



Received: 2026/05/11
Revised: 2026/05/23
Accepted: 2026/06/10
Published: 2026/06/30

***Corresponding Author:**

Gisung Ko

298, Daeseong-ro, Cheongwon-gu, Cheongju-si,
28503, Republic of Korea

Tel: +82-43-229-7842

E-mail: kogilove03@cju.ac.kr

해군 MRO를 위한 디지털 트윈 활용 정비 교육 구현방안

A Study on the Implementation of Digital Twin Utilization Maintenance Training for Navy MRO

양희준¹, 김세형¹, 고기성^{2*}

¹청주대학교 항공기계공학과 학부연구생

²청주대학교 항공기계공학과 조교수

Heejun Yang¹, Sehyeong Kim¹, Gisung Ko^{2*}

¹Undergraduate student researcher, Department of Aerospace and Mechanical Engineering, Cheongju University

²Assistant professor, Department of Aerospace and Mechanical Engineering, Cheongju University

Abstract

기존 항공 정비 교육은 텍스트 중심의 교재와 단순 목업(mock-up) 기반 실습에 의존하여, 실제 정비 현장과의 기술적 괴리감 및 교육의 효율성 저하 문제를 안고 있다. 본 연구는 이러한 한계를 극복하기 위해 디지털 트윈(digital twin)과 피지컬 AI(physical AI)를 결합한 가상 정비 교육 플랫폼 구축 방안을 제시한다. CAD 모델을 이용한 MRO 현장의 구축과 이를 시뮬레이션할 수 있는 기기를 통한 AR/VR 환경에서의 실습을 통해 교육생은 고가의 장비 파손 위험 없이 반복적인 장·탈착 실습과 결함 진단 훈련을 수행할 수 있다. 이를 통해 정비 교육의 안정성을 확보하고, 실무 적응 기간을 단축하며, 차세대 항공 MRO 기술 인력을 효과적으로 양성할 수 있는 정책작기술적 기대효과를 도출하였다.

Existing aviation maintenance education relies on text-oriented textbooks and simple mock-up-based practice, and has a technical gap concerning real maintenance sites, which lowers the educational efficiency. To overcome these limitations, we propose a plan to build a virtual maintenance education platform that combines digital twins and physical AI. Through the construction of the MRO site using CAD models and the practice in an AR/VR environment using a device that can simulate it, trainees can perform repetitive equipment and defect diagnosis training without the risk of expensive equipment damage. Through this, policy and technical expected effects were derived to secure the stability of maintenance training, shorten the period of practical adaptation, and effectively cultivate next-generation aviation MRO technology personnel.

Keywords

디지털 트윈(Digital Twin), 피지컬 AI(Physical AI), 증강/가상현실(AR/VR), MRO

1. 서론

항공기나 함정의 정비 교육은 항공기 운용 안정성과 직결되는 핵심 요소지만 현행 교육 방식은 교재의 시각 자료와 제한된 실습 장비에 의존하고 있어 실무에서 필요한 정비 역량과 교육을 통해 얻은 역량과의 차이가 크다. 특히 고가의 항공기와 정밀 장비를 교육용으로 활용하기에는 파손 및 안전사고의 위험 등 큰 부담이 따르게 된다. 이와 같은 비효율적인 교육 방식은 교육생의 현장 적응을 늦추고 많은 시간과 비용을 발생시킨다.

또한, 해군이 운용하는 항공기(해상초계기, 해상작전헬기 등)나 함정의 정비는 해상이라는 장소에서 운용되는 특성상 높은 습도와 염분이라는 악조건과 함정이라는 공간적 특성에 따른 제약 속에서 이루어져야 한다. 또한, 기상악화나 함정 기동 등에 의한 요동(pitching, rolling) 상태에서의 정비와 같이 지상 기지에서의 정비 상황보다 복잡하고 위험한 작업 환경에 노출된다. 따라서 단순한 부품의 수리나 장·탈착 뿐 아니라 해상 환경의 특성과 제약사항을 현실적으로 체감할 수 있는 교육 프로그램이 필요하다.

