https://doi.org/10.5392/JKCA.2021.21.09.075

가상현실 안전교육 콘텐츠의 인터랙션 디자인 연구

Interaction Design Study of Virtual Reality Safety Education Contents

장효진*, 장선희**

상명대학교 산학협력단*, 상명대학교 감성공학과**

Hyo-Jin Chang(chj0327@gmail.com)*, Sun-Hee Chang(sxc5098@smu.ac.kr)**

요약

본 연구는 가상현실 안전교육 콘텐츠의 기획과 제작에 참고할 수 있도록 내용 구성 단계별 인터랙션 디자인 특성을 도출하는 것을 목적으로 하였다. 선행연구를 토대로 VR 안전교육 콘텐츠 구성의 특성과 VR 사용자 인터페이스의 분류, 인터랙션 유형, 인터랙션 방식, 인터랙션 구성 요소들의 관계를 정리하여 인터페이스의 관계 분석 틀을 제시하였으며, VR안전교육 콘텐츠 사례 분석을 통해 비상 상황 대응절차 지식의 습득, 사고 상황 체험 학습 그리고 내용의 확인 및 평가의 세 가지 구성단계에서 각각 다음과 같은 상호작용 디자인 특징을 가지고 있음을 확인하였다. 첫째, 학습자 체험단계에서 교육 핵심 체험을 강조하기 위하여 행위 충실도를 높이고 일반적이고 반복적인 행동은 간략하게 축소하여 체험의 질을 조절하는 것이 드러났다. 둘째, 학습자가 생소한 환경에서 안전 행동 절차에 대한 정보 습득을 위하여 주요 상호작용 대상물을 쉽게 인지할 수 있도록 공간UI나 화살표나 상징을 활용한 기표, 행위를 구체적으로 지시하는 게시글 및 다감각 신호를 활용하여 사용자 체험 자유도를 낮추는 방식으로 필수 행위를 강조하고 인지적 인터랙션을 위한 비사실적 방식 인터랙션 비중이 증가하는 것으로 나타났다. 마지막으로 체험의 확인과 평가 단계에서 사고 상황 후 신체손상 등의 부정적 경험을 은유적으로 경험하도록 하는 메타UI를 활용하고 3인칭 시점이나 반복재생의 방식으로 학습자의 체험을 객관적 시각으로 환기하는 것이 활용되었다. 또한 이러한 특성과 관련하여 인터랙션 차원에 따른 요소들의 관계를 도출하여 제시하였다.

■ 중심어 : | 가상현실 | 인터랙션 디자인 | 가상현실 기반교육 | 안전교육 |

Abstract

The purpose of this study is to derive the characteristics of interaction design for each stage of content composition so that it can be referred to in the planning and production of virtual reality safety education contents. It was confirmed that each of the following interaction design features was found in the three configuration steps: acquisition of situation response procedure knowledge, accident situation experiential learning, and content confirmation and evaluation. First, it was revealed that the quality of experience was controlled by increasing the fidelity of behaviors and reducing general and repetitive behaviors in order to emphasize the educational content-related experiences in the learner experience stage. Second, in order for learners to easily recognize main interaction objects in order to acquire information on safe behavior procedures in unfamiliar environments, use of spatial UI or signifiers using arrows or symbols, posts that specifically instruct actions, and multisensory signals Therefore, it was found to be important to emphasize essential actions in a way that lowers the degree of freedom of user experience, and the proportion of non-realistic interactions for cognitive interactions was found to increase. Lastly, in the confirmation and evaluation stage of the experience, it is important to use the meta UI to alleviate negative experiences such as physical damage after experiencing a safety accident situation,

■ keyword : | Virtual Reality | Interaction Design | Virtual Reality-based Training | Safety Education |

* 이 연구는 2020년도 산업통상자원부 연구비 지원에 의한 연구임(20010423)

접수일자 : 2021년 08월 03일 심사완료일 : 2021년 08월 24일

수정일자 : 2021년 08월 23일 교신저자 : 장선희, e-mail : sxc5098@smu.ac.kr

I. 서 론

1. 연구배경 및 목적

2020년 산업재해 발생은 재해자 수 108,379명, 사망자 수 2,062명으로 그 수는 좀처럼 줄어들지 않고 있다[1]. 안전교육 방식이 기존의 전통적인 강의 방식에서 시청각 미디어 활용이나 체험관을 활용하는 등의 다양한 형태로 변화를 꾀하고 있으나 비용과 접근성, 학습자 몰입 및 자아효능감 등의 효과성에서 한계가 지적되었다[2].

가상현실 콘텐츠는 제작에서 시공간의 제약이 적고 위험한 상황을 안전하게 체험할 수 있다는 측면에서 활용 가능성이 크다. 관련하여 가상현실 안전교육과 연구도 진전을 보이고 있는데, 그 주제는 미디어 특성에 따른 안전교육 활용방안과 효과[3-5] 검증, 실습공간과 시뮬레이터 등의 장비 개발[6] 및 콘텐츠 개발[7] 전략 등이 있다. 이들 연구를 통하여 가상현실 콘텐츠 교육의 효과성이 확인되고 관련 기술이 점차 발달하게 되면서 가상현실 콘텐츠의 인터랙션 디자인 방안에 관한 깊이 있는 논의가 필요하게 되었다.

그러므로 본 연구는 가상현실 안전교육 콘텐츠의 체험 특성, 인터랙션 층위에 따른 구성요소를 확인하고 이를 토대로 하여 가상현실 안전교육 콘텐츠의 인터랙션 디자인 특성을 도출하는 것을 목적으로 하였다. 가상현실 안전교육 콘텐츠는 환경 충실도와 행위 충실도가 높으며 위험상황 체험, 안전대응 절차 및 지식 습득, 체험 평가 및 확인과 같은 세 가지 학습자 체험 구성을 가진다는 특징을 가지고 있다. 사용자의 체험 내용에 맞는 인터랙션을 적절하게 계획하는 것은 가상현실 기술 활용과 사용자들의 교육 효과 제고 측면에서 중요하다고 볼 수 있다.

2. 연구범위 및 방법

본 연구 대상은 대중화되어 접근성이 크다고 판단되는 HMD 및 트리거 혹은 핸드 트래킹 디바이스를 활용한 몰입형 가상현실 안전교육 콘텐츠로 한정하였다. 본 연구에서의 인터랙션은 가상현실 공간 내에 사용자와 객체와의 물리적 인터랙션 뿐 만 아니라 공간 안과 밖에 증강되어 나타나는 정보제공 및 설정의 유저 인터페이스와의 상호작용이 포함된다.

연구방법은 선행 연구를 통해 가상현실 안전교육 콘텐츠 인터랙션 분석 틀을 도출하고 분석틀을 토대로 가상현실 안전교육 콘텐츠 사례를 질적 분석하는 방식으로 진행하였다.

