



VR 안전교육콘텐츠에서의 사용자 중심 디자인(UCD)

- 도시가스 정압기 분해점검 훈련을 소재로 -

박민수 · †장선희* · 정지우 · 서정철** · 박찬영** · 김덕훈** · 윤정현***

상명대학교 감성공학과 석사과정, *상명대학교 감성공학과 교수, **^(주)삼천리, ***^(주)한국필텍
(2023년 5월 17일 접수, 2024년 6월 3일 수정, 2024년 6월 25일 채택)

User-Centered Design in Virtual Reality

Safety Education Contents

- Disassembly Training for City Gas Governor -

Min-Soo Park · †Sun-Hee Chang · Ji-Woo Jung · Jung-Chul Suh*

Chan-Young Park* · Duck-Hun Kim* · Jung-Hyun Yoon**

Dept. of Emotion Engineering, Sangmyung University, Seoul 03016, Korea

*Samchully.Co.Ltd, Osan 18102, Korea

**HankookFiltech.Co.Ltd, Busan 46727, Korea

(Received May 17, 2024; Revised June 3, 2024; Accepted June 25, 2024)

요약

본 연구는 특정 사용자들이 효과적으로 사용할 수 있는 VR 안전교육콘텐츠를 개발하기 위해 사용자 참여 디자인 방법론(UCD)을 적용하였다. 이에 따라 UCD 기반의 설계를 통해 얻은 인사이트를 VR 매체에 특화시키고, 효율적인 설계 활동이 가능하도록 방법론을 개발하였다. 개발된 UCD는 다음과 같은 주요 활동으로 구성된다. 첫째, 사용자 니즈와 관련된 다양한 자료를 활용하여 설계 방향을 수립하는 '컨셉 도출'; 둘째, VR 특성을 내용과 구현적 측면으로 나누어 설계하는 '디자인 설계'; 셋째, 프로토타입을 구현하는 '개발'; 넷째, 사용자 집단을 포함한 전문가와 일반인 집단으로 종합적인 검토를 진행하는 '평가'; 마지막으로 최종 콘텐츠를 완성하는 '완료'이다. 본 연구에서 제안하는 프로세스는 기존 UCD와 달리 콘텐츠 개발 과정이 설계 내용 개선에 집중될 수 있도록 다음과 같이 탄력적으로 운영할 수 있다. '① 디자인 설계 → 개발 → 평가 → 완료', '② 디자인 설계 → 개발 → 완료', '③ 디자인 설계 → 개발 → 평가 → 보완 → 디자인 설계 → 개발 → 평가 → 완료' 등으로, 이를 통해, VR 안전교육콘텐츠의 품질과 사용자의 만족도를 높일 수 있다.

Abstract - This study applied the User-Centered Design(UCD) to develop effective VR safety training content for specific users. The UCD-based design was tailored to the VR, facilitating efficient design activities. The UCD process comprises key activities: deriving design concepts from user needs, designing with VR features, developing prototypes, conducting comprehensive evaluations with experts and users, and completing the finals. Unlike traditional UCD, this flexible approach allows iterative cycles, enhancing the quality and user satisfaction of VR safety training contents.

Key words : virtual reality, safety education contents, user-centered design, city gas governor

†Corresponding author: sxc5098@smu.ac.kr

Copyright © 2024 by The Korean Institute of Gas

I. 서론

안전교육은 인간의 안전한 생활을 위한 지식과 방법을 가르치고 적절한 태도를 기르는 교육이다. 안전교육의 목표는 학습자의 인지, 행동, 정서적 측면을 종합적으로 다루어 안전행동을 형성하는 것이다[1]. 국가와 산업체에서는 안전사고로 인한 개인과 그룹의 피해를 예방하고 방지하기 위해 안전교육을 전담하고 있으며, 체계적인 교육의 발전을 위해 노력하고 있다.

산업체에서는 혁신적인 안전교육 방식을 요구한다. 기술의 발전으로 인해 산업 구조가 점차 대형화·복합화되고 새로운 시스템과 장비가 빠르게 도입되면서 최적의 시간 내 이를 안전하게 운영할 수 있는 교육 방식이 선호된다[2]. 실제 장비나 시스템을 실습용으로 구축하여 훈련하고 있지만 모든 훈련을 위와 같이 실습하기에는 막대한 비용과 공간이 필요하다. 정해진 일정에만 훈련이 진행되어 학습자의 개별적인 접근도 제한될 뿐만 아니라 훈련 중에도 안전사고가 발생할 수 있다[3].

현행 안전교육이 가진 한계의 보완재로 가상현실(Virtual Reality, VR)을 활용할 수 있다. VR은 시청각, 촉각 등 감각 자극을 통해 생생한 환경을 조성하고 그 환경 속에서 다양한 요소와 물리적인 상호작용을 지원하는 매체이다. VR의 환경은 실제 존재하는 것 같다는 느낌을 제공하며, 가상에서의 경험이 현실에서도 발휘될 수 있도록 영향을 미친다[4]. 이러한 특성에 주목하여 VR 매체를 활용한 안전교육 사례가 확대되고 있다.

도시가스 분야에서도 VR을 기반으로 현장에서 발생할 수 있는 비상상황을 체험 방식으로 구현하여 현장의 훈련보다 비교적 안전하면서 실제와 같은 훈련이 되도록 시도하기도 하였다[5-6].

VR 안전교육의 효과를 측정한 연구들에 의하면 VR은 안전조치 절차 숙지(인지)[7][9], 수행능력 향상(행동)[10], 안전의식 향상(정서)[7-9] 등 학습 성과에 긍정적이라고 한다. 그래서 VR은 학습자의 인지, 행동, 정서적 측면을 종합적으로 훈련할 수 있는 매체이자 안전교육이 지향하는 안전행동 형성을 달성하는 교육 수단으로 적합할 것이다.

