

방사선비상진료 대응 VR교육을 위한 VR교육 모니터링 시스템에 관한 연구

최지원¹·김영상²·송동석³·용환성^{4*}

¹(주)노바테크 기획팀 프로 ²(주)노바테크 XR사업본부 이사

³(주)노바테크 대표이사 ⁴(주)노바테크 기획팀 코치

A Study on a VR Education Monitoring System for VR Education in Response to Radiation Emergency Treatment

Ji-Won Choi¹ · Young-Sang Kim² · Dong-Seok Song³ · Hwan-Seong Yong^{4*}

¹Pro, Planning Team, Novatek Co. Ltd., Ulsan 44056, Korea

²Director, XR Business Division, Novatek Co. Ltd., Ulsan 44056, Korea

³CEO, Novatek Co. Ltd., Ulsan 44056, Korea

⁴Coach, Planning Team, Novatek Co. Ltd., Ulsan 44056, Korea

[요약]

XR기술에 대한 관심이 높아지면서 현실에서는 재현할 수 없는 재난과 같은 비상상황을 XR기술을 활용하여 교육에 접목하려는 시도가 증가하고 있다. 본 연구에서는 다수를 대상으로 진행하는 VR교육의 한계점을 선형 연구를 통해 분석했고, VR교육에 참여한 교육생들의 교육 효과 증진과 원활한 교육 진행을 위해 VR교육 모니터링 시스템을 개발하여 실제 교육에 적용했다. 결론적으로 VR교육 모니터링 시스템을 적용한 방사선비상대응 VR훈련에 참여한 교육생들은 VR교육을 통해 의미있는 전문성 및 역량 향상이 있었다. 특히 VR교육 운영자들을 대상으로 VR교육 모니터링 시스템을 활용한 만족도 설문에서 적은 교육 운영 인원으로 VR교육 중 발생하는 다양한 상황에 대한 신속한 대응이 가능한 점 등에 대한 만족도가 높았으며, 교육생들 또한 모니터링 시스템을 통한 원활한 교육 진행에 만족도가 높았다. 향후 VR교육 모니터링 시스템에 대한 피드백을 기반으로 VR교육적 측면 및 시스템 측면에서 소프트웨어의 프레임워크 개선 및 기능 고도화를 통해 SaaS형태의 서비스로 발전시키고자 한다.

[Abstract]

As interest in XR(eXtended Reality) technology grows, attempts to apply emergency situations, such as disasters that cannot be reproduced in reality, to education using XR technology are increasing. In this study, the limitations of VR education conducted on a large number of subjects were analyzed through prior research, and a VR(Virtual Reality) education monitoring system was developed and applied to actual education to enhance educational effectiveness and facilitate the education of trainees who participated in VR education. The trainees who participated in the VR training and applied the VR education monitoring system realized meaningful professionalism and competency improvements through VR education. In the satisfaction survey for VR education operators using the VR education monitoring system, satisfaction was high with the ability to respond quickly to various situations occurring during VR education with a small number of education operators. The trainees were also satisfied with the smooth progress of the education through the monitoring system. Based on feedback on the VR education monitoring system, future research will develop a SaaS-type service by improving the framework and functionality of software in terms of VR education and systems.

색인어 : 방사선비상진료, VR교육, 모니터링 시스템, 운영 효율화, 훈련 성과 제고

Keyword : Radiation Emergency Treatment, VR Training, Monitoring System, Operational Efficiency, Improvement of Training Performance

<http://dx.doi.org/10.9728/dcs.2024.25.7.1861>



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 16 May 2024; Revised 05 June 2024

Accepted 19 June 2024

*Corresponding Author; Hwan-Seong Yong

Tel: +82-52-225-8582

E-mail: hsyong71@novatek.kr

1. 서론

확장현실(XR; eXtended Reality)은 가상현실(VR; Virtual Reality)과 증강현실(AR; Augmented Reality) 및 혼합현실(MR; Mixed Reality)을 통칭하는 기술로 디지털 콘텐츠에 실감 기술을 적용하여 실제와 유사한 체험이 가능하게 하는 기술이다.

XR에 대한 관심이 높아지면서 교육 분야에 새로운 기술인 XR을 접목하려는 시도가 증가하고 있다. XR은 사용자가 머리에 착용하는 디스플레이 장치인 HMD(Head-Mounted Device)를 이용해 현실과 가상 세계를 연결할 수 있고, 가상의 오브젝트와 상호작용함으로써 개인화된 경험을 제공하여 콘텐츠에 대한 흥미와 몰입감을 제공하는 기술이다[1].

최근 게임, 국방, 의료, 관광, 제조 분야에서 이러한 XR 기술을 활용하여 교육훈련체계를 설계하고 적용하는 사례가 증가하고 있다[2]~[5]. 특히, 의학교육에서도 문헌 고찰을 통해 VR 기술을 활용한 에듀테크 적용을 긍정적으로 바라보았으며[5], XR기술이 적용된 실감형 실습은 학습자의 학습 참여를 높게 한다고 했다. 또한, XR기술을 접목한 교육은 작업자가 일상적인 작업에서는 체험하지 못하는 사고나 재난과 같은 비상 상황을 가상으로 체험하면서 실제와 유사한 훈련을 효율적으로 수행할 수 있어 교육생들의 안전과 교육에 투자되는 비용 관점에서 효율이 높다는 평가를 받고 있다[7].

특히, 한국은 지진이나 원전 사고에서 비교적 안전하다는 인식이 있었으나, 최근 지진의 잦은 발생 빈도와 강도 및 규모가 커짐에 따라 국내에서도 지진 발생에 따른 원전의 안전성과 원전의 피해에 따른 대응 방안에 대해 국민적 관심이 높아지고 있다[6].

한국원자력연구원 국가방사선비상진료센터(이하 한국원자력연구원)는 『원자력시설 등의 방호 및 방사능방재대책법』에 근거해 국가적 방사능방재시스템 중 방사선비상진료체계의 운영과 방사능 방재 교육·훈련 프로그램에 의한 방사선비상진료요원의 양성도 숙련도 향상의 역할을 수행하는 기관이다. 현행의 방사능방재 프로그램은 방사선의 특수성으로 인해 현실 세계에서 방사능 재난과 방사선비상의 특수상황에 대한 실제적 묘사의 제약으로 인해 현재까지 이론교육과 동영상 교육 및 장비 운용에 대한 실습 교육이 주를 이뤘다.

한국원자력연구원은 방사선비상 상황을 모사할 수 있는 가상증강현실 기술기반의 훈련 시뮬레이터를 개발함으로써 방사능방재요원의 숙련도 향상과 비상 상황에 대한 의료 대응 과정에서 필요한 의료술기와 의사결정 과정에 대한 학습을 고도화하고, 방사능방재요원 특히, 방사선비상진료요원의 비상대응역량 향상과 방사능재난 및 방사선비상 발생 시 효과적으로 방사선비상진료체계를 운용할 수 있는 교육체계를 개발하여 방사선 비상대응의 유효성을 증진하고자 했다.

한국원자력연구원은 가상현실 기술을 활용하여 방사선 피폭 저감을 위한 교육·훈련의 실시를 통해 시공간적 한계에 제

한을 두지 않고, 실제 사고와 유사한 방사선 피폭 정보를 제공하고 환자를 분류하고 방사선에 피폭된 환자들에 대한 원활한 사고대처를 위해 방사선비상대응을 위한 다양한 가상교육을 개발하여 방사능방재 요원들의 역량을 향상시킬 뿐만 아니라 실제와 같은 유용한 정보를 제공함으로써 방사능방재 요원들의 교육·훈련에 유용하게 사용하고 있다.