선행연구를 통하여 1) 가상현실 안전교육 목적과 효과를 고려한 콘텐츠의 구성과 설계 원리에 관한 연구를 검토하고 2)페이저 홀트와 로렌츠존의 사용자 인터페이스(UI)분류, 바우만에 의해 구분된 가상현실 인터랙션 유형, 바우만과 동료들의 인터랙션 충실도를 근거로 구분한 인터랙션 방식, 마지막으로 노먼의 인터랙션 디자인 도구 요소들의 층위 간 관계를 통해 가상현실 안전교육 콘텐츠의 인터랙션 분석 틀을 도출할 수 있었다.

이 틀을 토대로 실제 개발되어 공개된 VR안전교육 콘텐츠 사례 분석을 진행하였다. 선정방식은 동영상 플랫폼(YouTube)에서 '가상현실 안전 교육 훈련' 또는 'Virtual Reality safety education or training'으로 검색하여 콘텐츠 100여 편을 검토하였으며, 중복되거나 단순 홍보, 동일 제작 업체의 유사한 콘텐츠, 인터랙션을 충분히 확인할 수 없는 콘텐츠, 적극적인 인터랙션을 확인할 수 없는 360° VR영상 콘텐츠는 제외하였다. 이 중에서 산업 및 재해 안전 관련 기관과 안전교육 콘텐츠 전문 제작업체에서 공개한 콘텐츠를 중심으로 변별적인 콘텐츠 5편을 선정하였다.

II. 이론적 배경

1. 가상현실 기반 안전교육

가상현실 안전교육의 경우, 지진, 화재 시 대응방법과 산업 현장에서의 안전사고 방지 및 신체의 안전과 물리적 손실을 막기 위한 일련의 행동 대응 지식을 체화 하는 것을 목표로 한다. 가상현실을 활용한 안전교육은 신체안전과 관련한 고위험 상황을 안전하게 체험할 수 있으며, 규모가 크고 복잡한 환경을 실제로 구현하는 것보다 시간과 비용 측면에서도 유리하다.

이와 같은 이유로 가상현실 기반 안전교육/훈련 콘텐츠의 개발과 활용방법에 관한 연구가 진행되었다. 백지민, 함동한 그리고 이양지(2016)는 산업안전 교육 시스

템에서 가상현실의 효과적 활용 방안을 제시하였다. 기존 강의식 안전 훈련 및 현장 훈련과 비교할 때 가상현실 기반 안전훈련은 개발 및 유지비용 측면에서 현장 훈련에 비하여 낮으나 몰입 및 문제 해결 측면에서 높게 나타나므로 더욱 효과적이라고 주장하였다. 교육과정에서의 상호작용 및 실제 현장에 대한 충실도 측면에서도 가상현실 기반 훈련이 효과적일 것으로 보았다[8].

한형종과 임철일(2020)은 가상현실 기반 교육용 시뮬레이션 설계원리를 제안하였다. 교육 콘텐츠의 개념적 성격의 일반적 구성요소는 크게 맥락적 시나리오, 시뮬레이션 행위 유발성, 실제적 활동 및 반응으로 총 세 가지가 포함되는 것으로 보았다[9].

정상(2020)은 VR/XR 기반의 소방훈련을 중심으로 한 재난 안전 훈련에서 안전훈련 시스템의 발전 방안을 제시하였다. 한국 현황에 맞춘 SOP(표준작업절차, Standard Operation Process)를 개정하여 국내실정에 적합한 시스템이 필요 하며, 빅데이터 기술 등을 토대로 훈련 시 잘못된 선택을 바로잡을 수 있는 피드백을 통해 교육 효과를 높일 수 있으며 팀 단위 훈련이 가능한 네트워크 기술 및 위치기반 훈련이 가능한 형태의 미래 가상현실 안전교육의 청사진을 제시하기도 하였다[10].

장선희, 장효진 그리고 김성훈(2021)은 안전교육 콘텐츠의 내용이 사고 상황 체험, 안전사고 예방 및 완화 단계 훈련, 재난 대응 절차 습득, 습득한 원리적/절차적 지식의 평가 등의 단계를 포함하고 있음을 확인하고 생동감과 상호작용성의 측면에서 가상현실 안전 교육 콘텐츠의 유형을 게임형, 시뮬레이션형, 실감 강의형으로 분류하였다[11].

선행 연구 내용을 종합하면, 가상현실 안전 교육 콘텐츠는 기획에 앞서 현장 충실도와 표준 수행 절차를 면밀하게 확인하는 절차가 기반이 되어야 하며, 사고 상황의 실감체험, 안전사고 예방 및 대응 절차의 습득, 체험한 지식의 확인 및 평가 내용으로 구성할 수 있다는 것을 알 수 있다.

표 1. 선행 가상현실 기반 안전 교육/훈련 구성

연구자	가상현실 교육/훈련 구성
백지민 외(2020)	능동적 문제 해결을 위한 상호작용 및 실제 현장 충실도
한형종 외(2020)	맥락적 시나리오, 시뮬레이션 행위 유발성, 실제적 활동 및 반응
정상(2020)	SOP(표준작전절차, Standard Operation Process)에 의거한 독자적 시스템, 교육 효과 확인, 다감각 기반 시스템
장선희 외(2021)	사고상황 체험, 안전사고 예방 및 완화와 재난 대응 절차 습득, 습득한 원리적/절차적 지식의 평가 구성

2. 가상현실 콘텐츠 상호작용 층위와 요소

가상현실의 인터랙션은 여러 유형의 사용자 인터페이스에서 인터랙션 종류와 그 방식에 따라 인터랙션 디자인 도구들이 다르게 표현된다고 볼 수 있다. 즉, 가상현실의 인터랙션을 디자인하기 위해서는 사용자와 미디어간 인터랙션 종류가 무엇인지, 그 행위 충실도는 어느 정도 인지, 어디에서 상호작용이 일어나는 지를 다차원적으로 고려해야만 사용자의 행동을 유도하고 행위에 대한 결과를 피드백 하는 등의 인터랙션 구성요소를 설계할 수 있는 것이다.

그러므로 본 절에서는 1) 인터랙션 각 차원인 사용자 인터페이스, 인터랙션 유형, 인터랙션 방식과 인터랙션 디자인 구성 요소의 내용을 살펴보았으며, 2) 인터랙션 각 차원 간 연관 관계를 도식화하였다. 또한 3) 앞 절에서 살펴본 VR안전교육 콘텐츠 구성 단계별 인터랙션 구성 도구들을 구체적으로 살펴볼 수 있도록 인터랙션 디자인 분석 틀을 도출하였다.