본 연구는 디지털 트윈과 피지컬 AI 기술을 융합하여 실제 정비 현장과 유사한 가상 환경을 구축하고, 이를 통한 지능형 정비 교육 플랫폼의 구현 방안을 고찰하고자 한다.

2. 디지털 트윈과 피지컬 AI

2.1 디지털 트윈(Digital Twin) 기술

디지털 트윈 기술은 실제 대상과 흡사한 가상 모델을 생성하여, 현실 세계에서 변화와 상호작용하며 다양한 분석과 시뮬레이션을 가능하게 한다. 실제 존재하는 물리적 객체를 가상의 디지털 공간에 재현하기 때문에 이를 이용해 정비 훈련을 진행하게 되면 현실의 정비 대상을 통한 훈련보다 시간 및 비용 측면에서 경제적이며, 많은 인원이 한 번에 훈련이 가능하고, 시스템의 지속적인 유지보수를 통해 정비 훈련의 질적 향상이 가능하다. 현재 항공우주 등 다양한 분야에서는 복잡한 시스템의 효율적인 관리와 최적화, 그리고 다양한 미션 시뮬레이션의 정확성을 높이기 위해 AI를 활용한 디지털 트윈 기술의 중요성이 점점 부각되고 있다.

Fig. 1에서 설명하는 것과 같이 디지털 트윈은 세 가지 핵심 요소인 물리적 부분, 물리 시스템의 상태와 환경을 측정하고 실시간으로 데이터를 전송하는 데이터 수집 및 통신 인프라 등의 연결 부분, 전송된 데이터를 기반으로 물리 현상을 수치적으로 재현 및 예측하는 가상 부분으로 구성된다[1].

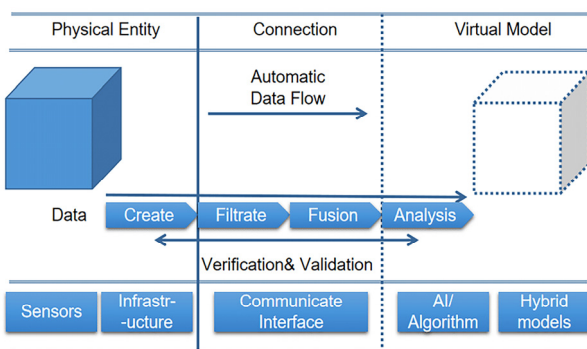


Fig. 1. Digital twin structure[1]

물리적인 부분에서는 제품이나 장비와 같이 현실에 실제하는 물리적 객체에 대한 데이터를 수집, 처리하게 된다. 특히 텍스트, 오디오, 온도 등의 데이터를 센서를 통해 수집하게 되며, 이는 가상 모델과 실시간으로 연결되어, 가상 부분에서 실제 객체의 상태를 표현하는 데 사용된다[2].

가상 부분은 수집된 데이터를 활용해 처리, 분석하

고 이를 가상 환경에 모델링을 통해 시각화한 부분이다. 크게 물리 기반 모델링과 데이터 기반 모델링으로 구분되며 2010년 이후 빅데이터, IoT, 컴퓨터 등의 기술 발전으로 데이터 기반 모델링이 효율적으로 사용되고 있다. 또한 머신 러닝 기술의 발전과 함께 이를 가상 모델의 상태 진단, 예측 등에 활용하며 디지털 트윈을 더 스마트하고 자동적으로 만들고 있다.

물리적 부분과 가상 부분 간의 연결을 연결 부분이라고 한다. 이는 주로 물리적 객체로부터 얻은 데이터를 가상 모델에 전송하는 것을 의미하며, 디지털 트윈과 사람이 상호작용할 경우 객체-사람-가상 모델 간의 연결로 확장할 수 있다. 이때 사람과 객체, 가상 모델 간의 연결은 VR, AR 등의 시각화를 통해 이루어지게 된다[2].

