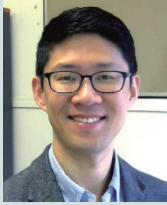


가상현실 (VR) 기반 건설 작업자 안전훈련



안승준

Lecturer, University of South Australia, jun.ahn@unisa.edu.au

1. 배경

낮은 노동생산성과 높은 안전사고율은 건설산업의 고질적인 문제로 지적되어 온 지 오래지만, 아직도 이를 근본적으로 변화시킬 수 있는 기술혁신과 진보는 아직도 탐색의 영역에 머물러 있다. 노동 생산성 및 건설 안전은 무수히 많은 요인에 의해 영향을 받지만, 가장 중요한 요인 중 하나는 건설 작업자들의 기술 수준(skill level)이라 할 수 있다. 노동 집약적인 건설산업의 내재적 속성이 바뀌지 않는 한 건설 생산 과정의 전반에 참여하는 작업자들의 기술 수준과 숙련도는 건설 품질, 안전 그리고 생산성과 같은 중요한 성과지표에 직결되는 영향요인이다.

이와 같은 배경에서, 최근 건설 산업 전반에 걸친 건설 작업자 노령화, 외국인 노동자 비율 증가, 전체적인 숙련도 저하 및 젊은 층의 건설 기술직 기피 현상 등은 한국을 포함한 많은 선진국에서 중요한 문제로 대두되었다. 일례로 호주에서는 '기술자 부족 현상'(skills shortage)이 대규모 기반시설 건설 프로젝트에 있어 비용 및 공기 측면에서 큰 위협(threat)으로 지목되었다¹⁾. 호주 정부의 최근 보고서에 따르면 건설회사들은 부족한 건설 기술 인력이 건설산업의 성장을 제한하는 중대한 요인으로 파악하고 있는데, 더욱 큰 문제는 건설 기술을 배우려는 수습생(apprentices)의 숫자가 전국적으로 최근 몇 년간 꾸준히 감소하고 있다는 점이다²⁾. 일본의 상황은 더욱 심각하다. 현재 일본의 인구는 매년 감

소하고 있고, 인구구조는 이미 초고령화에 이르렀다. 기사에 따르면 2017년 기준으로 55세 이상 건설업 종사자 비율은 34.1%인 반면 29세 이하 건설업 종사자 비율은 11%에 불과하다³⁾. 급격히 감소하는 건설인력과 낮은 노동생산성 탓에 일본에서는 건설업 생존 자체가 어렵다는 위기감까지 흘러나오고 있다. 상황이 이렇다 보니, 건설기술자 부족 현상을 겪고 있는 많은 나라에서는 효율적이면서도 효과적인, 또한 젊은 층의 관심을 좀 더 유도할 수 있는 형태의 직업 교육 및 훈련(Vocational Education and Training, VET)에 많은 관심을 기울이고 있다.

이러한 배경에서, 제4차 산업혁명 시대의 융합형 정보통신 기술, 웨어러블 디바이스 및 인공지능 기술 발전에 힘입어, 가상현실(Virtual Reality, 이하 VR) 기술에 기반한 건설 작업자 교육 및 훈련에 대한 관심이 최근 더욱 증대되었다. 따라서, 본 기고문에서는 VR 기반 작업기술훈련의 배경 및 효과를 몇몇 사례를 중심으로 알아보고 VR 기반 건설 작업자 안전 훈련의 활용 가능성 및 발전 방향을 가늠해 보는 것을 목표로 한다.