웹이나 모바일 기반 설계 방법은 활발히 다루어지고 있으나 VR에 특화된 논의는 비교적 미흡한 편이다. VR은 공간을 활용할 수 있고 인터랙션 수준 설정도 기존 매체와 큰 차이가 있어 이에 따른 인터페이스 설계, 영상 문법, 연출 방법 등 제작 기법에 대한 논의는 비중 있게 다루어져야 한다. 사이버멀미, 하드웨어의 무게감, 조작의 어려움과 같은 사용성 문제도 여전히

존재한다. 사용성 문제는 기술 발전에 의해 점차 보완되고 있지만, 효과적인 VR 학습 환경을 제공하기 위해서는 사용자의 특성과 VR 매체에 대한 이해가 선행되어야 한다[11-13].

이에 본 연구는 사용자와 VR 매체를 고려하기에 적절한 디자인 방법론을 고찰하고 정리하여, 디자인 방법론에 기반한 VR 안전교육콘텐츠를 설계하였다. 이 과정을 통해 얻은 인사이트를 바탕으로 VR 매체에 특화된 디자인 방법론을 개발하고 제안할 것이다.

II. 이론적 고찰

2.1. 안전교육콘텐츠 현황

안전 분야에서는 전통적인 매체뿐만 아니라 가상 현실(Virtual Reality, VR), 증강현실(Augmented Reality, AR), 혼합현실(Mixed Reality, MR)과 같은 실감형 매체를 활용한다[14]. VR은 현실과 외부를 차단하는 Head-Mounted Display(HMD)를 통해 컴퓨터로 생성된 공간, 음향, 촉각 정보를 현실과 유사한 환경처럼 제공하는 것이 특징이다. VR은 현실과 관련된 정보를 참조하지 않고 온전히 가상의 환경을 보여주며, 시나리오 기반의 시뮬레이션이 가능하다. 그래서 사고 상황 체험이나 임무 수행 목적의 콘텐츠를 제작할 수 있다. 현대중공업에서는 생산현장 관리자의 안전의식과 관리 능력을 높이고자 사고상황(고소작업, 크레인 작업, 기계설비작업 등)을 체험할 수 있는 VR 콘텐츠를 도입한 바 있다(Fig. 1 좌측). AR은 VR과 달리 현실 세계를 참조하는 매체이다. 스마트폰, 태블릿 PC, 스마트 글래스의 카메라를 통해 현실세계의 특정 객체나 패턴, 위치를 인식하여 관련된 정보를 디스플레이에 띄어주는 것이 특징이다. 현실세계와 연관된 내용을 제공한다는 점으로 인해 안전점검과 정비 훈련과

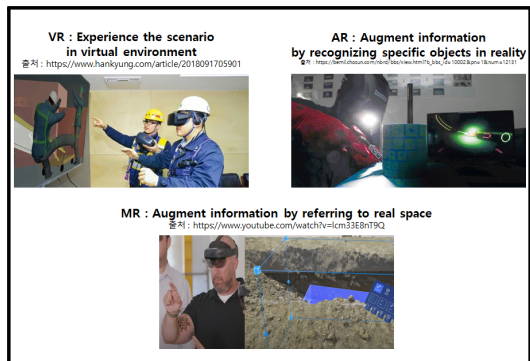


Fig. 1. Examples: Each of Immersive Media.

같은 목적에 활용된다[15]. 해군군수사령부에서는 용접 훈련을 위해 AR 카메라가 장착된 용접 마스크와 용접 도구 형태의 컨트롤러를 개발하였으며, 마스크는 특정 객체와 컨트롤러 간 접촉 장면을 인식하고 화면상에 용접 효과를 보여준다(Fig. 1 우측). MR은 AR과 유사하게 현실세계를 참조하며, 실제 공간의 3차원 정보를 감지하고 읽은 후 컴퓨터 그래픽 기반 객체나 정보를 증강한다. MS의 HoloLens, MagicLeaf와 같은 카메라가 장착된 헤드셋을 통해 경험할 수 있으며, 구조물을 설치한 공간 내 가상 정보를 입혀 훈련 환경을 조성할 수 있다[16](Fig. 1 아래). 정리하면 실감형 매체는 현실 투영의 기반과 가상의 시나리오 기반으로 고려될 수 있으며, 교육의 목적과 내용에 따라 적합한 매체와 제작 방법을 선정하여 개발이 이루어져야 한다.

실제 운영되고 있는 안전교육콘텐츠의 현황을 살펴보면 다음과 같다. 먼저, 한국산업안전보건공단[17]은 제조, 건설, 서비스업 등 다양한 분야의 안전교육을 전담하는 기관이다. 해당 기관이 보유한 콘텐츠의 50% 이상은 책자, 포스터, 교안이다(‘23.01.16 기준 텍스트 자료 1,604건, 동영상과 애니메이션 769건, VR 콘텐츠 736건). 또한, 해당 기관은 ‘18년 12월부터 VR 전용관 웹사이트를 운영하고 있으며, VR 콘텐츠 제공을 확대하는 중이다. 운영 중인 VR 콘텐츠는 사진 기반 VR 691건, 동영상 VR 74건, 시뮬레이션 VR 9건이 있다. 가장 큰 비중을 차지하는 사진 VR은 이용과 양산이 용이하지만, 동영상 VR과 시뮬레이션 VR보다 몰입 수준과 상호작용 수준이 낮아 상황 경험의 정도가 제한적이다[18].

