

## 가상현실 기반 배관배선공사 교육훈련 콘텐츠 개발 및 평가

신정민<sup>1</sup> · 이석한<sup>2</sup> · 김상연<sup>3</sup> · 정구철<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>한국기술교육대학교, 인터랙션 연구실, 첨단기술연구소, 컴퓨터공학부 연구교수

<sup>2</sup>한국기술교육대학교, 인터랙션 연구실, 컴퓨터공학부 박사과정

<sup>3</sup>한국기술교육대학교, 컴퓨터공학부 교수

# Development and Evaluation of a Virtual Training Content for Plumbing and Wiring

Jungmin Shin<sup>1</sup> · Seok-Han Lee<sup>2</sup> · Sang-Youn Kim<sup>3</sup> · Goo-Cheol Jeong<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Research Professor, Interaction Laboratory of Advanced Technology Research Center, Korea University of Technology and Education, 31253, Korea

<sup>2</sup>PHD's Course, Interaction Laboratory of Advanced Technology Research Center, Department of Computer Science and Engineering, Korea University of Technology and Education, 31253, Korea

<sup>3</sup>Professor, Interaction Laboratory of Advanced Technology Research Center, Department of Computer Science and Engineering, Korea University of Technology and Education, 31253, Korea

### [요약]

본 논문에서는 머리착용 영상장치(HMD), 트래커를 포함한 가상현실컨트롤러, 그래픽렌더링, 햅틱렌더링 모듈로 구성된 배관배선 공사를 위한 몰입형 훈련 시스템을 개발하였다. 또한 사용자 평가를 통해 직업훈련을 위한 학습 콘텐츠로서의 활용 가능성을 탐색하였다. 사용자 평가결과, 총 7개의 영역에 대한 사용자 만족도 평균은 5점만점에 3.98 (표준편차: 0.69)로 대부분은 양호하게 측정되었으나 비교적 어려운 수행에서는 점수가 상대적으로 낮았다. 가상현실 기반의 직업훈련 콘텐츠에 관한 관심과 활용도가 증가하는 추세에 따라 실감형 콘텐츠 제작도 늘어나고 있으나, 각 훈련 분야별로 요구되는 훈련 효과의 내용은 다르며 이를 지원하는 가상현실 적용 방법도 훈련 분야 및 영역, 수행 특성별로 차이가 있다. 이를 위해 햅틱 피드백이 포함된 훈련의 난이도와 특성에 맞는 효과적인 몰입형 훈련콘텐츠가 다양하게 개발되어 확대·보급될 필요가 있다.

### [Abstract]

In this study, we developed a virtual training system consisting of a head mounted display (HMD), a VR controller, a graphic rendering module, and a haptic rendering module for a plumbing and wiring training system, and furthermore we explored the applicability of the proposed system as learning content for vocational training. As a result, the mean scores of user experience in all 7 learning parts was 3.98 out of 5(standard deviation: 0.69), which was measured well in most cases, but the score was relatively low in difficult performance. It is expected that interest in virtual reality-based vocational training contents will increase in the future, and as the usage is expected to be diversified, the development of immersive education and training content will grow further. Therefore, it is necessary to develop various effective immersive training content suitable for the difficulty and characteristics of training that includes haptic feedback and expand its distribution.

**색인어** : 가상현실, 교육훈련, 직업훈련, 사용자 평가, 배관배선

**Keyword** : Virtual reality, Education and training, Vocational training, User test, Plumbing and Wiring

<http://dx.doi.org/10.9728/dcs.2022.23.2.183>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 23 December 2021; Revised 20 January 2022

Accepted 07 February 2022

**\*Corresponding Author; Goo-Cheol Jeong**

**Tel:** +82-41-560-1181

**E-mail:** jeong@koreatech.ac.kr

## I. 서 론

최근까지 이어지고 있는 코로나 19 팬데믹의 장기화 현상은 비대면 사회적 관계 확산과 전체적인 삶의 방식의 변화를 넘어 구체적인 제도와 사회적 인식까지 바꾸어 놓고 있다. 대표적으로 대면 접촉식 상호작용이 주요했던 교육과 직업훈련 분야에서는 비대면 교육방식의 수용과 확대가 교육제도와 훈련문화에까지 영향을 미치고 있다. 전 세계적으로 코로나 19가 본격적으로 퍼지기 시작한 2020년 1월 이후 국내 직업훈련은 전년 대비 약 1,500개 과정이 적게 운영되며 2020년 4월 기준으로 약 22.2%의 감소세를 보였고[1], 국외적으로도 여러 나라에서 기술직업훈련(TVET; technical and vocational education and training) 센터가 일시 폐쇄되거나 영구 폐쇄하는 상황이 발생했다[2]. 전체적으로 기존의 집체 방식의 교육 훈련이 눈에 띄게 감소한 것이다. 2021년에 접어들어 한국을 포함하여 여러 국가에서 비대면 직업교육훈련 방식이 마련되었으나 ‘현장에서 사용 가능한 실용적인 기술 습득’이라는 TVET의 특성을 고려할 때 현실적으로 직업훈련 영역에서는 원격 수업이 대면 수업의 질을 대체할 수 없다는 평가가 지배적이다[3].

