

모션 캡처를 활용한 가상현실 역사 박물관 콘텐츠 제작: 독립선언서 사료를 중심으로

조 희 연¹ · 김 승 윤¹ · 손 다 혜¹ · 박 종 일¹ · 조 윤 식² · 이 지 원² · 김 진 모^{3*}

¹한성대학교 컴퓨터공학부 학사과정 ²한성대학교 정보컴퓨터공학과 박사과정 ³한성대학교 컴퓨터공학부 교수

Production of VR History Museum Content Using Motion Capture: Focusing on Historical Materials of the Declaration of Independence

Heeyeon Jo¹ · Seungyun Kim¹ · Dahye Son¹ · Jungil Park¹ · Yunsik Cho² · Jiwon Lee² · Jinmo Kim^{3*}

¹Bachelor's Course, Division of Computer Engineering, Hansung University, Seoul 02876, Korea

²Ph.D. Student, Department of Information and Computer Engineering, Hansung University, Seoul 02876, Korea

³Associate Professor, Division of Computer Engineering, Hansung University, Seoul 02876, Korea

[요 약]

기존의 가상현실 역사 박물관 콘텐츠는 역사적 인물 및 사건에 대한 상호작용과 능동적 참여가 제한적이어서 높은 몰입에 기반한 사용자 경험 제공에 한계가 있다. 본 연구는 이러한 한계를 극복하기 위해 모션 캡처 기반 가상 아바타를 활용하여 역사적 인물과 상호작용할 수 있는 가상현실 역사 박물관 콘텐츠를 제작한다. 핵심 목표는 역사적 사건과 인물을 높은 몰입과 흥미로운 경험을 바탕으로 체험하는 것이다. 유니티 엔진에서 광학식 모션 캡처 기기와 메타 퀘스트 3 HMD를 사용한 콘텐츠 개발 과정을 정리하고, 이를 기반으로 '독립선언서'를 핵심어로 하여 역사적 장소인 '보성사'와 함께 인물, 사건 등을 사실적으로 체험하는 몰입형 콘텐츠를 제작한다. 제작된 콘텐츠의 사실감, 유용성, 종합적인 경험 분석을 위해 PQ, USE, 그리고 GEQ 설문지를 활용하여 14명을 대상으로 설문 실험을 진행하였으며, 참가자 대부분이 새로운 인물과 사건을 이해하는데 긍정적인 반응을 보였다. 단, 본 연구는 소규모 설문 결과로 향후 다양한 설문 집단을 구성하고 비교 실험과 학습 효과에 대한 검증을 진행하고자 한다.

[Abstract]

Existing virtual reality (VR) history museum content offers limited interaction with historical figures and events, restricting immersive user experience. This study addresses this limitation by developing VR history museum content featuring motion capture-based virtual avatars that enable interaction with historical figures. The core objective is to allow users to experience historical events and figures through highly immersive and engaging interactions. We present the development process using an optical motion capture system and Meta Quest 3 head-mounted display (HMD) in Unity. Based on this, we create immersive content centered on the "Declaration of Independence," realistically depicting related figures and events at the historical site "Boseongsa." A survey experiment with 14 participants evaluated the realism, usefulness, and overall experience of the content using PQ, USE, and GEQ. Most participants showed a positive response in understanding new historical figures and events. This study is based on a small-scale survey; therefore, larger and more diverse participant groups must be investigated in future, along with comparative experiments and validation of learning effects.

색인어 : 가상현실, 모션 캡처, 역사 박물관, 몰입형 콘텐츠, 유니티 엔진

Keyword : Virtual Reality, Motion Capture, History Museum, Immersive Content, Unity Engine

<http://dx.doi.org/10.9728/dcs.2026.27.9.2413>



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 Jun 2026; **Revised** 22 July 2026

Accepted 08 September 2026

***Corresponding Author, Jinmo Kim**

Tel: +82-2-760-4046

E-mail: jinmo.kim@hansung.ac.kr

I. 서 론

가상현실(Virtual Reality, VR)은 컴퓨터로부터 생성된 3차원 가상환경에서 사용자에게 시각, 청각 등 다중 감각을 통해 높은 몰입을 기반으로 경험을 제공하는 기술이다. 사용자는 헤드마운트 디스플레이(Head-Mounted Display, HMD)와 같은 기기를 착용하여 가상 공간 안에서 현존감, 몰입감 등을 느끼며 가상환경 또는 객체들과 현실과 유사한 상호작용을 할 수 있다[1]. 특히, 문화유산과 관련하여 가상현실을 포함한 확장현실(eXtended Reality, XR) 기술을 활용한 연구들이 활발히 진행되고 있다. Innocente et al.[2]은 문화유산 분야에서 활용되는 HMD 기반의 확장현실 기술의 핵심 특징을 파악하기 위한 프레임워크 연구를 제안하였다. 몰입형 문화유산 시스템은 방문객이 가상환경에서 높은 몰입을 통해 현장에 있는 듯한 느낌을 제공하고, 이는 문화 탐방의 질과 학습 효과를 향상할 수 있는 교육적 환경을 제공함을 확인하였다. 메타 퀘스트 3S와 같은 독립형 HMD의 보급은 다양한 분야에서 가상현실 기술을 활용할 수 있는 발전 가능성을 제시하였고, 특히, 메타(Meta)는 혼합현실 및 가상현실 교육 플랫폼인 Meta for Education을 통해 몰입형 학습 서비스를 제공하고 있다[3]. 이외에도, 가상현실을 활용한 박물관 가상 전시에서 디지털 스토리텔링이 사용자 경험(현존감, 몰입도, 즐거움 등)에 미치는 구조적 영향에 관한 연구를 수행하기도 하였다[4].

