

가변형 비행시뮬레이터 조종실 개발

양지연*

The Cockpit Development for the Reconfigurable Flight Simulator

Jiyoun Yang*

ABSTRACT

Reconfigurable Flight Simulator for an airborne tactical mission based on virtual reality technology is developed as a software configurable cockpit with computer display as virtual instruments. It can simulate F-15K, KF-16, T/A-50 class fighter and depending on simulated cockpit, control stick and throttle are replaceable. For effective immersion, Video See-Through type HMD is applied.

초 록

공대공 공대지 가상 공중 교전모의시험이 가능한 가상현실기술이 구현된 가변형 비행시뮬레이터를 개발하였다. 가변형 비행시뮬레이터의 가변 조종실은 국내에서 운용 중인 F-15K, KF-16, T/A-50 급 기종 모의가 가능하며, 터치형 액정시현기를 활용하여 그래픽 계기를 구현함으로써 누구나 손쉽게 빠르게 기종변경이 가능하다. 조종간과 스로틀은 모의기종에 맞게 교체가 가능하며, 외부영상시현장치는 국내최초로 Video See-Through Type HMD를 적용하여 조종사의 몰입감을 최대화 시킬 수 있도록 구성하였다.

Key Words : Modeling and Simulation(모델링/시뮬레이션), Virtual Simulation(가상 시뮬레이션), Reconfigurable Cockpit(가변 조종실), Tactical Mission Simulator(전술임무 시뮬레이터), Video See-Through Type HMD(비디오 투과형 두부장착용 영상장치)

1. 서 론

국방 모델링 및 시뮬레이션은 크게 교육훈련 분야, 전력 분석 분야, 국방획득 분야 그리고 전투실험 분야에 활용되고 있다. 미군의 경우 교육 훈련 분야로부터 전력분석 분야, 국방획득 분야와 더불어 최근 들어 보다 적극적으로 전투실험 분야에 이르기까지 다양한 목적과 목표를 가지고 활용하고 있다. 한국군의 경우 모델링 및 시뮬레이션을 가장 활발하게 활용한 분야는 교육훈련 분야라 할 수 있다.⁽¹⁾

이러한 시뮬레이션 기술을 국방에 활용할 경우 교육훈련 비용의 절감, 상황통제능력의 향상, 안전성 향상, 다양한 훈련단계의 포괄적 운용, 환경에 의한 장애의 최소화, 사회적 및 환경적 충돌을 최소화할 수 있다는 장점이 있다.

다양한 시뮬레이션 기술 중 가상 시뮬레이션(Virtual Simulation)이란 가상의 모의환경 하에서 실제의 사람이 모의된 장치를 통하여 훈련, 연구개발, 오락 등의 목적으로 활용하는 시뮬레이션 기술을 말하며, 비행 시뮬레이터가 가장 일반적인 형태이다.

비행 시뮬레이터는 군용의 경우 일반적으로 시뮬레이터급과 디바이스(Device)급으로 분류가 가능하다.

시뮬레이터급 시뮬레이터는 실제와 동일한 비

† 2010년 7월 29일 접수 ~ 2011년 6월 21일 심사완료

* 정회원, 국방과학연구소

교신저자, E-mail : yjy@add.re.kr

대전광역시 유성구 수남동 111

행 훈련환경하에서 이착륙, 무장투하, 야간비행, 편대비행 등 전투, 공격 및 전자전 등의 다양한 작전임무 훈련에 활용되며 전술임무 시뮬레이터(Full Mission Simulator), 무장시스템 훈련장치(Weapons System Trainer) 등 다양한 이름으로 불리고 있다.

디바이스급 시뮬레이터는 조종실 친밀도 향상, 이착륙, 비행, 비상상황 대처 등의 조종사 훈련 및 정비사의 훈련 및 교육에 활용되고 있다. 조종실 절차 훈련장치(Cockpit Procedures Trainer), 가변형 비행 훈련장치(Reconfigurable Flight Trainer), 정비 훈련장치(Maintenance Training Device) 등이 여기에 포함된다.

