

# XR 기반의 가상현실과 인공지능을 이용한 위험환경에서의 작업자 안전교육 시스템 개발

한경림, 강민관  
한국폴리텍대학  
e-mail:khan@kopo.ac.kr

## A Study on the Developing a Worker Safety Education System in Hazardous Environments Using XR-Based Virtual Reality

Kyoung-Rim Han, Min-Kwan Kang  
Dept. of Operation and Chemical Process, Korea Polytechnics

### 요약

This paper focuses on developing a safety education system using Virtual Reality (VR) and Artificial Intelligence (AI) technologies to enhance safety awareness among workers in the modern industrial environment. The system enables workers to experience and learn safe work practices in situations resembling real hazardous environments. Specifically, the development of eXtended Reality (XR)-based experiential content, using an existing pilot plant at the Korea Polytechnic University's Petrochemical Process Technology Education Center, aimed to prepare optimized industrial safety education content targeting new learners (through on-the-job training) and existing employees. Moreover, recipients of this education can familiarize themselves with work procedures in a virtual reality setting through XR-based experiential content, preventing potential safety hazards, thereby saving costs and time. Additionally, this paper describes the development of XR-based experiential content tailored to reflect the characteristics of relevant industries. It incorporates interactive learning among pairs of learners (2 individuals) and integrates Mixed Reality (MR) functionality into Virtual Reality (VR), emphasizing professionalism, enhancing safety consciousness, and maximizing training efficiency.

### 1. 서론

안전한 산업 환경을 구축하고 유지하는 것은 모든 산업 분야에서 핵심적인 과제 중 하나이다. 안전한 작업 환경은 노동자의 건강과 안전에 직접적으로 영향을 미치며, 근로자들이 안전한 환경에서 작업할 수 있도록 하는 것이 중요하다. 그러나 고위험한 산업 분야에서 안전 교육을 향상시키고 노동자의 안전 인식을 높이는 데는 여전히 많은 도전과 과제가 남아 있다.

이러한 도전들은 산업 환경에서의 작업 중 발생할 수 있는 다양한 위험에 대응하는 것으로부터 시작된다. 특히 석유화학 산업과 같은 고위험 산업 분야에서는 누출, 폭발, 화재와 같은 재해로 인해 일상적으로 안전사고가 발생한다. 이에 따라 산업 안전 교육은 보다 특화된 교육이 필요하며, 근로자들이 실제 위험한 환경에서 어떻게 대처해야 하는지 효과적으로 학습할 필요가 있다. 이러한 문제점들에 대응하기 위해 XR(eXtended Reality)과 같은 첨단 기술을 활용한 안전 교육이 중요하다고 말할 수 있다. 이러한 기술을 사용하여 작업자

들은 가상현실 환경에서 다양한 위험 상황을 체험하고 안전한 작업 방법을 학습할 수 있다. 그러나 이러한 기술을 어떻게 최적화하고 적용해야 하는지에 대한 연구는 아직 부족하다. 그리고 안전한 작업 환경을 보장하고 근무자들의 안전 인식을 향상시키는 것은 중요한 과제이다.

본 논문에서는 가상현실(VR) 기술과 인공지능 기술을 활용하여 안전 교육 시스템을 개발하는 데 초점을 맞추었다. 이 시스템은 작업자들이 실제 위험 환경에서 작업하는 것과 유사한 상황을 경험하며 안전한 작업 방법을 학습할 수 있도록 하였다. 구체적으로 한국폴리텍대학 석유화학공정기술교육원에 이미 구축되어있는 파일럿 플랜트를 활용하여 공정 운전 중에 발생할 수 있는 산업재해(누출·폭발·화재)에 대비한 XR(eXtended Reality) 기반의 체험형 콘텐츠 개발하였다.

특히 산업안전교육 XR(eXtended Reality) 기반의 체험형 콘텐츠는 석유화학산업과 관련직종에서 빈번하게 발생될 수 있는 산업재해인 누출·폭발·화재 사고를 기반으로 개발하여

신규인력(일학습병행과정) 및 재직자를 대상으로 최적화된 산업안전교육 콘텐츠 제공 할 수 있다.

또한, 교육대상자는 업무 효율성이 향상을 위해 XR(eXtended Reality) 기반의 체험형 콘텐츠를 통해 가상현실에서 업무를 익힘으로써 비용과 시간을 절약하고 발생 할 수 있는 안전사고를 예방 할 수 있는 있다. 마지막으로 본 논문에서는 콘텐츠는 관련기업의 특성을 반영하여 다자간(2인) 학습자 인터랙션 기술과 가상현실(VR)에 혼합현실(MR) 기능을 추가하여 전문성 향상, 안전의식 고취 및 훈련 효과를 극대화 할 수 있는XR(eXtended Reality) 기반의 체험형 콘텐츠 개발하였다.

## 2. 본 론

### 2.1 석유화학사고의 문제점 분석

가연성물질은 연소성이 강한 물질로, 불꽃, 열, 마찰, 정전기 등에 의해 화재나 폭발을 일으킬 수 있는 물질을 의미한다. 가연성물질의 특성은 크게 물리적 특성과 화학적 특성으로 나뉜다. 물리적 특성으로는 쉽게 증발하거나 증발할 수 있는 물질이며, 낮은 온도에서도 기체나 증기로 변할 수 있는 특징이 있다. 또한, 적은 양의 에너지로도 화재나 폭발이 일어날 수 있는 특성을 가지고 있다. 또한, 화학적 특성으로는 산화성이 강한 물질이며, 산화 작용을 일으키는 물질과 반응하여 발열 또는 폭발을 일으킬 수 있다.

