Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society
Vol. 22, No. 7 pp. 594-600, 2021

https://doi.org/10.5762/KAIS.2021.22.7.594
ISSN 1975-4701 / eISSN 2288-4688

가상현실 기반 항공 동력 장치 정비 교육 시스템 개발

김세환
인하공업전문대학 항공기계과

Development of Aircraft Powerplant Maintenance Training Course Based on Virtual Reality

Seihwan Kim
Department of Aeronautical & Mechanical Engineering, Inha Technical College

요 약 항공기의 안전한 운항을 위해서는 자격을 갖춘 정비사에 의한 주기적인 점검이 필수적이다. 그러나 국내의 항공 수요가 가스 터빈 엔진을 장착한 대형기 등에 집중됨에 따라 자격 취득에 필요한 왕복 엔진 정비 실무의 대부분이 교육기관 위주로 진행되고 있다. 본 연구에서는 한정된 종류의 왕복 엔진을 이용함에 따라 다양한 조합에 대한 실습의 어려움과 소음 발생에 따른 문제점을 해소하기 위해 가상 현실 기술을 적용한 왕복 엔진 정비 교육 시스템을 구축하였다. 실물과 비교를 통한 학습 효과를 증대시키기 위하여 기관에서 보유하고 있는 장비와 미보유 장비를 가상 실습장에 구현하였으며, 실습자에 따라 발생할 수 있는 어지러움 등을 방지하기 위해 각 항목을 10분 내외로 세분화하여 개별 작업이 가능하도록 구성하였다. 독립 장비에 직접 개발된 프로그램을 탑재하는 방식을 채택하여 장소에 제약 없이 실습장 상황에 맞게 탄력 운용이 가능하도록 하였다. 개발된 교육 시스템을 이용하여 실습을 진행한 결과, 학습자의 장비 구조에 대한 이해도 증가, 정확한 공구 사용 방법 습득 등의 학습 효과 향상을 확인하였으며 향후 더욱 복잡한 시스템으로 적용 분야를 확대할 수 있을 것으로 판단된다.

Abstract Periodic inspections by qualified mechanics are essential for the safe operation of aircraft. On the other hand, most reciprocating engine maintenance practice required for qualification is performed by educational institutes because domestic aviation demand is concentrated on large aircraft equipped with gas turbine engines. In this study, a training system for a reciprocating engine was developed using virtual reality technology. This system is expected to solve the difficulty caused by practicing with limited combinations and the problems caused by noise generation. By comparing a real engine with the modeled one, the practitioner could understand the mechanism more clearly. They observed a difference between the equipment owned and not owned by the institution in the virtual environments. The dizziness that may occur during VR training was prevented by subdividing each item into approximately 10 minutes that could be trained separately. Using standalone VR devices, flexible training was possible depending on the availability of the training site. From practice using the system, it was confirmed that the practitioners' understanding of the equipment structure and the correct use of tools improved. This type of training can be expanded to more complicated maintenance works.

Keywords : Reciprocating Engine, Virtual Reality Maintenance, Aircraft Power Plant, Certification, Aviation

*Corresponding Author : Seihwan Kim(Inha Technical College)
email: kseihwan@inhatc.ac.kr
Received May 12, 2021 Revised June 18, 2021
Accepted July 2, 2021 Published July 31, 2021

1. 서론

상업용 항공기의 개발 후 100년 동안 전 세계적인 인적, 물적 교류가 급격하게 증가하였으며, 현대에는 어느 나라도 10시간 내 도달할 수 있다. 이는 최초의 장거리 여객 항공(London-Tokyo)이 9회의 중간 기착을 포함하여 36시간 비행이 소요되었던 것[1]과 비교하면 매우 큰 기술 발전에 따른 변화라 볼 수 있다.