안전체험관은 안전사고 시나리오를 경험할 수 있는 기구를 체험하거나 안전교육 강사의 지도를 받아 대처 방법을 학습하는 방식이 주된 교육 기관이다. 일부 시설에서는 VR 콘텐츠를 운영하고 있지만, 전문화된 체험보다는 단순 체험을 목적으로 운영되고 전국 4개 시설에서만 운영 중이다(생활화재 진압 및 대피 2건, 사고 선박 탈출 1건, 게임 1건). 행정안전부(‘22.05.31 기준)[19]에 따르면 현재 전국에는 180개의 안전체험관이 있으며, 그 중 170개는 생활안전체험을 위한 일반체험관이고, 나머지 10개는 해양, 도로, 화학, 산업재난 등 특수분야 안전체험을 위한 특성화체험관이다(인천 2개, 울산 1개, 경기 1개, 충남 1개, 전북 1개, 전남 2개, 경남 1개, 제주 1개). 특성화체험관은 수가 매우 적고 접근하기 원활하지 않은 위치에 있는 편이다.

지금까지 현황을 종합하면 안전교육에서는 책자와 동영상 등 전통적인 매체도 활발히 활용되고 있지만, 안전교육관과 실감형 매체의 활용도 점차 늘고 있

다. 이는 생생한 체험을 통한 교육 효과가 중요시되고 있음을 보인다. 이러한 추세에 맞춰, 환경과 상황 연출이 제한된 현장 훈련보다 안전하고 교육에 대한 접근성, 훈련 성과를 높일 수 있도록 적절한 실감형 매체가 선정되어야 한다. 또한, 사용자의 편의성 등 여러 측면을 고려하기 위해서는 이에 적합한 디자인 방법론에 따라 설계가 이루어져야 한다.

2.2. 디자인 방법론 고찰

VR 콘텐츠의 설계는 목표 사용자에게 의도하는 경험이 유발될 수 있도록 정보 수집을 비롯한 다양한 방법과 요인을 고려하는 것이 중요하다. 본 연구는 체계적인 설계를 위해 디자인 방법론을 활용하고자 한다. 디자인 방법론은 어떤 문제를 해결하거나 최적의 결과물을 얻기 위해 사용되는 설계 방법과 활동을 의미하며, 목적과 상황에 따라 적합한 디자인 방법론을 선택할 수 있다. 먼저 VR 콘텐츠 설계 기반이 될 수 있는 디자인 방법론을 고찰하고 <Table 1>으로 정리하였다.

더블 다이아몬드 모델은 거시적으로 문제에 접근하여 이를 반복적으로 좁혀나가며 콘텐츠의 컨셉과 해결 방안을 도출하는 방법론이다. 이 방법론은 문제를 인식하는 ‘발견’, 인식한 문제를 구체화하는 ‘정의’, 해결 방안을 모색하는 ‘발전’, 기획 내용을 구현하는 ‘전달’로 구성된다. 이를 활용한 사례[20]에서는 여가활동 개선을 위해 다양한 연령대를 대상으로 VR 서비스를 개발하고자 하였다. 문헌 조사 후 현장 관찰을 통해 타겟 연령층을 분류하고, 기존의 한계점을 파악하여 좁혀나가는 과정을 진행하였다. 이를 통해 컨셉을 수립하고 프로토타입 구현을 위한 제작 기술과 체험 방식의 범위를 설정하였다. 이 방법론은 수립된 컨셉에 맞춰 VR 기술, 서비스 범위를 정할 수 있다.

UX(User Experience) 디자인은 사용자의 행동 패턴과 동기를 파악하여 설계에 적용할 수 있다. 페르소나를 설정하고 이를 유저 시나리오에 반영하여 사용 과정을 예측할 수 있도록 한다. 페르소나 콘텐츠를 사용할 사람의 실효적인 가상 모델로 사용자가 상황 속에서 어떤 활동을 수행할 것인지 예측하는 데 도움을 준다[25]. 페르소나에는 사용자의 성별, 나이, 직업, 성향뿐만 아니라 요구사항, 콘텐츠 이용 시 애로사항 등과 같은 맥락 정보도 반영된다. 사례[21]에서는 페르소나가 적용된 유저 시나리오를 통해 행동을 예측하면서 상호작용 방법과 과정, 인터페이스 배치, 콘텐츠 흐름 등을 설계할 수 있다. 즉, 이 방법론은 사용자의 여정에 따라 VR 콘텐츠 구현 요소를 설정할 수 있다.

사용자 중심 설계(User-Centered Design, UCD)는 설계 과정에 사용 대상자가 직접 참여하여 콘텐츠를 설계하는 방법론이다[26]. UCD에서 사용자는 콘텐

츠에 대한 다양한 의견과 필수 요인을 종합하고 정의한 후 설계에 반영할 수 있도록 한다. Barbieri et al.(2017)[23]는 이해관계자와 주기적인 회의를 진행하고 반복적인 니즈 조사 및 수렴을 거쳤다. 프로토타입 평가 시에는 이해관계자와 콘텐츠 전문가, 일반인 등 다양한 시각에서 보완 사항을 수집하였다. Jeon et al.(2019)[24]은 이해관계자로부터 니즈를 수렴하여 설계 방향과 컨셉을 수립하였고, 일반인 그룹도 사용성 평가에 섭외하여 진행하기도 하였다. 이 방법론은 사용자가 중심이 되어 니즈 수렴과 콘텐츠 보완 및 개선에 중점을 두고 있으며, 사용자와 함께 콘텐츠의 완성도를 높일 수 있다.