집체교육에서 가상현실 기반의 콘텐츠를 교육할 때 교육생들의 입장에서는 학습 효율성과 몰입도는 높아지지만 가상현실 기기에 대한 과도한 조작이나 콘텐츠 내 교육생들에 대한 불분명한 지침으로 인한 콘텐츠 탐색 방향의 상실, 기기에서 흘러나오는 음향으로 인해 교육자의 지시가 제대로 들리지 않는 문제점이 있고, 특히 교육자가 교육생들이 현재 가상현실 교육 콘텐츠에서 무엇을 보고 있는지 확인할 방법이 없다는 교육 운영상의 단점이 있다[8].

이에 방사선비상 대응 VR콘텐츠에서는 방사선비상진료에 필요한 VR콘텐츠들을 개발하면서 VR교육·훈련 시 교육 운영자가 교육생들의 교육진행 상황과 교육생들이 실제 보고 있는 VR화면을 모니터링하고, 필요 시 지시를 내리는 등의 인터랙티브한 기능을 구현함으로써 가상현실을 활용한 방사선비상대응 교육의 효과성을 높였다.

본 논문에서는 방사선비상 대응 VR교육에서 활용하고 있는 가상현실 교육 콘텐츠 시스템을 활용한 교육 운영의 효율성과 교육의 원활한 진행을 위해 설계 및 개발하여 실제 방사선비상 대응 교육·훈련에 적용하고 있는 VR교육 모니터링 시스템의 긍정적 기능에 대해 논의하고자 한다.

II. VR교육 모니터링 시스템의 이론적 배경 및 선행 연구

가상현실 기술을 교육훈련에 적용하여 실제와 유사한 훈련을 효율적으로 수행하기 위한 선행 연구들은 대부분 훈련을 받는 교육생들의 측면에서 접근한 것이 대부분이고, 교육자나 교육 운영자 측면에서 교육의 진행상황이나 추적 및 평가에 대한 연구는 제한적이었다[12].

Enhanced VR 앱을 통한 인지 훈련 및 모니터링 연구[13]는 VR을 통한 몰입형 교육환경을 통해 다감각 경험을 활용하여 특정 인지 범주 및 운동 제어에 효과가 있음을 밝혔지만, 교육생의 인지 행동 데이터만을 분석하고 모니터링했다는 한계가 있다.

VR교육에서 교육생들과 교육자 간의 원활한 의사소통 방식에 대한 연구[14]에서는 교육생들의 아바타를 만들고 교육생들이 손을 들거나 말하고 싶은 경우 아이콘을 아바타 위에 표시할 경우, 강사가 교육생들의 요구에 대한 인지가 빠르며, 즉각적 피드백이 가능했다. XR교육을 진행하면서 교육생에게 작업에 대한 힌트를 주기 위해 가상의 리모콘을 활용한 연구[12]는 채점과 텍스트 기반의 상호작용을 위한 UI 구성 및

평가를 위한 녹화 기능을 제공했지만, 교육자가 원활한 교육을 진행하기 위한 제한된 기능만 제공했다.

VR교육 모니터링에 대한 이전의 선행 연구들은 교육생과 강사 간의 단편적인 상호작용이나 상호작용 데이터에 대한 분석 및 연구에 그쳐 VR교육 모니터링 시스템에 대한 전반적인 기능과 운영에 대한 연구의 필요성이 대두되었다.

XR콘텐츠에 대한 원격제어 및 모니터링 시스템에 대한 한 연구[15]는 XR콘텐츠에 대한 교육과 운용의 효율성과 편리성을 위해 모니터링 서버와 모니터링 프로그램을 제안했으나, XR교육을 모니터링하는 플랫폼 측면에서 세션관리, 하드웨어의 자원사용 모니터링 및 이에 대한 데이터의 시각화 측면을 강조한 연구로 실제적인 XR콘텐츠에 대한 교육상황 모니터링 측면에서는 한계점이 뚜렷했다.

지금까지의 살펴본 VR교육 모니터링 시스템의 선행 연구들은 대부분 VR 혹은 XR교육에서의 교육생과 교육자 간의 단편적인 상호작용이나 기능에 초점을 두었거나 모니터링 시스템적인 측면으로 접근은 했으나 교육에 대한 실제 모니터링이 아닌 교육에 사용된 하드웨어와 소프트웨어의 동작에 대한 모니터링 연구로 제한되었다.

이에 본 연구에는 교육생 뿐만 아니라 교육자 및 교육 운영자들이 교육에 대한 효과와 운영 효율성을 높일 수 있는 VR교육 모니터링 시스템이 필요하다는 문제 의식을 갖고, 실제 한국원자력학원의 방사선비상 대응 VR교육에 적용함으로써 VR교육에 대한 학문적, 실무적 의의를 도출하고자 한다.

III. 방사선비상진료 VR교육과 VR교육 모니터링 시스템

3-1 방사선비상진료 VR교육

1) 전체 시스템 구성도



* The overall system configuration diagram is an image written in Korean

그림 1. 방사선비상대응 처치에 대한 VR교육 시스템 구성도
Fig. 1. Overview of VR training system for radiation emergency treatment

방사선비상 대응 가상·증강현실 훈련 시뮬레이터는 평시의 현실세계에서 재현이 불가능한 방사선비상의 특수성으로 인한 현행 훈련 과정의 한계점과 단점을 극복하고 방사선비상진료 숙련도를 고도화하고, 국가방사능방재계획에 의거한 방사능재난 대비 목표를 달성하여 국민의 안전 보장과 국가의 안전규제 목적을 달성하고자 개발했다.

그림 1은 방사선비상대응 VR교육 관리 시스템에 대한 청사진을 설명한다. 방사선비상 대응은 분류, 제염/처치, 이송, 원무, 검사, 수술 및 상황 의사결정의 7개 절차가 있다. 방사선비상 대응 가상·증강현실 훈련 시뮬레이터는 이중 분류, 제염처치, 검사, 수술 및 상황 의사결정 절차에 상응하는 방사선비상대응 VR콘텐츠를 제작했다.

표 1. 방사선비상대응 과정에 따른 VR교육 훈련 콘텐츠
Table 1. Radiology emergency response procedure and VR training contents

Radiological Emergency Response Procedure	VR Contents
Triage	VR Triage
Decontamination/Treatment	VR radiation exposure treatment process
Transfer	N/A
Administration	N/A
Inspection	Replace with a video clip
Operation	Replace with a video clip
Decision Making for Situation	VR Hospital Incidence Command System(VR-HICS), VR War-room

표 1에서 보는 바와 같이 VR 콘텐츠로 구현된 부분은 방사능 오염 복합손상 환자 현장 분류과정(Triage), 방사능 오염상해자 처치과정인 제염·처치 및 상황실 운영 훈련 2종으로 구성했고, 검사와 수술 부분은 제공된 비디오 클립을 교육생의 HMD에서 재생하도록 구현했다.

2) 방사선비상진료 VR교육의 한계점 및 개선필요 사항

가상현실 기술은 4차 산업혁명의 도래와 함께 출현한 기술로 평상시 현실에서 묘사할 수 없는 특수 재난 상황을 묘사하고, 특수상황의 훈련 숙련도 고도화에 적합하다. 그러나, 가상현실 기술을 이용한 훈련은 관리적 측면에 수많은 어려움이 존재한다.