항공기는 수 백만개 이상의 구성품으로 구성된 초대형 기계 장치이며, 기술의 발달과 함께 더욱 정교해지고 소형화되고 있다. 특히 항공기의 주요 구성 요소에 문제가 발생하는 경우 다수의 승객이 목숨을 잃거나 화물 파손에 따른 큰 경제적 손실이 발생할 가능성이 높다. 따라서 항공기를 안전하고 원활히 작동시키기 위해 주기적인 정비 점검이 필수적이다. 미국[2], 유럽[3] 등을 비롯한 세계 각국에서 항공 정비의 중요성을 고려하여 수천 시간 이상의 관련 교육을 이수한 자에 한하여 공인 자격 시험 응시 자격을 주고 있으며, 최종 비행 전 반드시 자격을 보유하고 있는 정비사에 의한 점검 및 확인이 이루어질 것을 요구하고 있다.

국내의 경우 국가의 인증을 획득한 전문 교육 기관이나 대학의 교육을 통해 항공 정비사를 양성하고 있다. 그러나 이러한 교육 기관에서 고가의 항공기 또는 개별 항공기의 일부 시스템을 구입하는 것이 원활하지 않기 때문에 대부분 군 또는 민간 항공사로부터 오래된 항공기를 대여 또는 증여 받아 교육에 활용하고 있는 실정이다. 실습 교육을 위해 오래된 장비 또는 군수 장비를 사용함에 따라 1)손상 및 파손 부품 수급의 어려움, 2)최신 기술 미적용 장비 활용에 따라 현업 투입시 재교육의 필요, 3) 군사 기술 유출 등에 따른 관련 자료 취급 문제 등의 문제점이 나타나고 있다.

동시에 국내 항공 정비사의 자격 증명 제도는 국제 민간 항공 기구(ICAO: International Civil Aviation Organization)의 규정에 의거하여 수행되고 있으며 항공기 동력 장치 분야의 경우 왕복 엔진과 가스터빈 엔진을 모두 다룰 수 있어야 한다. 그러나 레져용 또는 소형 항공기가 비교적 자유롭게 사용되고 있는 해외와 달리 국내의 경우 2021년 현재 항공 안전 관리 시스템[4]에 등록된 805대의 항공기 중 왕복 기관을 사용하는 항공기는 20% 이며 교육 기관이 보유한 항공기를 제외하면 전체의 5% 에 불과하다. 따라서 교육 기관은 군 또는 민항사로부터 왕복 엔진을 대여/기증 받기 어렵기 때문에 개별적으로 왕복 엔진을 구비하고 있다. 그러나 제작사와 출력이 서로 다른 왕복 엔진과 그 구성품을 다양하게 구비, 유지 및 보수하는 데 어려움이 있으므로 기관별로 특정 모델에 한정하여 교육이 이루어지는 것이 일반적이다. 또한 엔진의 정비 여부를 확인하기 위해 필수적인 시스템 점검 및 시운전의 경우, 소음 발생에 따른 지역 주민과의 민원 발생을 이유로 제한적으로 수행되고 있다.

이에 본 연구에서는 최근 산업 분야에서 활용이 증가하고 있는 가상 현실(VR: Virtual Reality) 기술을 적용함으로써 전술한 실습 장비 부족 문제를 해소하기 위하여 왕복 엔진의 정비 교육 시스템을 구축하였다. 개발된 프로그램을 실습에 적용함으로써 반복 학습, 미 보유 장비에 대한 간접 체험을 제공하였으며 주요 행동에 대한 작업자의 작업 내용을 레포팅 하도록 함으로써 개인별 피드백이 가능하도록 설계하였다.

2. 본론

2.1 국내외 가상 현실 기반 교육 프로그램

Jose 등[5]은 2015년부터 2020년까지 해외 학술지에 개제된 VR 관련 논문을 대상으로 내용 및 사용 장비 등을 비교하였다. 조사 결과에 따르면 초기 비디오 게임 이외, 스포츠 분야, 가상 여행 등에 집중되었던 적용 분야가 점차 기구 설치, 산업 안전, 장비의 유지 보수 및 의학 실습 등으로 확장되고 있는 것으로 나타났다.

국내의 경우 산업 안전, 재난 대비[6,7]와 같이 실 상황의 재현이 어렵고 실습에 따른 위험도가 높은 분야와 국방 분야[8]에서 가상 현실에 기반한 교육 프로그램이 개발, 활용되기 시작하고 있다.