국내 국립중앙박물관은 디지털 실감 영상관 운영을 통해 파노라마 영상과 가상현실 체험 공간을 통해 정조의 능행길 등 역사, 문화 주제의 몰입형 콘텐츠를 제공하고 있다[5]. Lee[6]는 국립중앙박물관의 가상현실 기반 실감 콘텐츠 개발 사례를 중심으로 실감 콘텐츠 개발에 필요한 시각 미디어 요소들을 고찰하고, 상호작용, 콘텐츠 요소, 스토리텔링 등을 적용한 사례를 분석하였다. 또한, 몰입감 높은 체험 환경을 위한 가상현실 기술의 적용 방안을 제안하였다. 문화체육관광부 소속 17개 국립박물관 전시 매체 활용 현황을 조사하고, 디지털 미디어를 활용한 기존의 전시 매체 활용의 한계점과 발전 방안을 제시하는 연구가 진행되었다[7]. 이를 토대로 시청각 중심의 박물관 관람 문화를 개선함을 목적으로 가상현실 HMD를 활용하고 축적을 더한 다중 감각 콘텐츠를 제작하였다[8]. 이와 같이 국립박물관은 확장현실 기술을 활용한 콘텐츠 제작에 중요한 역할을 맡고 있다. 하지만, 적극적인 사용자 참여를 토대로 역사적 인물과의 상호작용, 역사적 사건에서의 몰입형 행동 등은 물론 가상 아바타의 참여를 고려한 콘텐츠 제작 사례는 제한적이다. 따라서, 본 연구는 모션 캡처 기반 가상 아바타를 활용하여 독립선언서를 핵심어로 역사적 사건과 장소 속에서 역사적 인물과 높은 몰입을 바탕으로 상호작용을 함으로써 흥미롭고 새로운 경험을 제공할 수 있는 가상현실 역사 박물관 콘텐츠를 제작하고자 한다.

II. 관련 연구

2-1 확장현실 기술 기반 박물관 체험 연구

가상현실 기술을 활용하여 박물관 체험에 응용하는 연구들은 다양한 기술과 접근 방식으로 진행되고 있다. Iacono et al.[9]는 발치 로시 박물관(Balzi Rossi Museum)을 가상현실 기술을 활용하여 체험하는 제작 과정을 소개하였다. 이는 유적지의 역사적 가치를 보존하고 전달함을 목표로 안정적인 프레임 속도를 유지하고 멀미를 최소화하면서 궁극적으로 몰입감 높은 경험을 제공할 수 있는 체험 환경을 제공하고자 하였다. Giangreco et al.[10]은 큐레이터가 정적, 동적 2차원(사진, 비디오 등)과 3차원 유물을 활용한 가상 박물관 전시를 손쉽게 구성할 수 있는 VIRTUE 시스템을 소개하였다. Ren and Zhu[11]는 몰입형 문화유산 경험을 위하여 가상현실 게임화 디자인 모델인 VGI (Visual Aesthetic, Gamified Interaction and Immersive Narrative)을 새롭게 제안하였다. Vishwanath[12]는 헬싱키 디자인 박물관의 문화유산 유물을 기반으로 다양한 연령대의 참가자를 대상으로 한 팝업 가상현실 박물관의 디자인을 제시하기도 하였다. 가상현실 박물관은 사용자에게 몰입형 방문 경험을 제공함을 다양한 선행 연구를 통해 검증이 되어오고 있다. Zhang et al.[13]은 노년층을 위한 가상현실 박물관의 효과를 분석하는 연구를 통해 기술적인 측면과 아울러 콘텐츠를 체험하는 사용자의 폭, 유형들을 다양한 관점에서 고려하는 연구들도 진행되는 상황이다. Aoki et al.[14]는 혼합현실 기술 기반의 가이드 투어 시스템을 통해 현실 공간의 전시물에 디지털 해설과 프레젠테이션을 추가한 체험 환경이 참가자에게 더욱 향상된 박물관 경험을 제공하는지를 분석하였다. 실험 결과, 80% 이상의 참가자는 실감형 기술 사용의 높은 만족을 바탕으로 체험 비용을 낼 의사가 있음을 확인하기도 하였다. 이외에도, Agostinelli et al.[15]는 박물관 환경에서 증강현실과 가상현실 기술이 사용자의 몰입과 학습 성과에 미치는 영향을 조사하였다. 증강현실 사용자는 높은 학습 성과를 보였고, 가상현실 사용자는 더 높은 몰입 경험을 제공받았음을 확인하였고, 사용자의 몰입이 높아질수록 학습 성과가 낮아지는 유의미한 상관관계를 보일 수 있음을 발견하기도 하였다. 박물관 큐레이터들이 관람객의 몰입을 높이고 흥미로운 경험을 제공하기 위해 몰입형 기술을 적극적으로 활용하는 것과 전시물의 교육적 가치를 유지하는 것 사이에는 적절한 균형과 조화가 필요하다는 점을 강조하였다.