고정의 시뮬레이터의 경우 국내에서는 T-50, KT-1, F-4E, F-5E, P-3C 시뮬레이터가 개발되어 운용되고 있다. T-50, KT-1, P-3C의 경우 시뮬레이터 급이며, KT-1, F-4E, F-5E는 디바이스 급의 조종실 절차 훈련장치이다. 이와 같이 현재까지 국내에서 개발된 군용 시뮬레이터는 특정 항공기만을 모의할 수 있는 형태로 개발되어 운용되고 있다.

그러나 점차 독립적인 가상 시뮬레이션을 탈피하여 시뮬레이터 간 실시간 상호 연동을 통해 개체들 간의 전투, 임무 효과도, 체계 운용성 등을 분석 및 평가할 수 있는 형태로의 발전이 요구되고 있다. 이러한 시뮬레이터 간 실시간 상호 연동을 통해 공대지 및 공대공 전술임무 훈련 수행 시 다 기종의 전투기가 편대를 이루어 훈련이 진행되어야 한다. 이 경우 다수의 다기종의 시뮬레이터를 한정된 공간과 인력, 비용으로 지원하기 위해서는 가변형 시뮬레이터의 개발이 필요하다. 가변형 시뮬레이터는 특정한 훈련용으로 사용되는 시뮬레이터로서 유연성(Flexibility) 및 비용 절감을 위한 해결 방안으로 개발된 시뮬레이터이다.^{(2),(3)}

미육군의 경우 회전익기를 위한 가변형 시뮬레이터인 AVCATT(Aviation Combined Arms Tactical Trainer)를 개발하여 운용하고 있다. AVCATT의 경우 5종의 헬기(UH-60, OH-58D, AH-64H, AH-64D, CH-47)를 가변형으로 구현하였다. 미공군 비행시험센터(Air Force Flight Center)의 경우 다수의 시뮬레이터의 운영 공간, 인력, 개발/유지비용 등의 문제를 해결하기 위해 고정익용 가변형 시뮬레이터인 DeltaSym™을 개발한 사례가 있다.⁽⁴⁾

본 논문에서는 핵심기술 개발을 위해 국방과 학연구소에서 수행 중인 전투기급 가상교전모의 기술 과제를 통해 개발되는 가변형 비행시뮬레이터의 가변 조종실 설계내역에 대해 기술한다.

II. 본 론

전투기급 가상교전모의 기술 과제를 통해 개발되는 가변형 비행시뮬레이터(RFS, Reconfigurable Flight Simulator)는 시뮬레이터 및 교전모델 상호연동을 통해 공대공/공대지 교전모의가 가능한 전술 시뮬레이터이다.

이를 위해 가변 조종실은 현재 국내에서 운용 중인 F-15K, KF-16, T/A-50급 3개 기종의 모의가 가능하도록 설계되어야 한다. 3개 기종의 조종석 형상 및 조종간의 특성은 Table 1과 같다.

AVCATT 과 DeltaSym™의 경우 가변 조종실은 조종실 계기를 실제 하드웨어를 활용하여 구현하였다. 따라서 기종 변경 시 조종실 하드웨어를 변경하기위한 특별한 절차 및 시간을 필요로 한다. 그러나 가변형 비행시뮬레이터는 터치형 액정시현기(LCD)를 활용한 그래픽 계기로 가변 조종실의 계기를 구현함으로써 누구나 손쉽게 빠르게 모의 기종별 계기의 변경이 가능하도록 구현하였다.

이와 같이 모의 기종별 특성을 반영하여 3개 기종의 조종석 형상을 모두 포함할 수 있는 가변 조종실 설계를 위해 3개 기종의 조종실 실측자료 및 도면자료를 분석하여 가변 조종실 설계를 수행하였다.

Table 1. Cockpit Configuration of Simulated Aircraft

항목	F-15K	KF-16	T/A-50
항공기 외형			
조종석 형상			
조종간 위치	중앙	우측 사이드	우측 사이드
조종간 방식	복합식	Fly-by-Wire	Fly-by-Wire

2.1 조종석 기본형상 설계

조종석의 형상을 결정하는 주요 항목은 전방 계기판 장착각도, 조종석의 높이, 조종석 기울기, 적용되는 인체 모델 등이 있다.