이들 중 체험을 통한 기술 숙련도 향상 등을 목적으로 개발된 VR 기반 프로그램에 대해 자세히 살펴보면, Park 등[9] 현장에서 얻은 3차원 CAD 데이터를 기반으로 변전 설비를 모델링하고 특정 작업 지점에서 발생하는 소음을 모사함으로써 교육 몰입도와 현장감을 증가시킬 수 있도록 하였다. Kil 등[10]은 전체 선박을 모델링하고 관련된 규정, 검사 위치 등을 디스플레이에 표시할 수 있는 프로그램 개발을 통해 검사 현장에서 발생할 수 있는 낙하 사고 등의 위험 상황을 회피하면서 검사원이 실무 역량을 향상시킬 수 있도록 하였다. 이러한 연구들이 대형 시스템의 전체적인 관리 측면에서 접근했다면, Park 등[11]은 안면의 국소 부위에 대한 해부학적 모델을 이용하여 치아 발치 실습 프로그램을 개발하였다. 이는 Lee[12]의 연구에서 나타난 바와 같이 유사한 작업의

반복을 통해 기술 숙련이 중요한 의학 분야에 있어 임상 경험 부족에 따른 문제 해결에 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

2.2 VR 기반 항공 관련 교육 프로그램

기존 연구들에서 살펴본 바와 같이 실물 확보 및 공간 문제를 해소할 수 있는 VR 기반의 교육은 점차 증가할 것으로 예상된다. 항공 정비 분야의 경우 매뉴얼의 전산화 등을 통해 최신 기술을 반영하고 있으나 구성품의 수량이 많고 기술 유출 문제 등으로 자료 공개가 어려워 VR을 이용한 교육은 확장되기 어려웠다. 그러나 Rolls-Royce 는 Fig. 1에 나타난 바와 같이 엔진의 각 시스템을 추출하여 볼트 단위까지 분해 조립할 수 있는 시스템을 구축하여 주요 고객들에 시연한 바 있다[13]. 해외 항공기 정비 업체 역시 Fig. 2와 같이 AR 기술을 활용하여 전산화된 정적인 매뉴얼 대신 작업 공구 사용 방법 및 정비 절차를 현장에서 안내할 수 있는 시스템을 구축하기도 하였다[14]. 국내는 주로 항공 서비스 분야에서 VR을 이용한 교육이 활발하게 이루어지고 있어, LCC 나 대형 항공사 뿐 아니라 대학에서도 객실 서비스 실습에 활용하고 있는 것으로 조사되었다[15].

2.3 정비 교육 동력 장치 및 장비의 선정

VR을 이용한 교육 프로그램 개발을 위해서는 대상물을 3차원 CAD 화 하는 작업이 필수적이다. 항공기의 동력 장치는 크게 왕복 엔진과 가스터빈 엔진으로 구분할 수 있으며, 가스터빈 엔진은 기술 보호를 위해 제작사나 고객사 이외에는 도면 확보가 불가하지만, 실물 접근이 비교적 수월하다. 그러나 왕복 엔진은 라이코밍(Lycoming)사와 컨티넨탈(Continental)사의 제품으로 나뉘며, 제작사에 따라 외부 구성품의 장착 위치, 실린더의 배치 등이 다르므로 특정 제작사의 모델만으로 실습이 이루어질 경우 현업에서 타 모델 정비시 어려움이 발생할 가능성이 높다.

본 연구에서는 기 보유 장비의 구성을 고려하여 구성품 수가 적고 형상이 단순하여 쉽게 복수의 3차원 CAD 모델을 구성할 수 있는 왕복 엔진을 가상의 정비 대상으로 선정하였다. 왕복 엔진 역시 상세한 치수는 공개하고 있지 않지만, Fig. 4와 같이 상세 명칭과 구조를 나타낸 구성품 카탈로그를 제공하므로 보유하고 있는 라이코밍 4기통 왕복 엔진의 치수를 참고하고, 필요에 따라 일부 구성 요소는 확대하여 형상을 구현하였다.