2. 다양한 분야에서의 VR 기반 기술 훈련 활용 사례

VR에서 사용자는 시각, 청각, 촉각 등의 감각기관을 통해 가상환경(Virtual Environment)로 부터 오는 신호를 입력받음으로써 '현재감'(Sense of Presence) 을 느낄 수 있고, 또한

1) <https://www.abc.net.au/news/2019-08-16/infrastructure-pipeline-at-risk-of-skills-shortage/11419130>

2) <https://www.abc.net.au/radio/programs/pm/apprenticeship-numbers-continue-to-slide/11583744>

3) http://m.cnews.co.kr/m_home/view.jsp?idxno=201812311334374270577#cb

컨트롤 인터페이스(control interface) 조작을 통해 가상환경 내의 객체들과 상호작용한다. 2000년대 이후 3차원 모델링 및 컴퓨터 비전 기술의 비약적인 발전과 함께 발전한 가상현실 기술은 의학교육 및 훈련 분야에도 적용되었다. 특히, 내시경(Endoscope) 이나 복강경(Laparoscopy) 과 같은 의료 기기를 다루는 기술을 전공의들에게 훈련하는 데 있어서 적용되었으며, 작업 정확도 및 수술 시간 등의 지표를 통해 훈련 효과가 유의미함이 증명되었다. 이러한 연구 결과를 바탕으로, “VR to OR”(“가상현실에서 수술실로”) 같은 표현을 통해 VR에서 훈련 및 습득된 기술이 현실 세계의 기술 숙련도로 이전(transfer) 될 수 있음을 강조하기도 하였다⁴⁾.

한편, 석유 및 가스 산업에서는 고위험(high risk)을 동반하는 드릴링 장비 운용 기술을 훈련하는데 VR을 적용하였다. 일례로, 노르웨이에서는 특정 드릴링 장비의 운용 중에 맞닥뜨릴 수 있는 각종 위험 상황을 현실적으로 시뮬레이션 할 수 있는 180제곱미터 크기의 VR 기반 훈련 센터를 최근 완성하고, 지금까지 수백 명의 학생 및 석유 및 가스 시추 장비 운용자들이 이 시설에서 훈련받았다(그림 1 참조).



그림 1. 석유 및 가스 시추 드릴링 시뮬레이터(출처: 포브스⁵⁾)

또 다른 예로, 미 공군에서는 숙련된 전투기 조종사의 부족 문제를 해결하고 조종 훈련 과정의 효율성 및 효과성을 증대하기 위해 VR 기반 시뮬레이션에 투자하였다⁶⁾. 이런 시뮬레이터 기반 훈련 장비는 군용이 아닌 일반 목적으로 개발

된 HTC Vive로 구성되었으며(그림 2 참조), VR 기반 훈련은 비행 훈련 80시간을 대신하는 형태로 시도되었다. 학생에게 지급된 VR 헤드셋은 개인 공간으로 가져갈 수 있어서, 학생들은 원하는 만큼 VR 환경에서 연습하도록 권해졌다. 전투기 조종사들을 대상으로 한 VR 기반 훈련뿐만 아니라 항공 교통 통제병(Air traffic controller) 또는 항공기 정비 수리병들(maintainers) 을 대상으로 한 VR 기반 기술 훈련도 같이 시도되었으며, 이와 같은 VR 기반 훈련 프로그램은 2020년에 더욱 확대될 것으로 발표되었다⁷⁾.



그림 2. VR 기반 전투기 조종사 훈련 프로그램 사례(출처: 미공군⁸⁾)

3. VR 기반 지게차 운전자 안전기술 훈련 프로그램 사례

이번 장에서는 저자가 남호주 대학에서 VR/AR 연구그룹과 공동으로 개발한 VR 지게차 운전자 안전기술 훈련 프로그램 사례를 간략히 소개한다(공동연구자: Prof. Mark Billingham, Dr. Gun Lee, and Mr. Mitchell Wyllie). 지게차는 건설 산업을 비롯한 다양한 산업에서 다양한 종류의 원재료 및 장비를 운반 및 적재하는 데 사용되는 범용 장비이다. 연구에 따르면 지게차는 가장 위험한 중장비중 하나이다. 일례로, 미국에서 1992년부터 2010년까지 중장비 운용과 관련한 사망 사고 횟수에서 지게차는 트랙터에 이어 2위

4) Seymour, N. E. (2008). VR to OR: a review of the evidence that virtual reality simulation improves operating room performance. World journal of surgery, 32(2), 182-188.

