

<원저>

혼합현실 기반 방사선 안전교육 시뮬레이터 플랫폼 개발 : 의료분야 중심으로

박형후·심재구·권순무

대구보건대학교 방사선과

Mixed Reality Based Radiation Safety Education Simulator Platform Development : Focused on Medical Field

Park Hyong-Hu·Shim Jae-Goo·Kwon Soon-Mu

Department of Radiological Technology, Daegu Health College

Abstract In this study, safety education contents for medical radiation workers were produced based on Mixed Reality(MR). Currently, safety training for radiation workers is based on theory. This is insufficient in terms of worker satisfaction and efficiency. To address this, we created ICT(Information and Communication Technologies)-based MR radiation worker safety education content. The expected effect of Mixed Reality worker safety education content is that education is possible without space and time constraints, realistic education is possible without on-site training, and interaction between images is possible through reality-based 3D images, enabling self-directed learning. In addition, learning in a virtual space expressed through HMD(Head Mounted Display) is expected to make education more enjoyable and increase concentration, thereby increasing the efficiency of education. A quantitative evaluation was conducted by an accredited institution and a qualitative evaluation was performed on users, which received excellent evaluation. The MR safety education conducted in this study is expected to be of great help to the education of medical radiation workers, and is expected to develop into a new educational paradigm as online education in accordance with Corona 19 progresses.

Key Words: Mixed Reality, Radiation Safety Education, Educational Contents, Virtual Reality, Augmented Reality

중심 단어: 혼합현실, 방사선 안전교육, 교육용 콘텐츠, 가상현실, 증강현실

1. 서 론

최근 발생한 각종 방사선 관련 피폭 안전사고로 방사선 안전사고에 대한 국민적인 관심이 높아졌으나 이에 관련된 방사선안전에 관한 교육내용과 효과적인 안전 체험교육에 관한 교육시스템은 많이 부족한 것이 현실이다[1].

기존에 대부분의 방사선에 관련된 안전사고 체험 시뮬레이션은 방사선 작업종사자 위주로 간단한 이론 수업 위주로 구성되어 있다. 기존의 전달식 이론 교육은 사고 현장에서 나타나는 다양한 상황에 대한 교육이 이루어지지 못해서 사

고대응에 관한 교육으로 적합하지 않다는 의견이 많다. 그래서 사고 현장에서 대응능력을 향상시키기 위한 안전교육에 대한 새로운 시스템 구축이 시급한 실정이라 하겠다[2-4].

방사선 안전사고 및 산업 현장의 각종 사고 발생 시 초기대응 즉 골든타임의 중요성을 감안하여 방사선 작업종사자 및 현장에 있는 모든 인원들이 방사선안전에 관한 사전 체험과 사전안전교육이 실시된다면 사고의 확대와 피해를 획기적으로 줄일 수 있다고 생각한다. 이를 위해 미래 지향적인 기술인 ICT(Information and Communication Technologies) 기반 기술인 혼합현실(Mixed Reality; MR)

This study was conducted by the Ministry of SMEs and Startups Industry-Academia-Research Collabo R&D (preliminary research) project support. Corresponding author: Soon-Mu Kwon, Department of Radiologic Technology, Daegu Health College, Taejeon-dong 15, Yeongsong-ro, Buk-gu, Daegu, 41453, Republic of Korea / Tel: +82-53-320-1847 / E-mail: kwoncine2@hanmail.net

Received 18 February 2021; Revised 19 March 2021; Accepted 31 March 2021

Copyright ©2021 by The Korean Journal of Radiological Science and Technology

등의 기술을 활용한 방사능 사고 현장체험 콘텐츠 기반의 방사선 안전교육 시뮬레이터 플랫폼을 구축하고자 본 연구를 시작하게 되었다.

혼합현실은 가상의 현실과 증강의 현실을 혼합한 것으로 실제 현실 세계를 기반으로 3D 정보를 감지하여 혼합현실 콘텐츠를 이용하는 사용자의 행동과 위치에 따라 가상의 정보를 현실에 공존하는 것처럼 나타나어 실제 물체가 이용자와 같이 물리적으로 상호작용하게 하여 실제로 같이 움직이는 것처럼 느끼게 하는 기술이다. 혼합현실은 현실 및 가상 현실(Virtual Reality; VR)과 증강현실(Augmented Reality; AR)이 결합된 것으로 정보교환과 현실감이 뛰어나 여행체험, 교육, 직업훈련, 군사훈련 등의 콘텐츠에 적용되어 활용되고 있고 다방면으로 발전할 것으로 예상된다[5-6].

본 연구는 혼합현실을 기반으로 하는 방사선 안전교육 시뮬레이터 플랫폼을 UI(User Interface)/UX(User Experience) 기반으로 하는 콘텐츠를 만들기 위해 연구가 시행되었다. 현재까지 방사선 안전교육은 신규교육, 종사자기본교육, 보수교육 3개 분야로 나누어 교육하고 있고, 각각 단일 교재로 교육하고 있어 형식에 치우치고 현실감이 떨어지고 효율성이 떨어지는 교육으로 실무에 도움이 되지 않는다는 의견이 많았다. 이를 극복하기 위해 본 연구에서는 혼합현실을 이용한 실감형 및 체험형 방사선 안전교육 시뮬레이션 플랫폼 구축에 대한 필요성을 느끼고 연구를 수행하게 되었다. 혼합현실을 기반으로 한 방사선 안전교육을 시행하면 산업체 요구를 반영한 현장 실무형 교육을 시행할 수 있고, 위기 대응형 교육으로 실체감이 뛰어난 체험형 안전교육을 실행할 수 있어 효과와 만족도를 극대화시킬 수 있다[7-8].