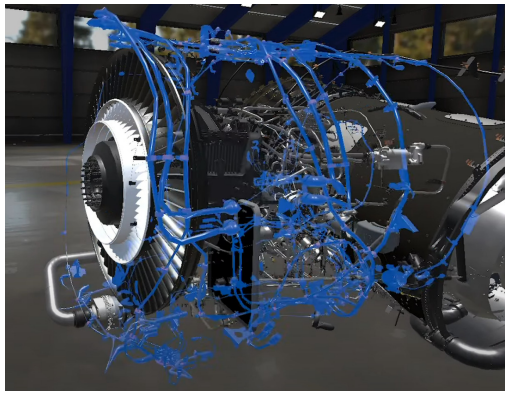
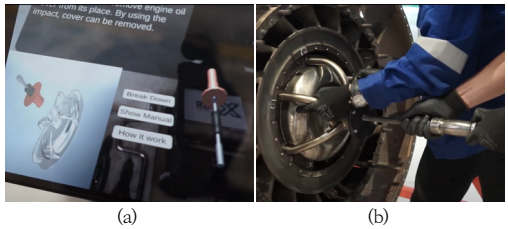


Fig. 1. Isolate Specific System in VR Environment [13]



(a) (b)

Fig. 2. Augmented Reality Based Maintenance Procedure
(a) Demonstration of the usage of the tool
(b) Perform maintenance following the procedure [14]

Fig. 3. Safety Training with Wired VR equipment [16]

현재 실습에 사용되는 동력 장치는 라이코밍사의 엔진 뿐이나 실습 프로그램상 라이코밍 엔진과 컨티넨탈사의 4기통 엔진을 모두 모사하여 전자를 통해 VR 활용에 따른 부담을 낮추고, 후자를 통해 각 제작사별 엔진 구성의 특징을 익혀 실무 적응성을 높일 수 있도록 하였다.

문헌 조사 결과 VR 을 이용한 실습 장치로 HTC ViVE [17]가 널리 사용되고 있는 것으로 확인되었다. 그러나 장비의 특성상 별도의 시스템에서 전처리가 필요하므로 고사양의 PC가 필수적이고 전처리 후 사용자가 착

용한 HMD(Head Mounted Display)에 영상을 출력하는 방식으로 인해 Fig. 3에서 보는 바와 같이 VR 장비와 유선 연결이 필요하므로 동선에 제약이 있고 실습 중 케이블이 꼬이는 사고가 발생할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 HMD 자체가 독립적인 시스템(Standalone)을 구성하고 무선으로 작동할 수 있는 Oculus Quest 2 [18]를 이용하여 시스템을 구축하였다. 이는 별도의 개발된 프로그램을 HMD에 직접 설치하는 방식으로 HMD 추가를 통해 동시 실습자 증가가 가능하므로 유지 보수가 쉽고 공간의 제약을 적게 받는 장점이 있어 제한된 실습실 상황에 맞추어 탄력적으로 운용할 수 있는 장점을 갖는다. 또 필요시 미러링 기능을 이용하여 교수자가 학습 상황을 실시간으로 확인함으로써 적절한 피드백을 제공할 수 있다.

