

## 워드클라우드 분석을 통한 제작공정 교육용 확장 현실 콘텐츠 사용성 평가

# Usability Evaluation of XR Content for Production Training Through Word Cloud Analysis

임 익 수\*

한신대학교 AI·SW대학

Eeksu Leem\*

School of Computing and Artificial Intelligence, Hanshin University, Gyeonggi-do, 18101, Korea

### [요 약]

본 연구는 제작공정 훈련을 위한 확장 현실 콘텐츠의 사용성을 탐색하고, 사용자 경험을 분석하는 목적으로 수행되었다. 이를 위해 공정교육용 확장 현실 사용성 평가 보고서에 제시된 사용자 하드웨어, 사용자 인터페이스, 콘텐츠 만족도에 대한 인터뷰 내용을 키워드 추출 및 워드 클라우드 시각화를 위한 파이선 패키지를 사용하여 분석하였다. 분석 결과, 하드웨어의 착용감은 만족스러웠지만, 중량과 열 문제는 개선이 필요하다는 피드백이 나타났다. 사용자 인터페이스 측면에서는 가독성에는 긍정적 응답이 많았으나, 핸드트래킹 기반 상호작용 방식의 인식률이 낮아 개선이 요구되었다. 또한, 사용자는 확장 현실 기술을 의료 및 교육 분야에 적용할 가능성을 인식하고 긍정적인 미래 기대감을 표현하였다. 본 연구는 산업용 확장 현실 콘텐츠의 사용성 및 품질 개선을 위한 기초 자료를 제공하며, 향후 실질적인 산업 현장 적용을 위한 발전 방향을 수립하는 데 활용될 수 있다.

### [Abstract]

This study explores the usability of extended reality (XR) content tailored for production process training, with a focus on user experience. Participants engaged with extended reality training modules, and qualitative data was subsequently collected through interviews. These interviews evaluated the hardware, user interface, and overall user satisfaction. The analysis utilized python packages for keyword extraction and word cloud visualization, offering insights into user perceptions. The findings revealed that although the hardware was deemed comfortable, concerns were raised regarding its weight and heat emission. The interactive interface, which relies on hand tracking, encountered issues with recognition rates, leading to suggestions for alternative input methods. Users acknowledged extended reality's potential impact on industries like healthcare and education, sharing both positive and negative views on the technology. This research enhances our understanding of user responses and guides the future enhancement of extended reality content for industrial applications, aiming to improve its quality and practical usability.

**Key word** : Exploratory testing, Metaverse, Usability evaluation, Word cloud, XR contents.

<http://dx.doi.org/10.12673/jant.2024.28.4.574>



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 19 August 2024; Revised 27 August 2024

Accepted (Publication) 29 August 2024 (30 August 2024)

\*Corresponding Author; Eeksu Leem

Tel: +82-31-379-0637

E-mail: remix@hs.ac.kr

## I. 서론

애플의 새로운 혼합현실 헤드셋 ‘비전프로(vision pro)’의 등장과 함께 확장 현실(XR; extended reality) 산업이 다시 한번 주목받고 있다. 애플은 전 세계에서 유일하게 10억 명의 사용자를 보유한 종합적인 하드웨어, 소프트웨어, 콘텐츠 생태계를 갖추고 있으며, 이에 따라 확장 현실 산업이 연평균 40%의 빠른 성장세를 보일 것으로 예상된다[1]. 이러한 성장을 이끄는 킬러 앱으로 교육, 훈련, 협업, 업무 효율성 향상 및 비용 절감을 위한 시뮬레이션 목적으로 개발된 산업용 확장 현실 콘텐츠를 들 수 있다. 세계경제포럼은 2030년까지 산업용 확장 현실 콘텐츠 시장이 약 1조 4천억 원 규모로 성장하며, 모든 산업 분야에서 변화와 혁신을 이끌 것으로 전망된다[2]. 본 연구는 산업용 확장 현실 콘텐츠 사용자 경험 향상을 위한 목적으로 사용자가 직접 제조 및 공정교육용 확장 현실 콘텐츠를 사용한 후 인터뷰를 통해 사용자 반응을 수집하고 워드클라우드(word cloud), 명사의 활용 빈도, 문장의 맥락 분석을 활용한 사용성 분석을 수행하고자 한다. 워드클라우드의 텍스트 마이닝 기법의 하나로 텍스트에서의 해당 키워드의 빈도를 크기와 색상을 달리하여 직관적으로 보여주는 시각적 요약을 제공한다. 또한 사용자 인터뷰에서 중요한 단어를 쉽게 찾아낼 수 있는 분석 효율성과 시각적 요약 제공을 통해 사용자가 어떤 주제에 대해 더 많이 언급하는지 직관적으로 이해할 수 있는 장점을 가지고 있다. 탐색적 사용성 평가의 성격을 가진 연구 결과는, 산업용 확장 현실 콘텐츠에 특화된 사용성 휴리스틱 평가(heuristic evaluation) 기준 개발에 활용되는 것을 기대할 수 있다. 또한 본 연구에서 제안된 사용자 반응 수집 및 분석 방법은 산업용 확장 현실 사용성 평가에 사용될 수 있다. 본 연구는 사용성 분석 대상이 산업용 확장 현실 콘텐츠라는 점과 문헌 연구나 설문조사가 아닌 사용자가 실제 사용을 하고 질문법을 통해 반응을 수집했다는 점에서 다른 연구와 차별성을 가진다.