본 연구는 의료분야 직장 방사선 안전교육용 콘텐츠 개발을 목적으로 하고 있고 방사선 안전교육을 수준별, 분야별 맞춤형 교육훈련강화, 현장중심의 교육 훈련 내실화로 방사선 안전교육의 새로운 패러다임을 구축하고, 고객 맞춤형 교육교재 개발을 통해 안전교육효과 증대 및 만족도를 향상시킬 수 있는 ICT 기반 현장 실감형 혼합현실 교육 시뮬레이션 플랫폼 및 훈련 콘텐츠 시스템을 개발하고자 본 연구를 실시하게 되었다.

II. 대상 및 방법

1. 연구대상

1) 방사선 작업종사자 안전교육 현황

식품의약품안전평가원 방사선안전관리규정 제26조 Table 1에 따르면 현재 방사선 작업종사자 안전교육은 신규종사자 교육, 정기교육, 보수교육으로 나누어져 시행된다. 이 안전교육의 내용은 각각 단일 교재를 사용하고 교육자가 일반적으로 피교육자에게 전달하는 방식으로 진행되고 안전교육에 대한 실습 문항 없이 이론만 전달하는 형식적인 교육으로 현실감이 떨어지는 안전교육이라고 할 수 있다. 그리고 방사선작업종사자들이 근무하는 작업현장, 근무 직종이 다양하기 때문에 단일 교재로 안전사고에 대한 교육을 다 할 수가 없고, 교육을 시행하는 기관도 한국원자력아카데미와 한국방사선진흥협회, 한국원자력 안전재단에서만 교육을 받을 수 있어 시간과 장소의 제약을 많이 받아 안전교육을 성실히 받을 수 있는 여건이 힘든 상황이다. 그래서 방사선 작업종사자 안전교육을 실시하지 않은 기관이 2019년에 5년간 약 32곳이 발생하여 과태료 처분을 받았고 이로 인해 여러 가지 방사선안전 관련 사고가 발생되고 있다[9].

이러한 문제점을 해결하기 위해 혼합현실을 이용하여 방사선종사자들을 위한 안전교육 콘텐츠를 개발하여 안전교육에 활용하고자 한다. 혼합현실 콘텐츠를 사용하여 교육을 시행하면 시간적 요인과 공간적인 제약으로부터 자유롭게 되어 언제 어디서나 안전교육을 시행할 수 있다. 안전교육이 충실히 시행되면 현재 일어나고 있는 방사선 관련 안전사고를 줄일 수 있는 좋은 방안이라고 할 수 있을 것이다.

2) 혼합현실을 기반으로 한 방사선작업종사자 안전교육의 필요성

현재 방사선종사자 안전교육은 실습이 없는 이론 위주의 교육이다 보니 피교육자들의 집중도와 만족도 부분에서 효율이 많이 떨어지고 또한 각각 종사자들의 분야가 다른데도

Table 1. Safety training hours for radiation workers

Curriculum and Target	Training for new employees		Regular training for workers				Conservative education
	Basic education	Education at work	Basic education			Education at work	Radioisotope licensee
			Radiation safety manager	Radiation worker	Radiation zone frequent access		
Course hours	More than 8 hours	More than 4 hours	3 hours or more every year	3 hours or more every year	3 hours or more every year	3 hours or more every year	3 hours or more every year (12 hours or more)

Rationale : The Food and Drug Safety Evaluation and radiation safety requirements Article 26

불구하고 같은 이론을 가지고 교육을 하다 보니 현장 실정에 맞지 않는 교육이 행하여지고 있다. 그래서 이 부분을 보완하고 각각의 직종에 맞는 안전교육을 시행하고자 혼합현실을 기반으로 한 콘텐츠를 만들어 안전교육에 적용하고자 하는 것이다. 혼합현실을 이용하는 안전교육은 HMD(Head Mounted Display) Device를 이용하여 안전교육 콘텐츠를 실행하여 마치 현장에서 직접 안전교육을 받는 것처럼 장비와 상호작용을 통해 현장에서 직접 실습을 해 보는 것과 같이 교육을 진행할 수 있어서 안전교육에 관한 능률과 효과가 높아질 것으로 예상된다. 본 연구에서는 의료분야에서 실제로 일어날 수 있는 방사선 관련 안전사고를 미리 예상하고 시나리오를 작성하여 혼합현실 콘텐츠를 만들고 실제 상황과 흡사한 안전조치를 직접 시행해 봄으로써 실제 상황이 발생하였을 때 효과적으로 대응할 수 있는 능력을 키울 수 있게 교육하는 것이 연구의 목적이라고 할 수 있다.

2. 연구 방법

1) 혼합현실 기반 방사선 안전교육 콘텐츠 설계

본 연구는 실제로 의료분야에서 일어난 방사선 안전사고

와 예상되는 사고를 토대로 시나리오를 만들고, 이 시나리오를 근거로 각각 작업 단계를 나누고, 각 단계별 상황을 만들어 콘텐츠를 만들고자 한다. 각 단계별로 주어진 상황에 대한 과업을 수행하면 다음 단계로 이동하게 되고 최종 단계를 통과하면 전체적인 교육이 끝나는 형태로 구성되어진다. 이 안전교육 과정을 통과하려면 각 단계별 주어진 상황을 잘 이해하고 과업을 수행하여야 하고, 과업을 수행하지 못하면 다음 단계로 이동하지 못하게 된다. 이 과정을 수행하면서 스스로 생각하고 학습하게 되면서 직접 현장에서 수행하는 것처럼 직접 과업을 수행하게 하여 교육의 재미와 능률이 높아지게 된다. 이 콘텐츠는 현장 맞춤형 프로그램을 수행할 수 있는 능력을 갖추게 하고, 교육환경의 향상에 기여를 하고, 첨단 기술교육을 방사선 종사자 안전교육에 적용함으로써 한 단계 높은 교육의 패러다임을 완성하는데 도움이 될 수 있는 콘텐츠라 할 수 있겠다.