코로나 19 발발 이전에도 이미 다양한 멀티미디어가 교육과 훈련에 접목되어 학습효과를 높이고 수업의 몰입도 및 학습 만족을 높이는 수단으로 활용되어왔다. 1990년대 말 인터넷 기술의 확산으로 이러닝이 대표적인 멀티미디어 학습 보조제 역할을 하였고, 이후 스마트폰, 태블릿 PC 등 스마트 디바이스가 기존 이러닝에 융합되었다. 현재는 첨단기술이라고 불리는 인공지능, 빅데이터, 가상현실, 블록체인 등이 데이터와 소프트웨어를 기반으로 학습자에 대한 분석과 의사소통, 시뮬레이션을 통해 학습성도를 높이는 역할을 하고 있다[4]. 이 중에서도 가상현실(VR; virtual reality)은 학습자가 실제 작업 및 절차를 수행하는 훈련 영역에 주로 사용되면서 특정 직무 분야의 기술을 향상하고 연마하기 위한 직업훈련 영역에서 핵심적으로 교육훈련을 지원하는 역할을 하고 있다.

사전적 의미에서 훈련(training)은 훈련하는 사람의 행위(act), 과정(process) 또는 방법(method) 그 자체로 정의되거나 훈련하는 사람이 습득한 기술, 지식 또는 경험으로 정의된다[5]. 특히 직업훈련에서는 특정한 역할을 위한 ‘무언가가 되기 위한 학습(learning as becoming)’으로 훈련을 정의하기도 하는데 이는 직무 역할을 위해 습득한 실무 기술과 직접적인 관련이 있다[6]. 이에 따라 일반적으로 훈련은 실습실이나 실험실과 같은 물리적 공간에서 이루어지므로 훈련생들은 적절한 훈련을 받기 위해 실습장으로 이동하거나 현장체험실습의 경우 산업현장으로 가서 훈련을 받는 경우가 많다. VR 기술은 공간적 이동으로 인한 시간적 효율성과 현장의 위험요소로부터의 안전, 물리적으로는 한눈에 파악하기 어려운 훈련내용을 3D 시각장치 및 청각, 촉각 등을 활용하여 쉽고 정확하게 이해하고 기술을 습득하게 하는 장점이 있다. 더불어

어 의료나 군사훈련과 같이 실제와 같은 생생한 학습경험이 필요한데도 실제 현장에서 시행착오를 통해 학습효과를 기대하기 어려운 분야에 활용되는 시뮬레이션 교육 효과를 기대할 수 있다는 장점도 무시할 수 없다[7-9].

가상현실 기반 훈련은 실제에서 존재하기 어렵거나 실제 환경에서 발생하지 않는 상황도 생생하게 구현 가능하여 사용자들에게 생생한 경험을 제공해준다[10]. 또한, 사용자가 가상의 물체와 상호작용을 함으로 몰입감을 높일 수 있다[11-12]. 이상과 같은 가상현실 기반 교육훈련의 특성은 직업훈련 분야에서 몰입도 높은 교육훈련 환경을 제공하기 때문이다[13-15]. 가상현실 기반 훈련은 실체는 아니지만 ‘거의 실제와 같은’ 훈련 환경 속에서 실제 수업의 질을 대체할 수는 없지만 어느 정도 실제 수업의 효과에 접근하는 가상현실 기반 훈련콘텐츠로 실제 현장에 접근하기 어려운 한계를 극복하여 상대적으로 생생한 학습경험을 제공할 수 있다. 그러므로 가상훈련은 대형 장비, 고가 장비, 고위험 장비의 사용이 불가피하여 훈련 과정에 비용이 많이 들거나 사고의 위험성이 높은 경우 주로 활용되고 있다[16]. 또한, 텍스트나 2D 자료로는 설명하기 어려운 복잡한 내용에 대한 이해가 필요하거나 실제 실습을 위한 기본적인 작동 원리와 절차를 반복 학습하기 위한 목적으로도 활용되고 있다[17]. 가상훈련은 교육훈련 비용이나 위험도, 정밀도, 교육훈련 대상자 수가 높을수록 비용 절감 및 훈련 대체 효과가 큰 것으로 나타나 기계, 전기전자, 화학, 건설 등 공학 분야와 제조, 의료, 국방 등 다양한 분야에서 교육훈련 목적으로 활용되고 있다[18]. 이와 같은 이유로 본 연구에서는 기존방법과는 달리 가상현실을 이용하여 내선공사 분야의 교육훈련 과목인 배관배선 직업훈련 시스템을 개발하고(Ⅱ장), 3D 모델링과 렌더링으로 가상환경을 구축하여(Ⅲ장) 훈련을 위한 학습 콘텐츠로서의 조작 용이성을 실험 한다(Ⅳ장). 그리고 실험결과를 기초로 콘텐츠를 수정하고 실험결과와 시사점을 토대로 훈련콘텐츠로서의 향후 가상훈련 콘텐츠 개발 방향을 제안하고자 한다(Ⅴ장).

## II. 시스템 구성

본 배관배선공사 가상훈련콘텐츠 개발의 목적은 3D로 구현된 가상의 건물에서 사용자가 직접 케이블 트레이, 배관(금속 전선관) 및 배선 실습을 진행하도록 하여 학습자에게 실제로 접하기 어려운 상황을 체험하게 하거나 케이블 트레이, 금속전선관, 배선 등의 시공을 안전하고 정확하게 공사하는 법을 체험하는 데 있다. 이를 통해 내선공사 분야의 교육훈련과 현장 간 불일치로 인한 교육 비용 및 교육시간의 이중투입 현상 개선하고 실습의 효율성 높이는 것이 중요한 목표이다. 이를 위하여 본 연구에서는 트레이를 포함한 가상현실컨트롤러와 스테레오 영상장치 (Head Mounted Display, HMD), 그리고 PC를 이용하여 배관배선공사 가상훈련시스템을 구축하였다.