또한, 산화 작용이 일어나지 않더라도 높은 온도에서 연소가 일어나는 특징이 있다. 이러한 가연성물질은 다양한 종류가 있으며, 일반적으로 액체나 고체 형태로 존재한다. 대표적인 가연성물질로는 기름, 석유, 알코올, 가솔린, 천연가스, 가스 등이 있다. 이러한 가연성물질은 산업 분야에서 널리 사용되며, 안전한 저장과 운반, 사용에 대한 관리가 중요하다. 따라서 가연성물질의 특성을 잘 파악하여 적절한 안전조치와 관리가 필요하다. 적절한 보관방법, 안전장치 설치, 안전교육 등을 통해 가연성물질로 인한 화재와 폭발 사고를 예방하고, 안전한 산업 분야를 유지하는 것이 중요하다.

#### 2.1.1. 폭발방지를 위한 국내 방폭설비 설치·사용 관련 문제점 분석

2008년부터 2017년까지 10년간 발생한 중대산업사고 65건 중 발생 원인별 분석내용은 [그림 1]과 같이 나타낼 수 있다. 원인별 중대산업사고 발생 현황에서는 작업허가절차 미흡(21건, 32.3%), 안전작업절차 미흡(20건, 30.8%) 순으로 발생하며 인적원인(48건, 73.8%)에 의해 대다수 발생하는 것으로 분석

된다. 따라서 안전작업허가, 안전작업절차 및 작업자 교육훈련에 대한관리여부 확인 등 Human error에 대해서 시스템적 대책의 강구가 필요하다고 판단된다.



[그림 1] 원인별 중대산업사고 발생 현황



[그림 2] 원인별 중대산업사고 발생 현황

### 2.1 인적 교육 시스템 개발

본 논문에서는 VR 기술과 인공지능 기술을 결합하여 구현되었다. VR 기술을 이용하여 작업자들은 실제 위험한 인적 교육 시스템 설계 및 개발하여 위험한에서 작업하는 것과 유사한 상황에서 안전한 작업 방법을 학습할 수 있다. 인공지능 기술을 이용하여 작업자들의 행동을 분석하고, 적절한 피드백을 제공하며, 이를 통해 작업자들은 안전한 작업 방법을 보다 효과적으로 학습할 수 있다.



[그림 3] XR(eXtended Reality) 기반의 체험형 콘텐츠 개발

2.2 인적 교육 시스템 교육내용 개발

교육 프로그램은 위험환경에서 일하는 작업자들이 안전하게 작업할 수 있도록 안전 절차, 위험 인식 및 위험 요소에 대한 이해, 적절한 보호 장비 사용 등에 대한 내용이 포함됩니다. 교육 프로그램은 VR 기술을 이용하여 실제 위험환경에서 작업하는 것과 유사한 상황에서 제공합니다.

- 1단계: VR 학습실에서 매뉴얼 교육 수행
  - 산업안전사고 실 사례를 1인 VR 체험 교육
  - HMD\*를 이용한 텔레포트 기능을 통한 현장 체험
  - \*Head Mounted Display
- 2단계: MR\* 체험실에서 체감형 MR 교육
  - 매뉴얼 교육 후, 밸브/플랜지/스위치 등의 MR 장비를 이용한 체험 교육
  - 공동작업공정(2인이상) 의 경우 다중참여로 학습효과 증대
  - \* Mixed Reality:가상현실(VR)과 증강현실(AR) 혼합교육
- 3단계: 실물 장비 교육
  - 1,2단계 교육 수행 후 실제 플랜트 현장에서 직접 설비를 가동 하면서 가상 > 간접 > 직접 체험 형태의 반복 교육 수행

4. 결 론

본 논문에서는 가연성물질은 연소성이 강한 물질로, 불꽃, 열, 마찰, 정전기 등에 의해 발생할 수 있는 폭발 사고를 예방하기 위해 방폭 VR 기술과 인공지능 기술을 결합된 교육 프로그램 과 VR 기술을 이용하여 작업자들은 실제 위험한 인적 XR기반의 실감형 콘텐츠를 개발하였다. 따라서, 향후 화재폭발로 인한 폭발사고를 사전 가상현실 교육을 통해 보다 안전

한 전문인력 양성을 할 수 있을것으로 기대한다.

[참고문헌]

[1] 강민관, 나완석, 한경립, 윤성중, “방폭설비 폭발방지 억제 대책을 위한 전문인력 양성 방안에 관한 연구”, 대한전기학회 2023.07 2,059 - 2,060 (2page)

[2] 강민관, 윤성중, “가연성물질에 의한 폭발장비 억제대책에 대한 기술적 관리 방안 연구“, 한국산학기술학회, 2023

[3] 한국 산업 현장에서의 폭발사고 예방을 위한 방폭전문인력 양성 방안,” 한국방폭안전기술연구원, 2020.

[4] 한국 산업 분야 방폭전문인력 양성을 위한 제도적 개선 방안 연구,” 한국산업보건협회, 2018.

[3] 방폭 전문인력 교육과정의 개선방안에 관한 연구,” 대한전기학회논문지, 2019.

[4] 방폭 전문인력 양성의 필요성과 법적 규제에 관한 연구,” 한국화재소방학회논문집, 2016.

[5] 한국 산업 분야 방폭전문인력 양성을 위한 인증제도 개선 방안,” 한국방폭안전기술협회, 2017.