가상·증강현실을 이용한 훈련은 훈련자에게 제공된 시야 이외의 환경과 단절된 상태에서 훈련을 진행하므로 외부와의 소통이 어려우며 훈련자가 훈련 중 외부로부터 도움을 받아야 하는 경우 도움을 받기가 힘들다.

최근 대부분의 산업체 교육훈련은 가상·증강현실 기술을 사용한 실습형 훈련으로 전환되는 추세이다[10]. 그러나, 훈련을 진행하는 운영자는 훈련의 진행 상황을 실시간으로 모니터링하며 관리를 진행할 필요가 있으나, 해당 모니터링 관리 기능을 구현하는 데 어려움이 존재한다. 또한, 교육평가 부



그림 2. 방사선비상대응 VR훈련 모습
Fig. 2. Radioactive emergency medical response VR training site

본에서도 시뮬레이션 교육의 장점인 녹화된 영상의 디브리핑(Debriefing)을 통해 자아성찰과 피드백을 통해 학습 효과와 만족도 향상에 도움이 될 수 있어야 한다[11].

그러나, 그림 2과 같이 가상현실 훈련을 위하여 교육생이 착용하는 HMD는 교육생의 시각을 현실과 단절시켜 교육생이 훈련에 몰입하게 하는 장점이 있지만, 운영자 또는 훈련대기자 등이 교육생의 상황을 인지하지 못하게 하는 단점이 있다. 또한, HMD를 착용한 교육생은 본인의 화면에만 몰입하고 있어 주변 상황에 대한 대처 등이 어렵고, 운영자 또한 교육생이 어떤 상태에 있는지 확인하는 것이 불가능하며 HMD를 착용한 상태에서 움직이게 되면 낙상사고, 넘어짐 사고 등의 위험이 있다.

2022년 2월 18일 한국원자력학원에서 VR처치실습 훈련 콘텐츠에 대한 훈련을 실시하면서 총 13명을 대상으로 설문지를 이용한 평가를 실시했다.

항목	응답	비고
1. VR 교육에 대한 관심 정도	매우 높음	
2. VR 교육에 대한 이해 정도	높음	
3. VR 교육에 대한 학습 효과	매우 높음	
4. VR 교육에 대한 만족도	매우 높음	
5. VR 교육에 대한 활용 가능성	매우 높음	
6. VR 교육에 대한 지원 필요성	매우 높음	
7. VR 교육에 대한 문제점	없음	
8. VR 교육에 대한 개선 사항	없음	
9. VR 교육에 대한 기타 사항	없음	

* The Questionnaire was written in Korean for the domestic workforce

그림 3. VR교육에 대한 설문지
Fig. 3. Survey for VR training

그림 3의 설문지로 응답을 받은 결과, 교육생과 운영자 모두 훈련 진행 상황이 시각적으로 공유되지 않아 훈련의 어려움이 있다는 의견, 운영자는 교육생의 HMD 화면을 보지 못해 교육생이 가상공간에서 위치 이탈 또는 잘못된 메뉴 등의 선택으로 정상적인 진행이 불가능한 상황으로 교육 지원을 할 수 없는 상황 발생, 교육생은 본인의 상황에 대한 설명을 할 수 없어 훈련이 매끄럽게 진행되지 못하고 끊기는 현상 등이 발생하였다. 이에 운영자가 교육생의 HMD 화면을 확인하여 훈련이 정상적으로 진행될 수 있도록 하는 기술 개발의 필요성 확인되어 VR 교육 모니터링 시스템을 기획·설계 및 개발을 했다.

3-2 VR교육 모니터링 시스템 개요

VR교육 모니터링 시스템은 그림 4와 같이 최대 15명의 VR훈련 화면을 운영자가 무선 환경에서 동시에 모니터링하며, 제어 및 화면 녹화 기능을 갖춘 VR교육 운영자 전용 시스템이다.

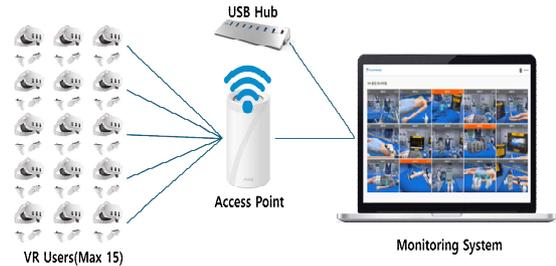


그림 4. VR교육 모니터링 시스템 구성도
Fig. 4. Configuration of VR education monitoring system

VR교육 모니터링 시스템은 교육 운영자가 집체 교육에서 필요시 매번 1:1로 필요한 도움을 주거나, 교육생이 스스로 VR 콘텐츠를 시작했던 방식에서 교육 운영자가 교육에 참여한 모든 교육생의 VR콘텐츠를 동시에 시작하고, 종료할 수 있으며, 교육생은 VR교육 중 도움이 필요할 경우 운영자를 호출하여 도움을 요청하고, 운영자는 교육생들이 보고 있는 VR콘텐츠 상황을 모니터링하게 됨으로써 훈련 진행에 대한 전반적인 추적 및 보고가 가능함으로써 훈련 프로그램의 효과와 교육생에 대한 관리 효과를 높일 수 있다.

3-3 VR교육 모니터링 시스템의 주요 기술

VR교육 모니터링 시스템 개발을 위해 게임엔진 유니티(Unity)에서 제공하는 “Unity WebRTC(Real-Time Communication)”기술과 포톤(Photon) 서버에서 제공하는 멀티플레이 콘텐츠 개발 기술[9]을 사용했다. 이는 훈련 콘텐츠와 HMD 화면 모니터링 시스템의 일관된 개발을 위한 유니티 앱 기술이다.

그림 5는 서버 없이 브라우저 및 모바일 애플리케이션에서 실시간 커뮤니케이션이 가능한 기술로 국제표준규격인

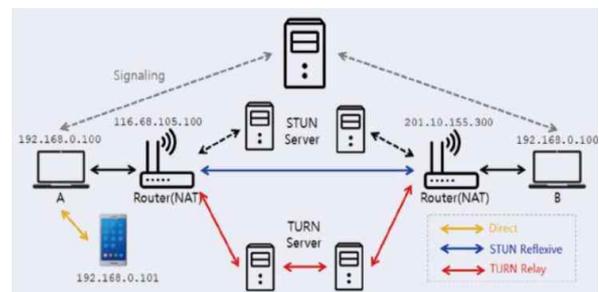


그림 5. WebRTC의 기능 작동 구성도
Fig. 5. WebRTC functioning map

WebRTC를 따르는 Unity의 WebRTC 기술을 사용하여 방사선비상 대응 훈련 콘텐츠와 웹 간의 비디오와 오디오 통신이 가능하도록 다양한 라이브러리를 이용하여 HMD와 컴퓨터 간 영상공유 및 오디오 채팅 등의 기능을 개발했다.

개방형 IP(Internet Protocol) 비디오 프로토콜이며 LAN(Local Area Network)을 통해 비디오 데이터를 공유할 수 있는 기술인 NDI(Network Device Interface)를 적용하여 교육생들의 화면 영상을 공유했다. NDI를 사용하면 IP를 통해 서로 통신할 수 있으며 비디오 스트림을 실시간으로 인코딩하여 전송 및 수신을 낮은 지연으로 고품질의 영상 데이터를 확인할 수 있는 장점이 있다. 또한 영상 데이터는 압축되며 데이터 손실이 전혀 발생하지 않아 안정적이다.

