

<http://dx.doi.org/10.17703/JCCT.2022.8.3.477>

JCCT 2022-5-59

모션 기반 헬리콥터 시뮬레이터 개발 연구

Development of Motion-Based Helicopter Flight Simulation Training Device

나유찬*, 조영진**

Na Yuchan*, Cho Youngjin**

요약 비행 시뮬레이터는 조종사들이 다양한 상황에 능숙하게 대처하고 비행감을 느낄 수 있도록 해주는 장치로 현대 항공 분야에서 과학화 훈련에 관한 관심이 증가함에 따라 항공 훈련기관에서는 시뮬레이터를 개발 및 운영하는 사례가 증가하고 있다. 이에 본 연구에서는 상용 비행 시뮬레이터 프로그램과 모션 프로그램을 활용하여 모션 기반 헬리콥터 시뮬레이터를 개발하는 과정에 관하여 기술하였다. 연구 과정에서 선행연구를 통하여 헬리콥터 비행교육의 특수성과 모션 시뮬레이터의 긍정적인 효과를 확인하였으며, 모의비행훈련장치에 대한 구성과 현행 규정을 파악하고 헬리콥터 모션 시뮬레이터를 개발하는 과정에서 모션 시스템의 설계와 프로그램에 관하여 연구하였다. 시뮬레이터의 시스템 설계와 구조설계를 바탕으로 모션 프로그램을 설정하고 비행 시뮬레이터로부터 수신되는 데이터를 식별하여 예상 작동 형상을 확인하였다. 우리는 본 연구를 통해 모션 기반 헬리콥터 시뮬레이터를 완성하여 조종사 훈련에 긍정적인 기대효과를 마련하고자 한다.

주요어 : 시뮬레이터, 모의비행훈련장치, 모션 시스템, 모의비행장치, 비행훈련장치

Abstract A flight simulator is a device that allows pilots attain proficiency of various situations and a sense of flight, and as interest in scientific training increases in modern aviation, aviation training organization develop and operate simulators. Therefore, in this study, the process of developing a motion-based helicopter simulation Training Device using a commercial program. Citing previous studies, the specificity of helicopter flight education and the positive effect of motion simulators were confirmed. In addition, the design and program of the motion device were studied in the process of checking the configuration and current regulations of flight simulation training devices and developing a helicopter motion simulator. A motion program was set based on the system design and structural design of the flight simulator, and data received from the flight simulator was identified to confirm the expected operating shape. Through this study, we intend to create a positive expected effect on pilot training by completing a motion-based helicopter simulator.

Key words : Simulator, Flight Simulation Training Device, Motion System, Full Flight Simulator, Flight Training Device

*정회원, 한서대학교 항공운항관리학과 석사 (제1저자)

**정회원, 한서대학교 항공 헬리콥터조종학과 부교수 (교신저자)

접수일: 2022년 3월 23일, 수정완료일: 2022년 4월 15일

게재확정일: 2022년 4월 20일

Received: March 23, 2022 / Revised: April 15, 2022

Accepted: April 20, 2022

**Corresponding Author: speedshock@hanseo.ac.kr

Dept. of Flight Helicopter Operation, Hanseo Univ, Korea

I. 서 론

기업에서 교육 훈련을 시행하는 목적은 조직의 성과 향상을 위해 필요한 지식, 기술, 능력 등을 학습함으로써 실제 직무에 적용하여 활용하기 위함이다 [1]. 항공 훈련기관이나 항공사에서는 조종사 양성 및 기량 유지를 위해 비행 훈련을 하고 있으며 이 과정에서 시뮬레이터를 활용한다.

조종사의 교육을 위해 사용되는 비행 시뮬레이터는 하드웨어, 소프트웨어 기술의 집약체로 국가에서 정한 기준을 충족할 경우 모의비행훈련장치로 지정을 받을 수 있으며 지정받은 모의비행훈련장치를 사용하여 훈련을 받을 경우 정해진 범위 내에서 실제 비행시간으로 인정받을 수 있고 정상 및 비정상 절차, 기량 유지, 특수임무 등을 통해 예측 불가능한 상황에 대비할 수 있는 조종사의 항공 안전에 중요한 장치이다.