2-2 문화유산 체험에 관한 융합 연구

박물관 체험과 관련된 응용 연구로 가상 아바타를 활용한 체험 환경과 콘텐츠를 제작하는 연구들도 진행되고 있다. Machidon et al.[16]은 가상현실을 활용한 문화유산 체험

과정에서 아바타와의 상호작용이 사용자 참여도, 몰입도, 그리고 학습 효과에 미치는 영향을 분석하였다. Upadhyay et al.[17]은 투어 가이드 역할을 하는 가상 아바타가 질문에 답하는 반응성, 사용자에게 접근하는 인지능력이 가상 박물관을 관람하는데 참가자에게 미치는 영향을 분석하였고, 경험 향상에 긍정적인 영향을 미쳤음을 확인하였다. Carrozzino et al.[18]은 가상 박물관에서 가상 아바타를 활용하는 것이 사용자의 방문 경험의 깊이를 더할 수 있음을 확인하였다. 체화된 가상 아바타(embodied virtual avatar)가 관람객의 주의력과 참여도를 자극하고 향상된 콘텐츠 전달에 기여함을 확인하였다. 최근에는, 대규모 언어 모델(large language models, LLMs)을 활용한 대화형 에이전트를 가상 박물관 가이드로 응용하는 연구가 진행되기도 하였다[19].

2-3 문화유산의 교육 효과에 관한 연구

몰입형 기술을 활용하여 문화유산의 교육 효과를 분석하는 연구들 또한 진행되어 왔다. Guo et al.[20]은 문화유산 관광을 하여 증강현실 기술을 활용한 디자인 패턴을 제안하였고, 디자인 교육의 학습 경험을 향상시키는 실용적 프레임워크를 토대로 한 ChtAR 애플리케이션을 제시하였다. Anwar et al.[21]은 다중 사용자 가상현실 환경에 게임 요소를 접목한 상호작용적이고 교육적인 플랫폼을 구축하였다. 이는 사우디아라비아의 자발 알 아흐마르(Jabal Al Ahmar)를 사실적으로 재현하고 역사적 맥락을 학습하는 과정을 설문 실험을 통해 확인하였다. 이 과정에서 가상현실 환경은 자극과 새로운 측면에서 우수한 성능을 보였고, 높은 몰입을 바탕으로 교육에 효과적임을 확인하였다.

2-4 모션 캡처와 가상현실을 활용한 새로운 박물관 콘텐츠 제안

본 연구는 실감형 기술이 박물관 체험 과정에서 관람객에게 높은 몰입을 바탕으로 참여 유도, 재이용 의도에 긍정적인 영향을 미친다는 기존 연구[2],[14]를 바탕으로 가상현실 역사 박물관 콘텐츠를 제작한다. 또한, 체화된 가상 아바타의 참여가 박물관에서 전달하고자 하는 역사적 사실이나 학습 내용을 설득력 있게 전달하는 데 도움을 준다는 결과들[17, 18]을 바탕으로 모션 캡처 기반 가상 아바타를 참여시킬 수 있는 방향을 연구하고자 한다. 이를 위해 제안하는 콘텐츠는 Yang et al.[22]의 몰입형 체험 환경에서 모션 캡처 기반 가상 아바타 구축을 위해 정의한 통합개발 환경을 활용한다. 유니티 엔진[23]에서 모션 캡처 플러그인(OptiTrack Unity Plugin)[24]과 Meta XR All-in-One SDK(Software Development Kit)[25]를 통한 개발 공정을 기반으로 OptiTrack 모션 캡처 장비[26]를 활용하여 마커를 부착한 슈트를 입은 액터를 통해 표현되는 모션 캡처 기반 가상 아바타가 메타 퀘스트 3 HMD를 착용한 가상현실 사용자와 함께 체험하는 콘텐츠를 제작한다.

콘텐츠의 핵심 목표는 국립중앙박물관의 소장품인 독립선언서를 주제로 하여, 사료가 가지는 역사적 의미뿐 아니라 독립선언서에 얹힌 인물, 사건 등을 효과적으로 전달하는 것이다. 핵심은 가상현실 기술 기반의 체험 환경이 사용자의 몰입을 높이지만 학습 성과에 부정적으로 연관될 수도 있다는 기존 연구[15] 분석 결과를 토대로 많은 기술적 요소나 행동에 기반한 상호작용은 최소화하고, 모션 캡처 기반 가상 아바타가 문화유산 체험에 미치는 긍정적 영향을 고려하여 모션 캡처 기반 가상 아바타를 통해 역사적 사건 속 인물과 직접 상호작용을 하는 역사 박물관 콘텐츠를 제작하고자 한다. 제작된 콘텐츠를 활용하여 역사적 상황에 관한 콘텐츠의 사실감, 사건을 풀어나가는 과정에서의 행동, 유용성, 만족도, 그리고 역사 박물관 체험이라는 주제의 맞는 종합적인 사용자 경험을 설문 실험을 통해 분석한다[27]-[29].

III. 연구 방법

3-1 개발 환경

본 연구는 가상현실 역사 박물관 콘텐츠 체험을 위한 기기로 메타 퀘스트 3 HMD를 사용한다. 가상현실 체험 환경 구축을 위하여 유니티 엔진을 기반으로 Meta XR All-in-One SDK의 빌딩 블록 기능을 활용한다. 가상현실 카메라 구현을 위한 Camera Rig, 컨트롤러를 활용하여 행동, 객체 제어 등의 조작을 수행하기 위한 Controller Tracking 기능 등의 기능을 통해 구현을 진행한다. 또한, 체험이 진행되는 과정에서 사용자의 음성 대화를 글자로 변환하여 이야기 전개에 활용하기 위하여 빌딩 블록의 STT(Speech to Text) 기능을 활용한다. 이를 위해, OpenAIProvider를 이용하여 whisper-1 모델에 언어는 한국어로 설정하였다. 그림 1은 본 연구의 가상현실 콘텐츠 제작을 위해 유니티 엔진에서 Meta XR All-in-One SDK의 빌딩 블록을 통해 개발 환경을 구축하는 과정의 일부를 보여주고 있다.