포톤 서버는 유니티의 에셋으로 제공되는 네트워크 엔진 기술로 멀티플레이 콘텐츠에 필요한 클라우드 서버나 웹 서비스 등을 제공하고 있다. 포톤 클라우드 서버에 호스팅 하여 장소에 관계없이 낮은 지연성과 실시간 커뮤니케이션이 가능하도록 개발했다. 포톤 서버 엔진에서 제공하는 서버 로직을 커스터마이징하여 영상 전송, 음성채팅, 포인팅, 녹화 등의 기능을 개발했다.

3-4 VR교육 모니터링 시스템의 기능

VR교육 모니터링 시스템은 VR교육의 장점을 유지하면서, 운영자의 관리 용이성과 교육생의 쉬운 사용 등이 전제되어야 한다. 또한, 현실과 단절되어 교육에 몰입할 수 있는 VR교육의 특성을 살릴 수 있도록 VR교육의 본질을 해치면 안되며, 정보기술 등을 모르는 비전문가로 구성된 운영자도 쉽게 교육 환경을 준비하고 관리할 수 있어야 하며, 교육생 또한 특별한 지식을 쌓지 않아도 관련 훈련에만 집중할 수 있어야 한다.

따라서, VR교육 모니터링 시스템의 핵심 기능을 표 2와 같이 정의하고 개발하였다.

표 2. VR교육 모니터링 시스템의 기능
Table 2. Functions of VR education monitoring system

Functions	Description
HMD Management	Checking Wifi connections status, reset the connections HMD Battery Status check
User Management	Manage the HMD list in training Quick Starter function (automatically executing the training program)
Program Management	Automatic program file distribution Program security and management
Contents Management	Function to execute content designation by trainer (function for training management) Re-execute content designation by trainer (used in case of training error) End content designation by trainer (function for forced termination of training)

Trainee Monitoring	Up to 15 HMD screen monitoring capabilities in wireless network environments HMD monitoring screen magnification (one HMD monitoring screen magnification) Training Manager call function Pointing function (an administrator moves the trainer's screen from screen to pointing)
Log and execution Management	Store a training log Manage VR Edu. Monitoring System

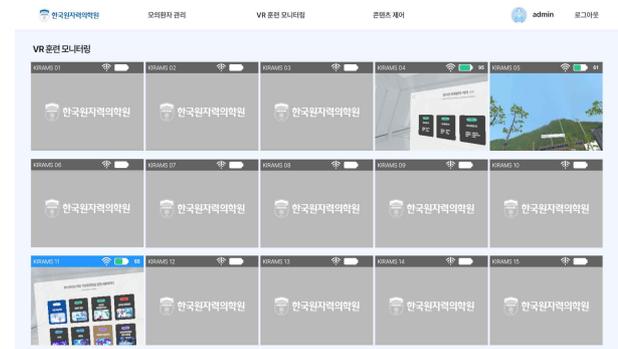
1) HMD 관리

• HMD의 Wifi 연결상태 점검

VR교육 모니터링 시스템은 USB 허브(Universal Serial Bus Hub)를 통해 최초 연결을 유선으로 진행하고 그 후에는 무선 연결을 통해 운영자가 여러 대의 교육생 HMD를 무선으로 제어 및 소통이 가능하다. 물론, 무선 연결로도 VR콘텐츠의 설치 및 업데이트, 연결상태 등의 확인이 가능하지만, 보다 안정적이고 VR콘텐츠의 설치 시간 등을 고려하여 최초에는 유선 연결을 권장한다.

• HMD의 배터리 상태 확인

HMD의 배터리는 대략 1시간에서 1시간 30분 정도 운영 가능하다. VR콘텐츠로 진행되는 교육에서 교육생들이 많은 경우, 하나의 HMD를 여러 명이 함께 사용하게 되는 데, 이때 배터리가 방전되는 경우가 발생할 수 있다. VR교육 모니터링 시스템은 HMD의 배터리 용량을 실시간으로 확인함으로써 충전이 필요한 HMD를 미리 선별하여 충전시킬 수 있다. 그림 6은 VR교육 모니터링 시스템의 화면 예시이다.



* The screen was developed into Korean, so English was not possible.

그림 6. VR교육 시스템의 화면 예시

Fig. 6. Example of VR education system screen

2) 사용자 관리

• HMD 사용자 관리

VR교육 모니터링 시스템은 1개의 시스템 당 동시에 최대 15대의 HMD를 연결하여 VR교육을 진행할 수 있다. 모니터링 화면에서 HMD 1번 기기부터 15번 기기까지 교육생의 이름을 입력함으로써 누가 몇 번 기기를 사용하고 있는지를 관리할 수 있다.

3) 프로그램 관리

• 프로그램 로그인

VR교육 모니터링 시스템은 VR교육을 진행하는 운영자만 접근할 수 있도록 아이디와 패스워드를 입력하여 로그인 후 사용할 수 있다.

• VR콘텐츠 설치 및 업데이트

VR교육을 위해서는 교육에 필요한 VR콘텐츠를 컴퓨터에 복사한 후, HMD와 컴퓨터를 연결하여 HMD 1대씩 VR콘텐츠를 복사 및 설치해야 한다. VR교육 모니터링 시스템에서는 연결된 최대 15대의 HMD에 VR콘텐츠를 설치 및 업데이트 할 수 있다.

• 폐쇄망에서의 실행

VR교육 모니터링 시스템은 오픈된 네트워크 망에서도 동작 가능하지만, 한국원자력의학원과 같이 오픈된 네트워크망을 사용할 수 없는 곳에서도 Wifi를 폐쇄망으로 구축하여 운영 가능하도록 액세스 포인트(Access Point)를 별도로 추가하고 교육 진행이 가능하도록 임시 네트워크 망을 구축함으로써 교육이 원활히 진행되도록 구성하였다.

4) VR콘텐츠 관리

• 동시시작/동시종료

HMD를 이용한 VR교육을 처음 경험하는 교육생들은 VR콘텐츠를 어떻게 실행시켜야 하는지 모르는 경우가 많다. 이때 동시시작 및 동시종료 기능은 VR교육 모니터링 시스템에 연결된 모든 HMD에 특정 VR콘텐츠를 동시에 시작하거나 동시에 종료시키는 기능을 통해 VR콘텐츠 교육생이 스스로 콘텐츠를 실행 혹은 종료시키지 않아도 된다. 또한, 모든 교육생의 VR콘텐츠가 동시에 시작 및 종료되기 때문에 같은 시간에 교육이 시작되고 같은 시간에 종료됨으로써 효율적인 VR교육을 실시할 수 있다.

5) VR교육생 모니터링

• 싱글/멀티 모니터링

VR교육을 진행하는 운영자 측면에서 기존 VR교육의 가장 큰 문제점은 VR교육에 참여한 교육생들이 현재 어떤 장면을 콘텐츠 내에서 보고 있으며 어떤 상호작용을 하고자 하는지 모른다는 것이다. VR교육 모니터링 시스템은 현재 하나의 네트워크 구성 내에서 연결된 최대 15대의 HMD에서 진행되는 VR콘텐츠들과 교육생이 어떤 화면을 보고 있으며, 무엇을 하고 있는지, 어떤 문제점으로 인해 진행을 못하고 있는지를 실시간으로 확인할 수 있다.