가상현실의 사용자 인터페이스(User Interface, UI)는 HMD상의 사용자-미디어 경계 뿐 만 아니라 가상공간 안에서 존재하는 객체와 상호작용 한다. 페이저 홀트와 로렌츠 존(E. Fagerholt, M. Lorentzon, 2009)에 따르면, 3D 가상공간 내 시각화 유무와 허구적 가상세계 내 존재유무에 따라 가상현실의 UI를 디에제틱 UI, 비디에제틱 UI, 공간 UI, 메타 UI로 분류할 수 있다[12].

디에제틱 UI는 인터페이스 요소가 가상공간 내 사용자와 함께 재하도록 한다. 방향이나 시간 등의 정보는 실제와 같은 형태를 가진 나침반이나 시계의 형태로 사용자가 직접 만지고 확인할 수 있도록 하는 방식으로 실재감을 높일 수 있다.

비디에제틱 UI는 3D 가상 공간 내에 시각화 되는 것이 아니며 사용자의 HMD 상에 부가적 정보를 제시하는 방식으로 표현된다. 사용자의 상황에 따라 필요한 특정 정보를 시야 내에서 바로 확인할 수 있어 효율적으로 인터랙션 할 수 있다.

공간 UI는 3D 가상공간 내에 존재하는 객체에 부가적으로 시각화한다. 공간 UI는 가상공간 내에 존재하는 것은 아니며, 단지 사용자가 공간의 구조 혹은 특정 객체위치를 주시하도록 하고 형태를 파악할 수 있도록 보조적으로 활용된다.

메타 UI는 HMD상에서 유리창이 깨진 것처럼 표현되거나 붉은 피로 덮이는 것과 같이 은유적 재현을 통해 사용자가 특정 행동의 결과나 현재 상황을 파악할 수 있도록 돕는다. 신체적 위험이나 고통을 수반하는 부정적 정서를 직접 감각 자극을 하지 않고 메타 UI로 은유적으로 대체할 수 있다.

표 2. 가상현실 사용자 인터페이스 분류

구분	내용	예
디에제틱 UI	가상 세계에 포함되는 인터페이스, 허구 세계 안에 존재, 공간 안에 시각화 하여 나타남	공간 내 손등 정보 위치 〈크레인 줄걸이 작업 VR 안전교육〉
비디에제틱 UI	가상 세계 밖에서 렌더링 되는 인터페이스, 허구 세계 바깥에 존재, 공간 바깥에 시각화 하여 나타남	공간 밖 정보 표시 위치 〈GM지게차 VR교육 콘텐츠〉
메타 UI	허구 세계 안에 존재, 공간 바깥쪽에 시각화 하여 나타남	사고(부상) 상황 은유 〈산업안전 VR콘텐츠〉
공간UI	허구 세계 바깥에 존재, 공간 안에 시각화 하여 나타남	주요 객체 테두리 강조 〈지게차 충돌 VR 사고 체험 및 안전대책〉

가상현실 UI에서의 인터랙션은 인터랙션 디자인 도구들에 의해 구성된다. 노먼(Norman, D.,2010)은 인터랙션을 디자인하는데 주요한 도구 다섯 가지를 제시하였다[13]. 인터랙션 디자인 도구는 일관된 행동 유도, 분명한 기표, 해석하기 쉽고 행동을 이끌어주는 제약, 즉각적이고 유용한 피드백, 분명히 이해할 수 있는 매핑을 통해 사용자 인터페이스가 어떻게 작동하는지 알아차릴 수 있도록 한다.

행동유도와 기표는 사용자가 특정 행동을 하도록 이끌어준다는 의미에서 개념적으로 유사하지만 본 연구에서는 사용자가 능동적으로 행동하도록 유발하는 것을 행동유도, 안내 풋말이나 나레이션, 화살표 등의 기호와 텍스트 정보를 통해 사용자에게 행위를 구체적이고 적극적으로 요구하는 것을 기표로 보았다.

제약은 기획자의 목적에 다다를 수 있도록 사용자가 불필요한 행위를 제한할 수 있도록 하는 것을 의미하며, 매핑과 피드백은 사용자에게 특정 행위를 수행했을 때 적절한 반응을 제공한다. 매핑은 사용자의 제어가 대상물에 어떤 영향을 미치는 가에 대한 관계를 설정하고 피드백은 사용자의 제어에 따른 오브젝트의 반응과 상태를 제공한다.

표 3. 가상현실 인터랙션 디자인 도구

구분	내용
행동유도성	어떤 행동이 가능하고 사용자가 무엇과 어떻게 상호작용할 수 있는지 정의
기표	기표는 오브젝트의 적절한 용도, 구조, 작동, 행동 양식을 사용자에게 커뮤니케이션하는 인지 가능한 표시(신호)
제약	상호작용 제약은 액션과 행동에 제한을 주는 것
피드백	사용자에게 액션의 결과나 과제의 현 상태를 알려줘서 상호작용하고 있는 대상의 상태를 이해하도록 함
매핑	컨트롤과 그 결과의 관계

인터랙션의 유형은 선택, 조작, 이동, 설정으로 구분할 수 있다. 바우만(Bowman, D.,2001)은 가상환경에서 상호작용의 유형을 수동적 가상 세계, 선택과 이동 그리고 시스템 설정의 4가지로 구분하였으며[14], 뒤이어 여러 연구자들에 의해 여정과 이동[15], 시스템 설정[16], 객체 조작과 선택[17]에 관한 3차원 사용자 인터페이스와 인터랙션 기술 연구가 진행되었다.

본 연구에서는 인터랙션의 유형을 바우만의 기존 연구에서 후속 연구자들의 분류를 받아들여 시스템 조작과 도구로 사용하는 것과 같은 실제적 행위로서 조작

유형을 따로 분류하고자 한다. 최종적으로 이 연구에서 상호작용 유형은 선택, 조작, 이동, 시스템 설정으로 구분하였다.

표 4. 가상현실 인터랙션 유형

구분	내용
선택	객체를 인지하는 것, 조작하기 위하여 손으로 잡는 것, 선택 문항 중 고르는 것
조작	객체의 위치나 방향 혹은 형태를 변형시키는 것
이동	사용자의 위치를 가상 공간 내 다른 곳으로 옮겨 가는 것
설정	콘텐츠의 시작과 끝, 디바이스 환경을 설정하는 것

인터랙션 방식은 인터랙션 충실도를 기준으로 구분된다. 인터랙션 충실도는 가상과제에 사용되는 물리적 행동이 그에 상응하는 현실적 과제에 사용되는 물리적 행동과 닮은 정도를 뜻한다[18]. 인터랙션 충실도에 따라 인터랙션 방식을 사실적 인터랙션, 마법적 인터랙션, 비사실적 인터랙션의 세 가지로 구분할 수 있다[19].