모의비행훈련장치를 활용한 훈련 시 가장 중요한 이점은 훈련시의 안전 확보할 수 있다는 점이다. 모의비행훈련은 훈련을 받는 당사자나 훈련 교관에 의해 비행 환경을 조정할 수 있으며, 실제의 위험한 환경에서의 노출을 피할 수 있다. 이러한 안전한 환경에서의 훈련은 실제 헬리콥터에서 보장받지 못하는 안전을 기반으로 실수와 오류 등을 극복함으로써 정확한 절차 수행 습득이 가능하므로 여러 기관에 의해 장려되고 있다 [2].

이 외에도 안전상으로 실제 비행에서 수행할 수 없는 비정상 및 비상절차 훈련을 수행할 수 있으며, 프로그램을 통하여 시계비행기상조건, 계기비행기상조건, 주·야간, 기상 상태 등을 설정하여 다양한 환경에서 비행 훈련을 할 수 있다. 또한 모의비행훈련장치를 활용할 경우 경제적인 면에서도 실제 항공기보다 운용비용을 절감할 수 있는 등 다양한 면에서 모의비행훈련의 이점이 나타난다 [3].

모의비행훈련장치는 조종장치와 비행 환경 등을 실제 항공기와 비슷하게 만든 장치부터 실제 항공기의 조종실을 구현하고 시각, 모션 시스템 등을 활용하여 실제 비행 환경을 구현한 장치까지 개발되었다.

헬리콥터는 수직 이착륙, 공중에서 제자리비행 등을 할 수 있고 탐색 및 구조, 환자이송, 외부 화물이송, 산불진화 등 특수한 임무를 수행하는 데 있어 비행기보다 다양한 조작 범위와 조종기술을 필요로 한다. 또한 헬리콥터 조종사는 주로 저고도에서 임무를 수행하고

헬리콥터 특유의 불안정성으로 인하여 보다 정밀한 조종사의 지각 및 조종 능력이 요구된다 [4]. 이러한 점을 고려하여 헬리콥터 모의비행훈련 시 모션 시스템이 적용된 모의비행장치가 필요하나, 모션 시스템이 갖춰진 모의비행훈련장치는 도입 및 유지비용 등의 문제로 인하여 대부분의 교육기관에서는 시각 시스템만 갖추어 활용 중이다. 이에 본 연구에서는 헬리콥터 조종사의 비행 훈련 특수성을 훈련할 수 있는 모션 기반 헬리콥터 시뮬레이터를 개발하는 과정을 기술하였다.

II. 이론 고찰

1. 모의비행훈련장치의 역사

항공기 시뮬레이터는 1930년대에 Edwin Link에 의해 개발된 Link Trainer를 시작으로 오늘날 사용되는 고성능 모의비행훈련장치까지 조종사의 비행 훈련에 광범위하게 사용되었다. 항공기 시뮬레이터의 발전은 Link Trainer의 개발을 시작으로 1940년대에 아날로그 컴퓨터를 통해 공기역학을 적용하였고 1950년대에 시각 시스템을 적용하였으며 1960년대부터 디지털 컴퓨터와 함께 모션 시스템을 적용하였다 [5].

1960년대 모션 시스템의 개발 이후로 2000년대까지 항공기 시뮬레이터의 모션에 대하여 긍정적인 의견과 부정적인 의견의 충돌이 지속되었다. 이와 관련된 연구로 메타분석을 통하여 모션 시뮬레이터의 영향을 분석한 결과 시뮬레이터의 모션 시스템은 조종사 훈련에 있어 약간의 긍정적인 영향을 미친다는 점을 확인하였다 [6].

또한 본 논문과 관련된 헬리콥터 모션 시뮬레이터 연구로 SH-3 헬리콥터 조종사 양성과정에서 모션 시뮬레이터의 긍정적인 효과와 함께 교육의 관리를 통하여 훈련 효율의 향상을 확인하였다 [7].

2. 모의비행훈련장치의 개념

1) 모의비행훈련장치의 정의 및 종류

모의비행훈련장치는 항공안전법 제2조(정의)에 의하면 항공기의 조종실을 동일 또는 유사하게 모방한 장치로서 국토교통부령으로 정하는 장치를 말하며 여기서 국토교통부령으로 정하는 장치란 항공안전법 시행규칙 제10조의2(모의비행훈련장치의 종류)에 따라 모의비행장치, 비행훈련장치, 기본비행훈련장치로 분류하며 각각의 정의는 표 1에서 보는 바와 같다.