2) 혼합현실 콘텐츠 제작을 위한 제작 시나리오

혼합현실 기반 방사선 안전교육 콘텐츠의 제작 시나리오는 방사선 작업종사자가 작업 중 돌발 사고가 생겼을 때 처음 상황부터 마지막 마무리 상황을 순서대로 단계별로 나누

Table 2. Radiation Safety Education Content Scenario

Step	Place	Contents
step 1	Before entering the radiation control area	1. Find the cautions marked at the entrance of the radiation control area, read and memorize the contents. 2. Find and complete the radiation control area access. 3. Open the door and enter the radiation control area. 4. Move to distribution room in radiation control area.
step 2	Before work in the distribution room	1. Find a radiation dose meter. 2. Turn on the meter and check the status. (Check the meter number and battery quantity). 3. Measure the radiation dose in the distribution room. 4. Put the radiation meter back in place.
step 3	Distribution room working	1. Produce radioactive isotopes (RI) with a 99Mo-99mTc generator (explain the production process). 2. Radioisotope production is complete.
step 4	After work in the distribution room	*** Safety accident occurred. 1. Find a radioactive contamination meter. 2. Turn on the power. Make sure it works. 3. Measure the radioactive contamination of the distribution chamber. 4. More than twice the contamination is measured at a certain point (a beep is generated). 5. The measurer communicates the accident. 6. Report to the radiation safety manager and prepare for decontamination work with the safety manager.
step 5	Decontamination of radiation pollution	*** Decontamination of radioactive isotope contamination sites 1. Conduct decontamination for surface contamination (description of decontamination method). 2. After decontamination for surface contamination is finished, propagate the completion situation. 3. Put the radioactive contamination meter where it was. 4. Exit from the distribution room.
step 6	After work	1. At the end of normal radiation work, fill out the work log. 2. If a pollution accident occurs during work, write the accident record and work record and report it to the safety manager (explain the contents of the accident record).

있고, 단계별 상황을 주고 그 상황에 대한 과업을 표시하고 완성하게끔 하여 다음 단계로 넘어가게 하여 전체적인 교육을 마치도록 안전교육 콘텐츠의 내용을 Table 2에 시나리오를 작성하여 정리하였다.

3) 혼합현실 콘텐츠 제작 과정 및 특징

본 연구의 혼합현실 Display 장비는 Microsoft가 개발한 HoloLens 2로 혼합현실 기반 웨어러블 장비이다. 이 HMD는 Window HoloGraphics 기술을 활용한 렌즈로 증강현실이나 가상현실과 다르게 실제 현실화면에 Object를 Scan하여 3D 화면을 출력하여 이를 자유롭게 조정할 수 있는 혼합현실 Hardware이다. 이 장비는 PC나 스마트폰을 연동시켜 운용하는 것이 아니라 HMD 장비 안에 Window PC 기능이 탑재되어 있는 것이 특징이라 하겠다. 혼합현실 콘텐츠 제작을 위한 시스템 구성도는 Fig. 1에서와 같이 나타낼 수 있다.

4) 개발 콘텐츠의 완성도 평가

혼합현실을 기반으로 제작한 체험형 방사선 안전교육 콘텐츠에 대한 개발 완성도 평가를 위해 방사선과 재학생 20명에게 적용한 후 설문조사를 실시하였다. 설문지는 혼합현실 기반 교육 콘텐츠 및 체험형 방사선 안전교육의 완성도 평가로 구분하여 각각 10개 문항, 리커트 5점 척도(매우 그렇다-5점, 그렇다-4점, 보통이다-3점, 그렇지 않다-2점, 전혀 그렇지 않다-1점)로 평균과 표준편차로 개발 완성도를 평가하였다.

III. 결 과

1. 혼합현실 방사선안전교육 콘텐츠 개발 제품의 운용방식

본 연구는 의료분야 방사선작업종사자 안전교육 혼합현실 콘텐츠 개발을 목적으로 하고 있다. 콘텐츠의 제작 결과의 내용은 HMD 디바이스 플랫폼에 맞춘 UI(User Interface)의 최적 배치 구성 및 디자인 개발, 혼합현실 HMD 디바이스 플랫폼에 맞춘 사용자와 상호작용이 가능한 3D object 및 UI 디자인 개발, Unity 3D에 적용 가능한 형태의 3D object 리소스 제작을 시행하였다. 1,280*720 해상도를 기준으로 UI를 구성하였고 디바이스 마다 해상도가 다르기 때문에 Anchor의 Left, Right, Bottom, Top 위치를 맞추어 제작하였다. 다양한 시점에서 관찰 가능한 HoloLens 특성을 고려하여 3D 모델 및 애니메이션을 제작하였다. 실제 사용자와 상호작용을 통해 프로그램을 체험할 수 있도록 제작하였다.

2. 혼합현실 방사선 안전교육 콘텐츠 개발 내용

의료분야 방사선작업종사자 안전교육용 혼합현실 콘텐츠 개발에 사용된 Hardware와 Software 내용은 Table 3과 같다.