이러한 디지털 트윈 모델이 기존의 센서와 같은 장치와 구별되는 점은 감시, 모니터링 기능을 넘어 실제 세계의 시스템, 환경을 분석하여 미래의 상태를 시뮬레이션을 통해 예측, 최적화, 제어할 수 있다는 점이다. 이를 통해 산업 현장에서는 생산성 향상, 유지보수 비용 절감, 안정성 강화 등의 기능을 수행할 수 있다[3].

2.2 피지컬 AI(Physical AI)

피지컬 AI는 인공지능이 디지털 세계를 넘어 실제 물리적 세계와 상호작용하도록 구현된 AI 기술이다[4]. 기존의 AI가 데이터 분석이나 프로그래밍과 같이 디지털 공간에서의 작업 위주로 동작했다면, 피지컬 AI는 디지털 공간뿐 아니라 로봇, 드론과 같은 물리적인 하드웨어와 결합해 현실에서 직접적인 행위를 수행한다.

최근 산업 및 국방 분야에서는 하드웨어 기반 시스템에서 지능형 자율 시스템으로의 패러다임 전환이 이루어지며 피지컬 AI가 핵심 요소로 부상하고 있다([5], pp. 1-3).

특히, 해군 정비 교육과 같은 고위험·고비용 요소가 짙은 현장에서는 실제 물리적 환경에서 훈련자를 직접 학습시키는 데 안전 및 비용적 한계가 존재한다. 이를 극복하기 위해 디지털 트윈 환경에서 현실의 물리적 법칙을 적용한 가상 모델을 이용해 학습한 결과를 실제 환경으로 가져오는 Sim2Real(simulation to reality) 기술을 이용해 앞서 언급한 한계점을 극

복할 수 있다.

Table 1과 같이, 피지컬 AI의 순환구조는 인식, 판단, 행동, 피드백으로 구성된다[6].

Table 1. Circulation structure of physical AI

Recognition	It collects surrounding data through sensors. (cameras, LiDARs, microphones, etc.).
Judgment	AI model analyzes the collected data to understand the current situation and determines the optimal behavior.
Action	Executes physical tasks by operating actuators based on the AI's decisions.
Feedback	The results of these actions are detected by sensors, enabling continuous learning and adjustment.

Table 2와 같이 피지컬 AI의 핵심 구성요소는 AI(두뇌), 로봇틱스(몸체), 센서(감각)로 구성된다[7].

Table 2. Key components of physical AI

AI (Brain)	Advanced AI algorithms, such as deep learning, computer vision, and reinforcement learning, are responsible for decision-making.
Robotics (body)	Hardware that physically executes the AI's decisions. This includes actuators like robotic arms, legs, and wheels.
Sensors (Senses)	Enables the AI to perceive the physical world. This includes various sensors such as cameras and LiDAR.

이러한 피지컬 AI가 해군의 MRO를 위한 훈련 과정에 도입되면 교육생은 훈련을 위한 가상 환경에서 현실의 정비에서 느껴지는 힘의 감각이나 환경적 요소 등을 햅틱 장비와 같은 액추에이터를 통해 현실에서도 느낄 수 있다. 또한 정비 중 발생 가능한 오류나 변수를 AI가 실시간으로 인지하고 피드백을 제공함으로써, 단순 실습이 아닌 상호작용을 통한 능동적이고 실전적인 교육이 가능해진다.