본 연구에서는 특정 사용자가 잘 이용할 수 있도록

VR 콘텐츠를 개발한다. 본고는 사용자가 중심이 되어 함께 VR을 이해하고 설계를 할 수 있는 UCD 방법론이 적합하다고 보았다. 이와 더불어 콘텐츠 컨셉, 시나리오, UI/UX, 인터랙션 등 내용과 구현의 구체적인 설계를 위해 더블 다이아몬드와 UX 디자인 방법론도 부분적으로 참고하도록 한다. 이에 따라 기존 UCD 방법론을 활용한 사례들을 고찰하여 구성과 세부 단계를 살펴본다.

2.3 UCD 기반 VR 콘텐츠 설계

<Table 2>는 UCD를 기반으로 VR 콘텐츠를 개발한 사례이다. “사용자 니즈 조사, 기획 및 프로토타입 구현, 사용성 평가”가 주요하게 들어가고 있다.

Table 1. Design Methodologies for VR

디자인 방법론	디자인 방법론의 특징 및 장점	주요 사례
더블 다이아몬드 모델	<ul style="list-style-type: none"> 특징 <ul style="list-style-type: none"> - 거시적으로 문제점에 접근하여 해결 방안을 향해 좁혀나가는 설계 활동을 반복적으로 수행 장점 <ul style="list-style-type: none"> - 사용자의 특징과 요구사항을 파악하여 결과물을 구현하기 위한 컨셉, 인사이트, 기술 수준 조정 가능 	국내의 사회적 특성과 연령대 별 맞춤형 VR 피트니스 서비스 설계[21]
UX 디자인	<ul style="list-style-type: none"> 특징 <ul style="list-style-type: none"> - 상호작용, 시스템 구성을 사용 과정 중심으로 설계 장점 <ul style="list-style-type: none"> - 사용자의 행동 패턴과 동기를 파악하여 결과물에 대한 최적의 경험 설계 가능 	흥미롭고 안전한 VR 소방교육 콘텐츠 개발[22]
사용자 중심 디자인	<ul style="list-style-type: none"> 특징 <ul style="list-style-type: none"> - 사용자가 직접 설계 과정에 참여하여 결과물에 대한 요구사항과 아이디어를 제안 - 사용자가 프로토타입의 사용성 평가 장점 <ul style="list-style-type: none"> - 사용자의 니즈 파악 용이 - 사용자 입장에서 사용성 증진을 위한 의견 수렴 가능 	역사 콘텐츠를 효과적으로 이해할 수 있는 UI를 반영한 VR 큐레이팅 서비스 설계[23] 화재 진압 훈련의 집중도와 참여도를 증진하기 위한 VR 소방교육 설계[24]

① 사용자 니즈 조사는 사용자로부터 콘텐츠에 반영하고 보완해야 할 다양한 요소를 조사하는 과정이다. 사용자에게 기존의 불편함, 기대하는 기능 및 효과 등을 직접 수집하고, 미충족 수요(Unmet Needs)를 파악한다.

② 기획 및 프로토타입 구현은 사용자 니즈를 기반으로 콘텐츠의 설계 방향, 컨셉, 구현 요소를 설정하고 개발하는 단계이다. 이 단계에서는 다양한 기획 도구를 활용하여 설계 요소를 구체화한다. 프로토타입은 컨셉을 반영한 이미지를 제안하는 수준부터 필수적인 기능을 체험할 수 있는 수준까지 다양하고, 목표에 따라 적절한 수준을 선택해야 정확한 평가가 가능하다.

Table 2. Examples: Process on UCD

목적	UCD 프로세스
역사 콘텐츠를 효과적으로 이해할 수 있는 UI를 반영한 VR 박물관 설계[23]	이해관계자 니즈 조사 → 활용 기술 선정 → 시스템 구조 설계 및 UI 디자인 → 사용성 평가
화재 진압 훈련의 집중도와 참여도를 증진하기 위한 VR 소방교육 설계[24]	사용자 니즈 조사 → 프로토타입 구현 → 사용성 평가
사회적 능력 향상을 위한 다중 참여 VR 미술 치료 설계[27]	사용자 니즈 조사 → 프로토타입 구현 → 사용성 평가
노인의 인지 기능 강화를 위한 기능성 게임 설계[28]	문헌 조사 → 사용자 니즈 조사 → 콘텐츠 기획 → 프로토타입 구현 → 전문가 평가

③ 사용성 평가는 체험한 프로토타입을 검토하고 콘텐츠의 사용성을 평가하는 과정이다. 사용성은 ‘사용자의 사용 목표를 효율적·효과적으로 달성할 수 있는 정도’를 의미하며, 효과성, 효율성, 만족도가 주요 평가 항목이다. 하드웨어나 콘텐츠의 사용자 인터페이스, 조작 체계, 정보 배치 등 형식적 부분을 평가할 수 있으며, 안전교육 목적의 경우 학습 성과(지식 습득 및 유지), 행동 효과(상황 인지 및 대처 능력)도 평가 항목으로 고려한다[29]. 이를 측정하기 위해서는 설문조사, 심층 인터뷰, 관찰법 등이 사용될 수 있다.