Fig. 2는 UI 및 object와 상호작용에 대한 영상들로 3D object 및 UI Unity 적용 내용으로 '붉은 문'은 사용자와 상

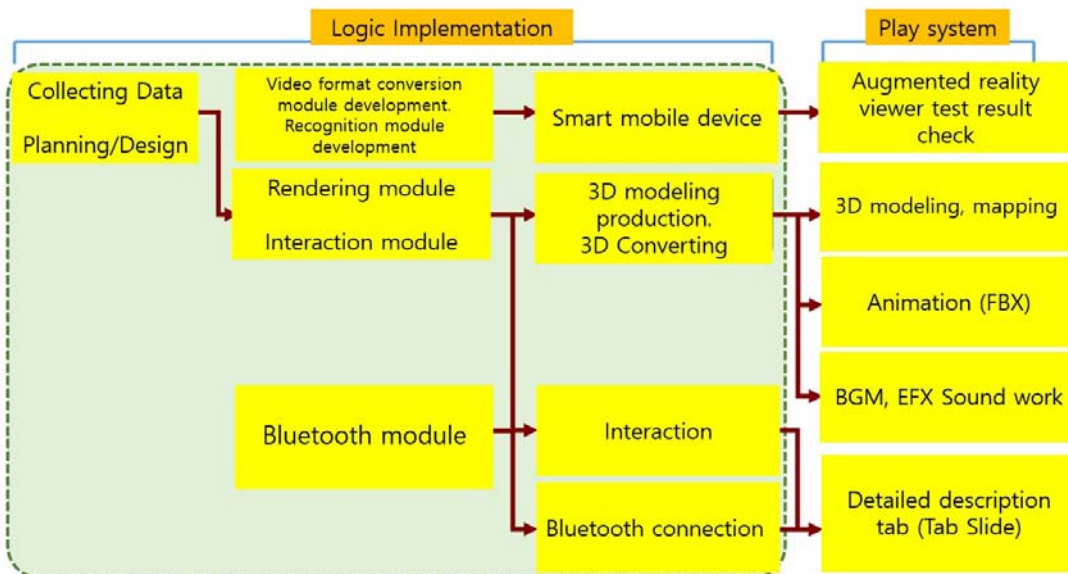


Fig. 1. System configuration diagram for content creation

Table 3. Content creation specifications

Mixed reality based wearable device (Microsoft HoloLens 2)	HW	CPU	Qualcomm Snapdragon 850
		HPU	2nd generation custom hologram processing unit
		RAM	4GB
		Storage	64GB
		Resolution	2,000 3:2 Light engine
	SW	OS	Windows Holographic Operating System

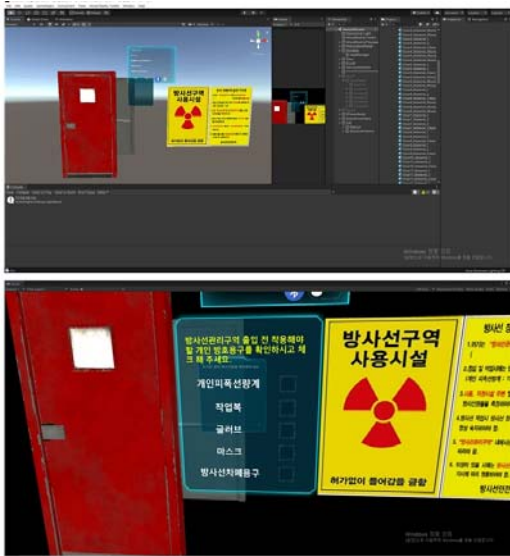


Fig. 2. UI and object interaction

호작용이 가능한 object, ‘개인피복선량계’는 사용자와 상호작용이 가능한 UI, ‘작업복’은 사용자와 상호작용이 가능한 UI, ‘글러브’는 사용자와 상호작용이 가능한 UI, ‘마스크’는 사용자와 상호작용이 가능한 UI, ‘방사선차폐용구’는 사용자와 상호작용이 가능한 UI, ‘표지판’은 사용자의 시점인식 상태 확인용 object를 나타내는 영상이다.

Fig. 3은 방사선 측정기 3D 모델링 출력 내용과 감마선 측정기의 기능을 제어하는 스크립트 내용으로 상단 좌측은 감마선 측정기의 3D 모델링 출력, 상단 좌측에 감마선 측정기 우측에 측정기 사용 방법 안내를 위한 UI 표시, 상단 우측에 작동 상세 정보 출력 창, 하단에 감마선 측정기 3D 모델의 전원 버튼 ON/OFF 기능 작동 및 감마선 측정기를 이용하여 방사선량을 측정 및 측정기 화면에 출력하도록 제어하는 Script를 포함하고 있는 영상이다.

Fig. 4는 방사성동위원소 생성기 동작 과정 화면과 과정을 제어하는 Script 화면으로 상단 좌측에 방사성동위원소 생성기 3D 모델링 출력 및 애니메이션 동작 확인 창, 상단 좌측에 방사성동위원소 생성기의 좌측에 현재 상태에 대한

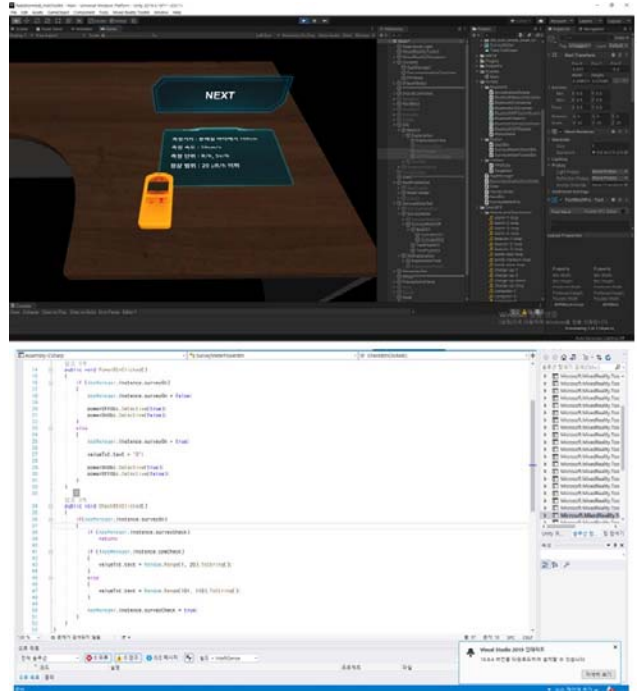


Fig. 3. 3D modeling output of radiation dose meter, script to control the function of strong horse ray meter