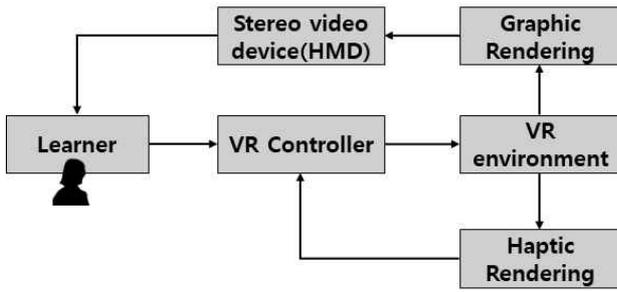


그림 1. 제안하는 시스템의 주요 요소들  
Fig. 1. Major components of the proposed system

배관배선 공사를 위한 가상훈련시스템에서는 학습자가 가상현실컨트롤러를 손에 쥐고 움직이면 가상현실컨트롤러의 움직임이 가상환경으로 전달되고, 가상환경 속 학습자의 가상의 손과 가상의 물체가 접촉하게 되면, 학습자의 움직임에 따라 가상의 물체는 변형이 되거나 움직이게 된다. 대상물체의 모양이나, 변형, 움직임이 그래픽 렌더링을 통하여 사실적으로 시각화 된 후 스테레오 영상장치를 착용하고 있는 학습자에게 전달되어 학습자는 마치 실 세계에서 실제 물체를 조작하는 것과 같은 느낌을 전달받을 수 있다(그림 1). 그리고 학습자의 가상의 손과 가상의 물체가 접촉할 때 충돌하면서 진동 촉감이 발행하는데 이는 햅틱렌더링 모듈에서 계산되어 가상현실컨트롤러 내에 있는 진동모터를 통하여 생성된다. 이러한 충돌에 따른 진동이 학습자에게 전달되어 가상의 훈련 환경 속에서 학습자는 가상물체와 상호작용하며 더욱 능동적으로 학습에 참여할 수 있다.

### Ⅲ. 가상환경 구축

#### 3-1 모델링 및 렌더링

배관배선공사를 위하여 콘센트 박스, 리머, 먹줄, 몽키스패너, 사다리, 줄톱, 세트앵커 등을 모델링하고 이 외에도 줄, 파이프바이스, 해머드릴, 핸드 그라인더, 전동공구도 모델링하였다. 그리고 현장감을 극대화하기 위해, 가상환경은 케이블 트레이가 설치되어있는 공사현장으로 선택하였다. 공사현장에서 다양한 공구들을 이용하여 파이프 절단하기, 금속전선관 절단면 다듬기, 금속전선관을 다양한 형태로 가공하기, 전선관의 내부 다듬기, 금속전선관과 박스 접속하기 등을 학습할 수 있도록 학습환경을 구축하였다.

가상의 공사현장의 건물을 구현하기 위해 도면을 바탕으로 장면을 구성하여 공간을 모델링하였다. 모델링을 완료한 후 자연스러운 학습공간 연출한 원활한 학습이 이루어질 수 있도록 조명등을 배치한 후 텍스처 매핑을 수행하여 전체 공간을 완성하였다(그림 2). 모델링은 3D studio MAX를 이용하였으며 넓은 공간을 채우기 위해 AO(Ambient Occlusion) 맵을 활용하여 텅 빈 느낌을 없애고 사실감을 증대하였으며 탁자와 같은 소품들은 다양한 텍스처들을 입히고, 물체 표면에서 반사되는 빛의 양을 조절하여 현실감을 극대화하였다. 작은 공구류는 공간과 비교하면 매우 작고 단순한 형태의 움직임을 보이므로 노말맵 (Normal map)을 활용하지 않고 폴리곤만을 이용하였으며 특별하게 텍스처 매핑을 하지 않고, 색상과 반사되는 정도만을 조절하여 재질감을 표현하였다.