모의비행장치 (Full Flight Simulator, FFS)는 특정 형식의 실제 항공기 조종석을 복사하고 기계, 전기, 전자 장치의 기능과 비행 성능 및 특성을 동일하게 재현한 장치로 비행기는 A~D 등급, 헬리콥터는 B~D 등급으로 구분하며, 등급별 구비요건과 기준은 미국(FAA 14CFR Part 60)의 기준을 준용한다.

비행훈련장치 (Flight Training Device, FTD)는 특정 등급의 항공기 조종석을 기계, 전기, 전자 장치의 기능과 비행 성능 및 특성을 유사하게 재현한 장치로 비행기와 헬리콥터 4~7등급으로 구분하며, 등급별 구비요건과 기준은 모의비행장치와 동일하게 미국(FAA 14CFR Part 60)의 기준을 준용한다.

기본비행훈련장치 (Aviation Training Device, ATD)는 실제 항공기와 조종사가 훈련하는 데 실제 항공기와 유사한 환경을 재현한 장치로 비행기, 헬리콥터 동일하게 단일등급으로 구분하며, 구비요건과 기준은 미국(FAA AC 61-136B) 기준을 준용한다.

표 1. 모의비행훈련장치의 종류
 Table 1. Category of flight simulation training devices

분 류	정 의
모의비행장치 (Full Flight Simulator)	특정 형식의 항공기의 조종석을 기계·전기·전자 장치 등에 대한 통제 기능과 비행의 성능 및 특성 등이 실제 항공기와 같게 재현될 수 있도록 고안한 장치
비행훈련장치 (Flight Training Device)	특정 등급의 항공기의 조종석을 기계·전기·전자 장치 등에 대한 조작 기능과 비행의 성능 및 특성 등이 실제 항공기와 유사하게 재현될 수 있도록 고안한 장치
기본비행훈련장치 (Aviation Training Device)	모의비행장치와 비행훈련장치를 제외한 훈련 장치로서 조종사가 훈련하는 실제 항공기와 유사한 환경이 재현될 수 있도록 고안한 장치

2) 모의비행훈련장치의 구성요소

모의비행훈련장치를 구성하는 요소는 조종석 형상, 프로그램, 장비, 교관석, 시각 시스템, 음향시스템, 모션 시스템으로 구성된다.

조종석 형상은 기장, 부기장석을 포함하여 제어, 장비, 계기, 회로차단기 등을 갖춘 조종실의 형상을 실제 항공기와 일치하거나 유사하게 재현한 것으로 등급이 높을수록 실제 항공기와 유사하다.

프로그램은 항력 및 추력, 지면효과, 윈드시어 등을 포함한 비행 역학 모델과 조종 입력에 대한 모션 및 시각 시스템의 반응 등을 포함한 기능으로 장치의 종류와

등급에 따라 요건이 정해져 있다.

장비는 계기, 통신, 항법, 주의 및 경고 장비와 조종 시스템 등이 포함되며 각 장비의 작동과 조종감의 장치의 등급별 허용 오차범위 내에서 작동해야 한다.

교관석은 조종석의 패널과 전방 시야가 갖춰져야 하고, 시스템 변수와 비행 환경을 제어할 수 있는 장비다.

시각 시스템은 조종석의 시야를 제공하는 것으로 모의비행훈련장치의 종류 및 등급에 따라 요구하는 기준이 다르며 주·야간 장면, 공항등화, 지형지물, 기상 현상 등을 표현할 수 있어야 한다.

음향시스템은 항공기의 소리와 외부 환경의 소리를 구현하는 것으로 장치의 종류 및 등급에 따라 요구되는 기준을 충족해야 한다.

모션 시스템은 비행 중 조종으로 인하여 변하는 자세와 착륙장치, 플랩 등 장비 조작으로 인하여 발생하는 진동의 모션을 재현한 장치로 해당 모션을 조종사가 인지할 수 있도록 전기, 유압 등의 동력원을 통하여 조종실을 움직여주는 장치이다.