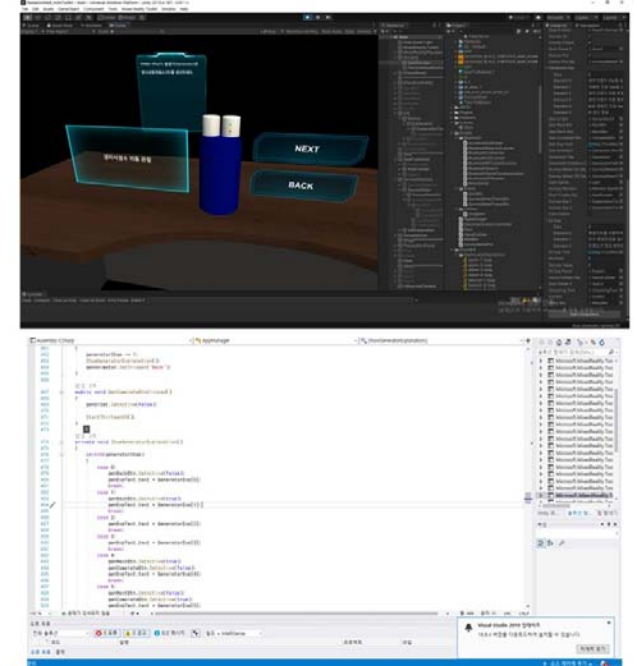


Fig. 4. Script to control radioisotope generator operation and process

정보 출력 창, 상단 좌측 동위원소 생성기 뒤에 사용자에게 다음 행동을 지시하는 UI, 상단 좌측에 <NEXT/BACK> 상호작용 가능한 UI로 다음 혹은 이전 단계로 이동하는 버튼, 상단 우측에 작동 상세 정보 출력 창, 하단에 <NEXT/BACK>

버튼 입력에 따라 방사성동위원소 생성기의 애니메이션 상태를 제어하는 Script를 포함하고 있는 영상이다.

Fig. 5는 상단 좌측에 표면오염 상황 시 경고 알람과 안내 UI를 비롯한 표면 오염 상황 연출 화면, 상단 좌측에 방사성 오염 측정기를 사용한 방사성 오염 측정 상황 연출 화면, 상단 우측에 작동 상세 정보 출력 창, 하단에는 표면오염 상황 감지 및 방사성 오염 측정기의 기능을 제어하는 Script를 포함하고 있는 영상이다.

Fig. 6은 상단 좌측에 제염키트를 이용한 제염작업 안내 UI 표출, 상단 우측에 작동 상세 정보 출력 창, 하단에 블루투스 기기를 감지 및 기기의 위치를 따라 제염작업을 처리하는 Script, 하단에 제염작업 상태를 확인하여 제염작업 과정을 제어하는 Script를 포함하고 있는 영상이다.

Fig. 7은 상단 좌측에 방사선 작업 종료 후 작성해야 할 사항을 안내하고 체크하는 인터페이스, 상단 우측은 작동 상세 정보 출력 창, 하단은 사용자의 퇴실을 감지하여 안내 인터페이스로 출력하는 Script, 하단은 안내 사항을 체크하였는지 점검하는 Script를 포함하고 있는 영상이다.

Fig. 2에서 Fig. 7까지 영상은 혼합현실 기반 방사선종사자 안전교육 콘텐츠를 구성하는 내용을 설명하기 위한 영상으로 교육이 처음 시작되는 시점부터 종료되는 시점까지 전 과정을 포함하고 있고, 영상에서 보는 것과 같은 내용으로 제작되었다.

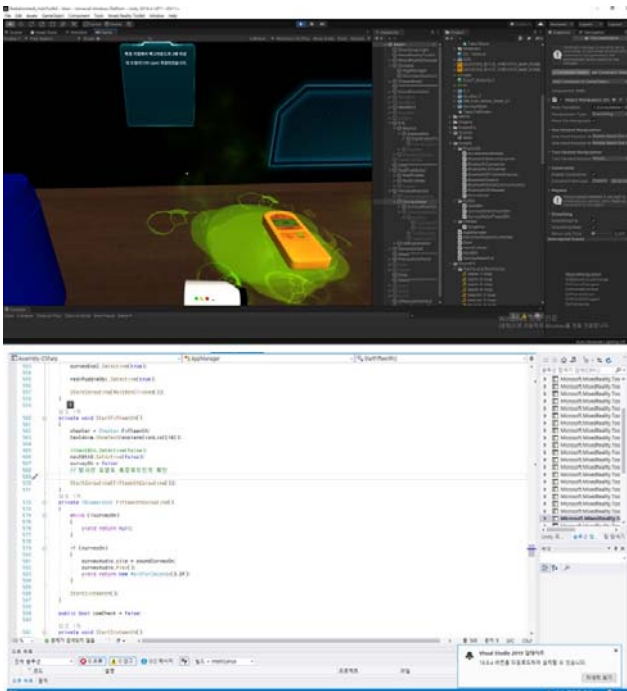


Fig. 5. When surface contamination occurs, script that controls the situation and functions of radioactive contamination detector