사실적 인터랙션 방식은 현실 세계에서와 동일한 방식으로 작동하는 상호작용 방식이며 주로 기술습득을 위한 시뮬레이션에 활용된다. 반대로 비사실적 인터랙션 방식은 복잡한 과정을 생략하거나 강조하여 수행력을 높여주고 피로도를 낮춰 재미를 높일 수 있다는 특징이 있다. 두 인터랙션 방식 사이의 중간정도의 마법적 인터랙션 방식은 이미 다른 분야에서 습득한 지식을 활용하는 인터랙션 메타포를 활용하여 사용자가 직관적으로 상호작용 방식의 심상모델을 만들도록 돕는다는 특징이 있다.

표 5. 가상현실 인터랙션 방식

구분	내용	예
사실적	실제 행동과 유사한 방식으로 인터랙션	가상공간 내 목표한 지점으로 실제 두 발로 걸어서 이동한다.
마법적	메타포를 활용한 방식의 인터랙션	제자리에서 목표 지점을 선택하여 텔레포트한다.
비사실적	실제 행동과 직접적인 관련이 없는 임의적인 방식의 인터랙션	방향키를 사용하여 이동한다.

지금까지 살펴본 인터랙션 디자인 도구와 상호작용 유형과 그 방식 및 UI 유형 간 관계를 종합하면 [그림 1]과 같다.

사용자는 UI에서 인터랙션의 유형과 그 인터랙션 충실도에 따른 방식이 무엇인가에 따라 인터랙션 디자인 도구에 의한 인터랙션 표현이 달라진다. 즉, 인터랙션 유형과 방식은 인터랙션의 내용을 결정짓고 사용자 인터페이스에서 인터랙션 디자인 도구들은 인터랙션을 표현하게 된다.

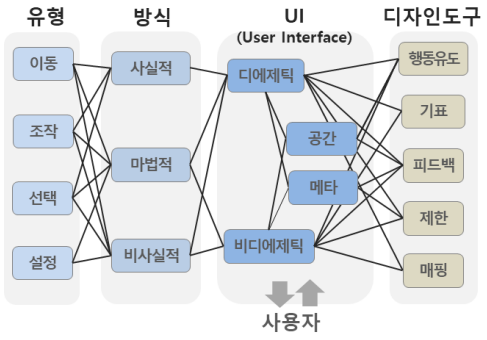


그림 1. 가상현실 인터랙션의 차원과 구성요소 관계

[그림 1]의 인터랙션 각 차원 유형 및 구성요소 관계를 항목으로 가상현실 안전교육 콘텐츠를 분석하기 위한 분석 틀은 [표 6]과 같다. 가상현실 안전교육 콘텐츠의 내용 구성 단계인 사고 상황의 실감체험, 안전사고 예방 및 대응 절차의 습득, 체험 확인 및 평가로 나누어 인터랙션이 어떻게 표현되고 있는가를 행동유도, 기표, 피드백, 제한과 매핑과 같은 인터랙션 디자인 도구 표현으로 구체적으로 살필 수 있도록 하였다.

표 6. VR 안전교육 인터랙션 디자인 분석틀

주요 UI	디에제틱/비디에제틱/공간/메타
인터랙션 유형	이동/조작/선택/설정
언터랙션 방식	사실적/마법적/비사실적
콘텐츠 구성 단계 별 인터랙션 디자인 도구	
사고상황 체험	행동유도/기표/피드백/제약/매핑
예방 대응 지식 습득	
체험 확인 및 평가	
주요 인터랙션 관계도	

Ⅲ. VR 안전교육 콘텐츠 인터랙션 디자인 사례 분석

가상현실 기반 안전교육은 학습자가 실제 환경에서 위험 요소를 빠르게 인지하고 적절한 안전 조치를 정해진 절차에 맞게 수행할 수 있도록 하는 것을 목적으로 한다. 이러한 일련의 행위는 가상현실에서 실제 공간 내 대상물과의 사실적 인터랙션과 그래픽 기반의 인위적 인터랙션으로 이루어진다. 콘텐츠의 장르와 성격 혹은 사용자의 작업 숙련도에 따라 인터랙션의 방식과 충실도는 달라질 수 있으며, 사용자 인터페이스 역시 전략적으로 다르게 활용될 수 있다.

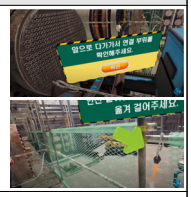
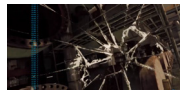
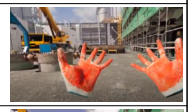
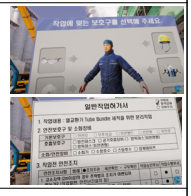
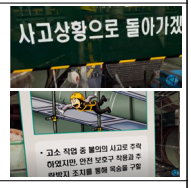
앞 장에서 제시한 분석틀을 토대로 가상현실 안전교육 콘텐츠 사례에서 어떻게 활용되었는가를 살펴보았다. 주요 UI 및 인터랙션 유형과 방식을 꼽고 구체적으로 인터랙션 디자인 도구가 콘텐츠에서 어떻게 표현되고 있는가를 알 수 있는 주요한 내용과 이미지를 정리하였다.

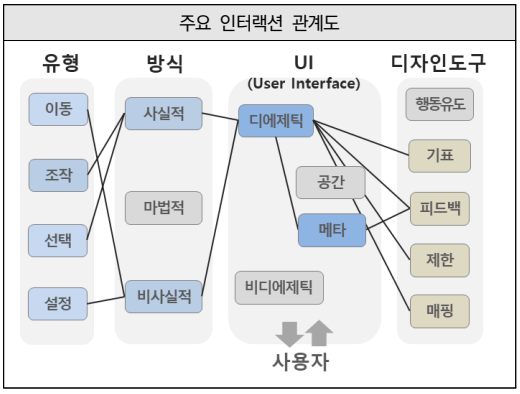
1. 정유사 비계 작업 VR 안전 체험

사용자는 비계작업의 맥락에서 주어진 행위를 수행하면서 안전사고 예방 및 대응 지식 절차를 익히고 잘못 수행하였을 때 사고 상황을 연출하여 체험하도록 하였다. 체험 완료 후 안전사고 예방을 위한 정보를 다시 제시하여 정리하는 방식으로 교육 내용을 확인하였다.