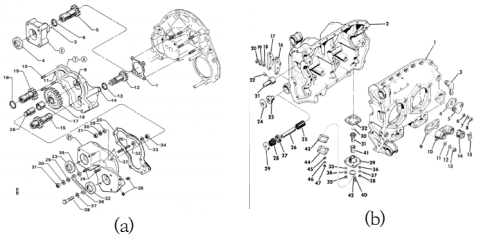


Fig. 4. Part Catalog from Lycoming Engine
(a) Accessory Drive (b) Crank Case

2.4 프로그램 구성

왕복 엔진 정비 실습은 1)엔진 실린더 정비, 2)점화 계통 정비, 3)정비 후 또는 비행 전 시운전을 통한 이상 확인으로 구분할 수 있다. 1)의 경우 구성 요소의 명칭과 역할을 이해하는 이론 학습 영역을 제외하면 볼트, 너트 해체와 같은 기본 작업이 주를 이루는 반면, 2)는 실린더 내 피스톤 위치를 파악하기 위한 타임라이트(Time Rite), 복수의 점화 장치를 동기화하기 위한 타이밍라이트/싱크로나이져 등 복수의 외부 장치가 사용된다. 특히 타임라이트의 경우 실습 중 낙하 등에 의해 잦은 파손이 발생하며 수급 불량에 따른 실습 불가 문제가 발생하고 있다. 동시에 3)의 경우 프로펠러 회전에 따른 안전 사고 발생 위험 및 소음 발생에 따른 민원 발생과 같은 문제가 지속적으로 발생하고 있으므로, 본 연구에서는 2)와 3) 항목에 대해 VR 교육 프로그램을 개발하였다. 동시에 모델링된 엔진의 내/외부를 자유롭게 탐색할 수 있도록 함으로써 1)의 일부인 구조/명칭 학습이 가능하도록 구성하였다. 특히 HMD를 사용하는 VR의 경우 사용자에 따라 어지러움증 등이 발생할 수 있으므로 Table 1과 같이 실습 항목을 10분~15분 내외의 작업으로 세분화하였다.

Table 1. Detailed Training Program for Reciprocating Engine Maintenance

Items	Training Program	Time
Ignition System	Internal timing adjustment	10
	External timing adjustment	15
	Magneto Installation and Synchronization	10
Run-up	Performing pre-runup check	10
	Engine Runup	15
	Magneto Testing	10
	Engine stop and Report	5

Fig. 5. Frontpage of the VR Training Program

구성된 교육 프로그램의 초기 화면을 Fig. 5에 나타내었다. 대부분의 실습생이 VR 장비를 처음 접하기 때문에 장비를 처음 사용하는 경우 기본 조작 실습을 통해 공구 잡기 및 연결하기, 회전 등과 같이 실습시 주로 수행되는 행동의 조작 방법을 익힐 수 있으며, 교육 및 실습 과정에는 Fig. 6과 같이 엔진 및 주변 장치를 조합하여 실습을 수행할 수 있도록 하였다.

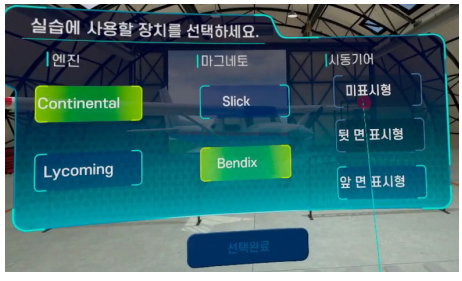


Fig. 6. Selection of the Assembly to Practice

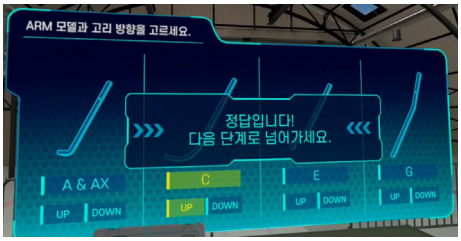
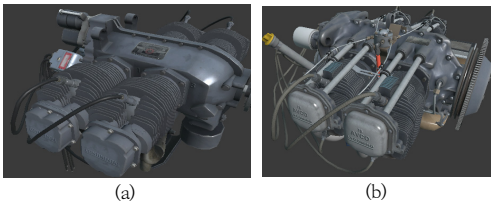