3. 국내외 적용 사례 및 교육 효과 분석

3.1 군 및 산업계 적용 사례

해군 군수사령부는 AR(증강현실), VR(가상현실)을 활용하여 용접 시뮬레이터, 중어뢰 정비교육체계 등을 구축했다. 구축한 용접 시뮬레이터는 SMAW

(shielded metal arc welding, 피복 아크 용접), GMAW(gas metal arc welding, 가스 메탈 아크 용접), GTAW(gas tungsten arc welding, 가스 텅스텐 아크 용접) 등 3가지 토치가 있고, 용접모재는 5가지로 구성되어 실습자가 원하는 용접방법에 맞게 토치, 모재, 가스를 선택하여 모재의 소모 없이 용접 실습을 수행할 수 있다. 중어뢰 교육체계에는 국방과학연구소 등 군 산학연이 개발 및 구축한 중어뢰 형상교육 콘텐츠 38종과 정비수행절차 103종이 탑재되었다. 이를 통해 1발에 10억원이 넘는 고가의 중어뢰를 안전사고, 장비고장에 대한 부담 없이 반복적인 정비실습과 중어뢰의 각종 부품을 3D 그래픽으로 반복 학습할 수 있다[8].

항공정비와 관련해 한국 공군교육사령부는 항공기 정비 중 발생할 수 있는 인적 사고 예방을 위해 ‘항공기 정비작업 사고 예방 VR체계’를 개발하여 운영하고 있다[9]. 실제 항공기 형상과 격납고를 가상 환경에 구현해 엔진 시동이나 고소 작업과 같은 고위험 환경에서의 정비 중 안전 절차를 훈련생이 사전 실습하도록 해 실무에서의 사고 발생을 최소화하고 있다.

또한 미 육군의 경우 주력 기동헬기 UH-60 블랙호크를 완전 분해하여 약 2만개에 달하는 개발 부품을 3D 스캔 및 데이터화하는 사업을 추진했다[10]. 이를 통해 실제 물리적 헬기와 완벽히 동일한 디지털 트윈을 구축해 복잡한 부품 단위의 정비 교육과 수명 주기 관리에 활용하고 있다.

Rolls-Royce社は Fig. 2와 같이, 가상현실을 통한 C-130J에 장착된 AE2100 엔진정비를 훈련할 수 있는 소프트웨어를 개발하였다. 이 정비훈련시스템은 HC-130J와 MC-130J를 운용하고 있는 미 공군 제58



Fig. 2. Using Rolls-Royce's VR engine maintenance training program[11]

특수작전비행단 산하 부대인 제58정비단(MXG)에서 운용하고 있다. 이 시스템을 통해 정비사는 가상에서 AE2100 엔진의 구성요소를 제거, 검사, 교체할 수 있어 실제 엔진 및 장비 손상과 부상 위험을 없애고, 엔진 작동, 성능매개변수와 구성요소의 제거와 설치 절차의 이해와 같은 세부적인 정비 영역에서의 훈련 진행에 도움을 받고 있다[11].

3.2 교육적 유효성 검증 사례

창원대학교에서는 학생들을 대상으로 진행된 연구에서는 KT-100 항공기 정비 시뮬레이션을 기반으로 가상현실 메타버스 시스템의 교육적 유효성을 기존의 비디오 기반 원격 교육과 비교 검증하는 과정을 거쳤다. 항공기 정비에 대한 사전 지식이 없는 40명의 참가자를 두 그룹으로 나누어 18분간 동일한 시나리오로 교육을 진행한 결과, 지식 습득을 측정하는 교육 직후 평가에서 VR 시스템 사용 그룹(평균 75.00점)이 비디오 교육 그룹(평균 65.50점)보다 높은 성취 점수를 획득했다[12].

특히, 교육 10일 후 실시한 지식 유지력평가 결과, VR그룹의 점수 하락폭(평균 6.25점)이 비디오 그룹의 하락폭(평균 12.25점)의 절반 수준에 그쳤다[12]. 이 연구를 통해 VR과 메타버스를 융합한 몰입형 실습 교육이 단순 영상 시청 방식보다 장기적인 기억 유지와 학습 효과 측면에서 더 우수함을 확인할 수 있다. 이는 다음으로 제시할 해군 MRO를 위한 디지털 트윈 활용 정비 교육 플랫폼 구현 방안의 근거를 뒷받침한다.