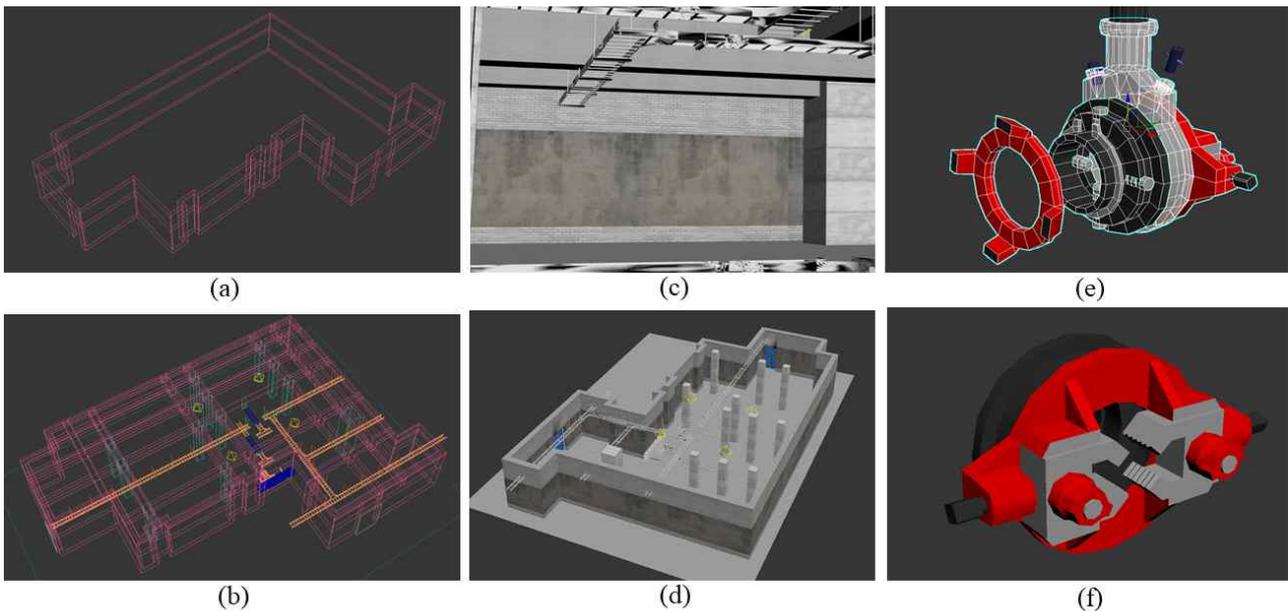


그림 2. 작업공간 모델링 (a): 도면을 기반으로 한 모델, (b): 조명등 설치, (c): 텍스처 매핑, (d): 구성된 전체 작업공간  
Fig. 2. Modeling for workplace (a): model based on floor plan, (b): hanging lights, (c): texture mapping, (d): constructed model of the workplace



그림 3. 렌더링 된 이미지 (사다리 및 오스터)  
 Fig. 3. Rendered images (a) ladder (b) oster

대상 장비나 물체는 일반적으로 잡하기 힘든 제품들이 많고 특정 회사의 자산이라서 보안상 실물이나 도면을 구할 수 없는 것들이 많다. 따라서 인터넷상의 공개된 이미지나 동영상 참고하여 제작하였으며, 작동방식은 동영상을 참고해도 알아보기 힘들어 실물을 대여하고 사용해보고 모델링하였다. 그리고 작업공간에 다양한 모델들을 배치했을 때 사실적으로 보일 수 있도록 실제 크기로 가상물체들을 제작하였다.

그림 3은 사다리와 오스터를 렌더링한 이미지로, 렌더링을 위하여 3dsMax에서 UVW 좌표 셋팅과 적용 테스트를 마친 맵핑 소스를 활용하여 NormalMap, AOMap 등의 디테일 작업까지 마친 후 최적의 Shader를 적용하고 반사맵, 조명 등의 셰이딩 작업을 수행하였다. 이후 애니메이션 테스트와 3dsMAX와 Unity3D에서 수정하고 개발 중에 발생하는 피드백을 받은 후 오류와 내용을 수정하였다.

### 3-2 인터페이스

실습모드의 메뉴에는 과정명, 학습공정 진행률, 홈으로 이동, 종료, 도움말, 전체목차 맵, 사운드 On/Off, 화면 전체화면/축소, 세부공정 이동, 세부공정 현재 단계, 하위 공정명, 총 하위 공정단계 중 현재 단계, 다음 단계로 이동 등을 구현하였다. 과정명에서는 현재 학습중인 과정명을 표시하였고, 학습공정 진행률은 0~100% 까지 학습 진행 정도를 숫자로 표현하였다. 홈으로 이동버튼 및 종료버튼은 언제 어디서나 버튼을 누르면 초기화면으로 돌아갈수 있도록 하거나 학습을 끝낼수 있도록 하였으며, 도움말은 조작에 대하여 궁금한 점이 있을 때 누르면 바로 알려주는 화면을 사용자에게 띄워주었다. 전체목차맵은 학습세부내용들을 목차화 하여 제공하였으며, 사운드 On/Off 버튼은 누르면 나레이션이나 특정 사운드가 켜지거나 꺼지게 구현하였다. 화면 전체화면/축소는 보이는 화면을 전체화면으로 보거나 축소하도록 구현하였다. 세부공정이동은

여러공정중 다음단계 또는 이전단계로 이동할수 있도록 하였으며, 세부공정 현재단계는 세부공정을 이루고 있는 여러단계 중 현재 있는 단계를 보여주고 있다. 세부공정은 여러개의 하위공정으로 이루어져 있다. 하위공정명은 하위공정의 이름을 학습자에게 보여주며 하위공정단계중 현재단계 및 다음단계로의 이동버튼 역시 구현하여 학습을 용이하게 하였다.



그림 4. 가상교육을 위한 디자인된 UI  
 Fig. 4. Designed UI for Virtual Training

그리고 가상현실 컨트롤러의 A 버튼을 누른 상태에서 양팔을 평행하게 앞으로 내밀거나 마우스의 오른쪽 버튼을 클릭하게 되면 모든 메뉴가 나올 수 있도록 구축하였다. 그림 4(a)는 케이블 트레이 조립하기를 수행하다 메뉴를 호출하였을 때의 모습을 보여주며 그림 4(b)는 배관 절단하기를 수행할 때 화면이다. 그림 4(b)에서 보는 것처럼 실습모드에서 화살표와 가이드를 통해 마우스를 드래그하거나 가상현실컨트롤러를 움직여서 실제와 같이 공구를 움직이고, 금속전선관을 움직여서 조작할 수 있다.