본 연구는 역사적 사건과 상황에 관한 이야기 전개 과정에서의 공감, 설득 및 이해력을 높이는 방법으로 모션 캡처 기반 가상 아바타 참여를 고려하고 있다. 제안하는 콘텐츠 제작에 사용된 모션 캡처 개발 환경은 OptiTrack Prime 17W 카메라 16대로부터 마커가 부착된 슈트를 착용한 액터 동작을 실시간으로 추적하고 전용 소프트웨어인 모티브(Motive 3.3.0)를 통해 41개의 추적된 마커를 통해 구성된 스켈레톤을 사전에 정의한 가상 아바타 모델로 연결하는 과정으로 정의된다. 모션 캡처 기반 가상 아바타 참여를 위한 핵심 개발 환경 구축은 기존 연구[22]에서 정의한 공정을 따른다.

마지막으로, 가상현실 환경에 모션 캡처 기반 가상 아바타가 참여하여 기획한 역사적 상황, 사건 등을 실시간으로 정확하게 동작하기 위한 동기화 과정을 구현한다. 본 연구는 포톤

엔진에서 제공하는 유니티 기반의 네트워크 기능인 PUN 2(Photon Unity Networking)[30]을 활용하여 구현한다. 그림 2는 Yang et al.[22]의 개발 공정을 바탕으로 본 연구에서 제작하는 가상현실 역사 박물관 콘텐츠 개발 흐름을 도식화한 과정을 보여주고 있다.

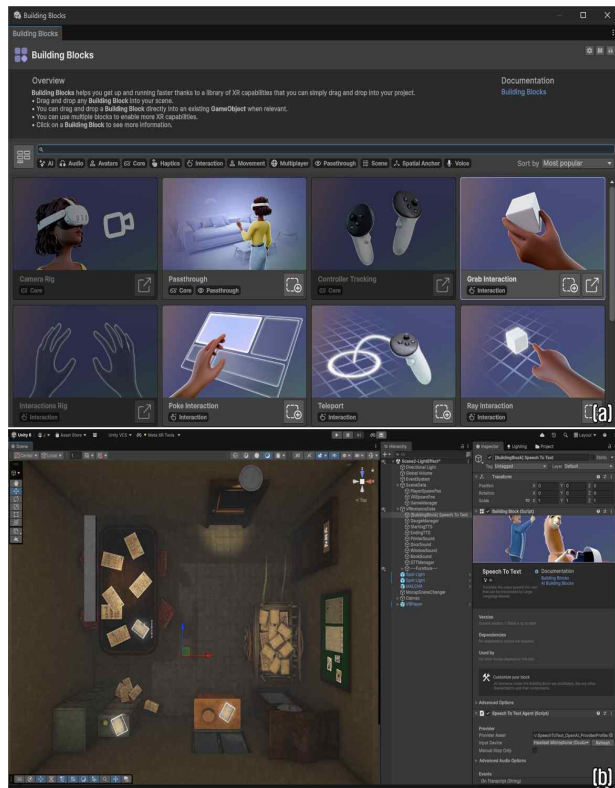
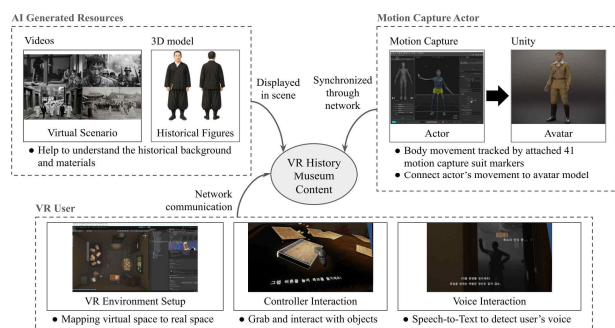


그림 1. 유니티 기반 Meta XR All-in-One SDK 빌딩 블록을 사용한 개발 환경 구축; (a) 빌딩 블록, (b) 제작 과정의 예

Fig. 1. Construction of the development environment using Unity-based Meta XR All-in-One SDK building blocks; (a) building blocks, (b) example of the production process



*Explanations and guides within the content are produced in Korean.
그림 2. 제안하는 가상현실 역사 박물관 콘텐츠 작업 흐름

Fig. 2. Proposed virtual reality history museum content workflow

3-2 가상현실 역사 박물관 콘텐츠 제작

1) 콘텐츠 기획을 위한 역사 사료 선정

제안하는 역사 박물관 콘텐츠는 독립선언서라는 구체적인 역사적 사료를 선정하고, 독립선언서에 대한 이해 과정을 역사적 인물, 배경, 그리고 사건을 중심으로 소개하는 것을 핵심 목적으로 한다. 모션 캡처를 활용한 가상현실 콘텐츠의 기술적 차별성과 상호작용의 특징이 콘텐츠의 내용을 효과적으로 이해하고 역사적 사실을 학습하는 데 도움이 되는지를 확인하기 위하여 새로울 수 있는 인물과 사건으로 이야기를 전개하도록 기획한다. 표 1은 본 연구에서 제안한 콘텐츠의 주요 특징을 정리한 것이다. 대한민국역사박물관과 한국민족문화대백과사전 자료[31]~[33]를 토대로 국립중앙박물관의 3.1 운동 관련 테마전시와 연계하여 함께 활용할 수 있는 체험형 콘텐츠를 제안해 보고자 한다.

표 1. 제안하는 콘텐츠의 역사적 기획 요소.

Table 1. Historical planning elements of the proposed content.

