	대기환경 모델 모사 소프트웨어
	Radio 환경	전파 거상곡 모델 모사 소프트웨어
교편실	항공기 운동모사	항공기 운동 모델 모사 소프트웨어
	내부 장비 모사	항공기기기 모델 모사 소프트웨어
	교편실 제어	사물데이터 통제, 임무 및 환경 제어
	훈련 평가	조종사 훈련 평가
음향	데이터 통신	타 부체계와 데이터 통신 기능
	브조 장치	마우스
	Frame	컴퓨터 및 모니터 고정 장치
	음향 처리	음향 데이터 베이스 연산 처리 장치
음향	데이터 통신	타부체계와 데이터 교환 기능
	음향 구현	음향 구현 위한 하드웨어 및 구동 기능
	음향 데이터 베이스	항공기 음향의 소프트웨어 데이터
	Frame	음향장치 하드웨어 고정용 장치

○ 개발 방안

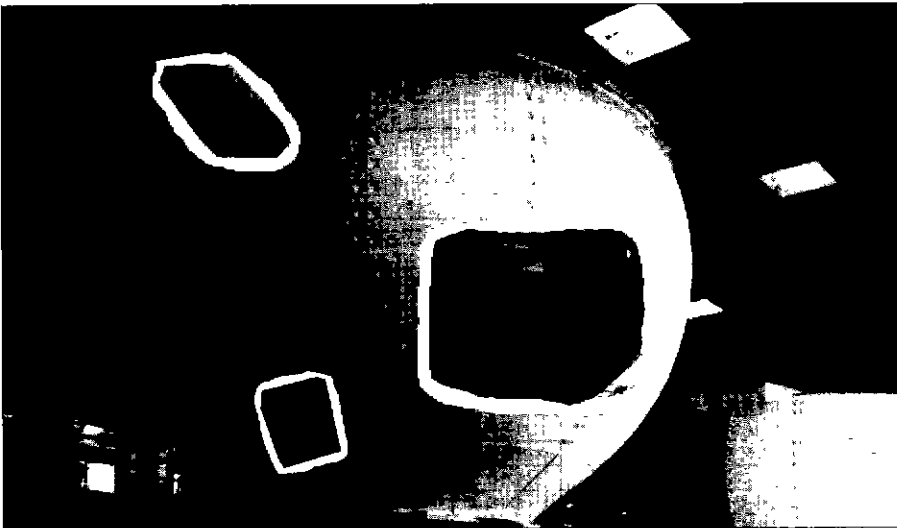
CPT는 시뮬레이타에 비하여 영상 및 운동구현장치가 생략되거나 단순화된 장비이므로 국과연과 대우중공업이 기개발하였던 항공기 시뮬레이타의 개발 기술(부록참조)을 활용하고, 상기의 개발 개념을 바탕으로 사용군과의 긴밀한 협조를 얻어 개발한다.

○ 시뮬레이타의 사용 목적

KTX-1 항공기의 정상 및 비정상 비행훈련을 목적으로하며 구체적인 내용은 이착륙 훈련, 계기 비행 훈련, 야간 비행 훈련, 특수 기동 훈련, 항공기 계통별 고장 대처 훈련, 악천후시 대처훈련등이며 실제 항공기를 타기전에 또는 실제항공기 연습과 병행하여 사용한다.

○ 시뮬레이타 개념도(교관실, 컴퓨터실, 부대설비는 제외)

2.7 KTX-1 시뮬레이타



○ 부체계 구성 내용

구 분	구성 요소	내용 설명
체계 종합	화재 감시/진압	시스템의 화재시 화재감지 및 불활성가스의 자동 분출
	전원 분배 장치	시스템에서 필요한 전원의 분배
	UPS	비상정전시에 전력공급장치
	AVR	일정전압 유지
	시험 장치	시스템의 고장시 고장부위 탐지
조종실	중앙 동체	전방 조종실 모사
	시출 좌석	시출좌석의 모의제작
	패널/콘솔	전방패널과 콘솔의 모의제작
	하부 구조	조종장치/조종실을 고정하고 바닥설치를 위한 하부구조물

○ 부체계 구성 내용(계속)

