

VR을 활용한 전기산업재해 예방 훈련 콘텐츠 개발

박기웅

한국폴리텍Ⅶ대학

kwpark@kopo.ac.kr

Development of VR-based Training Content for the Prevention of Electrical Industrial Accident

Park, Ki Woong

Korea Polytechnics VII

요 약

전기감전 및 전기화재는 산업현장에서 반복적으로 발생하며, 작업자의 생명과 재산에 중대한 위협이 되고 있다. 특히, 안전수칙 미준수와 LOTO 미이행 등 인적 요인에 기인한 사고가 다수를 차지하며, 기존의 이론 중심 교육만으로는 현장 위험 인식과 대응 능력 향상에 한계가 있음을 확인하였다. 본 연구는 이러한 문제점을 해결하고자, 전기설비 작업 중 대표적인 고위험 작업인 진공차단기(VCB) 인출 작업을 중심으로, 사전안전점검 및 정전작업 절차를 체험할 수 있는 가상현실(VR) 기반 교육 콘텐츠를 개발하였다. 본 콘텐츠는 실제 사고 사례를 기반으로 시나리오를 구성하였으며, 학습자가 몰입감 있는 환경에서 반복 학습과 피드백을 통해 올바른 안전행동을 습득할 수 있도록 설계되었다. 특히, LOTO 절차, 전기설비 점검 항목, 감전·화재 사고의 원인 및 결과 등을 시뮬레이션을 통해 직접 체험함으로써 위험 인식을 제고하고, 실질적인 안전역량 향상을 도모한다. 이는 장소와 시간의 제약 없이 반복 가능한 학습환경을 제공하여, 실습 기반 안전교육의 보완 대안으로 제시될 수 있다.

I. 서 론

전기재해는 산업현장뿐 아니라 일상생활에서도 빈번히 발생하는 대표적인 안전사고 유형으로, 감전 및 전기화재 사고는 작업자의 생명과 재산을 위협하는 주요 요인으로 지목되어 왔다. 한국전기안전공사의 전기안전정보시스템 통계에 따르면, 2019년부터 2023년까지 최근 5년간 전기감전사고로 인한 사상자는 점진적으로 감소 추세를 보이고 있다 [1]. 한국전기안전공사 전기안전정보시스템 통계에 따르면, 감전사상자는 2019년 508명에서 2023년 407명으로 약 20% 감소하였다 [1]. 이는 지속적인 안전관리 강화와 현장 중심의 예방활동이 일정 부분 효과를 거두고 있음을 시사한다. 그럼에도 불구하고 매년 약 400명의 부상자와 20명가량의 사망자가 꾸준히 발생하고 있으며, 감전사고의 대다수가 저압 전선이나 콘센트 등 일상적인 저 전압 환경에서 발생하고 있다는 점이 여전히 심각한 문제로 남아 있다. 반면, Fig. 1 과 같이 전기화재의 경우 사고 건수와 인명 피해 모두 증가세를 보인다. 2020년 8,170건이었던 전기화재는 2021년 8,241건, 2022년 8,798건으로 매년 증가하였으며, 2023년에는 8,871건으로 전체 화재의 22.8%를 차지하였다. 이러한 전기화재로 인한 사상자는 2023년 기준 사망 45명, 부상 336명에 달했으며, 재산피해액은 전년 대비 약 340억 원 증가한 1,824억 원에 이르렀다. 이는 단순한 시설 노후화나 기술적 문제를 넘어 안전수칙 미준수, 작업자 부주의 LOTO(Lock-Out Tag-Out) 미이행 등 인적 요인이 사고 발생의 주요 원인으로 작용하고 있음을 보여준다. 특히 전기작업 특성상 단 한 번의 실수가 중대재해로 이어질 수 있다는 점을 고려할 때, 단순한 이론교육 중심의 기존 안전교육만으로는 사고 예방에 한계가 있다 [2]. 따라서 작업자의 위험인식을 실질적으로 향상시키기 위해서는 실제 사고현장을 체험하듯 몰입할 수 있는 교육 형태가 필요하다. 최근 가상현실(Virtual Reality, VR) 기술은 사용자가 실제와 유사한 환경에서 위험상황을 직접 경험하고 대처할 수 있게 함으로써 안전불감증을

완화시키는 효과적인 학습 도구로 주목받고 있다 [3]. 이에 본 연구에서는 전기산업재해 예방을 위한 VR 기반 안전체험 콘텐츠를 개발하는 과정을 소개하고자 한다.