III. VR 안전교육콘텐츠 실증 설계

설계에 함께 참여하는 사용자 그룹은 도시가스 공급 S사에서 400명 이상의 현장 직원 안전교육을 관리/운영하는 5명의 관계자이다. 사용자 그룹은 안전교육 담당 부서인 기술교육팀(팀장 1명, 차장 2명)과 현장 관리팀(관련 교육생 2명)으로 구성된다. 사용자 그룹과 본 연구팀은 매년 실시되는 안전교육 중 정압기 관련 교육에 대한 조사를 진행하였다. 정압기는 수요 지역에 가스를 안전하게 공급하는 장치로, 사고 방지를 위해 주기적으로 부품 분해와 점검이 이루어진다. 연구팀과 사용자 그룹은 정압 시설을 방문하여 시설의 어두운 환경, 큰 소음, 복잡한 분해 절차 등이 분해·점검 과정의 실수를 유발하는 요인임을 확인하였다. 이러한 요인은 큰 위험 사고로 이어질 수 있으므로, 교육팀에서는 현장 실습을 의무교육으로 운영하고 있다. 그러나 실제 현장과 유사한 상황을 경험하기에는 한계가 있어 이를 극복하고 보완하기 위한 매체로 VR이 타당하다고 판단했다. 이에 따라 VR 매체를 중심으로 사용자 그룹의 니즈를 조사하였다.

3.1 사용자 니즈 조사

본 연구팀은 VR 안전교육 사례와 VR 설계에 관한 문헌 조사를 통해 사용자 그룹의 니즈와 미충족 수요를 파악하기 위한 질문을 구성하고, 사용자 그룹을 대상으로 니즈 조사를 진행하였다. 질문 항목은 다음과 같다:

- ① VR 콘텐츠에 반영해야 할 교육 내용: 정압기 분해/점검 과정 중 필수 숙지 요소, 복습이 필요하고 어려운 부분, 선호하는 교육 방식
- ② 구현 방안: VR 환경 제작 방법, 훈련 환경의 분위기, 선호 조작 방식 등
- ③ 학습대상자 특성: 평소 훈련 태도, 기존 훈련에 대한 애로사항 등
- ④ 기대 교육 효과: 인지, 정서, 행동차원의 기대 효과 등

니즈 수렴을 위한 면담을 정기적으로 가졌다. 최종 니즈 수렴 결과는 <Table 3>에 정리하였다. 수렴한 니즈는 항목에 따라 VR 콘텐츠 설계를 위한 인사이트 도출로 구성된다.

3.2 기획 및 프로토타입 구현

사용자 니즈를 기반으로 VR 안전교육 콘텐츠의 인사이트와 컨셉을 수립하였다. 첫째, 상황에 이어지는 맥락을 스토리로 제공하여 사건 상황의 연출과 대응 방법, 예방 교육을 VR 콘텐츠에 반영한다. 둘째, VR의 실감과 상호작용을 극대화하기 위해 실사 환경과 3D 환경을 융합한 교육 환경을 개발한다. 셋째, 각 사용자의 VR 경험 수준을 고려하여 설계하도록 한다. 이 인사이트를 바탕으로 인지적 교육 효과 향상에 기여하고 기존 교육의 보완재로 활용될 수 있는 VR 콘텐츠 개발을 목표로 수립하였다.

페르소나는 매년 정압기 실습 교육을 받고 있지만, 배관망과 정압실에서 부품 해체와 재조립 과정에 애로사항을 가진 인물로 설정하였다. 관련 학습 영상을 주기적으로 시청하고 있으나 직접적인 경험이 부족하여 이번 VR 콘텐츠를 통해 현장에서의 능력이 오를 것으로 기대하고 있다. 이에 따라 유저 시나리오는 사고 상황이 발생하면 주요 밸브를 잠그고 가스 공급을 유지하기 위한 보조 라인을 개방하는 스토리로 구성되었다. 그리고 가스 유량의 부하를 방지하기 위해 정압기 분해 절차가 후속 조치로 이어지도록 시나리오를 설계하였다.

시나리오를 바탕으로 설계 요소를 내용과 구현으로 구분하였다. 사용자 그룹에게 설계 모형을 접수받

Table 3. User's and Unmet Needs

분류	1·2차 수렴 결과
교육 내용	<ul style="list-style-type: none"> • 정압기 부품 분해 절차 • 부품을 분해하기 위한 도구 사용법 • 오링 형태와 개수 • 분해 시 주의사항과 유의사항
교육 환경 (구현 방안)	<ul style="list-style-type: none"> • 선임자로부터 직접 설명을 들음 • 훈련장에서 직접 다뤄볼 수 있는 환경 • 집체 교육 방식 • 개별 접근이 어려움
사용자 특성	<ul style="list-style-type: none"> • 안전이 매우 중요하므로, 평소 교육 집중도가 높고 적극적인 태도로 임함 • VR 경험 수준은 개인별 매우 상이함
교육 효과	<ul style="list-style-type: none"> • 정확한 부품의 형태와 분해 절차 숙지 • VR 콘텐츠를 기존 교육의 보완재로 활용

는 과정을 거친 후 최종적으로 <Fig. 3>을 설정하였다.

프로토타입을 구현하기 위해 <Table 4>와 같이 콘텐츠 흐름과 내용, 구현 요소를 설정하였다. 프로토타입은 사용자가 HMD를 착용하여 가상 환경과 상호작용할 수 있는 수준으로, 체험을 위한 HMD는 Meta Quest 2를 사용하였다. 실사 환경은 180° VR 카메라로 촬영하였고, 3D 환경은 Unity Engine(2021.3.4.f)으로 개발하였다. 핸드트래킹 기반 조작 환경 구현을 위해 Oculus Integration SDK를 사용하여 개발하였다. 핸드트래킹은 사용자의 손을 인식하여 VR 컨트롤러보다 정교하고 물리적인 손동작을 지원한다. 기술적 한계로 기본적인 인터랙션을 사용하여 구성하였다. 프로토타입의 결과물은 <Fig. 4>와 같다.