그 밖의 조종석 형상과 관련된 요소로는 조종사 설계 시점(Design Eye Point)에서 좌석 중립 기준점(Neutral Seat Reference Point)까지의 거리, 좌석 중립기준점에서 조종석 바닥면(Cockpit

Floor)까지의 거리, 좌석 중립기준점에서 러더 페달 중립점(Rudder Pedal Neutral Point)까지의 거리, 러더 페달 이동거리(Rudder Pedal Travel), 조종사 설계 시점에서 전방계기판까지의 거리, 그 외 각종 여유(Clearance) 요구조건 즉, 스틱/쓰로틀과 구조물간의 간격, 브레이크 페달과 구조물 간격, 러더 페달 바닥면(Rudder Pedal Floor) 폭, 좌석과 콘솔과의 간격 등이다.

MIL-STD-133B에는 Fig. 1과 같이 조종실의 기본형상에 대한 기준을 제시하고 있다.⁽⁵⁾ 이러한 기준에 맞추어 가변 조종실의 기본 형상을 설계하였으며, 모의기종별 조종실 기본형상은 Fig. 2와 같다.

MIL-STD-850 은 조종사 시야각(Down Vision)을 최소 11°로 규정하고 있다.⁽⁶⁾ T/A-50, KF-16, F-15K의 조종사 시야각은 모두 인지도가 가장 좋은 15°이며, 가변 조종실의 조종사 시야각 또한 15°로 구현하였다.

전방계기의 기울기(Instrument Panel Angle)는 일반적으로 조종사 시야각에 수직하도록 설계하며, 이 경우 수평면에서 15° 하향으로 기울어지게 된다.⁽⁷⁾ 가변형 조종실 또한 동일하게 조종사 시야각에 수직하도록 15°로 설계하였다.

조종석 좌석 기울기(Seat Back Angle)는 일반적으로 조종사의 안락함(Comfort), 시계확보(Visibility), 조종석 형상, 중력가속도 허용범위(G Tolerance), 조작거리(Reach), 전방동체 형상, 조

종 방식(중앙, 사이드 스틱)에 따라 결정되며 MIL-STD-133B는 13° 이상을 권고하고 있다.⁽⁵⁾ 가변형 비행 시뮬레이터가 F-4 사출좌석을 활용하는 만큼 기울기를 15°로 고정시키고, 좌석기울기에 따른 조종사의 전방패널 및 조종간 조작거리를 고려하여 좌석이 전후/상하 조절 가능하도록 제작하고, 인체공학적 요소를 고려하여 조종간의 위치도 결정하였다. 이때 모의기종별 전방패널에서 좌석까지의 좌석거리와 좌석 높이는 조종사의 시야각이 15°를 유지하는 선상에서 결정되어진다.

이와 같이 설계된 3개 기종 가변 조종실은 Fig. 3, 4, 5와 같다.

