

技術論文

군용기 조종실 설계 프로그램 개발

김문열*, 김성래*, 류태규*

The Development of Ergonomics Cockpit Design Program
Based on the Military Aircraft

Moon-Yeol Kim*, Sung-Lae Kim* and Tae-Kyu Reu*

ABSTRACT

One of the most important works in the development of military aircraft is to construct and utilize the various technical data and information needed in the design, analysis and evaluation under integrated system structure. A vast and various data in order to optimize cockpit design is needed in geometric & arrangement design, vision analysis and escape system design. In addition, the application of ergonomics cockpit design concept based on the sorts of human elements and anthropometric data as design consideration for pilots is required. To accomplish above these activities, the data gathered and formed through the aircraft development program was become database and developed by tool to be able to support ergonomics cockpit design work.

초 록

군용 항공기 개발 시 중요한 업무 중의 하나는 분야별 설계·해석·평가를 위한 다양한 기술자료와 정보의 통합된 환경 체계를 구축하여 활용하는 것이다. 특히, 안전성과 조종 편의성에 직결되는 조종실의 최적화 설계를 위해서는 조종실 공간 및 배열설계, 시계 분석, 탈출계통 설계 등을 위한 방대하고, 다양한 자료가 요구된다. 또한, 조종사에 대한 고려요소로서 신체요소의 분류와 각 신체부위의 치수 자료를 바탕으로 인간공학적 설계 개념의 적용이 요구된다. 이러한 요구를 충족시키기 위해 그동안 항공기 조종실 개발 과정 중 수집 및 도출된 자료를 데이터베이스화 하여 인간공학적 조종실 설계 작업을 효율적으로 지원할 수 있는 도구를 개발하게 되었다.

Key Words : PVI(조종사와 항공기간 상호작용), Cockpit(조종실), Ergonomics(인간공학), KF-X(한국형전투기), Ejection seat(탈출좌석), VR(가상현실)

1. 서 론

항공기의 특성과 성능을 분석하고 평가하는 여러 판단 기준 중에서, 가장 중요한 요소는 항공

기의 안전성(Safety)이며, 복합 항공체계의 운용자인 조종사에 대한 배려와 관심이 설계단계에서부터 비행시험 및 운용에 이르는 항공기 전 주기 과정을 통해서 중요하게 적용된다.

이러한 관점에서 조종사와 항공기간의 효과적인 상호 연관성(PVI, Pilot-Vehicle Interface)은 항공기의 성능과 안전성을 좌우하는 부분으로, 항공기 설계 시 고려해야 할 여러 요소 중 핵심적인 사항이다. 특히, Pilot-Vehicle System의 주

† 2006년 1월 5일 접수 ~ 2006년 3월 2일 심사완료

* 정회원, 국방과학연구소

연락처, E-mail : mykim@add.re.kr

대전시 유성우체국 사서함 35-3호

요 환경이 되는 조종실의 효과적인 설계는 항공기의 안전성과 효율성을 결정하는 주요 요소로서, 조종실 공간과 공간 내에서 활동하는 조종사에 대한 다양하고 방대한 자료와 규격, 지침 등이 요구된다. 인간공학적 기반의 조종실 설계를 위해서는 관련 자료의 조사 및 확보, 분석 등의 업무가 필요하다[1,2,3].

이에 따라 조종실 설계 프로그램의 개발 필요성이 인식되었으며, 고등훈련기 체계개발 초기단계 시 본 프로그램을 개발하여 기술관리 업무에 직접 적용하였다. 이후 프로그램의 수정 보완을 통하여 현재 한국형전투기(KF-X) 개념연구를 수행하면서 조종실 및 항공기 통합 설계업무에 유용하게 적용하고 있다.

개발된 프로그램은 항공기 설계 과정에서 업무 효율을 극대화 할 수 있으며, 고정익 항공체계는 물론 회전익 항공체계 설계시에도 직접 적용이 가능하다.