3.3 콘텐츠 평가

콘텐츠 평가는 총 26명이 참여하였다. 일반인 그룹의 대학생 13명, 실감형 매체 전문가 그룹 6명, 실질적인 사용자 그룹 7명이 참여하였고, 세 집단 모두 VR 콘텐츠 체험 후 5점 척도의 설문지로 평가하였다. 다

양한 그룹을 모집한 이유는 각 집단의 VR 경험 정도와 이해 수준이 상이하지만, 다양한 시각이 VR 콘텐츠의 사용성과 교육 성과 개선에 도움을 줄 수 있다고 보았기 때문이다.

평가 항목은 콘텐츠 내 VR 영상의 사용성(관람 구도, 영상 구성, 시청각 정보 식별 등)과 3D 환경의 사용성(핸드 트래킹 조작감, 3D 객체 형태와 크기, 훈련 환경 등), 콘텐츠 구성 적절성(훈련 시나리오, 니즈 수렴 충실도 등), 교육 효과(절차 숙지), 활용 가능성으로 구성하였다.

각 집단의 특성에 따라 평가 항목을 차별화하였다. 일반인 그룹은 콘텐츠 사용성을 평가하였고, 전문가 그룹은 사용성, 구성 적절성, 교육 효과를 중점적으로 평가하였다. 두 그룹으로부터 얻은 평가 결과와 개선 의견을 종합하여 콘텐츠를 보완한 후 사용자 그룹은 보완된 VR 콘텐츠를 체험하였다. 사용자 그룹은 전문가와 일반인 그룹의 평가 항목을 포함한 사용성, 구성 적절성, 활용 가능성을 평가하였다. 각 그룹의 평가 결과는 <Fig. 5>에 정리하였다.



Fig. 2. Personal & User Scenario.

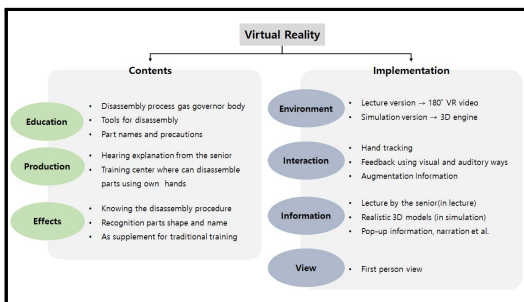


Fig. 3. Modeling for VR.



Fig. 4. Result of Prototype.

Table 4. Contents Flow and Design Construction

순	내용	구현 요소
#1 Context	가스배관 관련 비상상황 발생	환경 : 180° 실사 동영상 연출 : 현장 근무자들의 출동 및 조치 활동 촬영
#2 Selection	Senior Demo 및 Training 중 학습자가 원하는 유형의 학습 방식 선택 유도	환경 : 180° 실사 동영상 상호작용 : 핸드 트래킹 기반 버튼 누르기
#3 Senior Demo	선임자로부터 정압기 분해 및 점검 과정을 설명 들음	환경 : 180° 실사 동영상 시점 : 1인칭 상호작용 : 선임자의 설명과 체크처로 집중 유도 연출 : 선임자와 대면
#4 Training	학습자가 직접 정압기 분해 및 점검 과정을 수행	환경 : 3D 상호작용 : 핸드 트래킹 기반 잡기, 돌리기, 놓기 피드백 : 나레이션, 애니메이션, 효과음 등

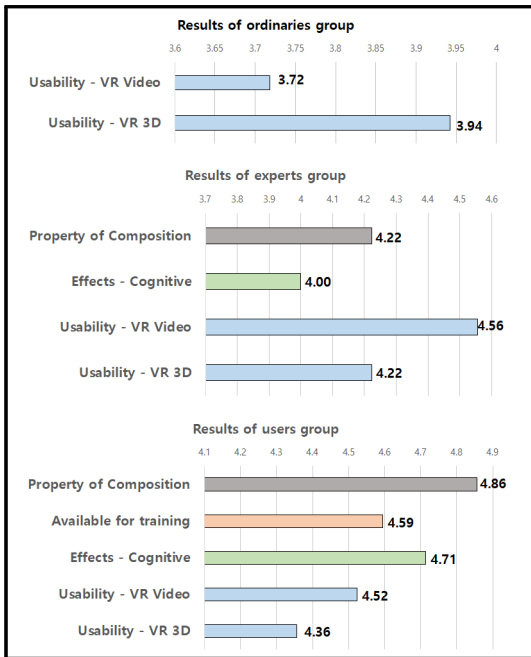


Fig. 5. Results of Evaluations on VR Safety Education Contents.

IV. VR 안전교육콘텐츠 설계 모형 제안 및 결론

기존 UCD는 니즈 조사, 기획, 구현, 평가로 구성된다. 이 모델은 평가를 거친 후 완료로 이어지지만, 보완이 필요할 경우 다시 니즈 조사로 회귀하는 구조이다. 이러한 반복은 시간과 비용을 많이 소비하며, 사용자 역할이 니즈 조사와 평가에 한정되어 있어 콘텐츠 설계가 개발자 중심으로만 이루어진다.