## II. 이론적 배경

### 2-1 산업용 확장 현실 콘텐츠

현재 산업용 확장 현실 콘텐츠는 항공산업에서 가장 성공적으로 활용되고 있다. 에어버스는 마이크로소프트와 공동으로 확장 현실 기반 설계 검증 시스템과 훈련콘텐츠를 개발하여 설계 수행 과정의 시간을 80% 이상 단축하였다. 또한 조립과정에서 확장 현실 조립 지침 및 훈련콘텐츠를 제공함으로써 조립작업 과정을 30% 이상 향상했다[3]. 보잉 역시 항공기 내부의 전선 설치 작업에 확장 현실 기반 조립공정 콘텐츠를 제공하여 전체 조립 시간을 25% 이상 단축하였다. 또한 작업자들에게 비행기 날개를 조립하는 과정을 확장 현실 콘텐츠로 교육을 수행한 결과, 기존의 훈련 방법과 비교해 확장 현실 콘텐츠 훈련생의

작업시간이 평균 35% 이상 향상되었다[4].

다양한 관점에서 산업용 확장 현실 콘텐츠 개발과 보급을 활성화하는 방안이 제안되고 있으나, 그중에서도 사용자 경험을 향상하는 것이 우선 해결해야 할 과제로 제시되고 있다[5]. 의학 교육용 확장 현실 콘텐츠가 가상현실 콘텐츠에 비해 사용성이 유의미한 수준에서 낮게 나타나고 있다는 점은 사용자 경험 향상의 필요성을 보여주는 대표적인 근거이다[6]. 하지만 소수의 확장 현실 콘텐츠 사용성에 대한 논의와 연구가 존재하고 있으며 적용 분야를 산업용으로 한정을 지르면 관련된 연구가 거의 없는 상황이다[7].

### 2-2 확장 현실 콘텐츠 사용성 평가

사용성에 대한 정의는 다양하나 공통으로 어떤 사물에 대한 사용자의 경험적 만족도와 그 사물을 얼마나 편리하게 사용할 수 있는가에 대한 방법을 포함하고 있다. 사용성 평가는 사용자 경험 개선 및 향상의 목적으로 사용자의 요구와 목표를 충족시키는 지 알아보는 조사 방법을 의미한다. 사용성은 콘텐츠, 소프트웨어에서 품질의 주요 지표로 활용되고 있다. 소프트웨어 품질을 평가하는 국제표준 ISO/IEC 9241-11에 따르면 사용성은 효과성, 효율성, 그리고 만족도의 세 가지 주요 요소로 구성된다. 효과성은 사용자가 과업을 얼마나 정확하게 수행했는지, 그리고 과업을 완수했는지를 나타내며, 효율성은 과업 수행에 필요한 자원의 투입과 그 결과 사이의 관계를 의미한다. 만족도는 사용자가 소프트웨어 사용과정에서 경험하는 주관적인 만족감을 측정하도록 정의되어 있다[8].

사용성 평가 방법은 크게 질문법(inquiry method), 실험법(testing method), 검사법(inspection method)으로 분류할 수 있다. 질문법은 사용자에게 직접적인 질문을 통해 그들의 평가와 생각을 이해하는 과정으로 사용자의 주관적인 의견과 경험을 직접 듣는 데 중점을 두고 있다. 실험법은 실제 사용자가 시스템을 사용하는 과정에서 사용자의 행동, 표정, 반응 등을 관찰하여 사용성을 측정하는 방법으로 사용성 개선에 매우 유용한 피드백을 받는 목적으로 사용할 수 있다. 마지막으로 검사법은 사용자를 직접 참여시키지 않고 사용성 전문가가 일반적인 사용성 원칙이나 가이드라인을 바탕으로 시스템을 검토하고 문제점을 찾아내는 데 중점을 두고 있다. 또한 검사법 시행에 필요한 평가 기준 개발에는 주로 질문, 실험적 방법의 사용성 평가 결과들이 활용되고 있다[9]. 현재 가장 많이 사용성 평가 방법은 비용 시간 효율성이 가장 높은 휴리스틱 평가와 같은 검사법이다.