II. 조종실 설계영역

상기한 바와 같이 조종실을 설계한다 함은 항공기라는 기계와 조종사라는 인간 사이의 인터페이스를 설계한다는 것이고 원활한 인터페이스의 설계는 항공기 성능의 효율성을 증가시키는 주요 소라고 할 수 있다.

2.1 조종실 형상설계

조종실 설계는 크게 조종실 형상설계와 배열설계 그리고 탈출계통 설계로 나눌 수 있다.

조종실 형상설계는 조종사의 임무수행을 위한 작업공간을 설계하는 것이다. 조종실 형상설계를 진행하기 위해서는 Fig. 1에서와 같이 초기 설계 요구도를 근간으로 개발하고자 하는 유사급 항공기에 대한 데이터의 확보가 필요하며, 초기 Sizing



Fig. 1. 조종실 형상설계 요소

을 위해 항공기 형상 및 구조배열 데이터, 형상설계 입력 데이터의 확보가 필요하다[4]. 형상 입력 데이터로는 인체측정치수, Head Clearance, Vision, Seat Back Angle 등의 많은 설계요소가 있다.

한국인 체형에 적합한 조종실 공간을 구성하기 위해서는 조종실 공간자체의 분석과 이를 이용하는 조종사의 신체운동 그리고, 이 두 요소간의 결합시에 나타낼 수 있는 디자인상의 문제점들을 고려하여야 한다[5]. 조종실 공간을 구성하는 주요설계항목은 Table 1에서와 같이 각종 패널과 콘솔, Seat 등으로 구성되며 설계 시 이들과 연관된 공간설계 고려요소들을 반영하게 된다.

Table 1. 공간설계요소의 계층적 구조

공간설계 항목	공간설계 고려요소
Instrument Panel	- Viewing Distance - Nose Down Viewing Angle - Panel Size(Height, Width) - Panel Angle(Vertical, Lateral)
Vertical Panel	- Viewing Distance - Downward Viewing Angle - Knee Clearance - Panel Size(Height, Width)
Side Console	- Viewing Distance - Downward Viewing Angle - Panel Size(Height, Width) - Clearance between L/H & R/H
Stick/Throttle	- Stick Gradient - Stick Reference Point Height - Handgrip Size - Stick/Throttle Bulkhead Clearance
Rudder Pedal	- Adjustment Range - Travel Distance - Foot Clearance
Canopy/ Cockpit Structure	- Canopy Overhead Clearance - Vision Angle(Left/Right/Up/DWN) - Tandem Pilot Clearance - Upper Longeron Height/Width

Table 2. 공간설계 관련 인체요소

인체요소	세부적인 인체요소
Head/Neck	Sitting Height외 18개 요소 Neck Circumference외 9개 요소
Arm/Hand	Arm Breadth외 17개 요소 Thumb-Tip Reach외 29개 요소
Trunk/Hip	Chest Breadth외 22개 요소 Sitting Hip Breadth외 3개 요소
Leg/Foot	Buttock-Knee Length외 28개 요소

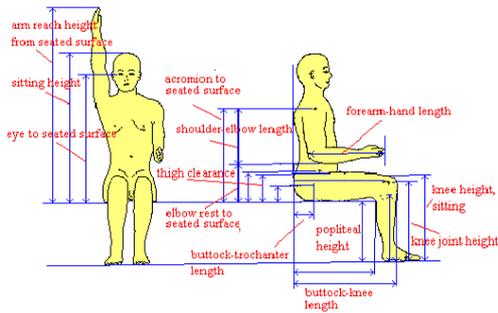


Fig. 2. 인체 측정 요소의 예[6]

또한, 공간설계의 주목적은 공간설계 요소와 신체요소간의 상호작용을 원활하게 해주는 것이므로 조종실 공간을 사용할 조종사의 신체적인 특성(신체치수, 운동범위)을 분석하여 공간설계 요소에 관련되어 있는 인체요소를 식별하여 설계에 적용한다(Table 2 및 Fig. 2 참조).