4. 교육 플랫폼 구현 방안

4.1 Remo 3D를 활용한 가상 환경 구축

본 연구의 정비교육 프로그램 제작에 적용되는 가상환경을 Remo3D 모델링 프로그램을 통해 구축하였다. 기존, CATIA와 같은 CAD 프로그램으로 설계하여 생성한 모델은 제조 및 제작에 필요한 고용량 데이터가 포함되어 시뮬레이션의 적용하기에는 파일의 크기가 크다. CAD 프로그램으로 생성한 모델을 시뮬레이션에 적합한 모델로 최적화하지 않으면 시스템 리소스 과부하가 발생한다. 반면, Remo 3D는 CATIA

와 같은 CAD 프로그램을 통해 설계한 항공기의 동체, 엔진 등의 요소를 Fig. 3와 같이, 시뮬레이션 환경에 최적화된 3D모델로 변환 및 최적화를 진행한다. 이 프로그램은 OpenFlight, CDB, FBX, OBJ 등 다양한 항공우주 및 국방 분야의 표준 포맷을 지원하여 높은 호환성을 가지고 있다. Remo3D는 LOD(level of detail) 전환, DOF(degree of freedom) 노드 편집, 씬 그래프 노드 뷰(scene graph node view), 지오메트리 숨기기 및 격리(hiding and isolating) 등의 기능을 지원하여 CAD로 생성한 모델을 시뮬레이션에 적용할 수 있도록 최적화 작업을 수행할 수 있다[13].



Fig. 3. Remo3D programmed aircraft and real city modeling

이 프로그램을 통해 가상환경에 항공기나 함정, 다양한 장비 등을 구현하여 교육생이 VR 장비를 활용하여 항공기 부품 장탈착, 엔진 정비 작업 등 여러 작업을 수행 가능하도록 한다. 교육생은 VR 장비와 가상환경 속 구현된 여러 정비 요소를 반복적으로 수행하며 항공기, 함정의 구조와 계통의 이해, 부품별 정비 작업 숙달 등을 위해 훈련할 수 있다.

4.2 AI 기반 지능형 교육 시나리오

현재 해군에서 운용 중인 항공기를 크게 분류하면 해상초계기(P-8A(Poseidon), P-3(Orion)), 해상작전헬기(MH-60R(Sea Hawk), AW-159(Wildcat), Lynx), 해상기동헬기(UH-60(BlackHawk)), 표적예인기(Caravan-2), 훈련용헬기(Bell-505) 등으로 구성된다. 이러한 각 기종의 실제 구성 부품들을 가상환경 속에 구현하고 상황별 및 정비 부위별 정비 절차를 설정한다. 정비 절차는 현장에서 사용되는 정비 메뉴얼에 기반한다. 정비 교육생들은 가상 환경에 구축된 각 항공기들의 해당 정비 절차와 항공기 구조를 반복 숙달한다.

AI 프로그램의 개요는 다음과 같은 기능들을 수행

가능하도록 설정했다.

첫째, 실제 현업에서 사용되는 항공기의 정비 매뉴얼과 규정 등을 AI에 학습시켜 학생들의 정비 역량을 수준별로 나누어 훈련 과정을 제공하고, 정비 과정에 대한 평가와 피드백을 전달하며, 학생들이 주로 하는 실수들에 대한 집중 교육 프로그램을 계획하고 진행할 수 있도록 한다[14].

둘째, 현재의 정비 실습 과정처럼 하나의 정비 행위로 끝나는 것이 아닌, 항공 조종 시뮬레이션과 같이 여러 일련의 과정들이 연속적으로 필요한 정비 행위의 경우 이에 대응해 학생들이 하나의 정비 과정을 수행하면 다음 정비 절차를 이어서 수행하도록 요구해 실제 현장에서 진행되는 정비 과정 일체를 학습하고 이해할 수 있도록 한다[14].

셋째, 디지털 트윈과 피지컬 AI를 후술할 장비인 ‘Meta Quest 3’를 사용해 연결하는 과정을 통해 가상 모델에서의 훈련과 실제 세계에서 격차(Sim2Real, simulation to reality)를 해소해 AI가 학습한 내용을 실제 물리적 환경에서 수행할 수 있도록 한다.