사용자 인터페이스는 모두 가상 공간 내에 위치하고 있는 디에제틱 UI를 사용하고 있으며, 물건을 잡거나 버튼을 누르는 것과 같은 선택과 조작 유형의 인터랙션은 사실적 인터랙션 방식으로 표현되었다. 이동의 인터랙션 유형은 제자리 걸음으로 비사실적 상호작용 방식을 선택하였다. 사용자가 직접 판단하여 대상물을 선택하고 조작할 수 있도록 하는 행동유도성은 사용하지 않고 직접적으로 행동을 지시하고 수행할 수 있도록 하는 나레이션과 기표를 주로 활용하였다. 사고 상황에 의한 신체 손상 등을 깨진 유리로 은유적으로 표현한 메타 UI로 피드백 하는 것이 나타났으며, 물건을 주워서 옮기는 등의 조작을 수행할 때 수행 정교성이 낮아도 상호작용이 가능하도록 매핑하였다. 그 밖에 넓은 야외 공간에서 큰 구조물의 설치 시 비계에서 추락하는 사고 상황을 3인칭 시점으로 볼 수 있도록 하여 학습자가 객관적으로 사고 상황을 이해할 수 있도록 하였다.

표 7. 〈비계작업 VR안전체험〉 인터랙션 디자인소 분석[20]

주요 UI	디에제틱, 메타		
유형	선택, 조작, 이동, 설정		
방식	사실적(선택, 조작), 비사실적(이동, 설정)		
구성 단계 별 인터랙션 디자인 도구 분석			
사고상황 체험	기표	•알림 게시판의 버튼을 누르기 위해 다가가도록 함 •화살표, 알림 게시판 활용	
	피드백	• 추락사고시 시야가 유리 깨진 것처럼 바뀜 • 사용자 손 인식, 움직임 표현 • 작업 완료시 알림판 사라짐	
	매핑	• 핸드트래킹을 통한 가상 손 움직임 매핑	
예방 대응 지식 습득	기표	• 실제 작업시 복장과 장비 정보 제시, 선택유도 • 작업시 실제 매뉴얼(일반작업허가서)확인 제시	
	피드백	• 작업 완료시 지시 알림 게시판이 음향과 함께 사라짐	
	매핑	• 도구를 잡고 이동시키는 중간 수준의 매핑	
체험 확인 및 평가	기표	• 사고상황 반복 알림 게시 • 체험 내용의 확인 게시	
	피드백	• 나레이션으로 완료 및 추가 정보 제공	



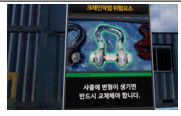
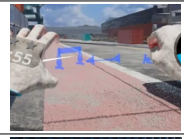
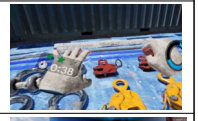
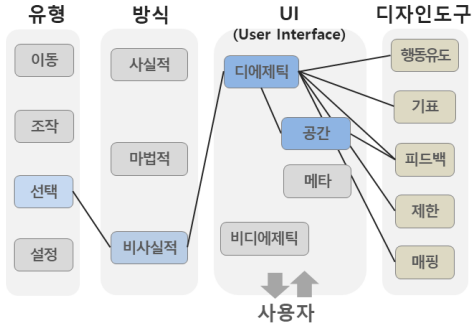
2. 크레인 줄걸이 작업 안전교육(정보통신산업진흥원)

본 콘텐츠는 안전사고 예방을 위한 위험요소 확인 교육을 중점적으로 다루어 사고 상황 체험단계의 인터랙션은 나타나지 않았다. 사고 예방을 위한 위험 요인을 가려내어 선택하도록 하고 즉시 별점을 주는 것으로 평가하고 위험 요인에 관한 내용을 정리하여 안내하는 구성을 취하였다. 플레이가 끝난 후, 사용자의 수행 평가 점수를 총계하여 제시하여 교육 효과 측정이 가능하도록 하였다.

디에제틱UI에서 3차원 공간 내 존재하도록 객체화하였으며, 위험요인이 되는 객체를 선택하면 공간UI를 활용하여 피드백 하였다. 위험요인이 무엇인지 판단하여 찾는 선택의 인터랙션 유형이 주를 이루었으며, 그 외 이동, 설정, 조작의 인터랙션 유형은 나타나지 않았다.

특히 사용자의 행동을 유도하는데 캐릭터를 적극 활용하는 것으로 나타났다. 사용자에게 수행 내용을 비디에제틱 UI의 나레이션으로 외부적 가상 인물에 의해 전달하는 다른 콘텐츠와 달리 교수자 캐릭터가 직접 등장하여 사용자에게 교육 내용을 전달하고 주시해야 할 방향을 시선과 제스처를 활용하여 자연스럽게 유도하는 것으로 나타났다. 다른 동료 캐릭터는 정해진 작업 매뉴얼의 구호와 제스처를 시범하는 기표로 활용되고 있는 것을 알 수 있었다.

표 8. 〈크레인 줄걸이 작업 안전교육〉인터랙션 디자인 분석[21]

주요 UI	디에제틱, 공간		
유형	선택		
방식	비사실적(설정, 선택)		
구성 단계 별 인터랙션 디자인 도구 분석			
예방 대응 지식 습득	행동 유도	• 제스처 모양 제시 • 위치에 반투명하게 표시 • 캐릭터 제스처/시선으로 사용자 시선 유도	
	기표	• 위험요소 및 대응방법 안내 • 교수자 캐릭터 수행 내용과 주의사항 설명 • 동료 캐릭터 업무 매뉴얼 제스처 및 구호 시범	
	피드백	• 선택 시 객체 푸른색 표시	
체험 확인 및 평가	피드백	• 틀린 객체 선택 시 부저음 맞는 객체 선택시 별점획득	
	매핑	• 수행평가의 총 점수 연산 및 제시	
주요 인터랙션 관계도			

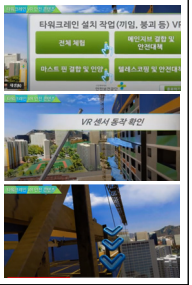
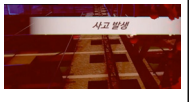
3. 타워크레인VR안전체험(안전보건공단)

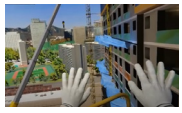
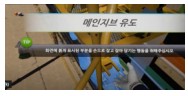
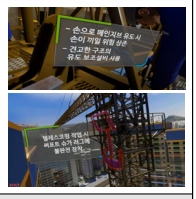
타워 크레인에서의 작업을 수행하면서 발생할 수 있는 위험 상황을 체험하고 사고 상황을 연출하여 예방 및 대응지식을 정리하여 안내하는 구성을 취하였다. 특히 체험 후 사고 원인과 주의 사항을 확인하는 단계에서 사용자의 시점을 3인칭으로 변경하여 직접 인터랙션 없이 사고 현장을 객관적으로 확인하도록 구성하였다.