모의비행훈련장치의 모션 시스템은 최대 6축으로 구성되어있으며, 선형운동 3가지와 회전운동 3가지로 구성되어있다. 축에 대한 모션운동은 그림 1에서 보는 바와 같이 선형운동의 경우 Surge는 앞·뒤 움직임, Sway는 좌·우 움직임, Heave는 상·하 움직임이며 회전운동의 경우 Surge 축에 대한 회전운동은 Roll, Sway 축에 대한 회전운동은 Pitch, Heave 축에 대한 회전운동은 Yaw이다.

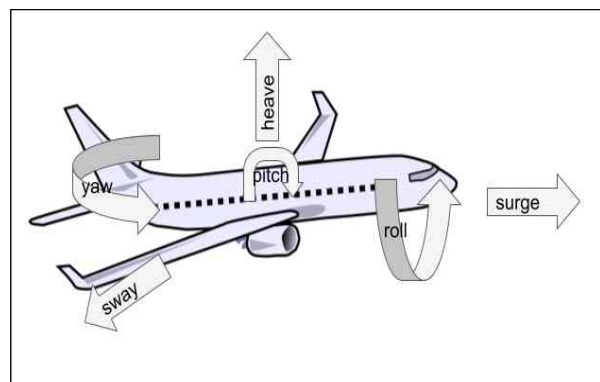


그림 1. 6축 운동
 Figure 1. 6 DOF movement

그림 2에 보인 바와 같이 모션 시스템은 움직이는 방향에 따라 6축까지 있으며, 모의비행장치에서는 3축과 6축을 사용한다. 국토교통부 고시 모의비행훈련장치

지정기준 및 검사요령에 따르면 모의비행장치 C, D 등급은 6축(Roll, Pitch, Yaw, Heave, Surge, Sway)을, A, B 등급은 3축(Roll, Pitch, Heave)을 지정기준으로 요구한다.

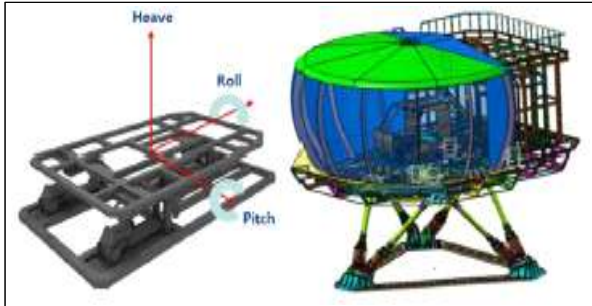


그림 2. 3 DOF(좌), 6 DOF(우) 모션 시스템
Figure 2. 3 DOF(Left) 6 DOF(Right) Motion system [8]

III. 선행연구

시뮬레이션을 활용한 교육 훈련은 여러 분야에서 활용되고 있다. 그 대표적인 예시로 간호사들의 교육 훈련 분야에서 심장 마비와 같은 응급 상황에 대하여 훈련하기 위하여 시뮬레이션 교육을 활용하였을 때 긍정적인 효과를 확인하였다 [9].

자동차, 선박 등 장비를 조종하는 분야의 교육에는 시뮬레이터를 활용하여 학습을 진행하기도 하며, 이와 관련된 연구로 모션을 장착한 자동차 시뮬레이터를 활용하여 실제 운전과 비교한 연구에서 모션 시뮬레이터는 실제 운전의 감각을 어느 정도 체감할 수 있음을 확인하였다 [10].

표 2. 변수의 정의

Table 2. Classification of student grade data

변수	내용	
운항실습	운항실습1	Ground Operation
	운항실습2	Basic Maneuvers
	운항실습3	Airport/Traffic Pattern Operations Advanced Maneuvers
	운항실습4	Navigation, Cross-Country Operations
	운항실습5	Emergency Operations
모의비행실습	공중기동, 항법 등 비행 절차 숙달	

항공 분야에서 시뮬레이터를 활용한 교육 훈련 선행 연구에 따르면 헬리콥터 자가용 조종사 비행 교육과정의 학생 94명의 성적을 활용하여 비행훈련장치(FTD)

등급의 모의비행훈련장치로 교육하는 모의비행훈련이 실제 비행교육의 과목별 미치는 영향을 파악한 연구가 진행되었으며 변수는 표 2와 같이 운항실습1은 Ground Operation, 운항실습2는 Basic Maneuvers, 운항실습3은 Airport/Traffic Pattern Operations, Advanced Maneuvers, 운항실습4는 Navigation, Cross-Country Operations, 운항실습5는 Emergency Operations로 구분하였다.