다음 Table 3는 총 5단계로 구성된 정비 교육 프로그램의 사용 시나리오와 ‘랜딩기어 유압 액추에이터 교체 실습’을 진행할 때의 사용 예시를 서술한 내용이다. 이 5단계 훈련 시나리오는 Kabashkin[14]이 제안한 디지털 훈련 트윈(digital training twin)의 적응형 오케스트레이션 워크플로우를 기반으로 하되, 해군 MRO의 특수성과 피지컬 AI의 상호작용적 요소를 반영해 본 연구에서 새롭게 구성한 훈련 시나리오이다.

Table 3. Training scenario

Step 1	Presentation of learning objectives
Step 2	Accessing the digital twin
Step 3	AI feedback-based practice (Interaction with physical AI)
Step 4	Level-specific customized scenarios and assessments
Step 5	Integration with Learning Management System (LMS) and feedback

1단계, 학생이 VR 장비를 착용하면 피지컬 AI 기반 지능형 교육 프로그램이 ‘랜딩기어 유압 액추에이터 교체 실습’ 등의 학습 목표를 제시한다. 이 과정에서 AI가 실제 정비 매뉴얼과 과거의 사고 사례를 바탕으로 사전 튜토리얼 과정을 제공한다.

2단계, VR 장비를 통해 구성해둔 디지털 트윈 공간에 접속한 후 가상 정비를 진행한다. 이 과정에서 장비의 컨트롤러를 이용해 목표 부위의 장·탈착이나 다양한 공구를 통한 정비 활동 등을 수행하게 된다. 또한 컨트롤러의 위치에 따라 해당 부위에 필요한 관련 매뉴얼 등을 AR로 제공하기도 한다.

3단계, 피지컬 AI 기반의 피드백을 진행한다. 이때, 컨트롤러는 가상의 공구 등의 도구 역할을 하게 되며 교육 대상이 되는 부품에 선택한 공구를 사용 시 사용자가 가하는 압력, 진동 등을 AI가 파악해 가상현실과 현실의 힘의 차이를 계산해 실제 공구를 다룰 때와 동일한 물리적 토크와 반발력 등을 사용자의 손을 통해 느껴지게 한다. 또한 잘못된 과정으로 정비 행위를 진행할 시 컨트롤러의 진동이나 AR 화면으로 경고 알림과 같은 피드백 과정을 진행한다.

4단계, 초기에 학생의 정비 수준을 판단한 AI가 수준에 맞는 항공기 정비 시나리오를 제공하고 단순 정비 작업뿐 아니라 정비가 필요한 상황을 발견했을 때의 판단 능력을 평가하기 위해 어떻게 조치할 것인지 스스로의 선택을 유도한다.

5단계, 실습 종료 시 학생의 행동을 데이터화하며 소요 시간, 정확도, 실수 내용, 피드백 요소 등 결과 리포트를 제공한다. 이러한 데이터들은 AI의 데이터베이스에 저장되어 다른 학생들의 교육 과정 개선에 사용 가능하다.

4.3 하드웨어 통합 및 Sim2Real 구현

Remo 3D를 이용한 디지털 트윈 모델과 정비실습용 AI 모델을 서로 연결한다. 이를 위해 Meta사의 Meta Quest 3를 채택했다. Meta Quest 3는 VR 모드와 MR 모드로 사용이 가능하다. Fig. 4에서 보는 것과 같이, VR 모드로는 Remo 3D로 구성된 디지털 트윈 모델에서 직접 실습을 진행하며 고가의 실제 항공기 부품이 없어도 데이터만으로 정비 실습이 가능하다. MR(혼합 현실) 모드는 현실세계와 가상세계를 융합하여 두 세계가 실시간으로 상호작용하도록 하는 기술로, 기기에 탑재된 카메라를 통해 실제 항공기 부품들을 보면 그 위에 AR 형태로 배선, 부품 등 디지털 트윈 모델이 표시되거나, AI가 지시하는 학습을 따라갈 수 있다[15,16].