개발한 콘텐츠는 HMD뿐 아니라 PC에서도 구동이 될 수 있도록 개발하였다. PC에서는 마우스를 주 인터페이스로 사용하였으며 HMD에서는 VR 컨트롤러를 이용하였다. PC 버전의 경우 마우스는 왼쪽 버튼을 클릭할 때마다 이벤트가 발생하도록 하였으며 마우스 이벤트를 받으면 애니메이션이 수행되거나 카메라 시점이 이동되거나 버튼 등이 동작된다.



그림 5. 마우스를 이용한 상호작용, (a): 마우스 왼쪽 버튼을 클릭하였을 때의 예, (b): 마우스를 드래깅하였을 때의 예  
 Fig. 5. Interaction using a mouse, (a): example of clicking left button, (b): example of dragging a mouse

특히 원하는 대상 위에서 마우스 왼쪽 버튼을 눌렀을 경우, 대상물체 위에 콜라이더(collider)를 입혀서 미리 설정해 놓은 동작 원리에 해당하는 애니메이션을 재생한다 (그림 5(a)). 마우스를 드래그하는 경우에는 대상물체가 마우스가 움직이는 대로 이동하도록 구현하였다(그림 5(b)). 또한 버튼을 클릭하였을 경우, 버튼이 가지고 있는 키값(key value)과 동일한 값의 데이터를 데이터 테이블에서 찾아 해당 공정으로 이동하도록 구현하였다.

HMD를 착용한 경우에는 학습자는 컨트롤러를 이용하여 가상환경과 상호작용한다. 특히 트리거 버튼을 누르고 나서 약속된 특정 동작을 하였을 경우 학습자의 아바타가 같은 행동을 할 수 있도록 하였다. 예를 들면, 학습자가 양손 컨트롤러를 당기고 팔을 뻗는 경우 y 축의 값의 변화를 판단하여 학습자 아바타의 손이 사다리와 접촉되어있는 경우에는 사다리를 한 계단씩 올라가도록 하였다(그림 6(a)). 그리고 가상현실 컨트롤러의 A, B, X 버튼은 나레이션, 텍스트 가이드, 애니메이션과 매핑되도록 하였다. 즉, 학습자가 해머 드릴을 가지고 있는 경우 컨트롤러 y축의 움직임을 파악하여 해머 드릴로 천장에 천공하도록 하였다(그림 6(b)). 그리고 반복적으로 마우스로 클릭하거나 컨트롤러 버튼을 계속해서 눌러야 하는 경우, 사용자의 불편함을 없애기 위해서 한 번만 클릭하거나 컨트롤러의 버튼을 누르면 자동으로 동작 되도록 애니메이션으로 처리하였다.

예를 들어 그림 7과 같이 학습자가 파이프를 밀어 넣는 작업의 경우에는 이동시켜야 할 대상에 콜라이더를 입혀 마우스 이벤트를 확인하였다. 마우스 왼쪽 버튼을 클릭 시 드래그 모드로 전환하고 마우스가 움직이는 방향의 위 또는 아래로

오브젝트가 움직이게 하였다. 학습자가 파이프 바이스의 관을 물려야 하는 위치까지 파이프를 밀어 넣으면 애니메이션 이벤트가 발생하고 파이프를 움직일 수 없도록 파이프의 콜라이더를 비활성화하였다.

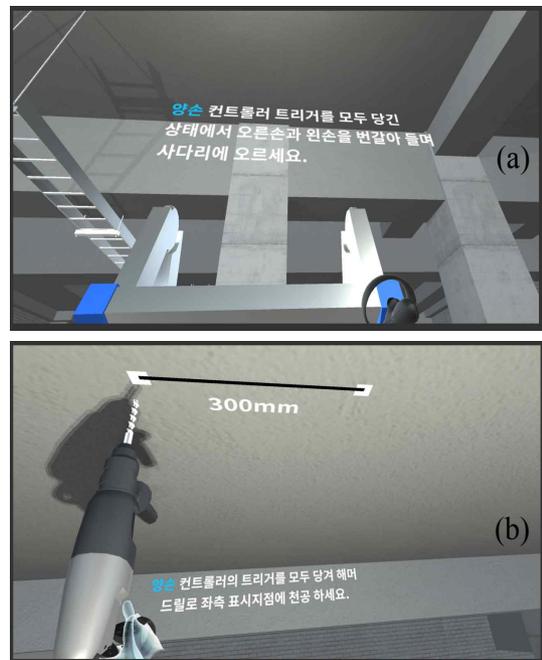


그림 6. 가상현실 컨트롤러를 이용한 상호작용, (a): 학습자가 사다리를 오르는 경우, (b): 학습자가 드릴링을 하는 경우  
 Fig. 6. Interaction using a VR controller, (a): case of climbing up a ladder, (b): case of drilling a hole in the ceiling

하나의 훈련내용이 끝난 후에는 퀴즈를 풀도록 하여 학습 내용을 스스로 확인할 수 있도록 하였다. 이때 퀴즈 중에 답을 선택하기 전까지 확인 버튼은 비활성 상태를 유지하였다. 그리고 상단 하위 공정명 옆에 있는 ‘다음’ 버튼을 누를 경우, 학습자가 퀴즈 문제를 다 풀었는지를 검사한 후, 문제를 풀지 않았다면 그림 8과 같이 “진행하지 않은 학습이 있습니다” 라는 팝업창을 띄우고 다음 단계의 이동을 제한한다. 답을 선택하고 확인 버튼을 누르면 결과를 화면에 보여주고 모든 퀴즈를 다 풀어야 다음 버튼으로의 이동이 가능하도록 구현하였다.