Fig. 7. Verify the Understand of the Keypoint

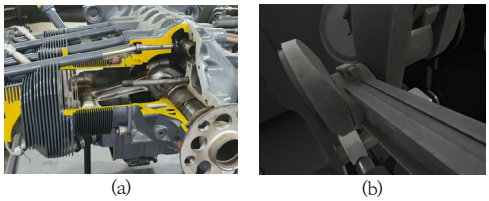
다만 동일한 공간에 2명 이상 동시 접속이 불가한 Oculus 시스템의 특성을 고려하여 실습과 평가를 함께 진행할 수 있도록 시나리오를 구성하였다. 교육용의 경우 각 단계에 따른 작업 유도 표시, 나레이션 등을 추가하여 자율 학습이 가능하도록 하고 평가시에는 Fig. 7과 같이 활동 가이드를 배제하였다. 점화 장치의 회전 방향, 타임라이트의 암/스케일과 같이 조합에 따라 변경되는 항목들은 매뉴얼을 확인하여 적절한 항목을 선택하도록 함으로써 단순 반복 및 암기에 의한 학습 효과 하락을 방지하고자 하였다. 평가 중 선택 항목을 잘못 선택한 경우 경고음을 발생하고 그 횟수를 기록, 무선망을 통해 자동으로 학내 시스템에 전송하도록 구성하여 PC와 연결할 필요 없이 평가 결과를 실시간으로 확인할 수 있도록 하였다.

전술한 바와 같이 기관에서 보유하지 못한 장치는 제작사의 메뉴얼과 카탈로그를 참고하였으며, Fig. 8에서 확인할 수 있는 바와 같이 그 구조가 상이하므로 학습자는 가상 공간에서의 실습을 통하여 그 차이를 보다 명확하게 확인함으로써 엔진의 시스템에 대한 이해를 높이는데 기여할 것으로 기대된다. 특히 개발된 프로그램은 실습 장비의 외관 구현과 함께 장치의 내부를 모델링하고 외부 작동에 연동하여 움직이도록 설계하였다. 그 결과 Fig. 9와 같이 작업자는 어떤 순간에도 장비의 내부를 탐색할 수 있으므로 기존에 활용되던 방식인 단면이 잘린 목업 (Cut-away Mock-up)을 통한 교육보다 효과적인 학습이 가능할 것으로 기대된다.



(a) (b)

Fig. 8. 3D Models of Reciprocating Engines
(a) Continental (b) Lycoming



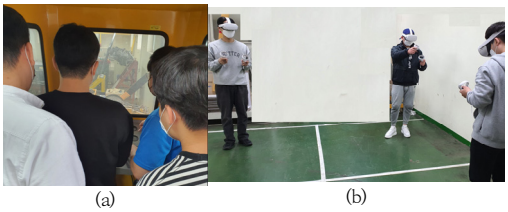
(a) (b)

Fig. 9. Examine the Internal Structure
(a) Cutaway (b) VR

Fig. 10. Realization of the Cockpit

주요 부품에 문제가 발생하는 경우 심각한 사고를 야기할 수 있으므로 왕복 엔진을 사용하는 모든 항공기는 비행 전 작동 시험을 수행해야 한다. 또한 개별 부품 정비를 마친 엔진의 정상 작동 여부를 확인하기 위해서는 시운전이 필수적이다. 그러나 현실적으로 엔진 작동에 따른 소음으로 인해 주택가/사무실과 인접한 교육 기관에서 실습이 제한되고 있다. 이미 동력 장치의 정비 프로그램에서 많은 구성 요소에 대한 모델링이 완료되었기 때문에 항공기 동체, 연료 및 오일의 주입 절차, 엔진 작동에 따른 계기판 연동기능을 추가 개발하여 시운전 프로그램을 동시에 개발하였다. 단 엔진 이외에 구동 부품이 다수 포함되므로 VR 장치에서 이미지 처리에 따른 부하를 감소시키기 위하여 시운전 중 점검하지 않거나 작동이 불필요한 고도계 등 일부 구성 요소는 Fig. 10과 같이 단순 이미지로 표현하였다.

일반적인 소형 항공기의 시운전 절차의 경우 기 사용 중인 항공기 조종 시뮬레이터에서 유사하게 진행할 수 있다. 따라서 개발된 프로그램은 시동/비행 대신 엔진 누유, 점화 장치의 고장 등과 같이 정비가 필요한 상황을 중심으로 시나리오를 구축하여 학습자가 고장 탐구를 수행할 수 있도록 하였다.