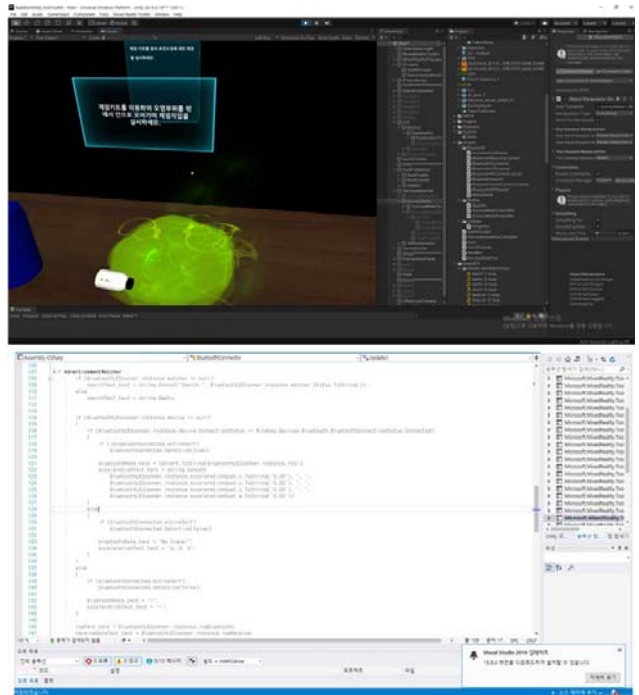


Fig. 6. Decontamination guide screen, script that controls decontamination by linking with Bluetooth devices

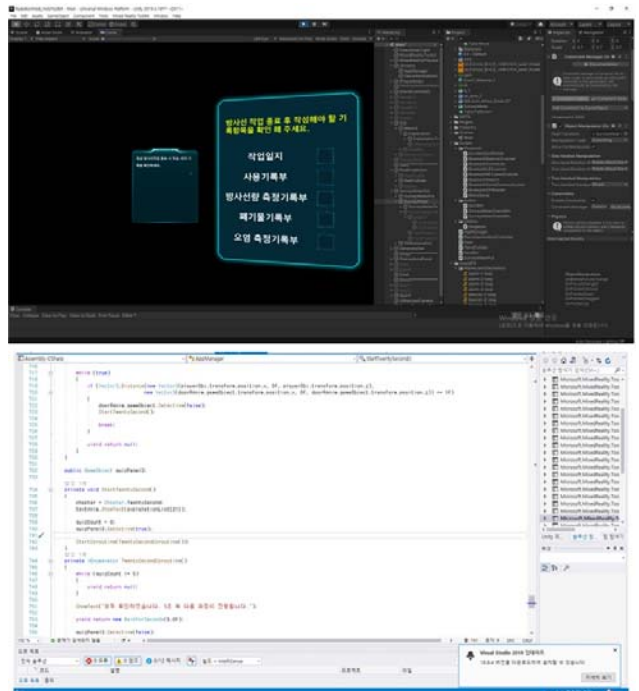


Fig. 7. Script to check whether the guidance information has been checked after the radiation work is completed

3. 혼합현실 방사선안전교육 콘텐츠 정량적 평가

본 연구에서 개발된 혼합현실 기반 방사선 안전교육 콘텐츠는 국제 공인인증 기관인 (재)대구디지털산업진흥원(DIP)

에 의뢰하여 정량적인 평가를 받았다. Hardware와 Software는 결과에서 제시했던 내용을 참고하고, 시험성적서 내용으로는 첫째 시험 항목은 혼합현실 트래킹 오류율(정밀도)을 확인하는 것으로 HMD HoloLens 2를 착용하고 콘텐츠를 실행 하였을 때 진행 버튼을 총 10회 클릭하여 오류가 발생하는 비율이 1% 이하인지 확인하는 시험이고, 둘째 시험 항목은 혼합현실 콘텐츠의 초당 프레임 수(FPS)를 확인하는 시험으로 콘텐츠를 실행하여 임의 공간을 5초간 응시할 때 초당 프레임 수(FPS)가 25 이상인지 확인하는 시험이고, 셋째 시험 항목은 혼합현실 마커 인식률(정합성)을 확인하는 시험으로 콘텐츠를 실행하고 마커를 바라볼 때 혼합현실 마커 인식률이 75% 이상인지 확인하는 시험이다. 이 3가지 시험 결과가 모두 PASS 단계가 나와 성능에 있어 긍정적인 정량적 평가를 받았다.

4. 개발 콘텐츠의 완성도 평가

방사선과 재학생 20명을 대상으로 혼합현실 기반의 체험형 방사선 안전교육 콘텐츠에 대한 개발 완성도 평가 결과는 Table 4와 같다.

혼합현실 기반 교육 콘텐츠에 대한 개발 완성도 평가 항목

목 10개 중 학습 흥미 유발도가 4.85점으로 가장 높은 완성도를 보였으며 다음으로 학습 몰입감, 상호작용이 가능한 체험교육 다음으로 높았다. 그러나 HMD 등 관련기기의 조작성이 3.90점으로 가장 낮은 완성도를 보였으며 다음으로 현실-가상세계 융합 이질감이 낮은 완성도를 보였다. 전반적인 만족도는 4.60점, 평균 완성도는 4.38점으로 평가되었다.

체험형 방사선 안전교육 콘텐츠에 대한 개발 완성도 평가는 능동적, 자기주도적 학습 가능성과 실제 임상현장에서의 활용성이 4.50점으로 높은 완성도를 보였으며 안전교육 내용과 구성의 충실성이 3.90점으로 가장 낮은 완성도를 보였다. 전반적인 만족도는 4.65점, 평균 완성도는 4.28점으로 평가되었다.