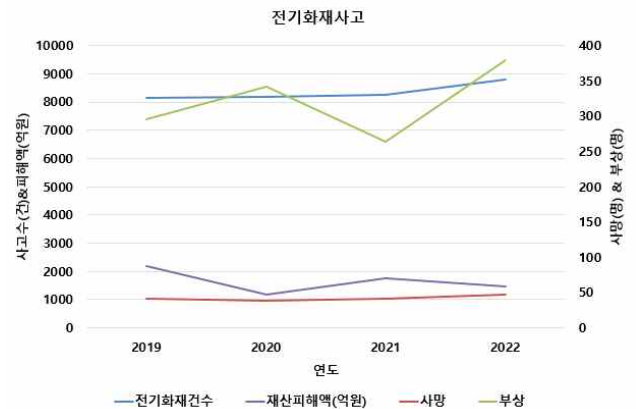


Fig. 1 Statistical data on electrical fire accidents

II. 본 론

본 연구는 진공차단기 인출 작업의 사전안전점검과 정전작업 절차를 숙련도 있게 훈련할 수 있는 전기안전 VR 콘텐츠를 개발하였다. 개발의 가장 중요한 목표는 실제 현장 작업자들이 자주 마주하게 되는 위험 상황을 실감형 가상현실 환경을 통해 체험하도록 하는 것이다. 이를 통해 작업자는 안전점검 항목을 반복적으로 학습하고, 사고 예방에 필요한 절차를 실제 현장과 유사한 조건에서 따라하며 안전의식을 효과적으로 제고할 수 있다.



Fig. 2 Flowchart of VR contents

Fig. 2는 본 연구에서 개발한 전기산업재해 예방훈련 VR 콘텐츠의 구성 흐름을 나타낸다. 콘텐츠에 접속하면 먼저 실제 사고 사례에 대한 간단한 설명이 내레이션을 통해 제시된다. 이 사고는 진공차단기 분전반 내부에서 VCB 인입 작업 중 부하운전 상태를 충분히 확인하지 않은 채 차단기를 인출하다가 단락이 발생한 것으로, 아크에 의한 화상이 발생해 사망자와 부상자가 나온 사례이다 [4]. 사고의 심각성과 안전수칙 준수의 중요성을 강조함으로써, 학습자가 VR 체험에 더욱 몰입할 수 있도록 했다. 그 다음에는 작업자가 작업을 시작하기 전 반드시 안전보호구를 갖추고, 사전점검 절차를 수행해야 한다. 이 과정은 퀴즈 형식으로 진행되며, 정답을 맞혀야 다음 단계로 넘어갈 수 있도록 설계되어 있다. 실제 훈련에 적용된 대표적 점검항목은 다음과 같다:

1. MCC 전원 차단 및 잠금장치(LOTO) 적용 여부 확인
2. 과전류 차단기의 규격과 설치 상태 점검
3. 검진기를 이용한 잔류 전기의 존재 여부 확인
4. 전선 피복의 손상 및 절연 상태 점검.

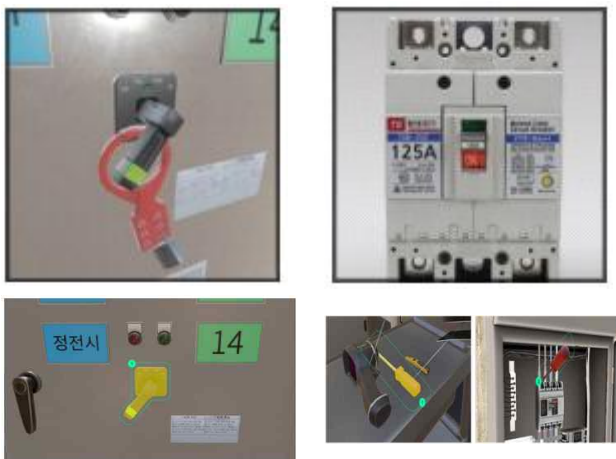


Fig. 3 Operational Interface of the VR-based Training Content

Fig. 3에서 볼 수 있듯이 콘텐츠에서는 작업자에게 각 장치의 기능과 현장 환경을 상세하게 설명하고, 실제 조작 절차를 따라 할 수 있게 한다 [5]. 실제로시각적 구성과 인터페이스도 현실감을 높여, 사용자가 자신의 행동과 선택의 결과를 즉각적으로 경험할 수 있도록 한다. 사고체험 구간에서는 안전수칙 미준수와 의사소통 오류가 어떻게 중대 사고로 이어질 수 있는지 구체적으로 보여준다. 예를 들어, 열화상 카메라에서 과열을 감지하고도 과전류 차단기의 규격 오류를 놓치거나, MCC 전원을 차단한 뒤 잠금장치나 태그를 부착하지 않아 관리자가 업무 중 전원을 재투입하는 상황이 발생한다. 이런 단계적 시뮬레이션을 통해 작업자는 감전과 화재 등 중대 사고의 과정을 실제처럼 경험하게 된다. 체험이 끝나면, 학습자는 자

신의 선택과 행동에 대한 피드백을 받게 되고, 올바른 안전절차를 다시 정리해 준다. 퀴즈와 반복 학습 과정을 통해 위험요소를 스스로 인식하고 올바른 안전행동을 습관화할 수 있도록 하였다.

III. 결 론

본 연구는 전기안전 VR 콘텐츠는 진공차단기 인출 작업과 관련된 사전 안전점검과 정전작업 절차를 현장감 있게 훈련할 수 있도록 개발하였다. 콘텐츠 개발 목표는 교육 현장의 실질적 위험상황을 반영하여 참가자가 몰입감 높은 환경에서 안전수칙을 반복적으로 체득하고, 사고 예방 역량을 강화하도록 하는 데 있다. VR 교육의 가장 큰 장점은 작업자가 실제 현장과 동일하게 제작된 가상환경에서 완전히 몰입된 상태로 훈련할 수 있다는 점이다. 현실에서는 경험하기 힘든 감전이나 폭발 등 중대재해 사고 사례를 안전하게 체험하며, 이를 통해 작업자의 경각심과 위험 인식 수준이 근본적으로 향상된다. 가상현실 기반 훈련은 사고 위험이 없고, 언제 어디서나 반복적으로 교육받을 수 있어 사용자의 숙련도 향상에 매우 효과적인 도구다. 기존 안전교육의 한계를 보완할 수 있는 실용적 대안으로 평가된다. 앞으로 실제 현장적용과 효과 검증이 지속적으로 이루어진다면, 산업 전반의 안전문화 정착과 중대재해 예방에 크게 기여할 것으로 기대된다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 고용노동부의 재원으로 일학습병행 공동훈련센터 실감형 콘텐츠 개발지원사업에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- [1] KESCO, Electrical Safety Information System, Available: <https://www.kes.go.kr/web/lay1/program/S1T110C288/PI/stats/dss tr/byYearEFAC.do> (Accessed: Oct. 16, 2025).
- [2] Pilgyun B., "An Analysis on the Effectiveness of Experiential Safety and Health Education Using Virtual Reality(VR)", Master's Thesis, Seoul National University of Science and Technology, 2024.
- [3] Kwang-Chun K., Kiwoong P., Byungjun K., "Development of Virtual Reality based Immersive Safety Training Content for Plant Industry", Transactions of the KSME C Industrial Technology and Innovation, 12(2), pp.149 - 156, 2024.
- [4] KOSHA, Case Studies of Industrial Accidents, Available: <https://oshri.kosha.or.kr/kosha/data/machine.do?mode=view&article No=269173> (Accessed: Oct. 16, 2025).
- [5] Byung-Jun Kim, XR-Based Industrial Safety Practices, Seoul, Korea: Korea Polytechnics Press, 2024, pp. 149 - 152.