구 분	구성 요소	내용 설명
계기/스위치	부조종장치	조종실의 부조종장치의 모의제작
	계기/스위치	항공기 계기/스위치를 모의계기로 제작
	컴퓨터 장치	계기 구동 소프트웨어 실시간 연산처리를 위한 장치
	구동 소프트웨어	계기를 구동하기 위한 소프트웨어
	전원 분배 장치	계기에 필요한 여러 가지 전원의 분배 공급을 위한 장치
조종력제어	컴퓨터	비행조종장치 동역학 및 조종력 연산용 컴퓨터
	제어기	액츄에이터 제어 장치
	구동기	조종력 구동용 액츄에이터
	연결 기구부	조종간 및 액츄에이터 연결 기구부
	조종 장치	실제 조종간 및 Grip의 모의제작
운동구현장치	컴퓨터	운동구현 알고리즘 연산용 컴퓨터
	제어기	액츄에이터 제어 장치
	구동기	모의사출좌석 구동용 액츄에이터
	연결 기구부	좌석 및 액츄에이터 연결 기구부
	모의사출좌석	실제 사출좌석의 모의제작
컴퓨터	실시간처리컴퓨터	소프트웨어의 실시간 연산처리
	연산 소프트웨어	항공기모사 실시간처리 소프트웨어
	시스템 Network	전체 컴퓨터 시스템의 Network
모의 S/W	대기환경	대기환경 모델 모사 소프트웨어
	Radio 환경	전파 지상국 모델 모사 소프트웨어
	항공기 운동모사	항공기 운동 모델 모사 소프트웨어
	내부 장비 모사	항공기기기 모델 모사 소프트웨어
교관실	교관실 제어	시뮬레이터 통제, 임무 및 환경 제어
	훈련 평가	조종사 훈련 평가
	데이터 통신	타 부체계와 데이터 통신 기능
	보조 장치	마우스, 터치스크린, EL Display 장치
	Frame	컴퓨터 및 모니터 고정 장치
영상	영상 처리	영상 데이터 베이스 연산 처리 장치
	데이터 통신	타부체계와 데이터 교환 기능
	영상 구현	영상 구현 위한 하드웨어 구동 기능
	영상 데이터 베이스	영상의 소프트웨어 데이터
	Projector	영상 투사용 Beam Projector
	Half Dome	조종실, 계기구동 Rack 및 프로젝트 고정과 스크린으로 사용
음향	음향 처리	음향 데이터 베이스 연산 처리 장치
	데이터 통신	타부체계와 데이터 교환 기능
	음향 구현	음향 구현 위한 하드웨어 및 구동 기능
	음향 데이터 베이스	항공기 음향의 소프트웨어 데이터
	Frame	음향장치 하드웨어 고정용 장치

○ 개발 방안

국과연과 대우중공업이 기개발하였던 항공기 시뮬레이터의 개발 기술(부록참조)을 활용하고, 상기의 개발 개념을 바탕으로 사용군과의 긴밀한 협조를 얻어 개발한다.

2.8 훈련 장비별 개발 기술 및 자료의 공유성 검토

지상훈련장비 개발시 필요한 부체계 기술 및 항공기 기술 자료의 공유성에 대하여 아래표에서 살펴보면, 시뮬레이터 및 CPT의 경우를 비교하면 개발 기술과 항공기 자료의 공유 범위는 매우 크고, 시뮬레

이터와 CBT체계 또는 CPT와 CBT체계의 경우를 비교해도 공유정도가 적지 않음을 알 수 있다. 따라서, 전체 훈련 범위내에서 각 장비별 훈련내용이 할당되어 정해지면(군의 ROC), 그 훈련목적에 적절하도록 각 장비별 개발이 이루어질 때, 각 장비 개발자간에는 긴밀한 협조관계를 유지해야 기술과 자료의 공유가 용이하여 효율적인 개발이 가능하고, 각 장비간에 일관성 있는 체계 개념, 형상과 운용 관리 체계를 유지 할 수 있기 때문에, 개발후 사용자의 혼란을 최소화 할 수 있다. 따라서 동일한 프로젝트 관리하에 개발이 수행되는 것이 바람직하다.

훈련 장비 개발 기술	시뮬레이터	CPT	CBT 체계	항공기 자료필요 유무		
				시뮬레이터	CPT	CBT 체계
항공기 Modeling 기술			○	◇	◇	◇
실시간 처리 기술			○	-	-	-
모의 조종실 개발 기술			×	◇	◇	
모의 계기/스위치 기술			×	◇	◇	
CGI 계기 기술			○	◇	◇	◇
조종력 재현 기술			×	◇	◇	
교관실 개발 기술			○	◇	◇	◇
운동감 재현 기술	○	×	×	◇		
영상 구현 기술	○	×	×	-		
음향 재현 기술			○	◇	◇	◇
체계 통합 기술			○	-	-	-

※ ○ : 해당 개발 기술 필요, × : 해당 개발 기술 불필요

※ ◇ : 해당 기술 개발시 항공기 자료 필요, - : 해당 기술 개발시 항공기 자료 불필요

※ 동일 색상() 끼리는 유사성이 크며, 다른 색상(,)끼리는 유사성이 작음

3. 결 론

전세계적인 공군의 훈련 체계 획득 동향을 살펴보면 항공기를 사용하는 공중 훈련 체계뿐만 아니라 지상 훈련 체계도 동시에 획득되고 있으며, 항공기만 운용하다가 지상훈련체계의 필요성을 절감하고 추가적으로 지상훈련체계를 획득하고 있고 있는 사례가 많이 있음을 볼 때, 지상훈련체계는 향후 군의 훈련효과 제고 및 운용비용 절감 차원에서 필수적이며, 항공기 획득시 처음부터 고려되어야 한다.

