

철도차량 유지보수 교육의 디지털화를 위한 AR 기반 시스템 설계 연구

권희진*, 송지훈**, 이승일**, 김철수**

*서울교통공사

**한국교통대학교

e-mail:chalskim@ut.ac.kr

Development of AR-Based Digital System for Railway Vehicle Maintenance Training

Hwi-Jin Kwon*, Ji-Hun Song**, Seung-IL Lee**,

*Seoul Metro

**Korea National University of Transportation

요약

철도차량 유지보수 교육은 현장 실습 중심으로 이루어지며, 이는 공간과 시간적 제약으로 인해 학습 기회가 제한되는 문제가 있다. 본 연구에서는 이러한 한계를 극복하고 학습자의 이해도와 교육 효과를 높이기 위한 증강현실(AR) 기반의 디지털 교육 시스템을 설계하였다. 개발된 시스템은 철도차량 철도차량의 주요 부품과 유지보수 절차를 3D 모델로 구현하고, 모바일 기기에서 이를 직관적으로 학습할 수 있도록 하였다. 또한 상호작용 기능을 추가하여 기준 종이 매뉴얼보다 실제 현장과 유사한 체험형 학습을 제공한다. 시범 적용 결과, 학습자의 교육 만족도가 높아지고 절차 이해도가 향상됨을 확인하였다. 본 연구는 향후 유지수 교육의 디지털 전환을 위한 기초 자료로 활용될 수 있다.

1. 서론

철도차량 유지보수는 철도 운영의 안정성과 직결되는 핵심 업무로, 정비 절차의 정확성과 신뢰성이 매우 중요하다[1]. 그러나 기준의 현장 실습 중심 교육 방식은 종이 매뉴얼 중심으로 이루어져 있어 실제 작업 환경을 완벽하게 재현하지 못한다. 특히 신규 직원의 경우 이론 교육 후 바로 실무로 이어지기 때문에 초기 진입 장벽이 높고, 실무 과정에서 발생할 수 있는 오류와 안전사고의 위험성이 존재한다. 이러한 문제를 해결하기 위해 최근 다양한 산업 분야에서 디지털 교육 시스템이 도입되고 있으며, 그 중에서도 증강현실 기반 교육은 실제 현실에 가상의 정보를 중첩시켜 현실적인 학습 경험을 제공한다[2]. 본 연구에서는 철도차량 유지보수 디지털 전환을 위해서 증강현실 기술을 활용한 시스템을 설계하고, 이를 통해 학습자에게 시각적 이해와 단계별 학습을 지원할 수 있는 교육 방안을 제시하고자 한다.

2. 증강현실 시스템 설계 및 구현

그림 1은 증강현실 시스템의 개발 과정을 단계별로 나타낸 것이다. 전체적인 흐름으로는 데이터 수집, 3D 모델 제작, 시스템 구현, 교육 검증의 과정을 거친다. 현장의 정비 절차와

부품 정보를 확보하기 위해 실제 작업 현장인 차량기지를 방문하여 유지보수 과정을 직접 관찰하고, 숙련된 정비 인력과의 인터뷰를 통해 실제 매뉴얼에 기록되지 않은 노하우까지 수집하였다. 또한 주요 부품은 3D 스캐너를 이용하여 형상 데이터를 확보하였다. 이를 통해 부품의 구조와 동작 특성을 정확히 반영할 수 있는 기반을 마련하였다. 확보된 데이터를 기반으로 3D 모델이 제작되었으며, 이 과정에서 정밀 모델링을 수행하고, 모바일 기기에서 원활히 구동될 수 있도록 파일 용량을 90% 이상 압축하여 최적화하였다.



[그림 1] 증강현실 시스템 개발 과정

시스템 구현 단계로는 사용자 인터페이스(UI)와 실시간 상호작용 기능을 중심으로 설계되었다. 사용자가 모바일 기기를 통해 부품을 인식하면 화면에 3D 모델과 절차 안내가 동시에 나타나며, 학습자는 이를 터치하거나 회전, 확대 등의 제스처로 조작할 수 있다. 복잡한 메뉴 구조는 자동으로 생성되어 사용자가 원하는 단계부터 쉽게 접근할 수 있도록 하였으며, 절차 진행에 따라 화면 구성이 실시간으로 변화된다.

또한 그림 2와 같이 측정 장비에서 발생하는 데이터를 학습자가 직접 입력하고 결과를 확인하여 피드백을 받을 수 있는 환경을 구축하였다. 그림에서와 같이 학습자는 직접 치수 측정 작업을 학습한 후 직접 데이터를 터치패드에 입력한다. 이를 통해 교육자는 실습 상황을 실시간으로 모니터링하고 학습자에게 적절한 안내를 제공할 수 있다.



[그림 2] 피드백 시스템 구현 예시

그림 3은 실제 현상에서 증강현실 시스템을 활용하는 모습이다. 이처럼 학습자는 실제 장치와 화면 속 3D 모델을 비교하면서 유지보수 절차를 단계적으로 학습하며, 모델을 직접 조작해 세부 부품의 구조를 확인할 수 있다.



[그림 3] 증강현실 시스템 활용 예시

3. 결론

본 연구에서는 철도차량 유지보수 교육을 위한 증강현실 기반 디지털 시스템을 설계하고, 시범 적용을 통해 그 가능성을 확인하였다. 개발된 시스템은 모바일 기기를 통해 유지보

수 절차를 학습할 수 있도록 하였으며, 시간과 장소의 제약 없이 반복 학습이 가능하다. 개발된 시스템은 시범 교육에 활용할 수 있는 가능성을 확인하였으며, 향후 연구에서는 다양한 교육 시나리오와 현장 실습 환경에서의 적용성을 검증할 계획이다. 이를 통해 철도 운영기관의 교육 효율성을 높이고, 유지보수 안전성을 강화할 수 있을 것으로 기대 된다.

참고문헌

- [1] 오왕석, 김경화, 김재훈, “철도시스템 이상진단 및 예지정비를 위한 FMEA 분석 방안 연구”, 한국안전학회지, 제38권 5호, pp. 43–50, 10월, 2023년.
- [2] 조향민, 김찬원, “증강현실 기반 교육콘텐츠 이용의도에 관한 연구”, 디지털융복합연구, 제 20권 4호, pp. 541–551, 04월, 2022년.