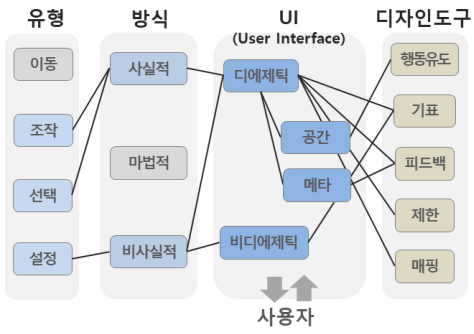
복잡하고 개방된 넓은 환경 특성상 안내 풋말이 사용자 시야 안에 들어오도록 비디에제틱 UI를 활용하였다. 사고 상황에서 원인과 주의 사항을 안내할 때는 디에제틱UI를 활용하여 사고 지점에 안내판을 위치시켰다. 또한 학습자에게 주시해야 할 위치를 공간UI와 기호로 강조하였으며 안전사고상황을 은유적으로 나타낸 메타UI도 확인할 수 있었다.

현장에서 사용자가 취해야 할 제스처를 비디에제틱 UI의 캐릭터 시범을 통해 인지시키고 단계별 수행이 마무리되면 완료되었다는 안내문구와 음향을 통해 다음 단계로 넘어가도록 피드백 하였다.

표 9. 〈타워크레인 VR안전체험(안전보건공단)〉인터랙션 디자인 분석[22]

주요 UI	비디에제틱, 디에제틱, 공간, 메타		
유형	설정, 조작, 선택		
방식	사실적(선택, 조작), 비사실적(설정)		
구성 단계 별 인터랙션 디자인 도구 분석			
사고상황 체험	행동유도	• 복잡한 구조물 강조	
	기표	•체험과 대책 교육 과정 선택지 제시 •교육주제 제시 •주시할 위치로 사용자 시야를 이동 화살표	
	피드백	•사고 상황 시 붉은 화면 • 행위 수행 시 안내판 사라짐	

	제약/매핑	• 핸드트래킹을 통한 가상 손 움직임 매핑	
예방 대응 지식 습득	기표	• 수행할 제스처 영상 제시 • 조작 위치와 행동 설명 제시	
	피드백	• 행위수행 완료 시 팁 제시	
	매핑	• 해머질 행동 매핑	
체험 확인 및 평가	기표	• 사고 원인과 주의 사항 제시	
주요 인터랙션 관계도			

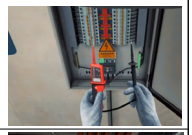
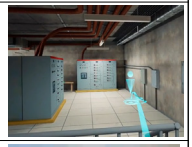
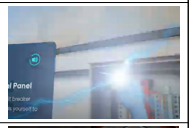
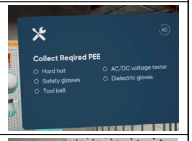
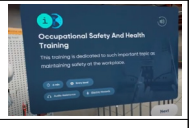
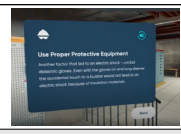


4. VR Safety Training for Electric Power Industry

사고 상황 체험과 예방 및 대응 지식 습득이 복합적으로 구성되었다. 디에제틱UI와 공간 UI가 주로 사용되었다. 절차와 추가 정보에 관한 안내 풋말의 음성을 켜거나 끌 수 있도록 설정하도록 하여 사용자의 학습 편의성을 고려하였다. 실제 작업에서 수행 절차에 따라 꼬리표를 달아두거나 정해진 위치로 이동하는 등의 실제 상황을 대부분 사실적으로 수행하도록 구성하였다. 장비의 조작 등의 주요 교육 내용과 관련한 행동에는

사실적 상호작용을 활용하였으나 위치 이동은 텔레포트의 마법적 상호작용을 활용한 것으로 나타났다. 체험 확인 및 평가 단계에서 사고 상황을 녹화 형식으로 메타UI로 기표화 하여 위험요인을 재확인하도록 구성하였다.

표 10. 〈VR Safety Training for Electric Power Industry〉 인터랙션 디자인 분석[23]

주요 UI	디에제틱, 공간, 메타		
유형	조작, 선택, 이동, 설정		
방식	사실적(선택, 조작), 마법적(이동), 비사실적(설정)		
구성 단계 별 인터랙션 디자인 도구 분석			
사고상황 체험	행동유도	• 객체의 이동 위치 반투명 가상 객체로 제시 • 조작부를 초록색으로 강조	 
	기표	• 이동해야 하는 위치를 동적 기호로 표시	
	피드백	• 전기 사고상황 시각화	
예방 대응 지식 습득	기표	• 수행할 내용 안내 게시 • 장비 선택 리스트 제공	
	피드백	• 장비 선택시 착용 상태로 전환	
	매핑	• 나레이션 설정, 다시듣기 및 수행 수준 구분	
체험 확인 및 평가	기표	• 문제가 된 행위를 녹화된 화면으로 느리게 다시 재생 • 수행시 주의사항을 정리하여 안	
		내 제시	
주요 인터랙션 관계도			
유형	방식	UI (User Interface)	디자인도구
이동	사실적	디에제틱	행동유도
조작	마법적	공간	기표
선택	비사실적	메타	피드백
설정		비디에제틱	제한
		사용자	매핑

5. Fire Safety Training using Virtual Reality

행동 지시와 안내에 관련한 정보는 비디에제틱 UI를 활용하였다. 화재상황에서 응급 전화를 거는 상황에서 직접 수화기를 들고 전화하도록 하지 않고 전화를 걸어야 하는 대상을 설정 화면으로 선택지를 제시하여 확인하는 방식을 취하였다.

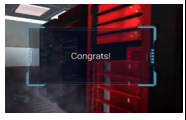
이동과 전화 걸기는 비사실적 상호작용 방식을 사용하였으며, 선택과 조작은 사실적 상호작용을 사용하도록 하였다. 소화기의 조작 위치와 조작 시 변형 형태를 미리 공간UI로 제시하여 사용자가 정확하게 조작할 수 있도록 유도하였다.

화재를 인지하고 화재사고를 신고하고 화재 유형에 맞는 적절한 소화기를 선택하여 불길이 번지지 않도록 최적의 시간 안에 소화기를 조작하여 화재를 진압하는 일련의 행동을 점수화 하여 최종적으로 피드백을 제공하였다.