IV. 고 찰

방사선작업종사자는 원자력안전법 제106조, 동법 시행령 제148조, 시행규칙 제138조에 따라 신규 및 정기교육과 기본 및 직장교육을 정기적으로 이수하여야 한다. 2015년 원자력안전위원회의 정책연구자료에 의하면 방사선 이용 일

Table 4. Evaluation of completeness of the developed contents.

Questions		Mean±SD	completeness
Mixed reality-based educational content	Reality was provided by applying the user's work site situation,	4.35±4.35	4.38±0.31 (87.50%)
	The fusion of reality and the virtual world went well,	3.95±3.95	
	Concentration was high during content experience,	4.60±4.60	
	Content operating time was adequate,	4.40±4.40	
	There were no spatial restrictions in content management,	4.40±4.40	
	It also helped induce interest in learning,	4.85±4.85	
	Experiential education through interaction was possible,	4.60±4.60	
	Operation of the HMD device was easy,	3.90±3.90	
	Adaptability to mixed reality content was fast,	4.10±4.10	
	I was satisfied with mixed reality-based content overall,	4.60±4.60	
Experience-based radiation safety education	Participation in experiential radiation safety education was high,	4.15±4.15	4.28±0.29 (85.50%)
	Active and self-directed learning was possible,	4.50±4.50	
	The contents of radiation safety education were easy,	3.95±3.95	
	The content and composition of safety education was good,	3.90±3.90	
	It helped to recognize the importance of safety education,	3.95±3.95	
	Highly useful as safety education in industrial sites,	4.50±4.50	
	Effective for experience-based safety education,	4.15±4.15	
	There is a need to expand to other industries related to radiation,	4.35±4.35	
	I will recommend experiential radiation safety training to others,	4.65±4.65	
Overall satisfaction with experience-based safety education	4.65±4.65		

반분야 방사선작업종사자의 경우, 직장교육이 실제업무에 도움이 되지 않는다는 비율이 53%, 실무에 대한 실습교육시간이 부족하다는 의견이 30%, 교육장소 개선이 필요하다는 의견이 35%로 높게 나와 전반적인 교육 만족도가 낮은 것으로 조사되었다. 그리고 교육대상자들의 분야 및 조건에 따른 차등 교육이 이루어지지 않고 있으며 기본교육과 직장교육 내용이 중복되어 교육의 효율성이 떨어지고 있다고 하였다[10].

따라서 기존의 시청각 자료를 활용한 집체교육 형태의 법정 의무교육을 개선하기 위한 방법으로 혼합현실을 기반으로 한 의료분야 체험형 방사선 안전교육 콘텐츠를 개발하고 완성도를 평가하였다. 혼합현실을 기반으로 하는 연구는 교육분야, 군사훈련분야, 건축분야, 관광분야, 의료분야 등 다양한 분야에서 활용되어지고 있다[11]. 특히 교육분야에서는 시간적 제약과 공간적 제약을 받지 않고 실제로 현장에서 교육을 받는 것과 동일한 효과를 볼 수 있어서 새로운 교육 패러다임으로 자리 잡을 것으로 예상하고 있다. 혼합현실을 기반으로 한 교통안전 교육용 콘텐츠 개발 연구에서는 체험 중심의 콘텐츠로 신호체계와 교통정보를 습득하는데 효과적인 안전교육 콘텐츠라고 하였다[12]. 혼합현실을 기반으로 하는 스토리텔링 융합 코딩에 관한 연구에서는 주입식 교육이 아닌 논리적 사고를 배양할 수 있는 교육이 가능하고, 흥미를 유발하여 자발적인 교육이 가능하다고 하였다[13]. 홀로렌즈를 활용한 혼합현실 콘텐츠 제작 방법이라는 연구에서 재난훈련 및 우주여행과 같은 위험하고 고비용이거나 방사선 피폭이 예상되어 체험이 불가능한 교육 훈련을 혼합현실 콘텐츠를 활용하여 체험하게 함으로써 교육의 안정성 및 효율성 확보가 가능하다는 점에서 교육 분야에 혁신이라고 하였다[14-15].

혼합현실 기반 교육 콘텐츠에 대한 개발 완성도는 학습에 대한 흥미 유발도, 몰입감, 체험형 교육, 시/공간적 제약에서 우수한 평가를 받아 전반적인 만족도는 4.60점, 평균 완성도는 4.38점으로 평가되었다. 이는 기존 집체교육에 익숙한 교육생들이 혼합현실 기반의 작업현장의 현실감, 상호작용과 체험이 가능한 교육으로 인한 흥미도 및 몰입도의 증가로 판단되며 현실세계와 가상세계의 이질감이나 HMD와 같은 기기 사용 및 조작의 불편감이 개선된다면 적응성 향상으로 개발한 콘텐츠에 대한 완성도 및 교육만족도 향상에 도움이 될 것으로 판단된다. 체험형 방사선 안전교육에 대한 완성도는 능동적이고 자기주도적 학습이 가능하여 교육 내용의 이해도 및 안전교육 목표 달성에 효율적이라는 평가로 전반적인 만족도는 4.65점, 평균 완성도는 4.28점으로 평가되었다. 그러나 다양한 현장 상황을 적용한 교육내용과

구성의 보완이 필요한 것으로 판단된다.