그림 7. 애니메이션 효과  
Fig. 7. Animation effect

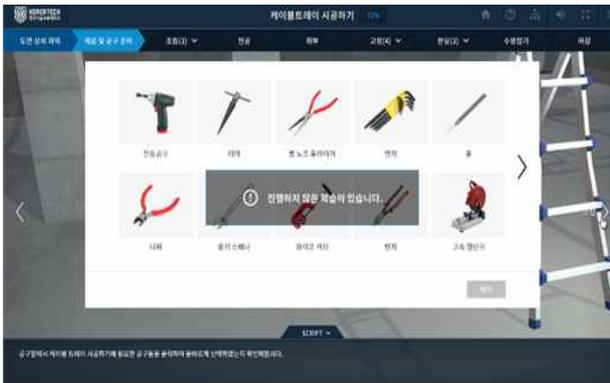


그림 8. 퀴즈 화면  
Fig. 8. Screen shot for quiz

#### IV. 실험 및 결과

본 연구에서 제안된 가상현실 기반 배관배선 훈련콘텐츠에 대한 사용자 평가를 위해 총 20명의 피험자가 바이브 (VIVE) HMD를 착용하고 실험에 참여하였다. 이중 남자는 12명 여자는 8명이고 연령별로는 20대 11명, 30대 8명, 그리고 40대 피험자가 1명이었다. 실험을 수행하기 전 약 5분간 피험자들에게 본 콘텐츠가 케이블 트레이, 금속전선판, 배선으로 구성되어 있다는 것을 알려주고 전반적인 학습구성과 함께 배관배선 가상훈련 콘텐츠에 대한 설명을 진행하고 3분 동안 사용자 평가목적에 대한 이해를 위해 설명 하였다. 기본 오리엔테이션을 마친 후 실험에 참여한 피험자들에게 각각 30분 동안 자유롭게 학습 콘텐츠를 작동하며 학습하도록 하였다. 학

습 전 학습자들에게 아래의 7개의 사용자 평가항목을 제시하고 3번씩 학습을수행하였다.

- ① 금속전선판에 매직으로 표기를 할 수 있다.
- ② 금속전선판에 수동 오스터로 금속 나사산을 내는 기능을 대체할 수 있다.
- ③ 쇠톱으로 금속 등 부품을 절단하는 기능을 대체할 수 있다.
- ④ 파이프 벤더로 금속전선판에 굴곡을 주는 기능을 대체할 수 있다.
- ⑤ 파이프 바이스로 나사내기 기능을 대체할 수 있다.
- ⑥ 스위치 박스, 록너트, 부싱을 조립할 수 있다.
- ⑦ 리머로 금속의 절단면과 주위를 다듬는 기능을 대체할 수 있다.

사용자 평가항목을 인지한 학습자들은 가상훈련 환경에서 학습을 수행한 이후 각 평가항목(5점 리커트 척도)에 따라 사용자 평가를 진행하고 추가로 인터뷰를 통해 자유 의견을 취합하였다. 리커트 척도에서 1점은 매우부정(또는 매우불만족), 2점은 부정(또는 불만족), 3점은 보통, 4점은 만족(또는 긍정), 그리고 5점은 매우만족(또는 매우긍정)으로 사용자에게 제시하였다.

사용자 평가결과, 그림 9와 같이 1번 항목(매직으로 금속 전선판에 표기할 수 있음)이 4.25점(표준편차 0.83)으로 가장 높은 점수를 나타냈다. 2번 항목(금속전선판에 수동 오스터로 금속 나사산을 내는 기능을 대체할 수 있음)도 4.10점(표준편차 0.77)으로 그 다음으로 높게 나타났다.

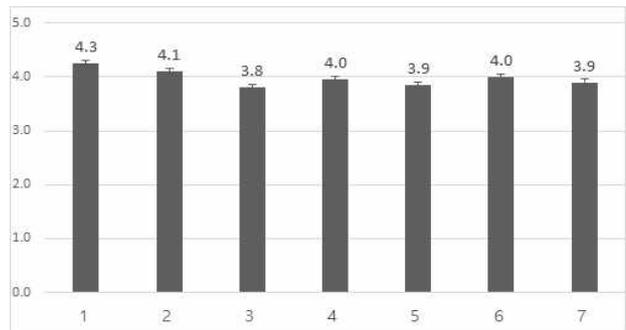


그림 9. 항목별 평균  
Fig. 9. Itemized average

반면, 3번 항목(쇠톱으로 금속 등 부품을 절단하는 기능을 대체할 수 있음)은 3.8점(표준편차 0.60)으로 가장 낮은 점수를 나타냈으며, 5번 항목(파이프 바이스로 나사내기 기능을 대체할 수 있음)이 3.85점(표준편차 0.79)으로 그다음으로 점수가 낮았다. 가상현실 환경 속에서 간단한 표기와 선을 내는 기능은 비교적 쉬웠으나 부품 절단과 같은 난이도가 높은 수행에 있어서 사용자 평가 점수가 낮게 나타나 가상현실 환경 속에서 난이도가 높은 수행은 여전히 어려운 것으로 보인다.