(a) (b)

Fig. 11. Comparison between Traditional and Developed Method
(a) Limited in time and space (b) Concurrent practice

개발된 프로그램을 복수의 장비에 설치함으로써 조별 실습,Fig. 11-(a),에 따른 시간 공간적 한계를 넘어 동시에 다수의 인원이 개인별,Fig. 11-(b), 진도에 따라 상세한 장비를 확인하며 실습을 진행할 수 있게 되었다. 이를 통하여 실습자들은 정비 대상물의 구조 및 공구 사용법에 대한 이해도 향상 등의 학습 효과가 증대되었으며 전공 지식에 대한 흥미 유발 효과를 확인할 수 있었다.

3. 결론

전문 항공 기술 인력 양성을 위해서는 실제 운용되고 있는 시스템에 대한 경험이 필수적이다. 특히 국내에서 교육 기관이 구비할 수 있는 왕복 엔진이 제한적이므로 다양한 제품을 경험하기 어려운 문제가 존재하였다. 이에 본 연구에서는 가상 현실 기술을 적용한 정비 실습 프로그램 개발 과정을 사전 고려 사항, 교육 요구 조건, 기술 적용 등으로 순차적으로 제시하였다. 동시에 가상 현실을 이용한 체험형 교육 실습 현황과 항공 정비 분야에 적용 사례에 대해 조사하고 이를 간략히 제시하였다.

정비 대상 엔진과 점화 장치는 소형 항공기에 가장 널리 사용되고 있는 2개 제작사의 대표 제품을 선정하고 이들을 교차 선택하여 다양한 시스템에 대한 실습이 가능하도록 구성하였다. 각 구성 요소별 연계를 고려하여 제품 내/외부를 모두 모사하였으나 질감이나 토크/힘 등과 같이 VR을 이용하여 재현하기 어려운 분해 조립 과정은 제외하였다. 장비를 사용하는 VR 교육의 특성을 고려하여 개별 실습 항목을 가능한 세분화 하였으며, 제한된 실습 공간 및 장비의 활용성을 고려하여 독립형 무선 장치를 대상으로 개발을 진행하였다. 반복을 통한 숙련도 향상과 함께 교육 성과를 평가할 수 있는 절차를 별도로 마련하고 선택 항목을 랜덤하게 배치하여 평가의 다양화를 확보하고 그 결과를 온라인 서버로 자동 송신할 수 있도록 구성하였다. 엔진의 정상 작동 여부를 확인하기 위한 시운전은 환경적 제약으로 실습이 어려운 분야이다. 따라서 제작된 엔진에 몇 가지 컨트롤을 추가하여 가상 환경에서 시운전을 수행할 수 있도록 하고 대표적인 고장 상황 중 일부를 재현하여 실습자가 고장 탐구 역량을 갖출 수 있도록 설계하였다.

본 논문에서는 환경적으로 최신 동력 장치를 이용한 교육의 어려움으로 산업 현장에서 재교육이 필요한 항공 정비 분야에 VR을 도입하여 정비 업무를 재현하였다. 프로그램을 이용한 교육에 참여한 실습자로부터 다양한 엔진 구성에 대한 실습 및 실시간 작동 확인 등에 대한 긍정적인 피드백을 얻었으며, 향후 가스터빈 기반의 동력 장치 또는 기타 항공 정비 분야의 교육 프로그램을 개발하는데 기초를 제공할 것으로 기대된다.

References

[1] Laurence K. Loftin, Jr. “Quest for Performance: The Evolution of Modern Aircraft”, NASA Technical Reports, 1985, Available From: https://ntrs.nasa.gov/citations/19850023776 (accessed Apr. 22, 2021)

[2] United States Department of Transportation, “Experience Requirements to Become an Aircraft Mechanic”, Federal Aviation Administration, Available From: https://www.faa.gov/mechanics/become/experience/ (accessed Apr. 22, 2021)

[3] European Union Aviation Safety Agency, “Regulations“, European Union Aviation Safety Agency, Available From: https://www.easa.europa.eu/the-agency/faqs/regulations (accessed Apr. 22, 2021)

[4] Ministry of Land, “Aircraft Registration Status”, Infrastructure and Transport, Available From: http://atis.koca.go.kr (accessed May. 3, 2021)