확장 현실 콘텐츠 사용성 평가를 위한 기준으로 식약처의 ‘의료목적 가상증강현실 기술이 적용된 서비스에 대한 가이드라인’, 한국가상증강현실산업협회에서 개발한 ‘VR/AR 이용 및 제작 안전 가이드라인’ 한국교육학술정보원의 ‘휴먼팩터에 따른 VR·AR 이용 및 콘텐츠 제작 가이드라인’ 등이 활용되고 있다. 그러나 이러한 가이드라인들의 경우 혼합현실이 아닌 주로 가상현실에 한정되어 있다는 한계를 가지고 있다[10]. 또한

각각의 가이드라인 개발 목적이 의료, 게임, 학교 교육 현장에서 가상현실 콘텐츠 사용성을 분석하기 위한 목적이라는 점에서 산업 현장에서 훈련 교육 목적의 콘텐츠 평가에 활용하기에 많은 한계를 가지고 있다. 따라서 확장 현실의 특성과 산업 현장의 요구가 반영된 사용성 평가 기준 개발이 요구된다.

### III. 자료 수집 및 분석

#### 3-1 자료 수집 환경

실험 참가자는 게임 이용자 실태조사 조사 자료를 참고하여 확장 현실 콘텐츠와 가장 유사한 장르인 가상현실 게임의 주된 이용자인 20~30대로 설정하여 모집하였다. 인터넷 학교 게시판 등을 이용하여 모집하였으며 남자 16명, 여자 9명 총 25명의 참가자를 대상으로 실험을 진행하였다. 실험 참가자 전원은 홀로렌즈, 엑스리얼글래스 등 확장 현실 하드웨어 및 콘텐츠 사용 경험이 없었다.

실험을 위해 4m×3m 공간을 3개의 영역으로 분리하여 구성하였다. 첫 번째 영역은 피험자 대기 및 휴식 공간으로 활용되었다. 피험자는 이 공간에서 실험 설명을 듣고 콘텐츠 체험 이후 신체 능력 회복을 위해 비치된 빈백에 누워 휴식을 취하였다. 두 번째 영역은 확장 현실 콘텐츠 체험을 위한 공간컴퓨팅 실험 공간으로 활용되었다. 피험자가 주어진 시나리오에 따라 데모 및 실험용 콘텐츠를 안전하게 체험할 수 있도록 하드웨어의 안전 보호 경계와 일치되도록 설정하였다. 세 번째 영역은 실험 데이터를 기록하고 인터뷰를 수행하는 공간으로 활용되었다. 피험자가 콘텐츠를 체험하는 전체 환경의 모습과 일인칭 영상을 기록하고, 충돌 등의 돌발 상황 발생 시 즉각적으로 조치를 할 수 있게 공간을 구성하였다.

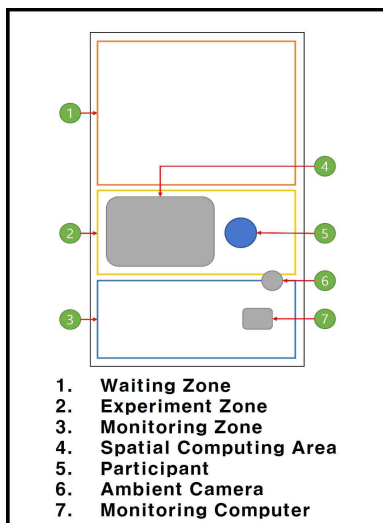


그림 1. 평가 환경 구성  
 Fig. 1. Evaluation space configuration.

#### 3-2 활용 콘텐츠 및 기기

실험은 과학기술정보통신부에서 ‘XR플래그십 프로젝트’ 수행 목적으로 개발된 메타버스와 확장 현실 기술기반 제조 및 유지보수 훈련용 콘텐츠를 활용하여 진행되었다. 콘텐츠는 실제 제조 공장에서 확장 현실 기기를 착용하고 금속의 공침, 소성, 단조에 대한 OJT(on-the-job training)를 수행하는 내용으로 구성되어 있다. 사용된 기기는 마이크로소프트의 홀로렌즈2(hololens 2)를 사용하였다. 피험자가 체험을 통해 수행하는 주요 활동은 크게 대화상자 읽기, 버튼 상호작용, 가상 터치스크린 키보드를 활용한 입력, 손을 사용한 가상 객체 조작 등 4가지로 구성되었다. 첫 번째 대화상자 읽기는 정보를 제공하는 사용자 인터페이스(UI; user interface) 오버레이로 구현되었으며 대화상자를 사용하여 사용자에게 중요한 정보를 알리거나 확인 또는 추가 정보를 요청한 후에 작업을 완료하는 식으로 구성되었다. 두 번째 버튼 상호 작용은 확장 현실에서 가장 기본적인 구성 요소 중 하나로서 시작, 동의, 완료 등의 즉각적인 작업을 작동시키는 용도로 활용되었다. 세 번째 키보드 활용한 입력은 활동 로그인, 기록의 목적으로 시스템 키보드를 화면에 호출하여 손을 통해 입력 및 조작을 수행하는 것을 의미한다. 마지막으로 객체 조작은 훈련 과정에서 하나 또는 두 개의 손을 사용하여 대화상자 등을 재배치하거나 다양한 텍스트, 2D 이미지, 3D 객체를 이동, 확장, 회전하는 활동이다. 이 과정에서 사용자가 대상 개체와의 거리를 인식하는 데 도움이 될 수 있도록 링 모양, 손 모양의 금속 텍스처 등의 시각화 연출 요소가 적용되었다.