이러한 과정에서 피지컬 AI와의 상호작용이 가능

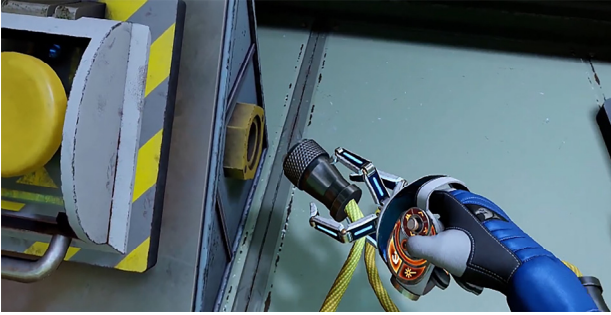


Fig. 4. Maintenance work in virtual reality using Meta Quest 3

해진다. 구성품인 컨트롤러의 햅틱반응 등을 이용해 실습 과정에서 실제 공구를 사용하는 것에 대해 해당 공구에 대한 즉각적인 반응을 촉각 등의 감각으로 직접 느낄 수 있다. 상황별로 어떤 공구를 사용해야 하는지 보다 쉽게 익힐 수 있으며, 정비 실습 중 안전사고를 예방할 수 있다. 고성능 PC나 작동 중 외부와 연결되는 선이 필요 없어 보다 안전한 실습 환경을 구성할 수 있다.

5. 결론

본 연구에서 언급한 바와 같이 디지털 트윈과 피지컬 AI를 이용한 항공기 정비 교육 방안은 교육생, 교육기관, 현장실무자에게 다음과 같은 효과를 제공할 수 있을 것이다.

첫째, 교육생은 안전하고 효율적인 방법으로 실무 역량을 강화할 수 있다. 고가의 항공기나 특수한 공구들의 파손에서 오는 경제적 불안요소가 사라지고, 실습 중 발생할 수 있는 부상에서 자유롭게 가상 환경에서 안전하고 반복적인 정비 훈련을 할 수 있다.

둘째, 정비 절차를 단순한 실습이나 교재를 통한 암기성 숙달로 비효율적인 학습이 아닌 디지털 트윈과 피지컬 AI를 통해 실제 현장에서 마주하게 될 복잡한 항공기의 정비 상황 시각적으로 경험하며 더욱 효율적인 학습이 가능하다. AI가 학생의 역량을 파악하여 학생별 맞춤 교육이 가능하며, 학생 스스로 취약하거나 더 알고 싶은 부분을 선택해 효과적인 정비 역량 향상이 가능하다.

셋째, 교육기관은 교육의 품질을 향상시키고 교육 자료와 관련한 비용을 절감할 수 있다. 모든 학생이 프로그램을 통해 향상된 품질의 정비 절차를 준수하고 각자 다른 수준에 맞춘 교육이 가능해 전형적인 교

재 위주의 학습보다 높은 수준의 실무 중심적 교육이 가능하다. AI가 학생들의 수업 데이터를 계속해서 수집하고 이를 분석하며 학교 측에서 교육 커리큘럼을 지속적으로 개선할 수 있다. 고가의 실제 항공기나 엔진, 장비 등의 소모품 구매 비용을 초기 시설의 투자만으로 절감할 수 있다.

넷째, 군 현장에서는 정비 인재를 충분히 확보할 수 있다. 교육 기관과의 협력을 통해 현장에서 사용하는 매뉴얼과 정비 프로세스를 교육받은 학생들이 수료 후 현장 적응 기간이 크게 단축된다. 이로써 차세대 MRO 기술 인력 확보를 기대할 수 있다.