• 모니터링 화면 녹화

VR교육 모니터링 시스템은 VR교육을 모니터링하면서 단일 교육생에 대한 모니터링뿐만 아니라 구성된 하나의 네트워크 망에 연결된 최대 15대의 HMD의 화면을 녹화하여 저장할 수 있다.

• 포인팅

VR교육을 진행하면서 교육 운영자가 VR콘텐츠 모니터링 화면을 보면서 VR교육에 참여한 교육생들이 교육 목적에 맞지 않는 방향으로 이동을 하거나 바라 볼 경우, 특정 방향을 바라보거나 이동할 수 있도록 화살표로 이동 방향을 표시할 수 있다.

• 운영자 호출

교육생은 자신이 가지고 있는 컨트롤러를 통해 운영자 호출 버튼을 클릭하면, VR교육 모니터링 시스템 내 해당 HMD 번호에 알람이 울려, 운영자는 이를 확인하고 운영자를 호출한 교육생에게 다가가 도움을 줄 수 있다.

• 메시지 발송

VR콘텐츠를 체험하는 모든 교육생에게 공지사항 등의 단체 메시지를 발송할 수 있다.

6) 로그 관리

• 로그 관리

VR교육 모니터링 시스템 내에서 발생하는 사항들에게 대해서 로그를 남겨, 추후에 교육에 대한 피드백이나 교육에 대한 개선에 사용할 수 있다.

IV. VR교육 모니터링 시스템의 적용

한국원자력의학원에서 진행한 방사선비상대응 가상·증강현실 훈련 시뮬레이터의 시범 운영은 2023년 총 3회(2023년 3월 21일, 4월 11일과 20일)에 걸쳐 진행됐다. 가상·증강현실 장비를 활용하는 교육 특성 상 장비 최대 운용 가능 대수 및 교육생의 안전 등의 이유로 동시에 교육 가능한 인원은 최대 15명으로 제한하여 교육 시범운영을 수행했다.

가상·증강현실 교육 콘텐츠별 교육 시간은 약 15분 정도 소요되기 때문에 개발한 방사선비상진료 대응 8종 콘텐츠를 모두 체험하는 데에 시간적인 한계가 존재하여 8종 콘텐츠 중 VR 방사선 피폭환자 처치실습 콘텐츠를 이용한 교육을 수행했다. 또한, 중복된 인원을 제외한 전체 61건의 설문 데이터를 구글 설문 폼(FORM)을 이용해 수집했다. 설문에 참여한 교육 참가자의 직종은 간호사, 연구원, 의사, 방사선사 등 다양한 직군이 포함됐다.

또한, 동시에 VR교육을 관리하는 운영자들에게도 VR교육 운영 상에서 사용하는 VR교육 모니터링 시스템에 대한 만족도 조사를 실시하였다. VR교육 운영자 6명은 실제 방사선비상 대응 교육을 수행하는 한국원자력의학원 소속 운영자 및 교육 운영 지원 인력으로 구성되었다.

1) VR교육 운영 및 교육의 질적 향상

• 도움요청에 대한 만족도

VR교육생들은 VR기기의 컨트롤러에 있는 운영자 호출 기

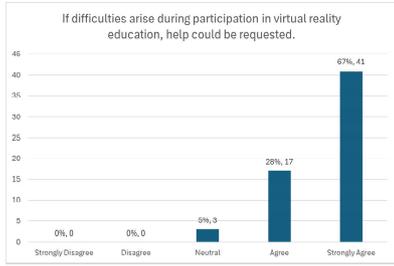


그림 7. VR교육 시 어려움에 대한 도움요청의 편리성
Fig. 7. Convenience of asking for help in VR education

능을 이용하여 가상 현실 교육 참여 중 어려운 점이 발생한 경우 도움을 요청할 수 있었느냐에 그림 7과 같이 답했다.

총 61명 중 100%가 보통 이상의 답을 하였다. 이는 VR교육 중 발생하는 여러 상황에서 교육생이 운영자의 도움이 필요할 때 컨트롤러의 운영자 호출 기능을 활용하여 즉각적인 도움을 받을 수 있어 VR교육 시 안정감과 더불어 만족감을 가질 수 있었던 것으로 분석된다.

• VR교육에 대한 만족감

VR교육생들은 VR교육에 대한 전반적인 만족감이 어떠한지 질문에 그림 8과 같이 총 61명 중 100%가 보통 이상의 답을 하였다.

이는 VR교육이 일반교육보다 더 다양한 피폭 관련 정보를 제공하고, 피폭된 민간인들에 대한 분류, 현실에서 재현할 수 없는 다양한 상처와 처치, 제염에 대한 실습을 할 수 있는 환경을 제공했기 때문으로 분석된다. 또한, 방사능피폭량을 측정하는 방사능계측기기를 프로그램으로 구현하여 가상으로 피폭량을 측정하는 등의 시뮬레이션 기능을 제공함으로써 기기에 대한 조작 역량 향상을 할 수 있었기 때문으로 분석된다.

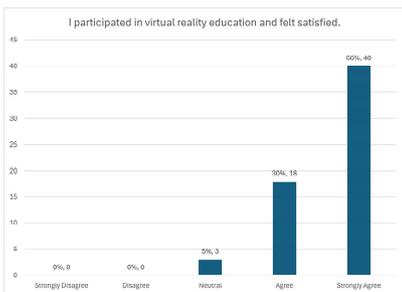


그림 8. VR교육 참여에 대한 만족감
Fig. 8. Satisfaction with participation in VR education

• VR교육 시 교육에 대한 성취감

VR교육생들은 VR교육 참여 후 교육 내용에 대한 성취감에 대한 질문에 그림 9와 같이 총 61명 중 1명을 제외한 98%인 60명이 보통 이상으로 답을 하였다.

이는 VR교육에 대한 만족감과 더불어 교육이나 동영상 교육을 통해 접했던 방사선비상대응 이론 교육에 더해 VR을 통해 실습을 직접 수행하면서 이론에 대한 높아진 이해도를 바탕으로 실습을 통해 체화함으로써 VR교육이 병행된 교육에서 교육 성과에 대한 성취감이 높아졌다고 분석된다.

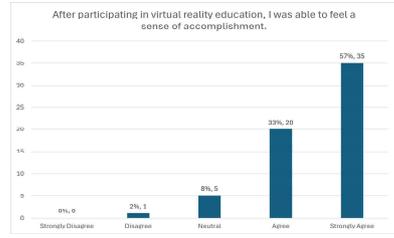


그림 9. VR교육 참여 후 교육에 대한 성취감
Fig. 9. A sense of achievement in VR education

• VR교육의 확대 필요성

VR교육생들은 VR교육의 확대 필요성에 대한 질문에 그림 10과 같이 총 61명 모두 보통 이상으로 이상의 답을 하여 교육생 전원이 VR교육의 확대 필요성을 이야기 했다.

이는 방사선비상대응 훈련에 활용한 VR콘텐츠의 높은 완성도와 상호작용성 및 반복훈련 가능성에 대한 높은 만족도에 기인한다고 분석된다.