2.2 조종실 배열설계

조종실 배열설계는 조종실 내부에 장착되는 각종 계기 및 패널류, 주요 조작기 등을 최적의 위치에 배열하는 업무이다. 조종실 배열설계 요소는 Fig. 3에서와 같이, 조종실 배열과 관련된 설계 운용 요구조건을 분석하고 관련 장비 공급업체의 데이터를 검토하며 세부계통, 항전, 추진, 비행제어계통 등의 설계사양을 이용하여 계기선정 및 제어패널을 설계하게 된다[7]. 이후 항공기 입부 및 조종사 입부분석을 통하여 조종실 배열 업무를 수행하게 되며 이때 계기 및 조작기에 대한 사용순서, 사용빈도, 중요도, 기능을 고려하여야 한다. 또한 설계자는 조종사의 인간공학적인 요소를 우선적으로 고려하여야 하며 미 군사규격 및 핸드북, 설계관련 자료 등을 참조하여 배열설계 업무를 진행하게 된다.

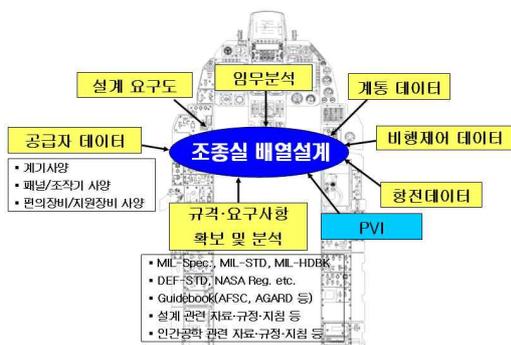


Fig. 3. 조종실 배열설계 요소

효과적인 계기 및 조작기의 설계가 되기 위해서는 작업을 통해 제시되는 정보 자체의 분석, 정보의 형태에 따른 적절한 계기 형태설정, 조종사의 행위 형태별로 적절한 조작기의 형태나 크기, 조종사의 Scanning을 최적화할 수 있는 효과적인 배열 등의 과정이 필요하다.

2.3 탈출계통 설계

탈출계통의 형상 데이터는 항공기 및 조종실 형상을 좌우하는 주요 설계요소이다. 이들 요소에는 탈출좌석 작동 여유공간, 탈출좌석 조절범위, NSRP, 등받이 각도, 탈출좌석 폭 등이 있다 (Table 3 참조).

Table 3. 탈출계통 설계요소

탈출좌석 설계요소
Seat Adjustment Range(Up, Down, Forward, Backward)
Seat Pan Length/Width/Depth/Angle
Seat Back Length/Width/Depth
Head Rest Length/Angle
Thigh Tangent Angle
탈출좌석과 연관된 설계요소
Distance between NSRP & Cockpit Floor Line
Vertical Distance between NSRP & DEP
Distance between NSRP & Buttock Reference Point
Horizontal Distance between NSRP & Dep
Distance between DEP & Back Tangent Line
Ejection Clearance
Clearance Between Seat Pan & Side Console

3가지 조종실 주요 설계업무 즉, 조종실 형상 설계와 조종실 배열설계 및 탈출계통 설계는 각각의 설계가 독자적으로 진행되기는 하나 결국에는 서로간의 설계의사소통을 통하여 체계종합되고 조종실을 구성하게 된다.

Fig. 4는 위에 서술한 조종실 공간설계 요소, 배열설계 요소, 탈출계통 설계요소를 고려한 조



Fig. 4. 조종실 설계(예)

종실 설계 예이다.

기타 설계업무로서 항공기 외부시야 분석업무 또한 주요한 수행업무이다. 항공기의 지상정지상태 뿐만 아니라 항공기 착륙시의 시야를 분석하여 항공기 형상설계의 설계요소로서 설계 반영된다. Table 4는 조종실 설계와 관련된 주요 군사 규격 및 표준을 정리하였다.