국과연과 대우중공업에서는 KTX-1 개발시 공중훈련체계와 지상훈련체계를 처음부터 고려하여 KTX-1 항공기뿐만 아니라 KTX-1 시뮬레이터와 KTX-1 전자교범을 개발하였으며, 대우중공업에서는 공군의 수요에 맞추어 지상훈련체계 준비를 진행하고 있다.

Total Training System 개념의 일환으로 군에서 요구되고 있는 KTX-1 지상훈련체계 개발시, KTX-1 항공기, 시뮬레이터 및 전자교범의 개발 및 운용 경험이 통합되어 반영되어야만, 효율적이고 체계적인 훈련체계의 개발이 가능할 것이다.

부록 : KTX-1 시뮬레이터 개발후 확보된 기술 내용 및 특징

핵심 기술	내용 및 특징	
체계 종합	<ul style="list-style-type: none"> · 관성 모우먼트, 중량 및 소요 전력 종합 기술 · 각 부체계간 데이터 통신 체계 설계 기술 · 각 부체계간 하드웨어 인터페이스 설계 기술 · 각 부체계간 기능 분담 조정 기술 · 각 부체계간 동기화 기술 	<ul style="list-style-type: none"> · 각 부체계의 저동 지연 시간 배정 및 전체 지연시간 설계 기술 · 각 부체계와 교관실과의 Flag 교환과 관련된 논리 설계 · 개발 및 시험을 위한 연구시험동 확보 · 각종 개측 시험 장치 구비
조종실	<ul style="list-style-type: none"> · 실제 항공기와 유사한 내부 배열 설계 기술 · 시뮬레이터용 모의 기기 및 구동 소프트웨어 설계 기술 · 컴퓨터 및 모의 기기 인터페이스 장치 설계 기술 	<ul style="list-style-type: none"> · KTX-1과 동일한 조종실을 제공하는 유압식 조종릭 제어장치 · 높이 조정이 가능한 모의 시틀 좌석
항공기 모사	<ul style="list-style-type: none"> · C 언어를 사용하여 항공기 비행 운동, 대기 환경, 항공기 내부 장비 등을 설계와 동일하게 모사할 수 있는 모듈화된 소프트웨어 개발함 	<ul style="list-style-type: none"> · KTX-1 03호기 기준 이차륙, 선회, 특수기동등 모든 비행상황 모사가능 · 항공기 데이터 변경에 의한 대성 항공기 변경 용이
컴퓨터	<ul style="list-style-type: none"> · 4개의 VME CPU로 구성된 실시간 분산처리 시스템 설계 기술 · 실시간 Operating System을 사용하여 실시간 스케줄링 기술 	<ul style="list-style-type: none"> · 공유메모리인 Reflective Memory를 사용한 데이터 통신 기술
교관실	<ul style="list-style-type: none"> · Touch Screen으로 훈련 임무 및 환경 설정, 기능고정 설정, 조종 및 비행 상태 감시, 시뮬레이터 통제가 가능한 인간공학적 교관실 통제장치 개발 기술 	<ul style="list-style-type: none"> · 조종실 제현 장치 개발 기술
운동 구현 장치	<ul style="list-style-type: none"> · Synergistic 형식의 6자유도 유압식 실린더 장치 설계 기술 · 실린더 제어기 개발 기술 	<ul style="list-style-type: none"> · 운동범위확보를 위해 중립점으로 귀환시키는 알고리즘 · Mil-Std-1558에 기준된 설계 기술
영상장치	<ul style="list-style-type: none"> · 150도 X 40도의 Beam Projector /스크린 방식의 영상 장치 · 안개, 구름, 새벽, 주간, 황혼 및 야간 설정 기술 · 사천, 대구, 광주 및 김해공항등 남한 남부의 영상 Data Base 구축 	<ul style="list-style-type: none"> · 고해상 데이터 케이스 구축 기술 · 항공기 비행데이터와 실시간 연동기술
음향장치	<ul style="list-style-type: none"> · 음향 데이터 베이스 구축 및 제현 기술 	<ul style="list-style-type: none"> · 항공기 비행데이터와 실시간 연동기술
시험 평가	<ul style="list-style-type: none"> · FAA AC 120-40C level C급 시험평가절차서 수립 	<ul style="list-style-type: none"> · 공장도 수준의 시험평가, DT/OT 및 수리시험 수행
군수지원	<ul style="list-style-type: none"> · 설계 자료 작성 	<ul style="list-style-type: none"> · 운용 및 정비 교본, 부품 목록, 군수지원계획서 등의 작성

참고문헌

- [1] 오제상, 미해군 T-45 훈련체계, 제3회 국제모의훈련체계 세미나 및 전시회, 1995
- [2] Alejandro Calvo, Joaquin Pertz, Integrated Training System, 제3회 국제모의훈련체계 세미나 및 전시회, 1995



김영철

1983년 한국항공대학 항공기계공학파(학사)
1985년 한국과학기술원 기계공학과(석사)
1985년-1988년 엘지전자 생산기술연구소

1988년-현재 대우중공업 항공지상연구소 책임연구원
관심분야 : Vehicle Dynamics/System Modeling & Simulation