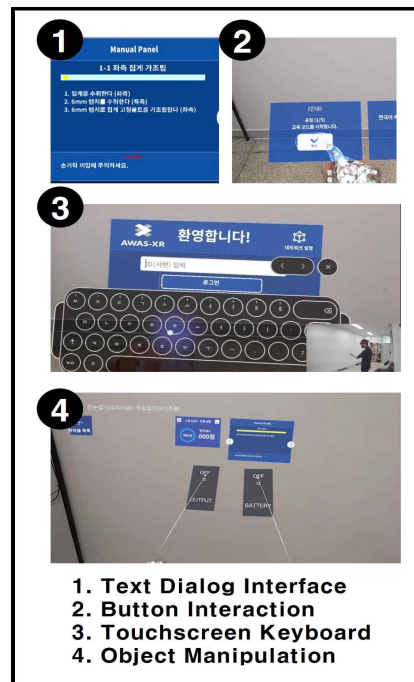


그림 2. 확장 현실 콘텐츠 사용성 수행 과제  
 Fig. 2. XR contents usability evaluation tasks.

### 3-3 수집 및 분석 절차

실험 절차는 가상현실, 확장 현실 콘텐츠 사용성 평가 연구에서 사용된 절차를 사용하여 진행하였다. 먼저 피험자를 대상으로 실험 목적 및 과정에 대한 교육 및 질의응답을 진행하였으며, 다시 한번 동의 여부를 확인하였다. 두 번째 피험자가 실험에 사용되는 혼합현실 하드웨어 및 소프트웨어에 대한 경험이 없는 관계로 실험 시나리오 일부를 활용하여 사용법을 익힐 수 있도록 데모 콘텐츠 체험 기회를 제공하였다. 또한 실험을 위한 하드웨어에서 눈동자 간의 거리, 헤드셋과 렌즈 간의 거리 조정 등의 개인화 작업도 병행하였다. 세 번째 콘텐츠 체험과정을 마친 피험자는 인터뷰 과정에 익숙해지기 위해 예비 인터뷰 과정을 체험하고 체력을 회복하기 위해 15분 정도의 휴식을 취하도록 하였다. 마지막으로 본 실험은 9개의 교육 훈련 실험 시나리오를 모두 체험하고 예비 인터뷰와 동일한 절차와 문항으로 15 단어 이상으로 답을 하는 심층 인터뷰를 수행하였다.

인터뷰 문항은 기존 가상현실, 확장 현실 사용성 평가 가이드에서 공통으로 제시된 하드웨어, 사용자 환경 및 콘텐츠, 만족도 및 기대 등의 3가지 영역에 대한 느낌, 감정을 묻는 문항으로 구성되었다. 첫 번째 문항은 체험과정에서 하드웨어의 사용성, 만족감을 측정하는 질문으로 피험자는 착용 전후의 느낌과 사용과정에서 어려움에 대해서 대답할 수 있도록 장려되었다. 두 번째 문항은 사용자인터페이스, 상호작용, 가독성을 측정하는 질문으로 피험자는 핸드 인터랙션에 대한 느낌, 가독성 및 눈의 피로도, 버튼, 시야각에 대한 느낌을 응답하도록 지시되었다. 세 번째 문항은 콘텐츠에 대한 전반적인 느낌과 활용 영역에 관한 질문으로 피험자는 전체적인 느낌, 콘텐츠에 대한 미래 방향, 개선점에 대해서 자유롭게 이야기하였다.

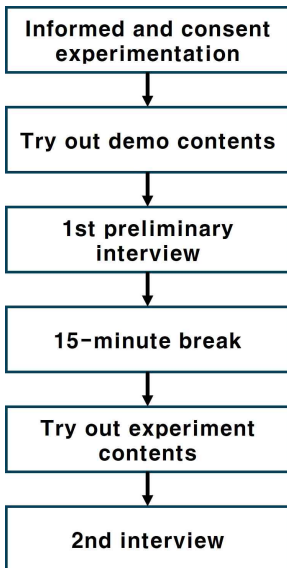


그림 3. 사용성 테스트 진행 절차  
Fig. 3. Usability evaluation procedure.