이외에도 학습자들은 콘텐츠를 경험한 이후, 자유롭게 콘

텐츠 학습 후기를 제시하였는데 그 중 ‘이벤트 및 학습을 유도하는 표시가 좀 더 명확하게 표현되어야 한다’, ‘실습모드에서 전체 수행학습 맵을 확인하여 전체 훈련 구조 속에서 현재 어느 학습 단계에서 수행할 수 있는지 알 수 있으면 좋겠다’는 의견이 있었다. 또한, ‘가상현실 환경에서 장비와 공구 등을 드래그하여 이동시 수행이 다소 원활하면 좋겠다는 의견을 제시하여 대상물체를 선택할 때 선택영역이 하이라이트되게 하여 쉽게 선택을 할 수 있도록 수정하고 실습모드의 전체 학습맵에서 현재 어느 정도 학습을 했는지 알 수 있도록 콘텐츠를 수정·보완하였다. 여기에 클릭 가능한 물체 위에 마우스/가상현실 컨트롤러를 위치시키면 손가락 모양으로 커서 등이 바뀔 수 있도록 수정하여 전체적인 가상현실 배관배선 공사를 위한 훈련콘텐츠의 완성도를 높였다.

## V. 논의 및 결론

가상현실이 적용된 배관배선 공사 교육훈련 콘텐츠는 3D로 구현된 가상의 건물에서 가상의 훈련을 통해 케이블 트레이시공, 배관 시공, 배선 시공 기술에 대해 학습하고 실습을 진행할 수 있도록 개발되었다. 본 연구에서 제안된 가상훈련 시스템을 통해 최대한 현장에서의 직무 감각을 살리면서 교육비용을 최소화하고 시공시 발생할 수 있는 사고를 시뮬레이션을 통해 사전 숙지함으로써 사전에 사고를 예방하는 교육 효과도 기대할 수 있다. 무엇보다도 학습자는 가상현실 기반의 훈련콘텐츠를 통해 배관·배선 공사 업무를 수행하는데 요구되는 능력 수준을 스스로 함양하고 실제 현장에 투입되기 전 현장에 구체적인 이해를 통해, 보다 원활하게 현장 업무에 적응할 수 있다는 점이 가장 주목할만한 교육적 역할 및 효과라고 할 수 있을 것이다.

그러나 사용자 평가에서 드러난 것과 같이 효과적인 훈련을 위해 VR 학습경험을 개선하는 것이 필요한 것으로 나타났다. 현실에서도 어려운 학습수행이 가상현실에서도 수행이 원활하지 않았기 때문이다. 그러므로 현실에서 어려운 훈련수행을 가상현실에서는 더욱 쉽게 할 수 있도록 가상의 환경에서 난이도가 높은 수행을 중점적으로 반복 수행할 수 있는 자기 주도적 학습환경을 만드는 것이 매우 중요하다. 이를 위해서는 학습자의 행위에 대한 실시간 반응도를 높이고 다양한 감각적 자극을 통해 최대한 실재감이 높은 가상의 환경을 구성하는 것이 필요하다.

본 연구에서 제안된 시스템은 햅틱을 사용하여 현장감(sense of reality)과 몰입감을 높인 가상현실 기반 콘텐츠이다. 가상현실 환경에서의 경험을 다양화하려는 시도가 늘어나고 있다. 즉, 사용자가 VR에서 냄새를 맡을 수 있도록 다양한 냄새를 시뮬레이션하거나 가상 물체와 상호 작용할 때 열 피드백을 제공하는 방법[17-18]과 햅틱을 적극적으로 사용하는 경우가 늘고 있다[19]. VR은 실제 교육훈련 현장으로 이동하는데 필요한 시간과 노력, 비용 등을 절감하면서 3D 시

각화 기술과 청각 및 촉각 장치를 통해 기술과 프로세스 중심의 훈련절차를 습득하는 데 매우 유용하다. 따라서 앞으로 가까운 미래의 VR 기술이 적용된 교육훈련 애플리케이션은 다양한 촉각 감각이 동반되는 햅틱 기반 훈련과 여러 감각 장치를 통합하여 교육훈련의 현실감과 몰입도를 높이는 방향으로 더욱 발전할 것으로 기대된다.

## 감사의 글

본 연구는 한국기술교육대학교 교무팀의 교육연구진흥과제(202101930001, 가상현실 교육시스템 콘텐츠)의 지원을 받아 수행되었습니다. 또한 본 연구는 한국연구재단의 신진연구자지원사업(인문사회)의 지원(NRF-2021S1A5A8070203)을 받아 수행되었습니다.

## 참고문헌

- [1] J. S. Kim, "Direction and Tasks of Vocational Competency Development Policy in Response to COVID-19," *Employment & Labor Brief*, No. 100, July 2020.
- [2] ILO, UNESCO & WBG, "ILO-UNESCO-WBG Joint Survey on Technical and Vocational Education and Training (TVET) and Skills Development During The time of COVID-19," 2020. [https://www.ilo.org/skills/Whatsnew/WCMS\\_740668/lang-en/index.htm](https://www.ilo.org/skills/Whatsnew/WCMS_740668/lang-en/index.htm).
- [3] International Labour Organization and World Bank, "Skills development in the time of COVID-19: Taking stock of the initial responses in technical and vocational education and training," [https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed\\_emp/---ifp\\_skills/documents/publication/wcms\\_766557.pdf](https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_emp/---ifp_skills/documents/publication/wcms_766557.pdf)
- [4] Y. I. Kong, "Edutech industry trends and current affairs," *Monthly SW-Oriented Society*, April, 2020.
- [5] Merriam-Webster. <https://www.merriam-webster.com/dictionary/training>
- [6] H. Colley, D. James, K. Diment, and M. Tedder, "Learning as becoming in vocational education and training: class, gender and the role of vocational habitus," *Journal of Vocational Education & Training*, Vol. 55, No. 4, pp. 471-498, 2003.
- [7] J. P. Kincaid, R. Hamilton, R. W. Tarr, and H. Sangani, Simulation in Education and Training, in *Applied System Simulation: Methodologies and Applications*, ed. M. S. Obaidat, G. I. Papadimitriou, pp. 437-456, 2003.
- [8] G.-Y. Cho, "Effects of a Simulation-based education on Cardiopulmonary Emergency Care Knowledge, Critical Thinking and Problem solving ability in Nursing Students," *Journal of Fisheries and Marine Sciences Education*, Vol. 28, Issue. 2, pp. 439-449, April 2016.