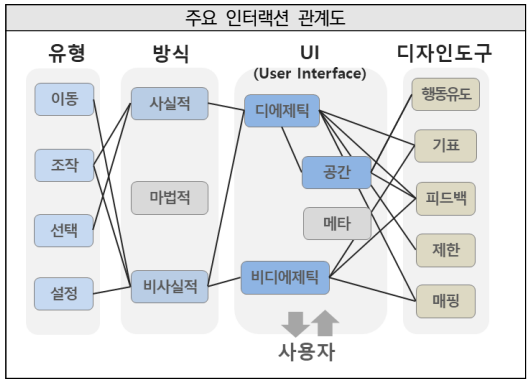
표 11. 〈Fire Safety Training using Virtual Reality〉인터랙션 디자인 분석[24]

주요 UI	디에제틱, 비디에제틱, 공간
유형	조작, 선택, 이동, 설정
방식	사실적(조작, 선택), 비사실적(이동, 조작, 설정)

구성 단계 별 인터랙션 디자인 도구 분석

사고상황 체험	기표	• 다음 내용 확인을 위한 버튼 제시 • 수행할 행위 제시 • 조작해야 할 객체의 위치 표시	
	피드백	• 수행 완료 확인 안내 제시	
	매핑	• 소화기 분사위치에 따라 불길 세기 변화	
예방 대응 지식 습득	행동유도	• 소화기 조작부의 이동 위치 반투명 제시	
	기표	• 소화기 조작 순서 안내 제시	
	피드백	• 조작 완료시 다음 조작안내 변경 • 소화시 성공 확인	
	제약/매핑	• 소화기 사용법 순서에 따른 조작	
체험 확인 및 평가	기표/피드백	• 전화 대상을 확인하는 선택창 제시	
	제약/매핑	• 항목별 수행 점수 연산 및 제시	

주요 인터랙션 관계도



Ⅳ. VR 안전교육 콘텐츠 인터랙션 특징

가상현실 안전교육 콘텐츠의 인터랙션 디자인 사례 분석을 진행한 결과 가상현실 안전교육 콘텐츠의 내용 구성의 대응절차 지식의 습득, 사고 상황 체험 학습, 내용의 확인 및 평가의 세 가지 구성단계에서 구별되는 인터랙션 특징을 가지고 있음을 확인하였다.

사고 상황 체험 단계에서는 학습자가 사고 상황을 실감 있게 경험할 수 있도록 인터랙션 충실도를 인터랙션 종류에 따라 다르게 제어하는 것으로 나타났다. 안전 예방과 대응에 필요한 주요 인터랙션은 사실적 방식으로 깊이 있게 체험하도록 하는 반면, 부차적이고 일반적 행위는 비사실적이거나 마법적인 인터랙션 방식으로 생략하거나 단순화하였다. 소화기 사용법과 관련 인터랙션에서 안전핀을 뽑고 노즐을 잡아 분사하는 일련의 과정을 세부적이고 사실적으로 취하도록 하였지만 안전복 착용은 단순 선택으로 축소하고 전화 거는 것에서는 행위 자체보다 적절한 복장과 연락대상의 정보 확인하는 형태로 변환하기도 하였다. 또한 사고 상황에서 신체 손상과 관련 상황을 은유적으로 처리한 메타 UI의 활용이 빈번하였는데 이것은 단지 촉각 감각의 실감정도를 구현하는 장비의 발달 수준의 한계 때문이라기보다는 부정적 정서가 학습자의 학습 집중력 고취 및 자아효능감에 좋지 않은 영향을 끼치는 것을 방지를 위한 것으로 볼 수 있다[25].

두 번째 대응절차 지식의 습득 단계에서는 학습자가 생소한 환경에 적응하고 숙련되지 않은 행동 절차를 습득할 수 있도록 명확한 행동유도가 주요하였다. 신체

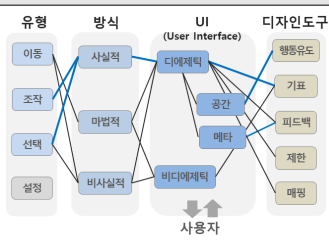
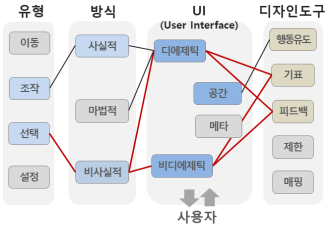
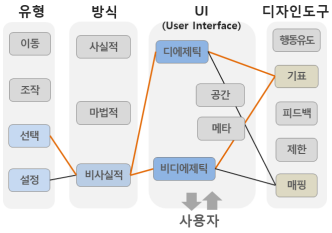
안전과 관련한 체험 교육을 주제로 하는 만큼 사용자가 정확하고 신속하게 임무를 수행할 수 있어야 하므로 자유도가 낮더라도 정확한 행동 수행을 주로 안내판, 나레이션과 효과음을 사용자에게 중첩적으로 인지시키는 방식으로 기표를 활용하는 것으로 나타났다.

마지막으로 확인 및 평가 단계에서는 선택이나 조작과 같은 물리적 인터랙션보다는 안전사고 상황을 체험 후 위험 요소를 정리하고 위험상황을 객관적으로 확인할 수 있도록 하였다. 넓고 큰 구조물 근처에서 발생하는 안전사고는 거시적 관점으로 위험 요소를 확인해 볼 수 있도록 3인칭 시점에서 사고 현장을 조망하도록 하도록 하거나 사고 상황을 잘 볼 수 있는 다른 각도의 장면을 재생하는 디스플레이 UI를 활용하기도 하고, 녹화화면을 느리게 재생하는 것처럼 메타 UI를 활용한 사고상황 확인 및 평가 사례를 확인 하였다. 또한 병렬적 임무 수행 평가를 종합적으로 확인시켜 평가 기준에 따라 반복 체험을 유도하거나 시간제한이나 별점화를 통한 게임요소를 적용하여 콘텐츠 내에서 평가가 가능하도록 하였다.

단계별 주요 인터랙션 관계분석을 누적하여 정리하면 다음 [표 12]와 같이 나타낼 수 있다. 각 단계에서 주로 활용되는 인터랙션 요소들을 확인할 수 있으며, 인지적 활동이 증가할수록 사실적 방식의 인터랙션이 감소하며 추상적 UI를 활용한 비디에제틱, 비사실적 상호작용의 빈도가 커지는 것을 알 수 있다.

비디에제틱 UI는 디에제틱 UI와 비교할 때, 사고 상황 체험 단계보다는 지식 습득 단계의 정보 제시와 체험 및 평가 단계에서의 정리 제시 등에서 자주 나타났다. 공간 내 객체와의 물리적 인터랙션을 기반으로 하는 체험활동에 비하여 체계적 정보의 습득과 확인을 통한 추상적이고 인지적 상호작용이 필요한 단계에서 사용자 시야 내에 고정되는 비디에제틱UI의 활용이 인지적으로 효과적이라고 판단할 수 있다. 인터랙션 방식에서도 구성 단계에 따라 선택 유형은 사실적 인터랙션에서 비사실적 인터랙션으로 달라짐을 알 수 있었다.

표 12. VR안전교육 구성 단계별 주요 인터랙션 관계

구분	내용
사고상황 체험	
예방 대응 지식 습득	
체험 확인 및 평가	

V. 결론

본 연구에서는 가상현실 안전교육 콘텐츠의 제작 및 기획에 참고할 수 있는 인터랙션 디자인 특성을 도출하고자 하였다. 가상현실 안전교육의 인터랙션에서 사용자 인터페이스, 디자인 도구, 인터랙션 방식, 인터랙션 유형의 관계를 토대로 가상현실 안전교육 사례를 선정하여 인터랙션 요소를 분석하였다.