표 3. 모의비행훈련과 비행 훈련 과목별 회귀분석

Table 3. Regression analysis between flight simulator training and flight training subject

종속 변수	독립 변수	비표준화 계수		표준화 계수	t
		B	S.E	β	
운항실습 1	(상수)	44.502	10.701		4.158***
	모의비행실습	0.501	0.117	0.408	4.282***
	R ²	0.157			
	F	18.338***			
운항실습 2	(상수)	36.771	8.797		4.180***
	모의비행실습	0.590	0.096	0.539	6.143***
	R ²	0.283			
	F	37.731***			
운항실습 3	(상수)	25.866	8.140		3.178**
	모의비행실습	0.712	0.089	0.641	8.009***
	R ²	0.404			
	F	64.145***			
운항실습 4	(상수)	20.356	9.274		2.195*
	모의비행실습	0.774	0.101	0.623	7.643***
	R ²	0.382			
	F	58.413***			
운항실습 5	(상수)	44.706	11.443		3.907***
	모의비행실습	0.492	0.125	0.380	3.938***
	R ²	0.135			
	F	15.505***			

*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001

독립변수를 모의비행실습으로, 종속변수를 각 운항실습으로 회귀분석을 진행한 결과 표 3과 같이 모의비행실습은 각 운항실습에 유의한 정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 그 중 모의비행실습이 각 운항실습에 미치는 영향의 크기는 운항실습3($\beta=0.641$) > 운항실습4($\beta=0.623$) > 운항실습2($\beta=0.539$) > 운항실습1($\beta=0.408$) > 운항실습5($\beta=0.380$)' 순으로 나타났다. 그중 설명력

(R2)이 0.2보다 낮은 경우 유의하지 않다고 판단하여 제외된 결과 모의비행훈련이 절차 위주의 훈련인 운항실습2(공중조작), 운항실습3(장주비행), 운항실습4(야외비행)에 상대적으로 큰 영향을 미치는 것으로 나타났고, 비행 감각을 필요로 하는 운항실습1, 운항실습5에는 영향력이 낮게 나타나 이에 대한 보완책으로 모션 시스템의 필요성을 주장하였다 [11].

IV. 제작과정

1. 설계

본 연구는 헬리콥터 조종사의 훈련을 위해 비행 시뮬레이터 프로그램에 6축 모션 시스템을 적용하여 개발하는 과정으로 프로그램은 그림 3에서 보이는 바와 같이 Lockheed Martin 사에서 제작한 기존 상용 비행 시뮬레이터인 Prepar 3D V5와 R22 헬리콥터를 활용하여 제작한다.



그림 3. Prepar 3D V5, R22 헬리콥터
 Figure 3. Prepar 3D V5, R22 Helicopter

6축 모션 시스템에는 전기 액추에이터(Actuator)를 주로 사용하며 그림 4에 보인 바와 같이 Linear 형식과 Rotary 형식으로 나뉜다. Linear 형식의 모션 시스템은 6개의 Linear 액추에이터, 상부 및 하부 플랫폼, 플랫폼 컨트롤러 등으로 구성되어있으며 Rotary 형식은 서보 모터, 기어박스, 크랭크 암, 감속기, 로커 암, 플랫폼 암, 상부 및 하부 플랫폼, 제어시스템으로 구성되어있다. 항공사 등에서 조종사 훈련을 위해 사용하는 모의비행장치(FFS)에는 일반적으로 Linear 형식의 모션 시스템을 활용하는데 Linear 형식은 제어가 단순하고 효율이 높으며 견딜 수 있는 부하량(무게)이 높다는 장점이 있으나, 생산비용이 높고 플랫폼의 높이가 높다는 단점이 있다

[12]. 따라서 본 연구에서는 단좌형 6축 모션 헬리콥터 시뮬레이터 개발을 위해 Rotary 형식을 채택하여 개발한다.