본 연구의 UCD는 이러한 부분을 개선하여 VR 안전교육콘텐츠의 설계 방향을 수립하는 “컨셉 도출(Concept)”, 수립된 컨셉을 바탕으로 VR 콘텐츠 설계 요소를 기획하는 “디자인 설계(Design)”, 프로토타입을 구현하는 “개발(Implementation)”, 검토하는 “평가(Evaluation)”, 그리고 “보완(Supplement)”의 총 다섯 가지 활동으로 구성되었다. 흐름의 예시는 다음과 같다. 컨셉 도출로 시작하여 ㉠ “디자인 설계 → 개발 → 평가 → 완료”, ㉡ “디자인 설계 → 개발 → 완료”, ㉢ “디자인 설계 → 개발 → 평가 → 보완 → 디자인 설계 → 개발 → 평가 → 완료” 등 단방향이나 아닌 상황에 따라 탄력적인 활동이 가능하다. 이러한 흐름은 UI/UX, 시청각 정보 등 구현 측면의 개선에 집중할 수 있어 개발 효율성을 높인다. 그리고 사용자의 참여 범위는

Table 5. As-Is UCD and To-Be UCD

흐름도	특징
<p>(As-Is) Traditional User-Centered Design</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 사용자의 역할은 니즈 조사와 평가에 주로 국한되어 있음 ● 회귀 활동은 개선을 위한 시간, 비용이 크게 듦
<p>(To-Be) Developed User-Centered Design</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 사용자 역할은 컨셉 도출과 평가뿐만 아니라 디자인 설계에도 참여 ● 보완의 디자인 설계 회귀 과정은 기존 컨셉과 내용을 크게 수정하지 않고 콘텐츠 품질 개선이 가능함 ● 시간, 비용 절약 ● 사용자 활동 강화로 콘텐츠 효과 증대 기대

니즈 조사와 평가뿐만 아니라, 컨셉 수립과 디자인 설계로도 확장된다. 이는 사용자 그룹이 설계 협력자로서 적극적으로 활동할 수 있음을 의미한다. 사용자 그룹의 적극적인 참여와 설계 과정에 대한 이해는 콘텐츠 완성도에 긍정적인 영향을 미친다[30]. 이를 통해 VR 콘텐츠 흥미를 높이는 과정이 될 수 있으며, 니즈에 부합한 컨셉과 설계 활동을 적극적으로 추진하는 데 도움을 준다.

각 단계별 구체적인 활동은 다음과 같다.

① “컨셉 도출(Concept)” 단계는 ‘조사’와 ‘인사이트 도출’ 등 세부 활동이 있다. ‘조사’ 서는 안전교육 자료, VR 콘텐츠 사례, 제작 방법 등과 같은 문헌 조사, 사용자 그룹의 니즈(또는 미충족 수요)를 다양한 방법으로 수집한다. ‘인사이트 도출’ 서는 수집된 자료를 기반으로 콘텐츠의 설계 방향을 설정한다. 특히 사용자 그룹과 협의한 내용이 충실히 반영되었는지 상호 간 검토하는 과정이 필요하며, 설계할 콘텐츠의 컨셉을 확립할 수 있다. 이러한 활동은 컨셉 수립에 대한 시간적 비용을 절약할 수 있다.

② “디자인 설계(Design)” 단계에서는 VR 콘텐츠를 프리 프로덕션하고 사용자 그룹에게 설계 내용에 대한 이해를 돕기 위한 다양한 기획 도구를 활용한다. 먼저, 페르소나를 설정하고 유저 시나리오를 구축한다. 유저 시나리오에는 등장인물, 교육 환경, 상황과 행위를 명시한 스토리와 스토리보드, 활용할 VR 기술

수준과 매체적 특성 등이 반영되어야 한다. 이에 따라 콘텐츠 흐름, 사용자 인터페이스와 인터랙션 등 VR 콘텐츠의 형식을 구현할 수 있는 기획 틀이 마련된다. 이 과정에서 사용자 그룹과 실감형 매체 전문가 그룹과의 지속적인 검토와 보완을 통해 사용자에게 적합한 VR 환경을 설계하는 데 목적을 두어야 한다.

③ “개발(Implementation)” 단계에서는 디자인 설계에서 수립한 요소들을 구현하는 단계이다. 원활한 평가를 위해 체험 가능한 수준의 프로토타입 구현을 권장한다.

④ “평가(Evaluation)” 단계에서는 VR 콘텐츠의 사용성 외에도 구성 적절성, 활용 가능성, 그리고 교육 효과를 종합적으로 평가하도록 한다. 설계에 참여한 사용자 그룹 외에도 실감형 매체 전문가 그룹, 일반인 그룹도 참여시켜 최종 사용자에게 편리하고 효과적인 콘텐츠가 될 수 있도록 다양한 시각에서 의견 수렴이 이루어져야 한다. 각 그룹의 시각에 따라 평가 항목을 차별적으로 제시하는 것은 항목별 개선점을 수렴하기에 적절할 것이다.

이번 연구에서 콘텐츠 평가 중 모집된 참여자 수가 적어 실질적인 콘텐츠 품질을 검증하기에는 한계가 있다. 그러나 이번 연구에서는 지속적인 VR 매체를 활용한 콘텐츠의 개선점을 찾기 위한 평가를 위주로 하였으며, 향후 콘텐츠의 완성도와 교육 효과를 구체적으로 검증하기 위해 더 많은 참여자를 모집하여 실험을 진행할 계획이다. 본 연구에서 제시한 UCD 방법론에서는 사용자의 적극적인 참여가 VR과 같은 실감형 매체를 기반으로 한 콘텐츠의 완성도에 긍정적인 영향을 미친다는 점을 강조한다. 또한, 상황에 적합한 활동이 이루어질 수 있도록 탄력적인 흐름을 제시하여 콘텐츠 개발의 시간적, 비용적 절약을 기대할 수 있을 것이다.

감사의 글

본 연구는 2020년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구(2001-0423)입니다.