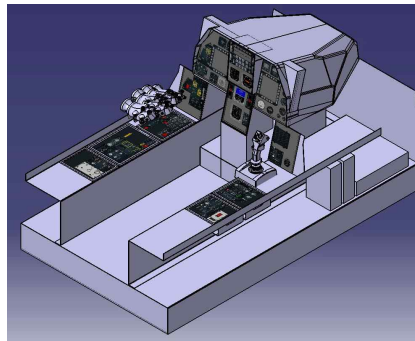


Fig. 3. T/A-50 Cockpit of RFS

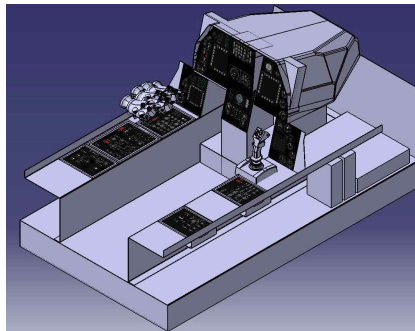


Fig. 4. KF-16 Cockpit of RFS

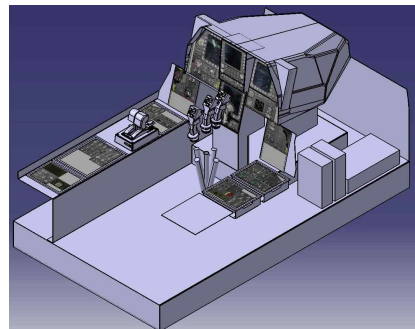


Fig. 5. F-15K Cockpit of RFS

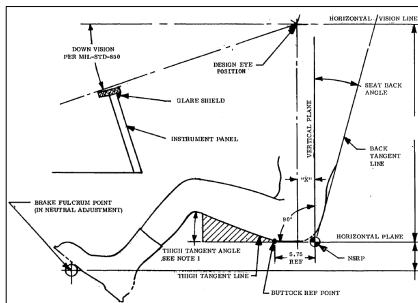


Fig. 1. Seating Geometry

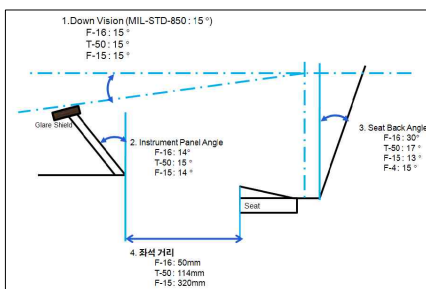


Fig. 2. Cockpit Basic Geometry

2.2 전방계기 형상설계

Table 2는 3개 기종의 전방 계기부 형상 측정치 결과이다. 전방계기패널의 다기능 시현기(Multi Function Display) 및 전방향 상단 조정기(Up Front Control)모의를 위한 최적의 터치형 액정시현기를 선정하기 위하여 Table 2의 측정치를 바탕으로 17"(358mm×296mm) 모니터와 12"(261mm×199mm) 모니터를 선정하였다.

좌/우 다기능 시현기 모의를 위하여 17" 모니터 2개, 그 외의 전방향 상단 조정기 및 좌/우 패더스털 모의는 12" 모니터 4개가 담당한다.

KF-16, T/A-50의 전방향 상단 조정기는 기울어짐이 거의 없이 수직한 평면에 장착되어 있으나, F-15K의 경우는 전방으로 기울어진 형태로 장착되었다.

이러한 하드웨어의 기종별 특성을 반영하기 위하여 가변 조종실의 전방향 상단 조정기용 터치형 액정시현기는 전/후방 기울기 조절이 가능하도록 제작되었다. 기울기는 Fig. 6과 같이 -5°에서 +15°까지 조절이 가능하다.

Table 2. Front Instrument Geometry

항목	F-15K	KF-16	T/A-50
최대 너비	760mm	770mm	707mm
최대 높이	445mm	280mm	314mm

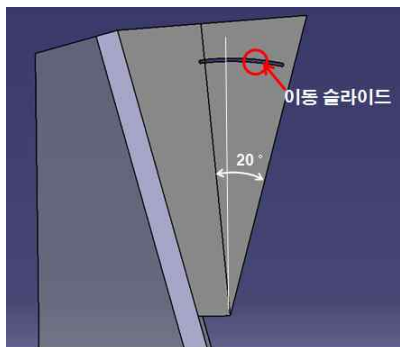


Fig. 6. UFC Module Travel

2.3 조종입력장치

일반적으로 전방패널의 조작거리 및 조종간의 위치는 좌석 기울기에 영향을 받으며 또한 적용되는 인체모델에 따라서 큰 영향을 받는다. 한국인 성인남성의 표준체형에 맞추어 최적의 일체형

조종간(HOTAS, Hand On Throttle And Stick)과 러더의 위치를 결정하기 위하여 가변 조종실과 가상 근사한 좌석 기울기를 갖으며 조종사의 체격에 영향을 받지 않고 최대의 조종력을 발휘할 수 있도록 설계된 T/A-50 조종실배치를 기준으로 가변형 비행 시뮬레이터의 조종실 설계를 진행하였다.

우선 T/A-50, KF-16 기종을 모의할 경우 T/A-50항공기의 조종석 배열을 기준으로 좌석의 위치와 스틱, 쓰로틀, 러더의 위치를 결정하고 F-15K의 경우 실측된 위치에 스틱을 배치 후 조종사가 하방 시야각 15도를 확보할 수 있는 좌석 거리 및 좌석 높이로 좌석을 이동시키고 이 위치에서 인체공학적 요소를 고려하여 쓰로틀과 러더를 위치시켰다.