Items	Features
Historical materials	Declaration of Independence of Korea
Historical figure	Lee Jong-il
Historical site	Boseongsa Press
Historical background	March 1st Movement

2) 장면별 콘텐츠 구성

제안하는 콘텐츠는 총 4개의 장면으로 구성하며, 표 2는 장면별 콘텐츠 구성의 세부 내용을 정리한 것이다. 첫 번째 장면은 콘텐츠의 소개와 배경을 설명하는 장면이다. 독립선언서는 3.1운동의 명분과 방향을 제시한 문서이다. 보성사에서 2만 부 이상의 선언서를 인쇄한 것으로 알려져 있다. 만약, 독

표 2. 장면별 콘텐츠 구성 세부 내용

Table 2. Details of content composition by scene

Items	Scenes	Contents
Objective	1	Introduce the importance and significance of the Declaration of Independence.
	2	Introduce the historical events related to the printing of the Declaration of Independence in Boseongsas.
	3	Introduce the historical events in the delivery process of the Declaration of Independence.
	4	Introduce the comprehensive contents of the March 1st Movement and the Declaration of Independence.
User Action	1	Watching video
	2	Object manipulation using a controller. Voice conversation with a motion capture-based virtual avatar.
	3	Handcart manipulation using a controller. Declaration of Independence object manipulation.
	4	Watching video

립선언서가 3.1운동까지 충분히 인쇄되지 못하였거나, 운반에 문제가 있었다면 독립운동에 부정적인 영향을 끼쳤을 것이라는 가정을 바탕으로 한 영상을 보여줌으로써 독립선언서의 중요성을 이해할 수 있도록 장면을 구성한다.

두 번째는 보성사에서 독립선언서를 인쇄하던 날 인쇄 현장을 덮쳤던 조선인 형사와의 사건을 재현한 장면이다. 두 번째 장면은 보성사라는 독립선언서와 연관된 역사적 장소를 중심으로 독립선언서 인쇄라는 중요한 행동과 상황을 직접 경험하는 것이 핵심 목표이다. 조선인 형사와의 사건을 높은 몰입을 통해 직관적으로 전달하기 위하여 모션 캡처 기반 가상 아바타를 적용한다. 형사의 역할을 액터가 직접 수행함으로써 극적 긴장감을 높이고, 가상현실 사용자의 반응에 유연하게 대처하여 긴급했던 당시 상황에 대한 이해와 몰입을 높이도록 한다. 당시 위급한 상황을 모면하기 위하여 조선인 형사에게 설득하였다는 기록을 토대로 가상현실 사용자가 설득하는 대사를 직접 수행할 수 있도록 유도하는 상황을 설정하였다[31]~[33]. 본 연구는 STT를 통해 사용자의 음성을 글자로 변환하고, 지정된 대사를 정확히 말하였는지를 판단하도록 하였다.

세 번째는 독립선언서를 옮기는 과정에서의 발각 위험 사건을 재구성한 장면이다[31]~[33]. 으스스한 밤길 손수레에 인쇄된 독립선언서를 싣고 가는 길에 형사의 불심검문을 당하여 위기가 찾아왔던 순간을 구현한다. 가상현실 사용자는 실제 손수레를 끄는 행동을 수행하게 함으로써 당시 상황을 직관적으로 이해할 수 있도록 하고, 손수레를 끄는 행동에 집중하고 있을 때 형사를 등장시켜 놀라게 하는 극적인 효과를 유도하였다. 이 역시, 사용자의 긴장감을 고도화하기 위하여 모션 캡처를 활용한 액터가 역할을 담당하였다. 또한, 으스스한 밤길의 분위기를 조명, 안개 등의 효과를 종합적으로 활용하여 구현하였다.

마지막 장면은 엔딩으로 3.1운동에 관한 영상 시연과 함께 콘텐츠의 종합적인 내용을 정리하는 음성 해설을 전달한다. 제작된 모든 장면에는 상황을 설명하거나 사용자가 수행해야 할 행동들에 대한 안내 등을 음성 해설을 활용해 전달하는 방식이 적용되어 있다.

3) 생성형 AI를 활용한 2D/3D 그래픽 리소스 제작

제안하는 가상현실 역사 박물관 콘텐츠는 독립선언서라는 역사적 사료를 토대로 이에 관한 역사적 인물, 배경, 그리고 사건을 전달하기 위하여 각 장면을 제작한다. 이 과정에서 역사적 배경과 상황을 효과적으로 전달하기 위한 가상의 영상 제작하여 콘텐츠에 함께 제공하였다. 본 연구는 OpenArt[34] 플랫폼에서 Seedance2.0과 Kling3.0 모델을 활용하여 가정에 기반한 가상의 영상을 제작한다(그림 3).

가상현실 환경에서 역사적 인물과 함께 존재하는 상황을 설정하고, 역사적 장소와 상황으로 연결되는 이야기 흐름을 구현하기 위하여 생성형 인공지능을 활용한 3차원 모델을 생성한다. 본 연구는 OpenAI의 ChatGPT Image 2.0[35]을

활용하여 주요 인물에 대한 2차원 참조 이미지를 생성하고, Image-to-3D 도구인 Meshy[36]를 통해 3차원 캐릭터를 생성한다. 그림 4는 생성 과정을 나타낸 것으로, 기존 자료[31]~[33]에 제시된 이미지와 내용을 프롬프트로 입력하여 참조 이미지를 생성하고, 최종 모델을 제작한다.



*Explanations and guides within the content are produced in Korean.