REFERENCES

- [1] Yu, B. Y., and Lee, S. H., *National Safety Education Standard Practice - Theories and Practice of Safety Education*, 3rd ed., National Fire Agency, Sejong, (2019)
- [2] Baik, J. M., Ham, D. H., and Lee, Y. J., “A Study on the Effective Use of Virtual Reality for Improving Safety Training Systems”, *Journal of the Korea Safety Management & Science*, **18**(4), 19-30, (2016)
- [3] An, D. Y., and Park. H. K., “Case Study on the Development and Use of Technical Training Contents using Virtual Reality”, *Journal of Practical Engineering Education*, **5**(2), 117-122, (2013)
- [4] Grassini, S., Laumann, K., & Rasmussen Skogstad, M. “The use of virtual reality alone does not promote training performance (but sense of presence does)”, *Frontiers in psychology*, **11**, 1743, (2020)
- [5] Lee, G. C., et al. “Development of Gas Plant Safety Training Content using VR-based Dynamic Visualization Components”, *Journal of the Korean Institute of Gas*, **21**(5), 89-94, (2017)
- [6] Lee, J. Y. and Park, C. C., “Proposal of Construction Method of VR-based Safety Training System According to Plant Characteristics,” *Journal of the Korean Institute of Gas*. **23**(5), 44-51, (2019)
- [7] Joshi, S., et al. “Implementing Virtual Reality technology for safety training in the precast/prestressed concrete industry.” *Applied ergonomics* **90** (2021): 103286.
- [8] Kim, C. H., et al. “Study on the Effectiveness of Construction Site Accident Prevention Education Using VR (Virtual Reality) Technology”, in *Proceedings of the Korean Society for Quality Management Autumn Conference 2020*, 86-86, (2020).
- [9] Chae, C. J., et al. “Effect of Virtual Reality Training for the Enclosed Space Entry”, *Journal of the Korean Society of Marine Environment and Safety*, **24**(2), 232-237, (2018)
- [10] Yu, W. D., Wang, K. C., & Wu, H. T. “Empirical Comparison of Learning Effectiveness of Immersive Virtual Reality-Based Safety Training for Novice and Experienced Construction Workers”, *Journal of Construction Engineering and Management*, **148**(9), (2022)
- [11] Chen, C. J. “Theoretical bases for using virtual reality in education”, *Themes in science and technology education*, **2**(1-2), 71-90, (2010)
- [12] Song, E. J., “Research Trends in Virtual Reality User Experience (VR UX).” *Journal of the Korea Information Processing Society*, **29**(2), 4-13, (2022).
- [13] Perkins Coie, LLP., *2018 Augmented and Virtual Reality Survey Report. Industry Insights into the Future of AR/VR*, Washington D. C., (2018).

- [14] Yu, B. J., “Overview of Virtual Reality, Augmented Reality, and Mixed Reality”, *Korea robotic society review*, **15**(4), 3-7, (2018).
- [15] Li, X., et al. “A critical review of virtual and augmented reality (VR/AR) applications in construction safety”, *Automation in Construction*, **86**, 150-162, (2018).
- [16] Moore, H. F., & Gheisari, M., “A review of virtual and mixed reality applications in construction safety literature”, *Safety*, **5**(3), 51, (2019).
- [17] <https://360vr.kosha.or.kr/main>
- [18] Lee, J. H., “A study on the revitalization of virtual reality-based education”, *Journal of the Korean Society of Design Culture*, **25**(1), 357-66, (2019).
- [19] <https://www.mois.go.kr/firt/sub/a06/b10/safetyExperience/screen.do>
- [20] Chang, S. H., Chang, H. J., & Kim, S. H. “Types of virtual reality-based safety education contents”, *The Journal of the Korea Contents Association*, **21**(1), 434-445, (2021)
- [21] Bae, J. E., and Kim, S. I., “Proposal of Fitness Service based on Virtual Reality Game and u-Healthcare for Improving Leisure Satisfaction”, *Journal of Digital Design*, **15**(1), 133-144, (2015)
- [22] Chung, Y. K., “Development of VR Fire-extinguishing Experience Education Contents using UX Design Methodology”, *The Journal of the Korea Contents Association*, **17**(3), 222-230, (2017)
- [23] Barbieri, L., Bruno, F., Mollo, F., and Muzzupappa, M., “User-Centered Design of a Virtual Museum System: a Case Study”, *Advances on Mechanics, Design Engineering and Manufacturing, Springer (Cham)*, 155-165, (2017)
- [24] Jeon, S. G., Han, J. H., Jo, Y. G., and Han, K. S., “Being More Focused and Engaged in Firefighting Training: Applying User-Centered Design to VR System Development”, *25th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology*, (2019)
- [25] Jerald, J., *The VR book: Human-centered design for virtual reality*, Morgan & Claypool, (2015)
- [26] Abras, C., Maloney-Krichmar, D., and Preece, J., “User-Centered Design”, *Bainbridge, W. Encyclopedia of Human-Computer Interaction. Thousand Oaks: Sage Publication*, **37**(4), 445-456, (2004)
- [27] Chung, S. J., Choi, I. H., Han, Y. H., and Jo, H. J., “User-Centered Design for Multi-User Virtual Reality Art Therapy (VRAT) System”, *Journal of the HCI Society of Korea*, **15**(4), 27-35, (2020)
- [28] Park, J. E., and Kim, H. S., “Designing Serious Game to Support Cognitive Training”, *Journal of Industrial Design Studies*, **15**(2), 29-40, (2021)
- [29] Feng, Zhenan, et al. “Immersive virtual reality serious games for evacuation training and research: A systematic literature review”, *Computers & Education*, **127**, 252-266, (2018)
- [30] Lee, H. J., “A Study on User Centered Design Process of Virtual Reality Contents”, *Archives of Design Research*, 191-200, (2003)