본 연구 서론에서 언급한 바와 같이 혼합현실 기반으로 한 방사선 종사자 안전교육용 콘텐츠를 의료분야 방사선 종사자에 안전교육에 적용하면 다음과 같은 기대효과가 있다. 첫째로 방사선종사자가 안전교육을 받기 위해 실제로 작업 현장에서 방사선피폭을 받아 가면서 안전교육을 할 필요가 없고 교육을 위한 장비 구비 등 교육을 위한 준비 과정에 드는 비용을 줄일 수 있다. 둘째 실제 현실을 바탕으로 3D 영상과 상호작용으로 가상객체를 운용함으로써 현장감 있는 교육을 시행할 수가 있다. 셋째 혼합현실 콘텐츠를 통해 피교육자가 교육 전반에 대해 자기 혼자서 문제를 해결해 나가면서 교육이 진행되기 때문에 능동적인 교육이 가능하다. 넷째 혼합현실 교육은 학습자가 HMD를 통해 보여지는 가상공간에서 교육이 진행되어 흥미 유발이 가능하고 교육에 대해 집중하게 되어 안전교육에 대한 능력이 향상되리라 생각한다. 다섯째 현재 코로나 상황에서 현장교육과 집체교육이 제한되어 있어서 비대면 교육의 확대되고 있는 이 시점에 공간적, 시간적 제약을 받지 않고 교육을 진행할 수 있는 혼합현실 콘텐츠 교육은 교육에 새로운 패러다임으로 자리 잡을 것이라 확신한다.

본 연구의 제한점으로는 본 연구에서 제작된 혼합현실 콘텐츠는 의료분야의 방사선 종사자 안전교육용으로만 제작된 점이다. 추후로 다양한 분야에서 방사선 종사자를 위한 안전교육 콘텐츠 개발 연구가 이루어져야 할 것이다. 또한, 개발한 콘텐츠는 공인기관의 시험분석 결과로 정량적인 완성도를 평가받았으나 추가적인 정성적인 개발 완성도를 평가하였다. 추후, 팬데믹 상황이 종료되면 기존 방사선작업 종사자를 대상으로 집체교육과 비교한 교육만족도 평가가 필요할 것으로 사료된다.

본 연구에서 진행된 혼합현실 기반 교육용 콘텐츠는 의료분야 방사선 종사자 안전교육에 많은 도움을 줄 수 있을 것으로 예상하며, 혼합현실 기술은 인간의 삶과 생활의 질을 향상시키고 풍요롭게 하는데 많은 도움을 주는 분야라 할 수 있고 더 많은 연구 개발이 필요할 것으로 사료된다.

V. 결 론

혼합현실 기반 방사선 안전교육 시뮬레이터 플랫폼 개발 콘텐츠는 현장에서 근무하는 작업종사자에게 현실감 있는 안전교육 내용을 제공하고, 작업 내용을 스스로 찾아서 학습할 수 있는 자기 주도적이고 능동적인 안전교육 훈련이 가능하고, 작업현장의 현실을 바탕으로 한 3D 입체 영상으

로 안전교육을 시행할 수 있어 재미와 집중도가 높은 교육 실행이 가능하며, 혼합현실 영상은 가상현실과 현실의 상호 작용을 통해 학습자가 직접 현장 작업에서와 똑 같이 사물을 조정하며 교육을 할 수가 있어 학습 효과를 높이는데 큰 도움이 될 수 있을 것으로 생각된다. 그리고 본 연구는 ‘Untact’ 시대에 의료 방사선 종사자 안전교육에 유용한 콘텐츠로 발전할 것으로 사료된다.

REFERENCES

- [1] Lee JH. The effect of safety PR, education, CSR on the community safety culture: Focus on nuclear safety. *Korean Local Government Review*, 2020; 22(2):23-39.
- [2] Lee IH. Enhancing the safety of nuclear power plants through systematic education and training of nuclear technology personnel. *Nuclear Industry*, 2005;25(7):50-54.
- [3] Kim OG. University students' awareness of radiation. *Korea Convergence Society*, 2012;3(1):27-34.
- [4] Nam JS, Km YW, Lee JS, Seo KW. Consideration on the perception change for radiation of high school students through an experiencing program. *Journal of Radiation Protection and Research*, 2014;39(1): 65-69.
- [5] Han JY. Features of types and content-design of mixed-reality-based devices. *Korean Institute of Spatial Design*, 2015;10(2):63-72.
- [6] Kim YH. The current status and development direction of mixed reality. *Korean Society of Cartoon and Animation Studies*, 2017;(46):181-206.
- [7] Kim ET. A study on the fabrication of mixed reality content with coloring technology. *Korean Institute of Electronic Communication Science*, 2019;14(4): 737-742.
- [8] Kim HS, Jeon JK, Eom GM, Kim SJ. Mixed reality technology using HMD. *Electronics and Telecommunications Trends*, 2017;32(3):20-27.
- [9] Choi SM. State audit briefing: No radiation worker training 32, including Korea Atomic Energy Research Institute [Internet]. *News 1*; 2019 [cited 2019 Oct 07]. Available from: <https://www.news1.kr/articles/?3737254>.
- [10] Min BI. Improvement plan suggested for radiation works education. *Nuclear Safety Committee Policy Research*, 2015;2:127-128.
- [11] Choi AY, Hwang JI. Research and industry trends of wearable mixed reality. *Communications of the Korean Institute of Information Scientists and Engineer*, 2015;33(11):19-26.
- [12] Kim KH, Lee DW. A development of traffic safety education application using mixed reality. *Korea Institute of information and Communication Engineering*, 2019;23(12):1602-1608.
- [13] Lee BK, Jung DY. A study on the Mixed Reality (MR) based storytelling convergence coding education. *Journal of the Korea Internet of Things Society*, 2019;5(2):27-32.
- [14] Song EJ. How to create mixed reality educational contents using Hololens. *Korea Institute of Information and Communication Engineering*, 2020; 24(3):391-397.
- [15] Moon HN, Cho HI, Han YM. Mixed Reality(MR) technology trends and development prospect. *The Journal of the Convergence on Culture Technology*, 2017;3(3):21-25.

구분	성명	소속	직위
제1저자	박형후	대구보건대학교	교수
공동저자	심재구	대구보건대학교	교수
교신저자	권순무	대구보건대학교	교수