그림 3. 생성형 AI[34]를 사용하여 가상 시나리오로 생성된 영상 결과

Fig. 3. Video results generated by setting up a virtual scenario using generative AI[34]



그림 4. 실제 역사적 인물의 3차원 가상 캐릭터 생성 과정[31]~[33]

Fig. 4. The process of creating 3D virtual characters from real historical figure[31]~[33]

4) 가상현실 역사 박물관 콘텐츠 제작 및 체험 환경

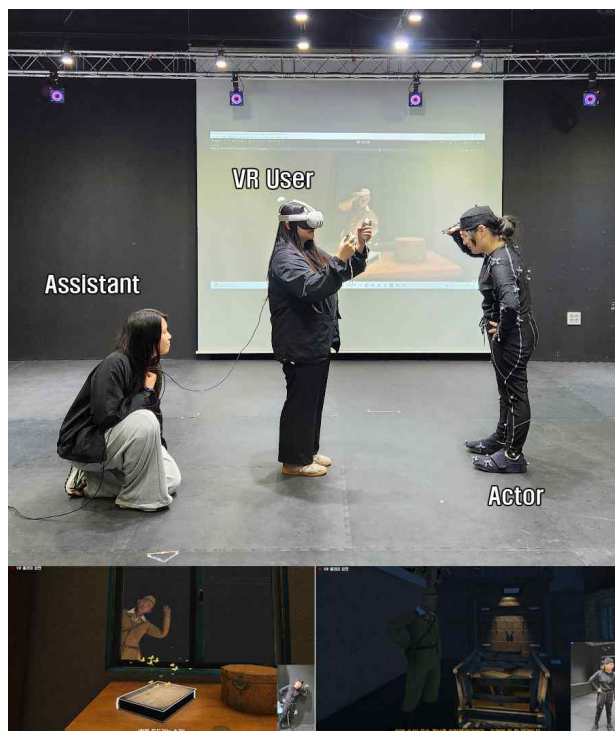
장면별 콘텐츠 구성을 바탕으로 제작된 2D/3D 그래픽 리소스를 활용하여 가상현실 역사 박물관 콘텐츠를 제작한다. 그림 5는 제안하는 4개의 장면으로 구성된 콘텐츠 제작 결과의 예를 보여준다. 그림 6은 모션 캡처 기반의 액터, 안내 보조자, 그리고 가상현실 사용자로 구성된 체험 환경이다. 그림 6의 하단 이미지는 두 번째와 세 번째 장면에서 액터가 직접 형사의 역할을 수행하여 동작하는 모션 캡처 기반 가상 아바타의 동작 과정의 일부를 보여주고 있다. 액터는 프로젝터를 통해 디스플레이 되는 가상현실 사용자의 진행 장면을 확인하면서 사전에 지정된 위치정보를 토대로 주어진 행동을 수행한다. 이를 통해 정확한 타이밍에 가상현실 사용자와 상호작용을 함으로써 극적 긴장감을 높이고 자연스러운 이야기 전개를 가능하게 한다.



*Explanations and guides within the content are produced in Korean.

그림 5. 제안하는 모션 캡처를 활용한 가상현실 역사 박물관 콘텐츠 제작 결과의 주요 장면들(왼쪽 위부터 오른쪽 아래까지: 독립선언서의 의미 소개, 보성사에서 독립선언문 인쇄와 관련된 역사적 사건, 독립선언서를 옮기는 과정에서의 사건, 그리고 3.1운동 관련 엔딩)

Fig. 5. Main scenes of the result of producing virtual reality history museum content using the proposed motion capture (From top left to bottom right: introduction to the significance of the Declaration of Independence, historical events related to the printing of the Declaration at Boseongsa, events during the process of delivery the Declaration of Independence, and an ending scene related to the March 1st Movement)



*Explanations and guides within the content are produced in Korean.

그림 6. 모션 캡처 기반의 액터, 안내 보조자, 그리고 가상현실 사용자로 구성된 체험 환경과 제작 결과의 예

Fig. 6. Experience environment and examples of creation result consisting of motion capture-based actor, assistant, and virtual reality user.

IV. 실험 및 분석

4-1 설문 실험 환경

본 연구는 가상현실을 기반으로 모션 캡처 기반 가상 아바타의 참여를 적용하여 역사적 사료를 중심으로 인물, 사건, 배경을 효과적으로 전달함을 목표로 역사 박물관 콘텐츠를 제작하였다. 제작된 콘텐츠를 토대로 제공하고자 하는 중요한 내용을 사용자에게 효과적으로 전달하는지와 함께 콘텐츠 체험 과정에서의 경험을 분석하기 위하여 3가지 설문지를 활용한 실험을 진행한다.

사용자 분석을 위한 설문 실험 참가자는 총 14명으로 남성 6명, 여성 8명으로 구성하였고, 나이는 23세부터 26세, 평균 25세이다. 모든 참가자는 모션 캡처를 활용한 액터가 참여하는 가상현실 환경에서 HMD를 착용하고 첫 번째 장면부터 마지막 장면까지 제작된 이야기 흐름에 맞춰 진행한 이후, 설문 문항에 맞춰 응답을 하였다.

4-2 현존감 분석

첫 번째 설문은 가상현실 환경에서의 사실감과 함께 모션 캡처 기반 가상 아바타와의 상호작용, 주어진 상황에서의 행동을 잘 수행하였는지를 분석하고 음성 해설을 통해 전달되는 역사적 사실에 관한 내용이 효과적으로 전달되었는지를 평가하는 것이다. 이를 위하여 PQ(Presence Questionnaire)[27] 설문지를 활용하였다. 24개의 문항, 7개의 항목으로 구성된 설문지 가운데 Realism, Self-evaluation of performance,

표 3. PQ를 활용한 항목별 현존감 설문 문항(realism, self-evaluation of performance, sounds)[27]

Table 3. Presence survey questions using PQ by items (realism, self-evaluation of performance, sounds)[27]

Items	Questions
Realism	How natural did your interactions with the environment seem?
	How much did the visual aspects of the environment involve you?
	How natural was the mechanism which controlled movement through the environment?
	How compelling was your sense of objects moving through space?
	How much did your experiences in the virtual environment seem consistent with your real world experiences?
	How compelling was your sense of moving around inside the virtual environment?
	How involved were you in the virtual environment experience?
Self-evaluation of performance	How quickly did you adjust to the virtual environment experience?
	How proficient in moving and interacting with the virtual environment did you feel at the end of the experience?
Sounds	How much did the auditory aspects of the environment involve you?
	How well could you identify sounds?
	How well could you localize sounds?