위 결론을 통해 본 연구는 우리 해군의 첨단 무기체계 및 정비(MRO) 교육 훈련 체계의 실질적인 발전에 기여할 수 있을 것으로 기대된다. 특히, 피지컬 AI와 디지털 트윈을 기반으로 한 DX기술을 접목한 정비 교육의 고도화는 운용 효율성 및 장비 신뢰성을 극대화하는 핵심 역할을 맡을 것이다. 나아가 이러한 혁신적인 시스템의 도입이 해군에 국한되지 않고 국내 방위사업 전반으로 적용이 확대되면 급변하는 미래 국방 환경에 선제적으로 대응하고 방위산업의 선진화를 이루는 중요한 밑거름이 될 것이라고 예상된다.

참고문헌

- [1] 김영호, '피지컬(Physical) AI 시대의 디지털 트윈과 이상 탐지 기술,' 컴퓨터월드, 2025.06, pp. 134-137.
- [2] Luning Li, Sohaib Aslam, Andrew Wileman, & Suresh Perinpanayagam, 'Digital Twin in Aerospace Industry: A Gentle Introduction,' IEEE Access, VOL. 10, 2022, pp. 9543-9562.
- [3] MecanicaSolutions, How Digital Twin Technology is Transforming Aircraft Maintenance, 2024. <https://mecanicasolutions.com/en/blog/aircraft-maintenance-digital-twin/> (accessed 2026.02.27.)
- [4] 신아영·구영준·이정우, '피지컬AI와 시뮬레이터,' 정보와 통신, 제42권 제11호, 2025, pp. 34-42.
- [5] 이해수·유재흥·안성원, '피지컬 AI의 현황과 시사점,' 소프트웨어정책연구소, SPRI 이슈리포트 IS-202, 2025.
- [6] HPE, What Is Physical AI?, 2024. https://www.hpe.com/emea_europe/en/what-is/physical-ai.html (accessed 2026.02.27.)
- [7] Encord, What Is Physical AI?, 2025.03.19. <https://encord.com/blog/physical-ai/> (accessed 2026.02.27.)
- [8] KFN, '해군 군수사령부, AR/VR 정비교육체계 도입,' YouTube, 2020.01.29. <https://www.youtube.com/watch?v=n07ycJzVpVY> (accessed 2026.02.27.)

- [9] (주)에이디엠아이, 특수훈련-항공기 정비 훈련 R&D.
<https://www.admi.co.kr/대한민국공군-항공기정비훈련> (accessed 2026.04.19.)
- [10] Jong Hun Kim & Kyoung Haing Lee, 'A Study on the Development Direction of the Republic of Korean Navy Ships Using Digital Twin and Mixed Reality: Focusing on the Implementation of CBM,' Journal of the KNST, VOL. 6, NO. 4, 2023, pp. 387-395.
- [11] 롤스로이스, '롤스로이스, 미 공군 C-130J 엔진용 VR 정비훈련소프트웨어 출시,' 롤스로이스 공식 홈페이지, 2020.
<https://www.rolls-royce.com/country-sites/korea/our-stories/2020/vr-training-software-for-us-air-force-c-130j.aspx> (accessed 2026.02.27.)
- [12] Hyeonju Lee, Donghyun Woo, & Sunjin Yu, 'Virtual Reality Metaverse System Supplementing Remote Education Methods: Based on Aircraft Maintenance Simulation,' Applied Sciences, VOL. 12, NO. 5, 2022, Article 2667.
- [13] Remograph, Remo 3D Product.
<https://www.remograph.com/#/remo3dproduct> (accessed 2026.05.02.)
- [14] Igor Kabashkin, 'Development of Digital Training Twins in the Aircraft Maintenance Ecosystem,' Algorithms, VOL. 18, NO. 7, 2025, Article 411.
- [15] 김선규, '증강현실 기반 모바일 디바이스를 이용한 항공기 정비 교육용 어플 연구,' 2022년 (사)한국재난정보학회 정기학술대회 논문집, 2022, pp. 389-390.
- [16] CAE & Xennial, Transforming Aircraft Technician Training with Extended Reality (XR), CAE White Paper, 2024.