Table 4. 조종실 설계 주요 군사 규격 및 표준

공간설계 관련 규격	
MIL-STD-850B	Aircrew Station Vision Requirements
MIL-STD-1333	Aircrew Station Geometry
MIL-STD-1472	Human Engineering Design Criteria
NASA 1024	Anthropometric Data Book
AFSC DH 2-2	Aircraft Cockpit Design Handbook
MS33574	Dimension, Basic, Cockpit,
계기 및 패널/조작기 설계 관련 규격	
MIL-STD-783	Legends for use in Aircraft Stations
MIL-STD-411	Aircrew Station Alerting Systems
MIL-STD-1555	Aircrew Station Displays and Equip.
MIL-C-25050	Color, Aero. Lights and Lighting Equip.
MIL-P-7788	Panels, Info. Integrally Illuminated
MIL-M-18012	Marking for Aircrew Station Display
MIL-L-25467	Lighting, Integral, Red, Instrument
MIL-L-27160	Lighting, Instrument, Integral, White
MIL-STD-1348	Knob, Control, Selection of
MIL-C-6781	Control Panel, Aircraft Equip.
MIL-K-25049	Knob, Control, Electronic Equip.
MIL-STD-203	Cockpit CTRL/Displays/Location
MIL-L-6503	Lighting Equipment, Aircraft
MIL-L-18276	Lighting, Aircraft Interior
MIL-S-3950	Switches, Toggle General Spec. for
MIL-STD-1787	Aircraft Display Symbology
MIL-S-6807	Switches, Rotary, Selector Power
MIL-C-81774	Control Panel, Aircraft, General Spec.
사출좌석 설계 관련 규격	
MIL-S-9479	Air Force Seat System, Upward Ejection
MIL-S-81815	Aircrew Automated Escape System
MIL-S-9479	Seat System, Upward Ejectionfor
MIL-S-18471	Aircrew Automated Escape, E/S
AFGS-87235	Air Force Emergency Escape Spec.
기타 조종실 설계 관련 규격	
MIL-C-81590	Cockpit Canopy System
MIL-C-27278	Checklists, Flight Crew
MIL-STD-5400	Electronic Equipment, Airborne
MIL-W-81752	Windshield System
MIL-STD-8650	Mockup, Aircraft

III. 프로그램 개발

3.1 프로그램 개발 주안점

앞서 언급한 바와 같이, 조종실 형상설계 및 배열설계 업무를 진행하기 위해서는 고려해야 할

관련요소와 항목이 방대하고 다양함을 알 수 있다. 본 프로그램에서는 이러한 자료들의 효과적인 분석과 설계적용을 위해 크게 두 가지로 분류하여 개발하였다.

첫째는, 조종실의 공간 자체에 대한 기하학적인 구성에 요구되는 자료의 분석이다[8]. 이 항목 내에는 조종실 공간을 구성하는 기본적인 표현요소들의 정의, 각각의 공간 요소들에 대한 기존 항공기들의 제원, 조종사의 신체 요소들의 정의, 한국 조종사들을 대상으로 한 신체 치수 측정 결과들과 이를 통합하는 인간공학적인 설계제원 설정 및 그 근거 등을 포함하고 있다[9]. 한편 조종사의 신체치수 데이터는 643명의 조종사와 사관생도를 대상으로 측정한 인체치수를 133개의 인체요소별로 분류하였다. 사용자는 자신이 알고자 하는 인체 요소를 클릭하면 해당 인체요소에 대한 통계치와 인체의 계층적 분석 등을 확인할 수 있다(Fig. 5 참조).

둘째는, 조종실 공간에 대한 하드웨어의 구성 뒤에 이루어지는 각종 계기 및 기기들의 배치나 설계에 관련되는 자료들로 계기나 기기들의 형태 및 기존 항공기들을 대상으로 한 제원들이 포함되어 있다. 이 외에 조종실에서 실제 운용 시 느끼는 불편 사항에 대한 설문 조사 내용과 조종실 내에서 이루어지는 비행작업 종류에 대한 분석을 포함하고 있으며, 설계 단계에서 요구되는 항목별 참고문헌이나 설계관련 용어설명 등이 포함되어 있다.