Sounds 항목의 총 12개의 문항을 선별하여 7점 척도(1~7)로 응답받아 설문에 활용하였다. 제작된 가상현실 역사 박물관 콘텐츠가 얼마나 역사적 장소와 배경을 현실과 유사하게 표현하고 사건을 전개하는지 측정하기 위한 Realism 항목과 참가자가 가상환경 내에서 모션 캡처 기반 가상 아바타와의 상호작용을 통해 주어진 행동(과제)을 얼마나 잘 수행했다고 스스로 느끼는지를 측정하기 위하여 Self-evaluation of performance 항목을 사용하였다. 그리고, 제작된 콘텐츠는 음성 해설을 통해 이야기의 흐름을 설명하고 있기 때문에 청각적 요소가 몰입감 형성에 얼마나 기여하였는지 측정함을 목표로 Sounds 항목을 활용하였다. 표 3은 설문에 사용된 문항을 정리한 것이다.

표 4는 설문 결과를 정리한 것으로, 사실감, 행동 수행, 그리고 음성 해설에 관한 경험이 6.5 이상의 긍정적인 반응을 보인 것으로 평가되었다. 특히, 각 장면에서 전달하려는 역사적 사실과 상황을 음성 해설로 적절하게 표현하는 부분들이 Sounds 항목에서의 결과에 긍정적으로 작용하였을 것으로 분석하였다. 또한, 역사적 장소를 설계하고, 현장 안으로 직접 들어가 구체적인 상황과 대면하여 행동하는 과정이 높은 몰입을 기반으로 사실감을 향상하는 데 중요하게 작용하였다. 몰입과 역사 학습과의 상관관계를 고려하여 행동을 최소한으로 제한한 점은 행동 수행 경험에 일부 영향을 줄 수 있음을 확인할 수 있었다.

표 4. 제안하는 가상현실 역사 박물관 콘텐츠의 현존감 분석 결과
Table 4. Results of the presence analysis of the proposed virtual reality history museum content

Items	Score (Mean(SD))
Realism	6.745(0.318)
Self-evaluation of performance	6.500(0.650)
Sounds	6.857(0.252)

4-3 유용성 평가

두 번째는 역사 체험을 위한 콘텐츠의 전체적인 구성과 모션 캡처 기반 가상 아바타와의 상호작용에 관한 유용성을 종합적으로 평가하기 위한 설문 실험이다. 제작된 역사 박물관 콘텐츠가 사용자가 제시된 사건, 인물, 배경 등을 정확하게 이해하는 데 실질적으로 도움이 되는지, 역사적 사건을 전달하거나 모션 캡처 기반 가상 아바타와 대면하는 과정에서 필요한 행동, 조작 등을 직관적으로 쉽게 파악할 수 있는지, 그리고 사용자 경험에 대한 전반적인 만족감이 높은지 여부를 분석하기 위하여 USE(Usefulness, Satisfaction, Ease of Use)[28] 설문지를 활용한다. USE 4가지 항목 가운데 Usefulness, Ease of Use, 그리고 Satisfaction 항목의 문항을 선택하였으며, 7점 척도(1~7)로 응답받았다. 제작된 콘텐츠가 사용자에게 독립선언서와 관련한 역사적 사건, 인물 등을 효과적으로 설명하고 주어진 행동을 수행하는 데 실질적으로 도움이 되었는지를 측정하기 위한 Usefulness 항목과 콘텐츠에서 모션 캡처 기반 가상 아바타와 상호작용을 하는 과정을 포함한 전체적인 조작 과정이 얼마나 직관적이고 수월했는지를 측정하기 위한 Ease of Use 항목, 그리고 콘텐츠 경험에 관한 전반적인 만족도 측정을 목적으로 하는 Satisfaction 항목으로 선택하여 활용하였다. 표 5는 설문에 사용된 문항을 정리한 것이다.

표 6은 유용성에 관한 3가지 문항에 대한 설문 결과를 정리한 것이다. 이 역시, 전반적인 설문 결과가 평균적으로 6.5 이상의 긍정적인 반응을 보인 것으로 평가되었다. 콘텐츠의 장면마다 컨트롤러를 활용하여 객체를 잡고 옮기는 행동을 수행하고, 지정된 위치에 객체를 옮기거나 문고리를 잡고 돌려서 문을 여는 행동 등의 필수적인 상호작용을 콘텐츠 시작 전 튜토리얼 방식으로 사전에 학습하고 진행하게 하였다. 이러한 과정을 통해 콘텐츠가 진행되는 동안 조작의 불편함으로 이야기의 흐름을 끊고, 몰입과 체험에 방해가 되지 않도록 하였다. 이러한 사전 학습 과정이 콘텐츠가 다루는 이야기를 효과적으로 진행하고, 필요한 행동과 상호작용을 쉽고 정확하게 수행하는 데 직접적으로 도움을 주었고, 그 결과 표 6과 같은 긍정적인 경험을 제공할 가능성이 있다고 판단하였다. 또한, 손을 직접 활용하지 않고 컨트롤러를 사용하여 상호작용을 하는 방식이 친숙한 조작 환경에서 충분히 만족하는 경험을 제공할 수 있을 것으로 평가하였다.