인터뷰 응답은 키워드 분석과 워드클라우드 생성이 될 수 있도록 모두 텍스트로 전환되어 처리하고 실험 진행자에 의해 검토 및 수정되었다. 분석에 사용된 인터뷰 자료는 하드웨어 관련 내용이 5,543자 1,368단어, 콘텐츠, 사용자인터페이스 관련 내용이 5,812자 1,456단어, 만족도 및 기대 등의 내용이 6,396자 1,596단어였다. 사용자 인터뷰 내용에서 키워드 추출과 워드클라우드 생성은 한국어 자연어 처리 패키지인 KoNLPy(korean natural language processing in python)를 사용하여 수행되었다. 또한 인터뷰 키워드에서 감정 및 의견 분석을 위해 KOSAC(korean sentiment analysis corpus)의 감정 사전을 활용하였다. 워드클라우드 시각화는 ‘matplotlib’, ‘wordcloud’, ‘konlpy’ 패키지를 활용한 파이선 코드를 작성하여 수행하였다. 워드클라우드 패키지에서 제공하는 한국어 데모 텍스트 파일을 이용하여 패키지 및 코드 검증을 수행하여 데이터처리의 무결성을 확인하였다.

## IV. 확장 현실 콘텐츠 사용자 경험 분석

### 4-1 하드웨어 사용자 경험

예비 인터뷰에서 사용자 대부분은 홀로렌즈와 같은 확장 현실 HMD(head mounted device)에 대한 경험이 없으므로 사용성에 대해 좋고, 싫음의 가치 판단보다는 판단을 탐색하기 위한 목적의 ‘착용’, ‘기기’ 등의 단어와 ‘생각’, ‘느낌’ 등의 중립적 의미를 가진 단어를 사용하는 경우가 많았다. 그러나 본 인터뷰에서는 점차 ‘화면’, ‘머리’ 등의 구체적인 하드웨어 사용성에 영향을 주는 요인과 ‘홀룡’, ‘신기’, ‘불편’, ‘어지러움’ 등의 느낌을 짚어서 구체적으로 이야기하였다. 예를 들어 피험자5는 예비 인터뷰에서 처음 착용 경험을 “기기를 착용했을 때 착용감은 매우 홀룡하였다.”라는 식으로 단순하게 이야기하였으나 본 인터뷰에서는 “기기의 착용감은 정말 좋았다. 머리를 잘 잡아주고 흔들림이 없어서 좋았다.”라는 것으로 구체적인 이유를 들어 설명하였다. 이러한 이유로 그림4에 있는 기기 착용 경험에 워드클라우드에는 ‘착용’, ‘기기’, ‘느낌’ 등이 크게 나타나고 있다. 인터뷰에서 의미가 있는 명사의 사용 빈도를 측정해 보면 표1과 같이 화면, 머리, 버튼, 시야, 피로 순으로 나타났다. 단어별로 인터뷰 내용을 분석해 보면 다음과 같은 사용성에 관련된 내용과 의미를 발견할 수 있었다. 첫 번째 화면의 경우 시야에 따라 움직이는 화면 기능에 대해 불편함과 관련된 의견이 많이 발견되었다. 예를 들어 피험자 11은 “고개를 많이 움직이면 보이는 화면이 달라져서 조금 귀찮지만”, 피험자 14는 “고개를 움직일 때마다 화면이 위로 올라가서 저절로 고개를 들게 되고 화면을 제자리로 맞추기 위해 많이 움직여야 했다.”, 피험자 23은 “화면이 흔들린다는 느낌을 받았다. 화면이 이리저리 움직여서 머리를 같이 움직여야 했는데, 이것 때문에 약간의 어지러움을 느꼈다.” 등으로 화면이 시야, 움직임에 따라 변하는 기능에 대해 불편함을 표현하였다.



그림 4. 하드웨어 사용자 경험 워드 클라우드  
 Fig. 4. Word cloud about hardware user experience.

두 번째 머리의 경우 착용감을 표현하는 단어로 사용되었다. 예를 들어 피험자3은 “머리가 계속 눌리고 착용하는 데에 있어서 좀 불편함이 있었다”라고 불편함을 표현하였으며 피험자8은 “머리에 딱 맞게 착용할 수 있어서 착용감은 편안했다”로 만족감을 표현하였다. 머리에 불편함을 주는 주요 요인으로는 압박감, 무거운 무게, 작동할 때 기기의 온도에 따른 열감 등이 이야기되었다. 예를 들어 피험자 24는 “머리에 밴드가 있어 크기 조절을 할 수 있기에 편했습니다.”와 같이 머리를 주어로 사용하여 만족감과 불편함을 표현하기도 하였다. 기기에 발열이 있어 장시간 착용시에 머리가 따뜻해지는 걸 느낄 수 있습니다.”