사용자는 자신이 원하는 자료를 계층적인 형태로 구성된 풀다운 메뉴 중에서 선택하도록 구성되었다. 참고로 본 프로그램에서 이루어지는 모든 Query는 프로그램에서 사용자가 선택할 수 있는 옵션을 미리 제시함으로써 사용자는 정확한 Query를 모르더라도 시스템에서 제시하는 해당 항목을 마우스를 이용하여 선택하는 QBE(Query By Example) 형태를 취하고 있다.

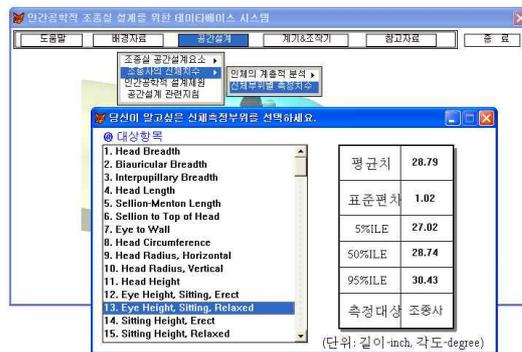


Fig. 5. 조종사의 신체부위별 측정치수 화면

3.2 시스템 구현

본 프로그램은 윈도우 환경에서 운용되는 Foxpro 프로그램을 이용해서 구성된 시스템이다. 사용자가 조종실 설계 프로그램을 실행시키면 다음의 Fig. 6과 같은 초기화면이 나타난다.

위의 초기 화면에서 “Ergonomic Cockpit Design (E-CoDe)”를 선택하면 주화면(Main Screen)으로 전환된다.

주화면의 메뉴항목은 ‘도움말’, ‘배경자료’, ‘공간설계’, ‘계기&조작기’, ‘참고자료’ 등으로 구성되어 있다. 이러한 다섯 가지의 주 메뉴 중에서도 가장 중점적인 항목은 ‘공간설계’와 ‘계기&조작기’에 해당하는 분석 내용들이다.

이 메뉴에는 조종실 공간설계에 관련된 자료와 조종실 공간 내에 배치될 계기나 조작기에 대한 분석 자료가 포함되어 있다.



Fig. 6. 프로그램 초기화면 및 주화면

3.3 프로그램 적용

본 프로그램은 Foxpro(Ver 5.0)를 이용하여 원시코드(4,400 lines)를 개발하였으며, 윈도우 기반의 Pull-Down Menu 구동방식에 따른 사용자 편의성을 반영함으로써 프로그램의 접근성과 이용성이 뛰어나다고 할 수 있다. Table 5는 개발된 프로그램의 주요 개요 및 개발환경을 나타낸 것이다.

본 프로그램은 고등훈련기 개념 및 탐색개발 단계에서 개발의 필요성을 절감하여 단계전환 및 체계개발 기술관리 기간 중 개발하였다. 조종실 계기 및 조작기, 패널 배열설계 및 체계설계/종합 업무에 직접 활용하여 효율적인 조종실 기술관리 업무 수행이 가능하였다.

또한, '04년부터 전투기 설계기술 응용연구로 진행 중인 한국형전투기 개념연구 시 새로운 메뉴 기능(계기&조작기)을 추가하여 조종실 형상

Table 5. 프로그램 개요 및 개발환경

주요기능	<ul style="list-style-type: none"> · 계층적 자료 검색 및 항공기 체계종합 설계지원 기능 · QBE(Query By Example) 선택 기능 · Main Menu/Sub Menu/Pop-up Menu 표기기능
사용 OS	· Window Based(Window 98, 2000, XP)
사용언어	· Foxpro 5.0
구동 프로그램	· Microsoft Visual Foxpro 5.0
모듈 수	· 14 모듈
규모	<ul style="list-style-type: none"> · DBF file 수 : 29개 · Source Program Line 수 : 4,400 Lines



Fig. 7. 등받이 각도의 인간요소

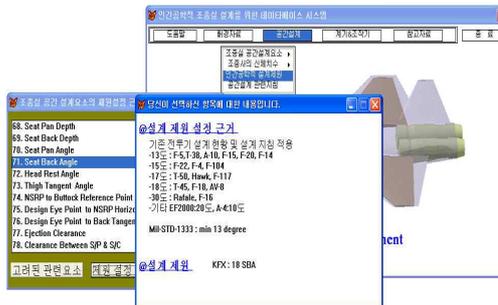


Fig. 8. 등받이 각도의 제원설정 근거



Fig. 9. 한국형전투기 조종실(예)

설계요소를 효율적으로 추출하였으며 전투기급 항공기 체계의 개념형성 및 통합설계 업무에 효과적으로 적용하고 있다.