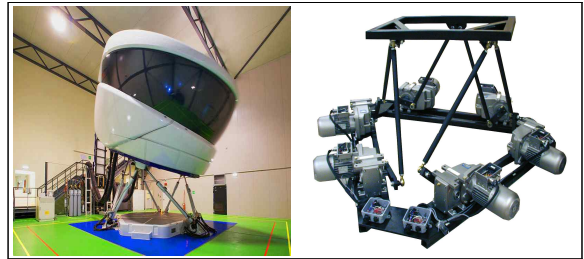


그림 4. Linear 형식(좌), Rotary 형식(우)
 Figure 4. Linear type, Rotary type

2. 제어시스템

1) 제어 흐름도

본 연구에서는 상용 비행 시뮬레이터 프로그램에 모션 시스템을 적용하기 위해 그림 5와 같이 모션 제어 시스템을 구성하였다. Prepar3d 프로그램은 Controller로부터 조종 입력신호를 받으면 시각신호를 Visual System으로 내보내고, 항공기 움직임에 따른 계기 정보를 Instrument로 내보내며 모션 시스템을 구성하는데 필요한 신호는 상용프로그램인 FlyPT Mover 프로그램을 활용하여 비행 데이터를 모션 데이터로 바꾸게 된다. AMC-AASD15A Controller에서는 FlyPT Mover로부터 받은 신호를 분배하여 6개의 Servo Motor를 구동 시키게 된다.

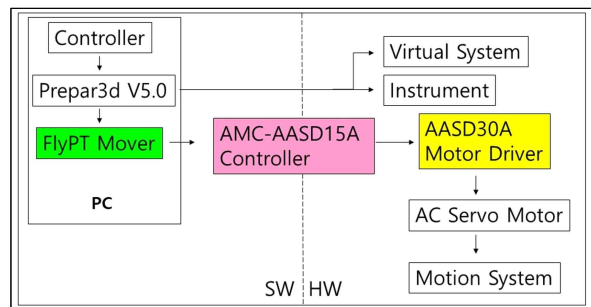


그림 5. 제어 흐름도
 Figure 5. Control flowchart

모션 기반 헬리콥터 시뮬레이터를 제작하는 데 있어 모션 시스템을 설계하는 과정을 다루며 시뮬레이터 데이터를 모션 신호로 전환해 주는 프로그램으로 FlyPT Mover를 채택하여 활용하였다. FlyPT Mover는 그림 6에서 보이는 바와 같이 시뮬레이터 프로그램(Prepar3d)으로부터 실시간으로 종방향 속도·가속도, 횡방향 속도·

가속도, 수직 속도·가속도, Roll 위치·속도·가속도, Yaw 위치·속도·가속도, Pitch 위치·속도·가속도 등 비행 제어에 따른 데이터와 플랩 위치변화, 에어브레이크 위치 변화 등과 같은 항공기 시스템에 따른 데이터까지 수신하게 된다.

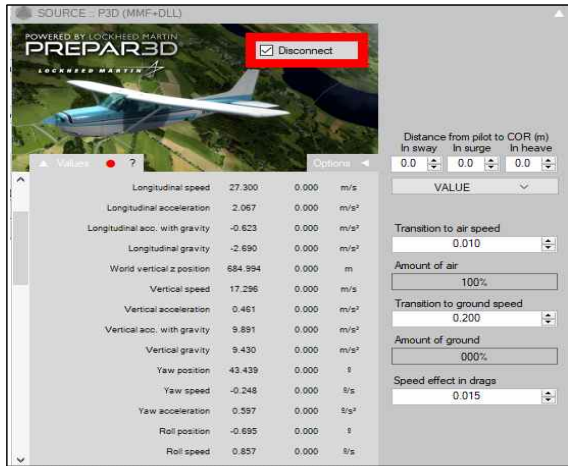


그림 6. 비행 데이터
Figure 6. Flight data

모션 설정을 위해 수신한 데이터값을 축의 움직임에 대입하게 되며, 본 과제의 제작 과정에서는 그림 7과 같이 Sway는 Lateral Acceleration, Surge는 Longitudinal Acceleration, Heave는 Vertical Acceleration, Yaw는 Yaw Acceleration, Roll은 Roll Position, Pitch는 Pitch Position으로 설정을 하였다.