세 번째 버튼의 경우 하드웨어의 조작감에 대한 느낌, 능숙함을 표현하는 데 주로 사용되었다. 예를 들어 피험자2는 “기기 조작 버튼을 누르는 것이 익숙해져 빠르게 진행이 되긴 했으나”로 버튼 조작에 능숙함을 표현하였고 피험자 13은 “떠있는 화면에 버튼을 누르다 보니 오래 진행될수록 손목에 무리가 갑니다”라고 말해 버튼 조작의 불편함을 표현하였다. 네 번째 시야는 실제 인간이 보는 시야와 기기에서 보여주는 시야각의 차이에 대해 불편함과 초점 거리가 맞지 않음에 대한 불편함을 느끼는 의견을 표현하는 단어로 사용하였다. 예를 들어 피험자 21은 “시야의 사각지대가 발생하여 주변이 자연스럽게 보이는 것이 아니라 주변 환경이 끊겨 보인다”와 같이 시야각이 좁은 것에 대해 불편함을 표현하였다. 마지막으로 피로는 HMD 하드웨어의 착용 시간이 증가함에 따라 눈과 버튼 조작을 할 때 신체적 피로감에 대한 의견을 표현하는 데 사용되었다.

표 1. 하드웨어 사용성 답변에 많이 사용된 명사  
 Table 1. Word list of hardware usability.

Keyword	Count
Screen	14
Head	12
Button	7
Sight	5
Fatigue	3

4-2 사용자 인터페이스 사용자 경험

소프트웨어의 가장 기본적인 사용성을 나타내는 사용자 인터페이스, 가독성, 상호작용이 관련된 사용자 경험 인터뷰 내용을 분석한 워드 클라우드를 그림5이다. 앞서 하드웨어 사용성에 관련된 인터뷰와 마찬가지로 사용자인터페이스를 구성하는 ‘버튼’, ‘글씨’, ‘가독성’ 등에 대한 단어들로 인터뷰 답변을 시작하였으며 가치 판단보다는 탐색을 위한 목적을 나타내는 ‘생각’과 함께 사용되는 경우가 많았다.

인터뷰 내용에서 의미 있는 명사형 단어의 사용 빈도를 정리하면 표2와 같다. 단어의 빈도는 버튼, 가독성, 화면, 인식, 터치순으로 많이 나타났다. 가장 많이 나온 단어인 버튼은 상호작용의 편리함과 정확성을 설명하는 목적으로 많이 사용되었다. 예를 들어 피험자1은 “버튼을 눌렀음에도 반응이 되지 않을 때도 있었으나 어떤 때는 비교적 빠르게 누를 수 있어서...”와 같이 버튼을 상호작용의 정확성을 설명하는 예시로 사용하였다.

두 번째 가독성은 대화상자에서 안내 및 지시를 위해 사용된 글씨에 대한 품질을 사용되는 용어로 사용되었다. 예를 들어 피험자 13은 “글씨 가독성은 상당히 우수하다.”와 같이 만족감을 표현하였다. 세 번째 화면은 사용자인터페이스의 전체적인 품질, 인터페이스 요소의 배치에 대한 의견을 표현하는 데 사용되었다. 예를 들어 피험자 23은 “화면이 내 생각보다 선명하지는 않았지만.....”와 같이 화면을 사용하여 사용자인터페이스 품질을 이야기하였다. 피험자5는 “화면이 시야 정중앙에 나타나지 않거나 화면의 크기가 너무 커서 시야에 잘 들어오지 않는다”라고 피험자 20은 “글자들이 겹쳐보이는 화면이 있었습니다” 등의 의사 표현을 통해 사용자인터페이스 배치에 대한 불만을 표현하였다.



그림 5. 사용자인터페이스 사용자 경험 워드 클라우드  
 Fig. 5. Word cloud about user interface experience.

표 2. 사용자인터페이스 사용성 답변에 많이 사용된 명사  
 Table 2. Word list of user interface experience.

Keyword	Count
Button	27
Readability	17
Screen	8
Recognition	6
Touch	5

화면에 대한 개선사항으로는 피험자4를 포함한 다수의 피험자가 “화면이 내가 원하는 대로 고정이 잘 안될 때도 있다.” 등으로 지적인 것처럼 시야에 따라 사용자인터페이스가 자동으로 따라가는 기능 오작동을 발견할 수 있었다. 네 번째 인식과 다섯 번째 터치는 핸드트래킹을 이용하여 조작을 진행하는 상호작용인터페이스에 대한 의견을 내는 목적으로 사용되었다. 인식은 피험자9가 이야기한 “버튼이 눌리는 부분은 인식이 잘 안되는 경우가……”처럼 주로 버튼 인터페이스의 불편함을 표현하는 데 사용하였다. 터치는 버튼 인터페이스에 대해 사용자의 인식을 표현하는 단어로, 피험자 15는 “터치가 익숙하지 않아 다른 버튼이 계속 눌러……”와 같이 터치 인터페이스로 인식을 표현하였다.