분석 결과 교육에 집중하도록 위하여 주요 체험에서는 사실적이고 구체적으로 나타나는 반면, 일반적인 행위에 대해서는 축소 및 변환이 나타났다. 또한 학습자의 행위 자유도가 축소되어 정해진 시간, 절차에 따른 정확한 행위를 수행할 수 있도록 기표, 안내판, 나레이션 등의 다감각적 자극을 집중하여 수행 결과를 바로 피드백하고 전체 수행의 과정을 인지시키는 방안 마련이 중요하게 다뤄지고 있었다. 마지막으로 교육 내용을

콘텐츠 내에서 재점검하고 수행 내용을 평가하도록 하여 추가 교육의 객관적 지표를 제공하는 것이 다른 콘텐츠들에 비해 빈번하였다.

가상현실 안전교육 콘텐츠에서 인터랙션 디자인은 실제와 같은 체험과 교육 효과 제고라는 측면에서 명확한 기준과 디자인 도구의 설계가 필요하다. 내용 측면의 단계에 따라 행위 충실도, 사용자 자유도와 절차에 따른 정확한 임무 수행에 대한 경험의 균형을 고민해야 하며, 능동적인 교육 주체로서 사용자가 스스로 체험한 내용을 확인하고 평가를 통해 효과를 확인할 있는 장치 마련에도 관심을 기울여야 할 것이다.

참 고 문 헌

[1] 이현숙, *2020 12월말 산업재해 발생현황*, 고용노동부 산재예방정책과, 2020.

[2] 범원택, 김자영, *VR AR을 활용한 실감형 교육콘텐츠 정책동향 및 사례 분석*, 정보통신산업진흥원 이슈리포트 15호, 2019.

[3] 송은지, 서동희, "재난대응 3D시뮬레이션 설계과정을 통한 교육적 효과," 실천공학교육논문지, 제8권, 제1호, pp.23-29, 2016.

[4] 김충한, 김문식, 서덕영, 나봉길, 초원용, "VR(가상현실) 기술을 이용한 건설현장 안전사고 예방 교육 효과 연구," 한국품질 경영학회 추계학술발표 논문집, 2020권 0호, pp.86-86, 2020.

[5] 전정채, "가상현실 기반 체험형 전기안전교육 시스템의 개발 및 효과 분석," 전기학회논문지, 제65권, 제10호, pp.1767-1773, 2016.

[6] 세차오, 딩슈후이, 장영직, 윤태수, "자동차 안전교육 VR 시뮬레이션 제작을 위한 프레임워크," 한국융합학회논문지, 제10권, 제9호, pp.37-45, 2019.

[7] 이재학, 장선희, "비상상황 안전교육 훈련을 위한 가상현실(VR)콘텐츠 모델 설계," 디지털콘텐츠학회 논문지, 제22권, 제1호, pp.41-49, 2021.

[8] 백지민, 함동한, 이양지, "산업안전 교육시스템에서의 가상현실의 효과적 활용 방안에 관한 연구," 대한안전경영학회지, 제18권, 제4호, pp.19-30, 2016.

[9] 한형종, 임철일, "가상현실 기반 교육용 시뮬레이션 설계원리 개발," 교육공학연구, 제36권, 제2호, pp.221-264, 2020.

[10] 정상, "4차 산업혁명 시대의 VR/XR 기반 재난 안전 훈련 기술에 관한 고찰 - VR/XR 기반의 소방훈련을 중심으로-," 디지털콘텐츠학회 논문지, 제21권, 제6호, pp.1153-1158, 2020.

[11] 장선희, 장효진, 김성훈, "가상현실 기반 안전교육 콘텐츠 유형 연구," 한국콘텐츠학회논문지, 제21권, 제1호, pp.434-445, 2021

[12] E. Fagerholt and M. Lorentzon, *Beyond the HUD - User Interfaces for Increased Player Immersion in FPS Games,* Master of Science Thesis, Chalmers University of Technology, 2009.

[13] D. Norman, "Affordances, Conventions and Design," ACM Interactions Magazine, pp.30-42, 1999.

[14] D. Bowman and C. Wingrave, "Design and evaluation of menu systems for immersive virtual environments," Proceedings IEEE Virtual Reality 2001, pp.149-156, 2001.

[15] W. E. Marsh, J. W. Kelly, V. J. Dark, and J. H. Oliver, "Cognitive Demands of Semi-Natural Virtual Locomotion," Presence: Teleoperators and Virtual Environments, Vol.22, No.3, pp.216-234, 2013.

[16] F. Carvalho, D. G. Trevisan, and A. Raposo, "Toward the design of transitional interfaces: an exploratory study on a semi-immersive hybrid user interface," Virtual Real, Vol.16, No.4, pp.271-288. 2016.

[17] F. Hernoux and O. Christmann, "A seamless solution for 3D real-time interaction: design and evaluation. Virtual Reality," Springer, 2014.

[18] D. A. Bowman, Hollerer, McMahan, and Kopper, "Interservice/Industry Traning, Simulation," and Education Conference(I/ITSEC), 2012.

[19] 제이슨 제럴드, 고은혜 역, *VR Book,* 에이콘 출판, pp.343-344, 2019.

[20] https://www.youtube.com/watch?v=MkKZ0vZijys, 2021.07.24.

[21] https://www.youtube.com/watch?v=4frwwp2Y3wU, 검색일 2021.07.24.

[22] https://www.youtube.com/watch?v=VWL1KQ

CuMyQ, 2021.07.24
[23] https://www.youtube.com/watch?v=5AsksACwdDE, 2021.07.24
[24] https://www.youtube.com/watch?v=QeR_Wkgvm5I, 2021.07.24.
[25] Y. Shi, J Du, C. R. Ahn, and E. Ragan, "Impact assessment of reinforced learning methods on construction workers' fall risk behavior using virtual reality," Automation in Construction, Vol.104, pp.197-214, 2019.

저 자 소 개

장 효 진(Hyo-Jin Chang) 정회원

- 2017년 6월 : 한양대학교 문화콘텐츠학 박사 수료
- 2011년 2월 : 한양대학교 문화콘텐츠학 석사
- 2004년 2월 : 한양대학교 기계공학사
- 현재 : 상명대학교 산학협력단 감성공학오픈랩 연구원

〈관심분야〉 : 실감콘텐츠, 공간 스토리텔링

장 선 희(Sun-Hee Chang) 정회원

- 2019년 8월 : 한양대학교 문화콘텐츠학 박사
- 2002년 5월 : Imaging Arts & Science MFA, RIT (NY, USA)
- 1993년 2월 : 상명여자대학교 사진영상학사
- 현재 : 상명대학교 대학원 감성공학과 부교수

〈관심분야〉 : 영상콘텐츠, 뉴미디어