조종간과 쓰로틀은 T/A-50, KF-16 경우 상용 조종간을 압력식으로 개조하여 동일하게 적용하였으며, F-15K 전후방식의 조종간과 쓰로틀, 무장컨트롤러의 경우 실조종간과 동일하게 제작하여 적용하였다. F-15K로 기종변경 시 조종간과 쓰로틀의 하드웨어적 변경이 필요하며, 러더페달의 경우 상용제품을 모든 기종에 동일하게 적용하였다.

2.4 좌/우 콘솔 모의

3개 기종의 좌/우 콘솔의 계기를 모두 구현하기 위하여 15", 12" 터치형 액정 시현기를 선정하였다. 모의기종에 관계없이 좌측 콘솔은 터치형 액정 시현기 15" 1개, 12" 2개, 우측 콘솔은 12" 2대로 구성되며, 기종 변경 시는 모니터의 회전 및 이동을 통하여 각 모의기종에 맞게 변경된다.

2.5 모의기종별 변경절차

T/A-50, KF-15, F-15K 모의기종별 변경은 크게 소프트웨어의 변경과 하드웨어의 변경으로 나눌 수 있다.

소프트웨어의 변경은 모의기종별 동특성, 항공전자, 무장, 항법/통신장비, 임무/생존장비, 추진계통, 기타 세부계통, 조종간 제어 및 조종석 그래픽 계기시현, 계기 입력 제어, 계기 통신 등의 변경이다.

하드웨어의 변경은 T/A-50에서 KF-16으로 변경과 T/A-50, KF-16에서 F-15K로의 변경으로 나누어진다.

첫 번째의 경우 HOTAS 및 러더는 동일한 하드웨어를 사용하며 위치 변경도 없다. 좌측 콘솔의 배치는 변경이 없으며, 우측 콘솔은 모니터와 블랭크 패널의 위치를 바꾸어 재배치한다.

두 번째 경우 기존의 HOTAS를 제거하고 F-15K의 스틱을 조종석의 중앙에 설치하고, 좌석 거리 및 높이를 조절하며 이에 따라 러더를 지정된 위치로 변경한다. 쓰로틀은 좌측 콘솔의 모니터를 회전 및 이동시킨 후 정해진 자리에 장착한다. 우측 콘솔의 모니터의 위치를 변경한 후 블랭크 패널을 추가한다.

2.6 영상시현시스템

외부영상 시현을 위한 영상시현장치인 SENSICS 사의 비디오 투과형 두부장착용 영상시현장치(Video-See-Through Type Head Mounted Display(HMD),모델명 xSight)를 국내최초로 적용하여 구현하였다.

광학 투과형 두부장착용 영상시현장치(Optical See-Through Type HMD)는 가상 영상이미지를 시현할 경우 실제 물체, 즉 조종석 시현장치와 조종입력장치가 가상 영상이미지 뒤쪽에 시현되어 조종사의 몰입감이 저하될 수 있다. 반면, 비디오 투과형 두부장착용 영상시현장치는 실제 물체와 가상 이미지간의 동시 시현이 가능하며 원하는 위치에 이미지 삽입이 용이하다. 또한 실제 물체를 가상 이미지의 앞쪽에 시현이 가능하여 조종사의 몰입감을 증대시킬 수 있다.

비디오 투과형 두부장착용 영상시현장치인 HMD에 장착된 비디오카메라로 조종석 내의 계기패널과 조종간의 실제 이미지를 전송하고, 두부 위치 추적기(Head Tracker)에서 감지된 조종사의 머리움직임에 따라 비디오 믹서를 통해 가상전장 이미지와 실제 이미지를 혼합하여 HMD에 시현하게 된다.

Fig. 7의 xSight는 시야각(FOV, Field of View) 수평 120° 수직 45°이며 비디오 모듈을 포함한 전체 무게는 약 500그램으로 상용HMD 중 FOV 대비 가장 경량의 제품이다. 해상도는 1920×1200픽셀, 갱신률은 60Hz 이다.