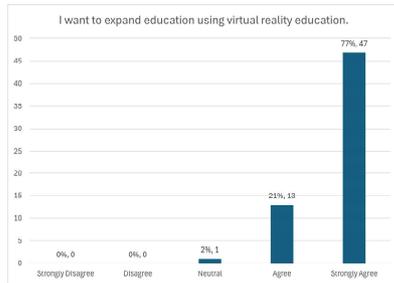


그림 10. VR교육 확대에 대한 의견
Fig. 10. Opinions on the expansion of VR education

2) VR교육 전·후에 대한 교육의 질적 향상

VR교육의 효과성에 대해 알아보기 위해 VR교육 전과 후의 교육 내용에 대한 이해도와 교육 내용의 성취도 및 VR교육 만족도 등을 측정했다.

• 전체 과정에 대한 VR교육 전·후 비교

VR교육생들에게 방사선비상대응 훈련 중 분류나 제염 혹은 이송준비 등에 대한 사전 지식이 있었는지와 VR교육 후 해당 지식에 대한 이해와 성취가 높아졌느냐는 질문에 그림 11과 같이 답했다.

VR 교육 전에 ‘어느 정도 알고 있다’, ‘잘 모른다’, ‘아주 모

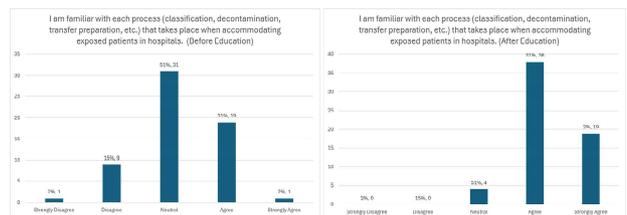


그림 11. VR교육 전·후 전체 과정에 대한 교육 성과에 대한 만족도

Fig. 11. Satisfaction with the educational outcomes of the whole process before and after VR training

른다'에 답한 응답자는 전체 61명 중 41명으로 약 67%를 차지했다. 그러나, VR교육 후 같은 질문에 대해 이해와 성취가 높아졌다는 응답자의 93%인 57명이 '그렇다' 이상으로 답했다.

이는 VR교육이 현재 진행되는 기존의 이론 교육이나 동영상 교육을 완전하게 대체하지는 못하겠지만, 보조 교육의 일환으로 교육 내용에 대한 이해도 상승과 성취감을 높여줄 수 있는 교육 도구로 충분히 활용 가능하다는 것을 보여주고 있다.

• 상처제염 과정에 대한 VR교육 전·후 비교

VR교육생들은 VR교육 전·후의 상처 제염에 대한 이해도와 성취도 결과 비교에 대한 질문에 그림 12와 같이 답했다. VR교육 이전에는 약 60%인 37명이 보통 이하의 지식을 갖고 있었지만, VR교육 이후 약 98%인 60명이 '그렇다' 이상으로 VR교육 이후 상처제염에 대한 과정 이해도가 높아졌음을 알 수 있다.

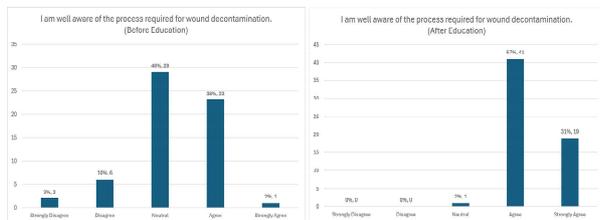


그림 12. 상처제염 과정에 대한 VR교육 전·후 비교
 Fig. 12. Comparison before and after VR training on wound decontamination process

• 건식제염 과정에 대한 VR교육 전·후 비교

VR교육 전·후의 건식 제염에 대한 이해도와 성취도 결과 비교에 대한 질문에 그림 13과 같이 답했다. VR교육 이전에는 약 56%인 34명이 보통 이하의 지식을 갖고 있었지만, VR교육 이후 약 95%인 58명이 '그렇다' 이상으로 VR교육 이후 건식제염에 대한 과정 이해도가 높아졌음을 알 수 있다.

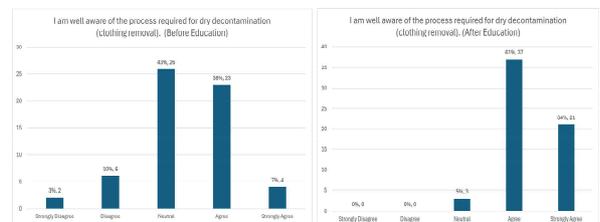


그림 13. 건식제염 과정에 대한 VR교육 전·후 비교
 Fig. 13. Comparison before and after VR training for dry decontamination process

• 부상자 제염 과정에 대한 VR교육 전·후 비교

VR교육 전·후의 부상자 제염 과정에 대한 이해도와 성취도 결과 비교에 대한 질문에 그림 14와 같이 답했다. VR교육 이전에는 약 62%인 38명이 보통 이하의 지식을 갖고 있었지만, VR교육 이후 약 95%인 58명이 '그렇다' 이상으로 VR교육 이후 부상자 제염 과정에 대한 이해도가 높아졌음을 알 수 있다.

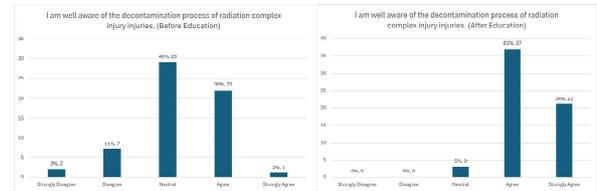


그림 14. 부상자 제염 과정에 대한 VR교육 전·후 비교
 Fig. 14. Comparison before and after VR training on the process of decontamination of the injured

• 부상자 제염 소모품 과정에 대한 VR교육 전·후 비교

VR교육 전·후의 부상자 제염 소모품 과정에 대한 이해도와 성취도 결과 비교에 대한 질문에 그림 15와 같이 답했다. VR교육 이전에는 약 69%인 42명이 보통 이하의 지식을 갖고 있었지만, VR교육 이후 약 92%인 56명이 '그렇다' 이상으로 VR교육 이후 부상자 제염 소모품 과정에 대한 이해도가 높아졌음을 알 수 있다.

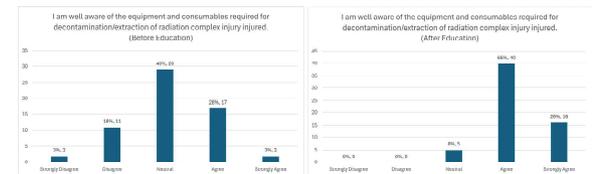


그림 15. 부상자 제염 소모품 과정에 대한 VR교육 전·후 비교
 Fig. 15. Comparison before and after VR training on the course of the injured decontamination consumables

3) VR교육 운영자의 모니터링 시스템 만족도 조사

마지막으로 방사선비상대응 VR교육을 진행했던 교육 운영자들에 대한 VR교육 모니터링 시스템에 대한 만족도를 표 3과 같이 9가지 질문과 리커트 5점 척도로 측정했다.

전체 설문에 결과는 5점 만점에 4.4점으로 매우 높은 만족도를 나타냈다. 각 설문 항목별로 응답은 그림 16과 같다.

표 3. VR교육 운영자의 모니터링 시스템 만족도 조사 항목
 Table 3. Survey items for monitoring system satisfaction of VR training operators

No	Questions
1	Were you able to do the learning preparation of the entire learner?
2	Could you tell which learners needed help?
3	Were you able to effectively guide learners in need?
4	Were you able to find out what parts of the content needed to be supplemented?
5	Were you able to get an idea to improve the content?
6	Did the training go smoothly?
7	Did you feel that the number of managers was sufficient?
8	Do you want to continue using the monitoring program?
9	Would it be nice to have a feature added to the monitoring program?