[5] J.E. Naranjo, D. G. Sanchez, A. Robalino-Lopez, P. Robalino-Lopez, A. Alarcon-Ortiz, M.V. Garcia, "A Scoping Review on Virtual Reality-Based Industrial Training", *Applied Sciences*, Vol. 10, No. 22, pp. 8224, 2020.
DOI: https://doi.org/10.3390/app10228224

[6] Y.W. Lee, “The Current Situation and Prospect of Safety Education Contents based on VR”, *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, Vol. 24, No. 10, pp. 1294~1299, 2020.
DOI: https://doi.org/10.6109/jkiice.2020.24.10.1294

[7] T.H. Kim, J.H. Youn, “The Development of VR based Application for Realistic Disaster Prevention Training”, *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol. 19, No. 12, pp. 287~293,

2018.
DOI : https://doi.org/10.5762/KAIS.2018.19.12.287

[8] S.H. Bak, H.B.You, J.H. Bae, "VR based Multi-Collaborative Education System by Combat Situation", *Proceedings of KIIT Conference*, Korean Institute of Information Technology, Daejeon, Korea, pp. 504~506, 2019.

[9] B.S. Park, B.M. Min, S.M. Han, M.H. Kang, S.H. Min, "A Study on implementation method of Virtual Reality(VR) education contents of substation facilities", *Proceedings of KSC Conference*, The Korean Contents Society, Mokpo, Korea, pp. 449~450, 2018.

[10] W.S. Kil, M.J. Son, J.Y. Lee, "Development of VR Ship Environment for The Educational Training of Ship Survey", *Journal of the Society of Naval Architects of Korea*, Vol. 55, No. 4, pp.361~369, 2018.
DOI: https://doi.org/10.3744/SNAK.2018.55.4.361

[11] J.T. Park, J.H. Kim, J.H. Lee, "Development of Educational Content for Dental Extraction Skill Training Using Virtual Reality Technology", *Journal of the Korea Contents Association*, Vol. 18, No. 12, pp. 218~228, 2018.
DOI : https://doi.org/10.5392/JKCA.2018.18.12.218

[12] J.H. Lee, S.H. Jang, "Emergency Situation Safety Education Training VR Content Model Design", *Journal of Digital Contents Society*, Vol. 22, No.1, pp. 41~49, 2021.
DOI: https://doi.org/10.9728/dcs.2021.22.1.41

[13] M. Thurber, "Rolls-Royce Opens BR725 Virtual Traning Hanger", AINonline, 2020, Available From: https://www.ainonline.com/aviation-news/business-aviation/2020-10-09/rolls-royce-opens-br725-virtual-training-hangar (accessed Apr. 23, 2021)

[14] GMF AeroAsia, "Argumented Reality on Aircraft Maintenance", GMF AeroAsia, 2019, Available From: https://www.flatironssolutions.com/news/garuda-indonesia-adopts-flatirons-fleet-solution (accessed Apr. 22, 2021)

[15] J.E. Ryu, "Asiana Airlines conducts VR training for A350 cabin crew", etnews, 2017, Available From: https://m.etnews.com/20170523000169 (accessed Apr. 22, 2021)

[16] D.H. Jang, "The aviation industry chasing both efficiency and safety in the 4th industrial revolution era", Sisa-on, 2019, Available From: https://www.sisaon.co.kr/news/articleView.html?idxno=98270 (accessed Apr. 22, 2021)

[17] VIVE, Available From: https://www.vive.com/ (accessed Sep. 8, 2020)

[18] Oculus, Available From: https://www.oculus.com/ (accessed Sep. 8, 2020)

김 세 환(Seihwan Kim) [정회원]

- 2008년 8월 : 서울대학교 기계항공공학부 (공학석사)
- 2013년 8월 : 서울대학교 계산과학협동과정 (공학박사)
- 2013년 8월 ~ 2020년 1월 : 대우조선해양 책임연구원
- 2020년 3월 ~ 현재 : 인하공업전문대학 항공기계과 교수

〈관심분야〉
항공추진기관, 전산해석