4-3 콘텐츠 만족도 기대와 관련된 사용자 경험

소프트웨어, 콘텐츠에 전체적인 만족도와 관련된 콘텐츠 사용자 경험, 기대, 미래에 대한 인터뷰 내용을 바탕으로 만들어진 워드 클라우드드는 그림6이다. 하드웨어, 사용자인터페이스 사용자 경험 인터뷰와 비슷하게 좋고 나쁨의 가치 판단보다는 탐색을 위한 목적을 나타내는 ‘생각’, ‘기술’, ‘현실’ 등의 단어를 많이 사용되었다. 인터뷰 내용에서 의미 있는 명사형 단어의 사용 빈도를 정리하면 표3과 같다. 단어의 빈도는 기술, 발전, 수술, 교육 순으로 많이 나타났다. 가장 많이 사용된 기술과 두 번째로 많이 사용된 발전의 경우 같이 사용되어 콘텐츠에 대한 전체적인 만족도와 기대를 표현하는 데 사용되었다. 예를 들어 피험자8은 “그렇지만 기술을 더 발전시킬 필요는 있겠다.”라는 표현을 통해 콘텐츠에 대한 불만을 표현하였으며 피험자 13은 “이 기술을 통해 게임 뿐 아니라 다양한 콘텐츠 산업으로 발전할 수 있을 것 같아 기대된다.”를 통해 콘텐츠에 대한 만족도와 기대를 같이 표현하였다. 세 번째 수술 과 네 번째 교육의 경우 훈련 외에 새로운 적용 영역에 대한 의견 표현 용도로 사용되었다. 피험자 17은 “특히 의학적인 분야에서 수술 시뮬레이션이 나……”을 통해 훈련콘텐츠가 의학 영역의 교육 및 훈련에 활용되었으면 좋겠다는 의견을 제시하였으며 피험자 18은 “교육용 자료로도 충분히 활용할 수 있다는……”을 통해 교육 현장에서 효과적으로 사용될 수 있다는 기대를 표현하였다.



그림 6. 만족도, 기대 대한 사용자 경험 워드 클라우드  
 Fig. 6. Word cloud about contents satisfaction and future.

표 3. 만족도, 기대에 답변에 많이 사용된 명사  
 Table 3. Word list of contents satisfaction and future.

Keyword	Count
Technology	17
Advance	11
Surgery	6
Education	3

V. 결 론

본 연구는 애플 비전프로 등의 등장으로 폭발적 시장 성장이 예상되는 산업용 확장 현실 콘텐츠의 사용자 경험을 향상을 위하여 탐색목적의 사용성 평가를 수행하였다. 이를 위해 사용자가 제작공정 훈련용 확장 현실 콘텐츠를 직접 사용하게 한 후 질문법을 통해 하드웨어, 사용자인터페이스, 콘텐츠 만족도와 기대, 3가지 영역에 대한 사용자 반응을 수집하였으며, 수집된 답변은 워드 클라우드와 빈도, 맥락 분석을 통해 사용자 반응을 분석하였다. 그 결과 하드웨어에 대하여 착용감은 만족스러웠으나 무게, 발열 등에 대한 개선이 필요한 점을 발견할 수 있었다. 사용자인터페이스 측면에서는 가독성 측면에서는 만족스러웠으나 상호 작용 방식에 대해서 개선 요구사항을 발견할 수 있었다. 특히 핸드트래킹을 이용한 가상 버튼 방식의 상호작용은 낮은 인식률과 조작을 위한 신체 부담이 크기 때문에 새로운 상호작용, 입력 방식이 요구되었다. 또한 사용자는 가상 버튼을 터치 인터페이스로 인식하는 경우가 많으므로 공간 기반 상호작용이 아닌 터치 기반 상호작용에 대한 설계가 필요하다는 것을 확인하였다. 마지막으로 사용자는 산업용 확장현실 콘텐츠에 대해 새로운 기술로서 인식하고 있으며 만족도에 있어 긍정과 부정이 동시에 나타나고 있었다. 미래에 확장할 수 있는 분야로 의료, 교육을 들고 있어 해당 분야에 관한 연구, 개발이 필

요함을 확인하였다.

본 연구의 의의는 산업용 확장 현실 콘텐츠를 대상으로 직접 체험을 진행하고 사용자 반응을 수집하여 사용성 평가 요인 측면에서 검토 분석했다는 점에서 찾을 수 있다. 특히 기존의 확장 현실 사용성 연구가 문헌 연구 수준에서 검토하거나 사용자 반응을 정형된 설문조사 등을 통해 정량적 수준에서 분석을 수행했다는 점과 비교해 볼 때 정성적이며 탐색단계에서 활용할 수 있는 다양한 의견과 문제를 제시했다는 점에서 차별성을 가질 수 있다.