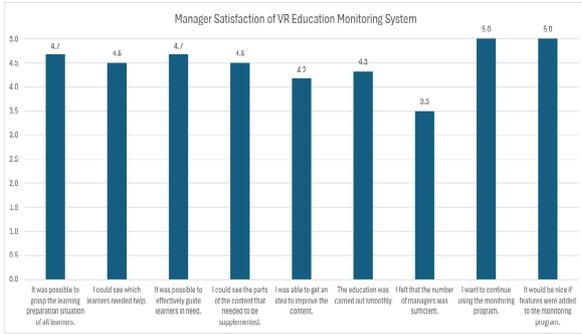


그림 16. VR교육 운영자의 모니터링 만족도 조사 결과
 Fig. 16. Results of managers' satisfaction survey of VR education monitoring system

• VR교육 전 준비에 대한 만족도

VR교육 전에 운영자는 VR교육생들이 모두 HMD를 착용했는지 여부와 진행할 VR콘텐츠들을 모든 교육생이 준비를 끝냈는지 확인 후 교육을 진행해야 한다.

VR교육 운영자가 모든 VR교육생이 교육 준비를 마쳤는지 파악했느냐는 질문에 4.7점을 주어 VR교육 모니터링 시스템을 통해 교육 준비 여부를 잘 확인했음을 보여줬다.

• VR교육 중 VR교육 모니터링 시스템 사용에 대한 만족도

VR교육 운영자는 VR교육생들의 준비가 완료된 후 모든 교육생들이 동시에 VR콘텐츠를 체험하게 한다. VR교육이 진행되면서 교육생들의 교육 진행 상태와 긴급 상황에 대처할 수 있도록 지속적으로 VR교육 모니터링 시스템을 확인한다.

VR교육 중 VR교육 모니터링 시스템에 대한 만족도를 측정 한 ‘어떤 학습자가 도움이 필요하지 알 수 있었는가?’라는 질문에는 4.5점, ‘도움이 필요한 학습자에게 효과적으로 지도할 수 있는가?’에는 4.7점, ‘콘텐츠 중에 보완이 필요한 부분을 알 수 있었는가?’라는 질문에는 4.5점, ‘콘텐츠를 개선할 수 있는 아이디어를 얻을 수 있었는가?’라는 질문에는 4.2점, ‘교육을 원활하게 진행하였는가?’라는 질문에는 4.3점, ‘관리자의 인원수가 충분하다고 느꼈는가?’라는 질문에는 3.5점을 주었다.

모든 운영자가 교육 중 VR교육 모니터링 시스템의 만족도 측정 설문에 4점 이상의 점수를 주어 만족도가 매우 높은 것으로 나타났지만, ‘관리자의 인원수가 충분하다고 느꼈는가?’라는 질문에는 3.5점을 주었다.

이는 VR교육의 특성 상 HMD를 교육생들이 사용할 수 있도록 충분히 설명하고, HMD와 교육 장비에 대한 준비, HMD에 대한 착용 지원 및 교육 종료 후 정리 등 교육 운영에 대한 사전 준비, 교육 진행, 교육 종료 후 정리 등에 대한 교육 업무 자체에 대한 것은 VR교육 모니터링 시스템과 더불어 교육 운영의 효율화 측면에서 접근해야 할 것으로 분석된다.

• VR교육 후 VR교육 모니터링 시스템에 대한 만족도

방사선비상대응 훈련에서 VR교육 모니터링 시스템을 사용한 운영자들에게 ‘모니터링 프로그램을 계속 사용하고 싶은

가?’ 및 ‘모니터링 프로그램에 기능이 추가되면 좋겠는가?’라는 문항으로 VR교육 후의 VR교육 모니터링 시스템에 대한 만족도를 측정하였고, 두 항목에 대해 운영자들은 모두 5.0점을 주어 매우 만족하고 있음을 알 수 있었다.

VR교육 모니터링 시스템은 VR교육을 진행하면서 단점으로 대두되었던 교육생이 도움을 필요로 할 때 말로 도움을 요청해야 했던 한계점, 운영자가 교육생들의 진행 상태를 확인할 수 없어 도움 요청 시 대화를 통해 무엇을 보고 있으며, 현재 상황을 해소하기 위해 무엇을 해야 하는지에 대해 대화로 지원했던 한계점 등을 해소하면서 VR교육생 및 VR교육 운영자 모두에게 VR교육의 장점은 극대화하고 단점은 최소화할 수 있는 시스템인 것을 확인했다.

V. 시사점과 한계점 그리고 향후 연구방향

본 연구에서는 한국원자력의학원의 국가방사선비상진료센터에서 진행하고 있는 전문적 방사선비상진료요원의 지식과 전문 역량 향상을 위해 진행되는 방사선비상대응 훈련의 일부 과정을 VR훈련으로 제작했다.

방사선비상대응 가상·증강현실 훈련 시뮬레이터의 VR콘텐츠들은 방사능 사고와 관련된 다수의 환자들을 중증도에 따라 분류하는 실습의 VR Triage, 방사능 재난으로 피폭된 환자들의 세밀한 의료대응 과정을 실습할 수 있는 VR방사선 피폭환자 처치실습, 다수의 사상자가 병원으로 이송되는 시나리오에 대응하는 과정인 방사능 재난 병원대응 의사결정 시스템, 현장의 방사선비상진료소와 합동방사선비상진료센터 간의 의사결정 활동을 훈련하는 VR상황실, 방사선비상진료 기관에 지원된 계측장비의 사용법에 대한 VR계측기기 사용법을 개발했다.

또한 VR훈련의 한계점 극복과 VR교육 운영자의 편의성과 원활한 교육 진행을 위해 방사선비상대응 훈련 시스템에 출연하는 모든 가상 모의환자들을 등록 및 관리하는 캐릭터 커스터마이징 시스템과 VR교육 모니터링 시스템을 개발하여 실제 교육에 투입시킴으로써 교육의 질적 향상 뿐만 아니라 교육생들의 전문성과 역량 향상에 의미있는 결과를 창출했다.

기존 연구들은 VR교육의 필요성과 교육 성과에 초점을 두어 연구했고, 교육 운영자 및 교육자 측면에서 한계점이 있었다.

본 연구는 VR교육의 한계점을 극복하기 위해 VR교육 모니터링 시스템을 구현하고 방사선비상대응 VR교육에 실제 적용하였다는 점에서 학문적 의의가 있다. 또한, 실무적으로 VR교육 모니터링 시스템을 적용하여 운영자가 VR교육을 원활히 진행할 수 있는 다양한 기능들을 직접 구현하였고, 운영자들의 피드백을 통해 개선함으로써 VR교육의 효과성 뿐만 아니라 VR교육의 원활하고 편리한 운영 효과를 입증했다.

다만 본 연구는 VR교육 모니터링 시스템을 방사선비상대응 VR교육 1개 과정에만 적용했고, 모니터링 시스템에 대한 운영 효과에 대한 피드백 수가 많지 않았다는 한계가 있다.