[9] O. Chernikova, N. Heitzmann, M. Stadler, D. Holzberger, T. Seidel, and F. Fischer, "Simulation-Based Learning in Higher Education: A Meta-Analysis," *Review of Educational Research*, Vol. 90, No. 4, pp. 499-541, 2020.

[10] J. Martín-Gutiérrez, C. Efrén-Mora, B. Añorbe-Díaz, and A. González-Marrero, "A Virtual Technologies Trends in Education," *EURASIA Journal of Mathematics Science and Technology Education*. Vol. 3, No. 2, pp. 469-486, 2017.

[11] S. W. Lee, "Present and future of virtual reality technology based on embedded cognition," *The Studies in Korean Literature*. Vol. 54, pp. 39-64, 2017.

[12] S. B. Park and S. H. Yoon, "A study on the user evaluation for media form of virtual environment," *Korean Institute of Interior Design Journal*. Vol. 17, No. 5, pp. 166-174, 2008.

[13] J. T. Park, J. H. Kim, and J. H. Lee, "Development of Educational Content for Dental Extraction Skill Training Using Virtual Reality Technology", *Korea Contents Association (KCA) Journal*, Vol. 18, No. 12, pp. 218-228, 2018.

[14] E. J. Song and S. H. Lee, "A Study on NCS-based Virtual Training Content Analysis," *Journal of information and communication convergence engineering*, Vol. 21 No. 3, pp. 651-656, 2017.

[15] W. H. Park, I. H. Song, and S.Y. Kim, "A Virtual Reality based Education System for General Lathe," *Journal of Knowledge Information Technology and Systems (JKITS)*, Vol. 13, No. 5, pp. 597-605, 2018.

[16] Y.-W. Lee, "The Current Situation and Prospect of Safety Education Contents based on VR", *Journal of Korea Institute of information and Communication Engineering*, Vol.24, No. 10, pp.1294-1299, 2020.

[17] E. J. Jung, N. H. Kim, "Virtual and Augmented Reality for Vocational Education: A Review of Major Issues", *Journal of Korean Association for Educational Information and Media*, Vol.27, No.1, pp. 79-109, 2021.

[18] J. Shin, S.-Y. Kim, "User Test and Evaluation of a Virtual Training Content for Absorptive Hot and Chilled Water System", *Journal of Digital Contents Society*, Vol. 20, No. 10, pp.2071-2078, 2019.

[19] B. Xie, H. Liu, R. Alghofaili, Y. Zhang, Y. Jiang, F. D. Lobo, C. Li, W. Li, H. Huang, M. Akdere, C. Mousas, and L.-F. Yu, "A Review on Virtual Reality Skill Training Applications," *Frontiers in Virtual Reality*, Vol. 2, 2021.



**신정민(Jungmin Sin)**

2008년 : 이화여자대학교 대학원 (교육학, 문학석사)

2016년 : 이화여자대학교 대학원 (교육학, 문학박사)

2017년~2018년: 한국기술교육대학교 온라인평생교육원 연구교수

2019년~2020년: 한국고용정보원 부연구위원

2020년~현 재: 한국기술교육대학교 첨단기술연구소 연구교수

※ 관심분야 : 가상현실 기반 교육훈련, 몰입교육, 평생직업 능력개발, 온라인 직업훈련



**이석한(Seok-Han Lee)**

2019년 : 한국기술교육대학교

컴퓨터공학 학사

2019년~현 재 : 한국기술교육대학교

대학원장의융합공학

협동과정(석박사통합

과정)

※ 관심분야 : 햅틱스, HVI, 센서/액츄에이터



**김상연(Sang-Youn Kim)**

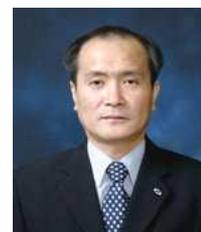
1997년 : KAIST 대학원 (공학석사)

2004년 : KAIST (Ph.D-기계공학)

2004년~2006년 : 삼성종합기술원 책임연구원

2006년~현 재 : 한국기술교육대학교 컴퓨터공학부 교수

※ 관심분야 : 가상현실, 햅틱스, 센서/액츄에이터



**정구철(Goo-Cheol Jeong)**

1981년 : 중앙대학교 (공학석사)

1988년 : 중앙대학교 (공학박사)

1982년~1984년 : 기아자동차 연구소 연구원

1988년~1991년 : 동서울대학교 전자공학과 교수

1991년~현 재 : 한국기술교육대학교 컴퓨터공학부 교수

※ 관심분야 : 가상현실 기반 학습, 햅틱스, 온라인 직업훈련