그러나 본 연구는 처음 시도하는 연구로서 다음과 같은 한계 점을 가지고 있다. 첫 번째 피험자 모집, 실험 안전상의 문제로 실험 참여자가 실제 산업 분야 종사자가 아니며, 실험 환경이 실제 교육이 일어나는 산업 현장이 아닌 제한된 환경이라는 점이다. 따라서 추후 실제 산업 현장 참여자를 대상으로 사용성뿐만 아니라 콘텐츠 내용, 현장 적용 가능성까지 확대한 사용자 반응 수집 및 분석이 요구된다. 두 번째 사용성 반응 결과가 사용자의 인터뷰에 근거하고 있어 추후 실험 영상 분석을 통해 인터뷰 내용과 반응 등이 정확하게 표현되고, 사용성 개선에 사용될 수 있는지에 대한 검증이 요구된다. 추후 연구에서는 워드클라우드를 활용한 비디오 태깅 분석을 통해 연구 결과를 검증하고자 한다. 마지막으로 본 연구와 유사한 실험 진행 수준의 선행 연구가 매우 적은 관계로, 선행연구와 비교한 사용자 반응에 대한 논의가 충분하게 이루어지지 못한 점이다. 추후 ‘XR플래그십 프로젝트’를 통해 수집된 유사한 연구 자료를 활용하여 비교 및 논의를 수행할 예정이다.

이러한 한계에도 불구하고 본 연구는 사용성 탐색 연구 수준에서 필요한 산업용 확장 현실 콘텐츠에 대한 사용자 반응을 수집 및 분석하였기 때문에, 산업용 확장 현실 콘텐츠의 품질을 개선하고 평가하는 데 활용될 수 있다. 또한 본 연구를 통해 얻게 된 단어, 반응 자료는 인공지능 기반 사용성 평가를 수행하는 시스템을 개발하는 원천 자료로 가치를 갖는다. 본 연구를 통해 좀 더 높은 품질의 산업용 확장 현실 콘텐츠 개발을 기대한다.

## Acknowledgments

이 논문은 한신대학교 학술연구비 지원에 의하여 연구되었음

## References

- [1] Korea Electronics Association, *Trends in the XR Industry and Devices* (Issue Report No. 2023-21), Seoul, Korea, 2023, Retrieved from <https://www.gokea.org/pdf.js/?file=files/657f918fcdf25.pdf>.
- [2] World Economic Forum, *Navigating the Industrial Metaverse: A Blueprint for Future Innovations*, Geneva, Switzerland, 2024, Retrieved from <https://www.weforum.org/publications/navigating-the-industrial-metaverse-a-blueprint-for-future-innovations>.
- [3] Airbus, *Mixed Reality to Meet Future Challenges*, Airbus Stories [Internet]. Available: <https://www.airbus.com/en/newsroom/stories/2023-06-mixed-reality-to-meet-future-challenges>.
- [4] Space Coast Daily, *Boeing Starliner Crew Training Goes Virtual with Wearable Virtual Reality System* [Internet]. Available: <https://spacecoastdaily.com/2020/06/boeing-starliner-crew-training-goes-virtual-with-wearable-virtual-reality-system>.
- [5] Software Policy & Research Institute, *Study on the Activation Plan of Industrial Metaverse*, Seoul, Korea, 2023. Retrieved from <https://spri.kr/posts/view/23645>.
- [6] J. H. Kim, Y. S. Jeong and J. Ryu, "Differences in usability evaluation and learning satisfaction of medical students according to XR and VR application environments of medical simulation," *Journal of Educational Research*, Vol. 21, No. 2, pp. 41-60, 2023. DOI: 10.31352/JER.21.2.41.
- [7] E. S. Leem, J. W. Seo, and M. G. Kang, "Development of usability evaluation guidelines for XR content in industrial and public sectors," *OSIA Standards & Technology Review Journal*, Vol. 36, No. 2, pp. 4-9, 2023. Retrieved from <https://www.earticle.net/Article/A436756>.
- [8] ISO, *ISO 9241-11:2018 Ergonomics of human-system interaction - Part 11: Usability: Definitions and concepts*, 2018.
- [9] J. Hom, *The Usability Methods Toolbox Handbook*. Retrieved from <https://rauterberg.employee.id.tue.nl/lecturenotes/UsabilityMethodsToolboxHandbook.pdf>
- [10] Ministry of Science and ICT, National IT Industry Promotion Agency, *VR-AR Device Production and Use Guidelines*, Seoul, Korea, 2020, Retrieved from <https://www.nipa.kr/home/2-7-1-1/8150>.



**임 익 수 (Eeksu Leem)**

2019년 2월 KAIST 문화기술대학원 (공학박사)

2019년 3월 - 2020년 2월 : 성균관대학교 영상학과 초빙교수

2020년 3월 - 2022년 8월 : 홍익대학교 영상·커뮤니케이션대학원 VR AR 콘텐츠전공 연구교수

2023년 3월 - 현재 : 한신대학교 AI·SW 대학 조교수

※ 관심분야 : 확장현실, 가상융합콘텐츠, 공학교육