향후 연구에서는 모니터링 시스템을 VR 뿐만 아니라 AR 로 진행되는 교육에서도 가능하도록 추가 개발을 진행하고, 다양한 교육과정의 적용과 모니터링 시스템에 대한 지속적인 피드백 수집을 하고자 한다. 또한, VR교육 모니터링 시스템의 기능적 고도화 뿐만 아니라 교육생들의 활동 상황을 실시간으로 모니터링하고, 모든 교육생들의 VR교육 내 행위를 동영상으로 저장하여 교육생들에게 적절한 피드백을 할 수 있도록 교육 과정 내에 디프리핑 과정을 포함하도록 교육 운영자에게 제안하고자 한다. 마지막으로 VR교육 모니터링 시스템의 프레임워크 개선 및 기능 고도화를 통해 VR교육 모니터링 시스템을 SaaS(Software-as-a-Service)형태의 서비스로 발전하여 VR기술을 활용한 교육의 효과성과 효율성의 증진에 기여할 수 있도록 향후 지속적인 연구를 진행하고자 한다.

감사의 글

본 연구는 원자력안전위원회의 재원으로 한국원자력안전재단의 지원을 받아 수행한 원자력안전연구사업의 연구결과입니다(No. 2104037).

참고문헌

- [1] S. Choi, J. Lee, and Y. Shin, "Applications and Effects of XR in Education for XR Contents Design," *Journal of Digital Contents Society*, Vol. 23, No. 9, pp. 1757-1766, September 2022. <http://dx.doi.org/10.9728/dcs.2022.23.9.1757>
- [2] K. Shin and S. Lee, "Developing an XR Based Hyper-Realistic Counter-Terrorism, Education, Training, and Evaluation System," *Convergence Security Journal*, Vol. 20, No. 5, pp. 65-74, December 2020. <https://doi.org/10.33778/kcsa.2020.20.5.065>
- [3] Y. J. Choi and S. J. Kwon, "Space-Efficient and Cost-Effective Immersive Contents Developments for the Life-Safety Education and Training Using XR and Simulator," in *Proceedings of KICS Summer Conference*, Jeju, pp. 1775-1776, June 2022.
- [4] J. Lee and S.-H. Chang, "Emergency Situation Safety Education Training VR Content Model Design," *Journal of Digital Contents Society*, Vol. 22, No. 1, pp. 41-49, January 2021. <http://dx.doi.org/10.9728/dcs.2021.22.1.41>
- [5] H. Hong and Y. Kim, "Applications and Effects of Edtech in Medical Education," *Korean Medical Education Review*, Vol. 23, No. 3, pp. 160-167, October 2021. <https://doi.org/10.17496/kmer.2021.23.3.160>
- [6] T. Y. Kim, K. H. Lee, U. J. Lee, S. W. Chung, S. H. Ha, and S. Chae, "Development of a Radiological Training Scenario for Local Government Staff in the Case of a Radioactivity Release Accident at a Nuclear Power Plant," *Journal of the Korean Society of Hazard Mitigation*, Vol. 19, No. 1, pp. 361-371, February 2019. <https://doi.org/10.9798/KOSHAM.2019.19.1.361>
- [7] B. I. Lee, S. J. Park, D. Lee, S. L. Song, and Y. Park, "Development of Public Training System for Emergency Excise using Virtual Reality Technology Based on Radioactive Release Accident," in *Proceedings of the Korean Nuclear Society Autumn Meeting*, Gyeongju, October 2016.
- [8] Y. Wang, H. Luan, L. Wang, S. Song, Y. Bian, X. Bao, ... and C. Yang, "MGP: A Monitoring-Based VR Interactive Mode to Support Guided Practice," *The Visual Computer*, Vol. 39, No. 8, pp. 3387-3401, August 2023. <https://doi.org/10.1007/s00371-023-02950-7>
- [9] Photon. Photon Unity Network [Internet]. Available: <https://www.photonengine.com/ko-KR/PUN>.
- [10] S. M. Jang, S. Hwang, Y. Jung, and E. Jung, "Educational Needs of Severe Trauma Treatment Simulation Based on Mixed Reality: Applying Focus Group Interviews to Military Hospital Nurses," *The Journal of Korean Academic Society of Nursing Education*, Vol. 27, No. 4, pp. 423-435, November 2021. <https://doi.org/10.5977/jkasne.2021.27.4.423>
- [11] S. Patel, B. Panchotiya, A. Patel, A. Budharani, and S. Ribadiya, "A Survey: Virtual, Augmented and Mixed Reality in Education," *International Journal of Engineering Research & Technology*, Vol. 9, No. 5, pp. 1067-1072, May 2020. <https://doi.org/10.17577/IJERTV9IS050652>
- [12] P. M. Fan, S. Thanyadit, and T.-C. Pong, "A Design Thinking Approach to Construct a Multi-learner VR Lab Monitoring and Assessment Tool Deployed in an XR Environment," in *Proceedings of 2023 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces Abstracts and Workshops (VRW)*, Shanghai, China, pp. 731-732, March 2023. <https://doi.org/10.1109/VRW58643.2023.00208>
- [13] V. Brugada-Ramentol, A. Bozorgzadeh, and H. Jalali, "Enhance VR: A Multisensory Approach to Cognitive Training and Monitoring," *Frontiers in Digital Health*, Vol. 4, 916052, June 2022. <https://doi.org/10.3389/fdgth.2022.916052>
- [14] Y. Rahman, A. K. Kulshreshth, and C. W. Borst, "Exploring the Usefulness of Visual Indicators for Monitoring Students in a VR-Based Teaching Interface," in *Proceedings of 2023 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces Abstracts and Workshops (VRW)*, Shanghai, China, pp.

699-700, March 2023. <https://doi.org/10.1109/VRW58643.2023.00192>

[15] J. Song, XR Content Realtime Remote Control and Monitoring System, Master's thesis, Dongguk University, Seoul, August 2020.



최지원(Ji-Won Choi)

2017년 : 울산대학교(학사-디지털콘텐츠 디자인학과)

2016년~2017년: 클레이핑거스 기획팀
2018년~2024년: (주)노바테크 기획팀 프로
2024년~현 재: 울산과학기술원 기술경영학 석사과정
※관심분야 : 디지털 콘텐츠 기획, 사용자 인터페이스 및 사용자 경험 최적화 등



김영상(Young-Sang Kim)

1993년 : 경희대학교 (학사-전자계산공학과)

2007년~2014년: (주)지산소프트 부사장
2015년~2017년: (주)모자익 대표이사
2018년~2019년: (주)리턴 IoT연구소 소장
2021년~현 재: (주)노바테크 XR사업본부 이사
※관심분야 : XR, Digital Transformation, Digital Twin 등



송동석(Dong-Seok Song)

1988년 : 한양대학교(학사-전자공학)
2019년 : 울산대학교 (수료-안전보건 CEO과정)
2020년 : 울산대학교 (수료-테크노CEO과정)

2002년~2005년: (주)에임텍 신규사업본부 본부장
2005년~2011년: (주)현대정보기술 u-그린센터 센터장
2011년~2014년: (주)현대BS&C 융합기술연구소장
2015년~현 재: (주)노바테크 대표이사
※관심분야 : Robot, WMS, XR, Digital Transformation, Digital Twin 등



용환성(Hwan-Seong Yong)

2012년 : 고려대학교 컴퓨터정보통신대학원 (석사-소프트웨어공학석사)
2019년 : 한양대학교 대학원 (경영학박사-생산서비스경영)

2017년~2020년: (주)리얼리티랩 대표이사
2020년~2022년: (주)이플라츠 SI사업본부 이사
2022년~2023년: (주)디씨온 기술연구소 소장
2023년~현 재: (주)노바테크 기획팀 코치
※관심분야 : XR, Digital Transformation, Digital Twin, PMO 등