5) <https://www.forbes.com/sites/markvenables/2019/03/27/simulations-aid-training-and-improve-safety-in-drilling-operations/#3da1b4d576ab>

6) <https://www.airforcemag.com/article/the-future-of-pilot-training/>

7) https://www.airforcetimes.com/news/your-air-force/2019/09/16/virtual-reality-training-for-pilots-maintainers-and-more-expands-in-2020/?utm_expid=.qEJHVEenQdy5bcnNDaGFdQ.0&utm_referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F

8) <https://www.sheppard.af.mil/News/Article-Display/Article/1531684/pilots-go-virtually-anywhere-at-tech-symposium/>

를 차지하였다⁹⁾. 그렇기에 지게차 운전은 일반적으로 고위험 작업으로 분류되고 운전자를 위한 다양한 안전수칙(safe operation guidelines)이 수립되었다¹⁰⁾. 그러나 실제로 이러한 안전수칙에 담긴 내용이 지게차 운전자들에게 얼마나 잘 전달되고 있는지, 또한 지게차 운전자들이 얼마나 그러한 안전수칙을 내면화(internalization) 하여 지키고 있는지는 여전히 미지수이다.

이러한 배경에서, 저자가 속한 연구팀에서 개발한 VR 기반 지게차 운전자 훈련 프로그램은 가상환경 내에서 운전자 행동 모니터링(operator behavior monitoring) 및 실시간 피드백(real-time feedback)을 기초로 하여 운전자 안전수칙의 “행함으로써 배우기”(“learning by doing”)를 유도하는 것을 목표로 하였다. 이 훈련 시스템에서 사용자의 행동은 실시간으로 관찰되고, 안전수칙을 지키지 않은 경우 실시간으로 경고 메시지를 받는다. 예를 들어, 지게차 운전자는 출발 전에

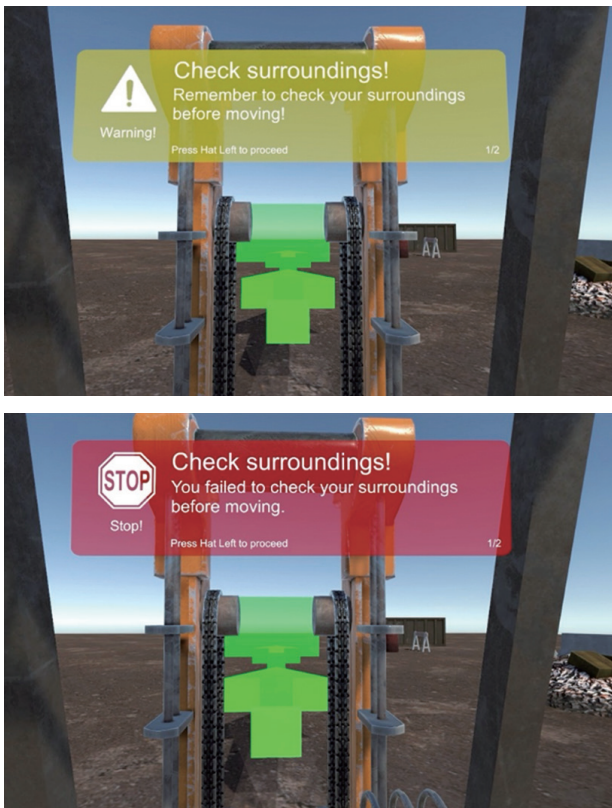


그림 3. 안전수칙 위반시 보여지는 실시간 피드백 메시지 박스의 예시

주변을 살펴야 하는데, 바로 그 “주변 둘러보기” 행동을 수행했는지 안 했는지가 실시간으로 VR 헤드셋에 내장된 센서에 의해 기록되고 모니터링된다. 만약 사용자가 주변을 살피지 않고 지게차를 출발하면 VR 훈련 프로그램은 그 즉시 그 행동이 안전수칙에 위배됨을 사용자에게 알리고(그림 3 참조), 사용자는 즉시 행동을 수정하거나 훈련 프로그램을 다시 시작하여야 한다. 이와 같은 반복 학습은 운전자 안전수칙이 선언적 지식(declarative knowledge)으로부터 절차적 지식(procedural knowledge)로 전환되는 과정¹¹⁾을 가속화할 수 있다.