본 프로그램을 이용하여 전투기 설계 응용연구에 적용한 사례로서 사출좌석 등받이 각도 선정 과정은 다음과 같다. Fig. 7과 같이 '공간설계-인간공학설계 설계제원' 메뉴를 선택하면 '조종실 공간설계요소의 제원설정 근거' 화면이 활성화되고 71번째 항목에 'Seat Back Angle' 요소가 등록되어 있다.

'고려된 관련요소' 항목을 선택하면 Fig. 8과 같이 등받이 각도와 관련된 인간요소 뿐만 아니라 제원설정 근거를 확인할 수 있으며 이를 바탕으로 비교분석을 통하여 등받이 각도를 선정하게 된다.

이와 같이 본 프로그램을 활용하여 조종실 공간설계 관련요소 추출이 가능하며, Fig. 9는 이 요소들을 바탕으로 CATIA V5R13을 활용한 조종실 형상설계의 예이다.

IV. 결 론

전투기의 군용 항공기의 조종실 설계는 소요군의 요구조건중 운용성과 가장 관련성이 많은 분야인 만큼 설계시 수요자의 운용요구조건을 충분히 반영하여 설계하여야 한다. 조종실의 운용성 및 편의성을 반영한 인간공학적인 조종실 설계를 위해서는 공간설계 요소들과 속성들의 분석, 인체치수 데이터, 배열설계 기준, 기존 항공기 설계제원 등의 확보가 필요하다. 이런 작업은 많은 시간과 노력이 필요하며 효율적인 업무 적용을 위해 전산화할 필요가 있다.

본 프로그램은 조종실 설계 프로세스 정립을 구현한 통합 설계 프로그램으로, 조종실 설계자가 원하는 다양한 자료를 용이하게 제공할 수 있

다. 조종실 공간 및 계기/조작기에 대한 각종 설계관련 규격과 지침, 고려사항들을 데이터베이스화 하였다. 또한, 기존의 방대하고 다양한 관련자료, 규격, 지침, 규정 등을 온라인을 통한 접근이 가능함으로써 효율적인 조종실 설계업무가 가능할 것으로 판단된다.

본 프로그램에서 적용한 결과를 바탕으로 조종실의 가시성(Visibility)과 조작성(Interaction) 및 편의성의 검증을 위하여 향후 가상현실(Virtual Reality)을 적용한 통합 시스템 개발이 필요하다.

참고문헌

- 1) Earl L. Weiner and David C. Nagel, "Human Factors in Aviation", Academic Press, 1988.
- 2) Frank H. Hawkins, "Human Factors in Flight", Gower Technical Press, 1987.
- 3) Bill Gunston, "The Aircraft Cockpit" Patric Stephens Limited.
- 4) 김성래, "항공기 설계에 있어서 형상설계자 역할에 관한 고찰", 제4회 항공기 개발기술 심포지엄, 1996.
- 5) 지철규, "KTX-2 조종실 형상설계 흐름 연구", 국방과학연구소 연구보고서, 1997.
- 6) MIL-STD-1472D, "Human Engineering Design Criteria For Military System", DOD of US, 1989.
- 7) 김문열, "KTX-2 조종실 배열 설계 연구", 국방과학연구소 연구보고서, 1998.
- 8) 김영준 외 6, "조종실 최적화 보고서", 국방과학연구소 연구보고서, 1995.
- 9) NASA1024, "Anthropometry Source Book", National Aeronautics and Space Administration, 1978.