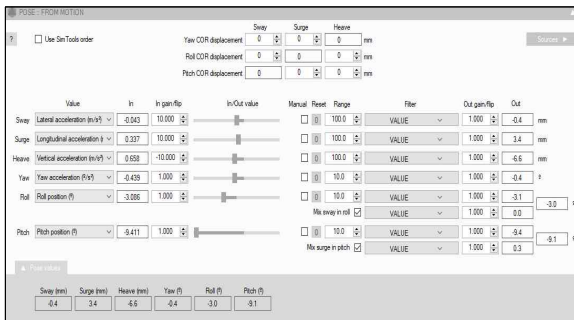


그림 7. 모션 값 설정
Figure 7. Motion value setting

그리고 프로그램에 그림 8과 같이 Crank Arm, Servo Arm, Platform Arm 등의 길이와 singularity angle(관절 작동 범위)을 입력하면 그림 9와 같이 설계에 맞는 형상이 나타나며 비행 시뮬레이터 프로그램과 실시간 연동을 통하여 헬리콥터의 자세 및 움직임에 따라 예상

되는 움직임을 나타내고, 구조상 불가능한 움직임이 발생하면 경고가 나타난다.

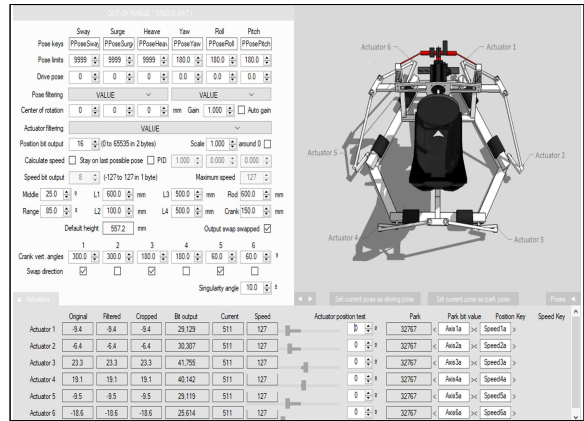


그림 8. 모션 시스템 설계값 입력
Figure 8. Motion system design value input

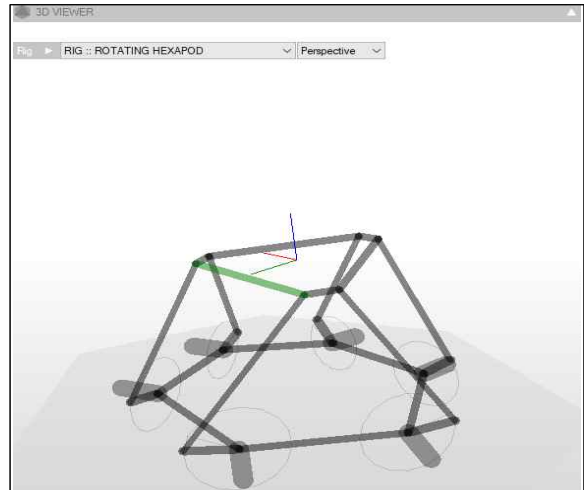


그림 9. 설계 형상
Figure 9. Design configuration

V. 결론

조종사 비행 훈련에 있어 지각 및 감각을 요구하는 헬리콥터 비행 훈련의 특수성에 따라 조종사 훈련을 위해 기존의 상용 비행 시뮬레이터 프로그램에 6축 모션 시스템을 적용한 모의비행훈련장치를 개발하는 과정 중 모션 시스템의 설계와 프로그램에 관하여 연구하였다. 모션 시스템을 설계하는 과정에서는 비행 시뮬레이터와 모션 프로그램 모두 상용프로그램을 사용하였으며, 현재는 시스템 설계와 구조설계를 바탕으로 모션 프로그램을 설정하고 비행 시뮬레이터로부터 수신되는 데이터를 식별하여 예상되는 작동 범위와 한계를 식별하는

과정에 있다. 현재 모션 시스템의 하드웨어 부분은 설계에 맞춰 제작 중이며 하드웨어가 제작된 후 모션 설정을 통해 모션 기반 헬리콥터 시뮬레이터를 완성할 예정이다. 본 과제를 통해 제작된 모션 기반 헬리콥터 시뮬레이터를 활용하여 학생조종사의 훈련에 활용할 경우 기존에 활용되던 시각 기반 모의비행훈련장치에서 높은 성과를 확인할 수 없었던 지상 조작, 비상절차 과목에서 긍정적인 효과가 나올 것으로 예상된다.