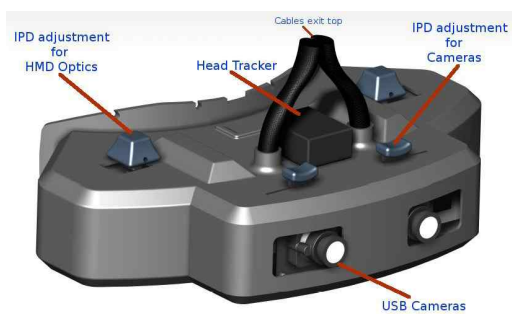


Fig. 7. Video See-Through Type HMD(xSight)



Fig. 8. Pilot View

Fig. 8은 조종사가 HMD를 착용했을 때 보이는 외부영상(Out the Window)으로 조종사의 시점에 따라 핑크박스로 선택된 부분에 비디오카메라로 촬영된 계기패널 이미지가 겹쳐지게 된다. 핑크박스의 위치는 고정되어 있으며 조종사의 움직임에 따라 가상이미지, 즉 조종실 계기이미지 및 외부영상이 움직이게 된다. 이때 핑크박스에는 조종사가 착용한 HMD상에 부착된 비디오카메라로 촬영된 영상인 조종실 계기이미지가 시현된다. 조종사의 시야가 미리 설정된 조종석 경계선부분을 벗어날 경우 조종사는 순수한 가상이미지인 외부영상 만을 보게 된다. 또한, 모의기종의 변경에 따라 기종별 조종석이미지가 변경된다.

III. 결 론

현재까지 국내에서 개발된 군용 시뮬레이터는 특정 항공기만을 모의할 수 있는 형태로 개발되어 운용되고 있다. 그러나 점차 독립적인 가상 시뮬레이션을 탈피하여 시뮬레이터 간 실시간 상호 연동을 통해 개체들 간의 전투, 임무 효과도, 체계 운용성 등을 분석 및 평가할 수 있는 형태의 발전이 요구되고 있다. 이런 분위기에 발맞추어 국방과학연구소에서는 전투기급 가상교전모의 기술 과제를 통해 다대다 공대공 공대지 가상교전모의를 위한 한국형 교전모델 및 가변형 비행시뮬레이터의 개발을 진행하고 있다. 본 논문은 가변형 비행시뮬레이터의 가변 조종실의 설계 결과에 대해 기술하였다. 가변 조종실은 국내에서 운용 중인 F-15K, KF-16, T/A-50 급 전투기 모의가 가능하며, 터치형 액정시현기를 활용하여 그래픽 계기를 구현함으로써 누구나 손쉽게 빠르

게 기종변경을 할 수 있도록 구현되었다. 조종간과 쓰로틀은 모의기종에 맞추어 교체가 가능하도록 구성하였으며, 리더는 상용품을 동일하게 적용하였다. 외부영상시현을 위해서는 국내최초로 비디오 투과형 두부장착용 영상장치를 적용하여 운용자의 몰입감을 최대화 하고, 세계최고 경량형 HMD를 적용하여 공대공 공대지 임무모의 시 운용자의 움직임에 제약이 없도록 개발되었다. 모의 기종별 비행성능 및 무장모의절차는 실기종과 유사하도록 개발되었으며, 향후 진행될 시험평가 절차를 거쳐 비행성능의 검증 및 무장모의절차에 대한 검증이 이루어질 예정이다. 비행성능 및 무장모의절차, 가변 조종실의 적합성에 대한 검증은 공군 조종사의 협조를 통해 이루어질 예정이며, 전 시험평가 기간을 통해 공군 조종사의 의견을 수렴하여 가변형 비행시뮬레이터의 목적인 공대공 및 공대지 전술임무모의에 최적화된 시뮬레이터가 개발될 수 있도록 할 예정이다.

참고문헌

- 1) 이종호, 모델링 및 시뮬레이션 이론과 실제, 21세기 군사연구소, 2008.
- 2) 김문열, 항공무기체계 M&S과정(일반), 2008. 9, pp. 83~109.
- 3) 양지연, 김천영, 홍영석, 김성호, 전선미, "전투기급 가상교전모의를 위한 가변형 전술시뮬레이터 개발", 한국군사과학기술학회 종합학술대회, 2009. 8, pp. 295.
- 4) Guy Williams, Ken Lawrence, Richard Weeks, "Modeling and Simulation Technologies : Reconfigurable Flight Simulators in Modeling and Simulation", AIAA, 2004. 8.
- 5) MIL-STD-133B Aircrew Station Geometry For Military Aircraft.
- 6) MIL-STD-850 Aircrew Station Vision Requirements for Military Aircraft.
- 7) MIL-STD-1472 Human Engineering.