4. VR 기반 건설기술자 안전교육의 장점 및 발전 방향

상술한 몇 가지 VR 기반 훈련 프로그램의 공통점은 모두 고위험 작업을 대상으로 한다는 것이다. 이는 VR 기반 훈련이 특히 고위험을 동반하는 작업에 요구되는 직능을 훈련하는데 효과적임을 암시한다. 이와 관련하여, 위에 언급한 드릴링 시뮬레이터를 개발한 전문가는 “(드릴링 같은 고위험 작업 기술 교육에 있어) 최고의 학습 방법은, 사람들을 평소 예상하기 어려운 불편한 상황에 처하게 만드는 것입니다.”라고 말한다. 또한, 그는 “훈련자들은 안전한 환경에서 각종 다양한 긴급상황에 처해 집니다.”라고 말한다. 여기서 ‘안전한 환경’이란 VR 시뮬레이션에 등장하는 각종 위험 요소 및 위기 상황이 실재하지는 않는 것임을 뜻한다. 즉, VR은 훈련자가 현실의 작업환경에서도 맞닥뜨릴 수 있는 그럴법한(plausible) 위기 상황에 노출 시키고, 그런 상황에서 따라야 할 수칙 및 적절한 행동, 의사결정, 상황인식(Situation Awareness)에 관한 바람직한 인지적 과정(cognitive process)의 모델을 학습할 기회를 제공할 수 있다. 그러나, 그러한 위기 상황은 모두 가상현실 상에만 존재하며, 실제 훈련자의 안전 및 건강에 대한 위협은 실재하지 않는다. 이러한 VR 기반 훈련 환경의 장점은 고위험 작업을 매일 같이 수행해야 하는 건설 작업자의 안전 기술을 향상 및 제고하기 위한 훈련 프로그램에도 그대로 적용될 수 있다.

더욱이, 위에 언급한 VR 기반 지게차 운전자 안전 훈련 프로

9) Suzanne M Marsh and David E Fosbroke. 2015. Trends of occupational fatalities involving machines, United States, 1992 - 2010. Am. J. Ind. Med. 58, 11 (2015), 1160 - 1173. DOI:https://doi.org/10.1002/ajim.22532

10) 예시: https://www.safework.sa.gov.au/sites/default/files/forkliftsafety.pdf?v=1527223033

11) 운동선수들은 많은 운동 기술들을 이미 절차적 지식의 형태로 몸에 내재화하고 있기 때문에, 특별히 어떤 몸의 동작을 의식적으로 기억 및 조종하지 않고 기술을 발휘한다.

그럼의 사례에서도 언급되었듯이, VR 환경은 훈련자의 각종 행동 및 상황 대처에 대한 정보를 실시간으로 수집할 수 있는 환경도 제공하기 때문에, 개인적 훈련 효과에 대한 실시간 측정 및 피드백 또한 가능하다. 이를 통해, 각 개인의 안전 기술 및 능력에 대한 세부적인 진단 및 개선 방향 도출도 가능해질 수 있다.

하지만, 이러한 VR 기반 안전 훈련이 건설산업에 좀 더 본격적으로 적용되고 그 효용성이 산업 전반에 과급되기 위해서는 몇 가지 중요한 과제가 남아있다. 비록 다른 산업 분야에서 VR 기반 훈련 프로그램이 효과가 있고, VR에서 습득된 기술이 현실 세계로 이전됨을 확인한 바가 있으나, 건설 작업 환경에서 안전과 관련된 직능에 대해 더욱 정확히 확인될 필요가 있다. 또한, VR 기반 안전 훈련 프로그램의 내용 및 구현방식에 따른 훈련 효과 차이에 대한 더욱 면밀한 조사와 연구가 수행되어야 할 것이다. 마지막으로, VR 기반 안전 훈련 프로그램 콘텐츠가 어떻게 가장 효율적이고 비용 효과적으로 생성될 수 있는지(즉, VR 기반 훈련 콘텐츠의 공급자 측면)에 대한 연구와 아이디어 개발도 필요하다.