또한 인간과 컴퓨터 사이의 인터페이스를 활용하여 특정 환경이나 상황을 전산화하여 실제 환경 및 환경과 상호 작용하는 것처럼 보이게 하는 기술인 가상현실(VR)을 접목할 경우 더 효율적인 교육 효과를 기대할 수 있다 [13].

본 연구 개발과정의 설계상 무게의 제한으로 인하여 현재 1명만 탑승할 수 있는 모의비행훈련장치를 개발하고 있으며, 우리는 추후 모터 및 감속기 등의 업그레이드를 통하여 복좌식으로 교관과 함께 동승하여 비행교육을 진행할 수 있도록 제작할 계획이고 더 나아가 시각 시스템에 VR을 활용한 모션 모의비행훈련장치 개발을 통하여 헬리콥터 모의비행교육의 효과를 높이고자 한다.

References

[1] Young-Eun. Lee, and Sin-Bok. Lee, "Impact of Education and Training Characteristics of Incumbent on Learning Transfer through Organizational Commitment," *The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication (IIBC)*, Vol. 20, No. 2, pp.215-225, Apr 2020. <https://doi.org/10.7236/JIIBC.2020.20.2.215>

[2] "EASA Air Operations, Acceptable Means of Compliance (AMC), Part-ORO - Organisation Requirements for Air Operations, FC.230 (Recurrent training and checking)", <https://www.easa.europa.eu/document-library/acceptable-means-of-compliance-and-guidance-materials/amc-and-gm-part-oro-issue-2>

[3] European Helicopter Safety Team, "Advantages of Simulators(FSTDs) in Helicopter Flight Training," *European Aviation Safety Agency (EASA)*, pp. 1-20, July 2013.

[4] T. J. Yu, and C. Y. Kim, "A Study on Aptitude for Helicopter Pilots through the Job Analysis," *Journal of the Korean Society for Aviation and Aeronautics*, Vol. 14, No. 1, pp. 63-69, March 2006.

[5] Ray. L. Page, "Brief History of Flight Simulation,"

The SimTecT Organising and Technical Committee, pp. 11-17, 2004.

[6] Eric. A. Vaden, and Steven. Hall, "The Effect of Simulator Platform Motion on Pilot Training Transfer: A Meta-Analysis," *The International Journal of Aviation Psychology*, Vol. 15, pp. 375-393, 2005. https://doi.org/10.1207/s15327108ija.p1504_5

[7] William. C. McDaniel, Paul. G. Scott and Robert. F. Browning. "Contribution of Platform Motion Simulation in SH-3 Helicopter Pilot Training," *Training Analysis and Evaluation Group*, October 1983.

[8] N. G. Lee, "A Study on the Helicopter Simulator of advanced - Focusing on Hardware Shape, Qualification," Master's Thesis, Kongju National University, February 2021.

[9] Jung. Ha. Park, and Yun. Bok. Lee, "Suggestion and Application of Emergency Simulation Educating Real-time Video Observation for Inactive Nurses," *International Journal of Advanced Culture Technology*, Vol. 10, No. 1, pp. 180-186, March 2022. <https://doi.org/10.17703/IJACT.2022.10.1.180>

[10] Yoseb. Lee, and Young. Han. Lim, "Comparison of simulation racing reality using simulation racing data based on racing equipment," *The Journal of the Convergence on Culture Technology (JCCT)*, Vol. 8, No. 2, pp. 393-398, March 2022. <http://dx.doi.org/10.17703/JCCT.2022.8.2.393>

[11] Y. C. Na, "Analysis between Flight Simulator Training and Flight Training Subject (Focusing on Helicopter Flight Training)," Master's Thesis, Hanseo University, February 2022.

[12] M. Y. Wei, "Design and Implementation of Inverse Kinematics and Motion Monitoring System for 6DoF Platform," *Applied Sciences MDPI*, Vol. 11, October 2021. <https://doi.org/10.3390/app11199330>

[13] Sang. Hyun. Lee, "Research and development of haptic simulator for Dental education using Virtual reality and User motion," *International Journal of Advanced Smart Convergence*, Vol. 7, No. 4, pp. 114-120, December 2018. <http://dx.doi.org/10.7236/IJASC.2018.7.4.114>

※ 본 과제(논문)는 2021년도 교육부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 지자체-대학 협력기반 지역혁신 사업의 결과입니다. (2021RIS-004)