표 5. USE를 활용한 항목별 유용성 설문 문항 (Usefulness, Ease of Use, Satisfaction)[28]

Table 5. Usability survey questions using USE by items (Usefulness, Ease of Use, Satisfaction)[28]

Items	Questions
Usefulness	It helps me be more effective.
	It helps me be more productive.
	It is useful.
	It gives me more control over the activities in my life.
	It makes the things I want to accomplish easier to get done.
	It saves me time when I use it.
	It meets my needs.
Ease of Use	It does everything I would expect it to do.
	It is easy to use.
	It is simple to use.
	It is user friendly.
	It requires the fewest steps possible to accomplish what I want to do with it.
	It is flexible.
	Using it is effortless.
	I can use it without written instructions.
	I don't notice any inconsistencies as I use it.
	Both occasional and regular users would like it.
Satisfaction	I can recover from mistakes quickly and easily.
	I can use it successfully every time.
	I am satisfied with it.
	I would recommend it to a friend.
	It is fun to use.
	It works the way I want it to work.
	It is wonderful.
	I feel I need to have it.
	It is pleasant to use.

표 6. 제안하는 가상현실 역사 박물관 콘텐츠의 유용성 분석 결과
Table 6. Results of the usability analysis of the proposed virtual reality history museum content

Items	Score (Mean(SD))
Usefulness	6.789(0.252)
Ease of Use	6.734(0.332)
Satisfaction	6.765(0.383)

4-4 콘텐츠 경험 분석

세 번째 설문 실험은 역사를 주제로 하는 콘텐츠가 제공하는 사용자의 전반적인 경험을 7개의 관점에서 평가하고자 한다. 이를 위하여 7개 항목과 14개의 설문 문항으로 구성된 GEQ(Game Experience Questionnaire)[29]의 In-game 모듈, 5점 척도(0~4)를 기반으로 설문을 진행하였다. 이는 단순히 콘텐츠의 재미를 평가하는 것을 넘어서 몰입, 정서적 반응, 난이도 지각 등을 동시에 기록하여 사용자 경험을 다차원적으로 분석함을 목적으로 한다. 표 7은 설문에서 사용된 문항을 정리한 것이다. 단, Tension과 Negative effect 설문은 낮은 점수가 기록되는 것이 긍정적인 사용자 경험을 제공하는 것으로 해석된다.

설문 실험 결과는 다음과 같다(표 8). 이중일이라는 역사적 인물, 독립선언서와 관련된 잘 알지 못했던 장소, 사건 등을 가상현실 체험 환경에서 모션 캡처를 통해 형사를 연기하는 액터와 함께 경험하는 방식이 흥미롭고, 기분 좋은 경험을 제공함은 물론 사용자의 이해를 돕기 위해 음성 해설로 역사적 사실을 설명하는 과정은 콘텐츠에 집중하고 장면마다 달성해야 하는 목표를 능숙하게 노력하여 수행하는 데 긍정적인 영향을 줄 수 있을 것으로 보았다.

본 연구에서는 PQ, USE의 각 항목과 GEQ 설문 응답 데이터에 대해 Cronbach's α 를 산출하여 내적 일관성을 검토하였다. PQ의 Realism($\alpha=.72$)과 USE의 모든 항목(Usefulness $\alpha=.61$, Ease of Use $\alpha=.68$, Satisfaction $\alpha=.76$)은 수용 가능한 수준의 높은 신뢰도를 보였다. 하지만 GEQ 및 PQ의 일부 항목에서 Cronbach's α 가 낮게 측정되었는데, 이는 문항 수가 2~3개로 적고 표본 규모($N=14$)가 소규모인 본 연구의 한계로 검토된 결과이다.

표 7. GEQ를 활용한 종합적인 사용자 경험 설문 문항[29]

Table 7. Comprehensive user experience survey questions using GEQ[29]

Items	Questions
Competence	I felt successful.
	I felt skillful.
Sensory and Imaginative Immersion	I was interested in the game's story.
	I found it impressive.
Flow	I forgot everything around me.
	I felt completely absorbed.
Tension	I felt frustrated.
	I felt irritable.
Challenge	I felt challenged.
	I had to put a lot of effort into it.
Negative affect	I felt bored.
	I found it tiresome.
Positive affect	I felt content.
	I felt good.

표 8. 제안하는 가상현실 역사 박물관 콘텐츠의 종합적인 사용자 경험 분석 결과

Table 8. Results of the comprehensive user experience analysis of the proposed virtual reality history museum content

Items	Score (Mean(SD))
Competence	3.857(0.306)
Sensory and Imaginative Immersion	3.821(0.373)
Flow	3.786(0.378)
Tension	0.429(0.829)
Challenge	2.929(0.730)
Negative affect	0.464(0.746)
Positive affect	3.893(0.290)

4-5 콘텐츠에 관한 주관적 평가

마지막 설문은 주관식 문항을 토대로 사용자의 의견을 수렴하였다. “모션 캡처 기반 가상 아바타와 가상현실 체험 환경이 독립선언서를 중심으로 한 역사적 사건, 인물, 배경을 이해하는 데 도움이 되었나요?”라는 질문을 통해 본 연구에서 사용한 주요 기술과 이를 활용하여 구성한 장면들이 효과적으로 전달되었는지를 판단하고자 하였다. 전체 참가자의 약 93%는 도움이 되었다고 답변하였다. 직접 역사 현장으로 들어가 체험하는 방식과 이야기의 흐름을 음성 해설로 적절하게 설명하는 구조가 역사적 사건, 인물 등에 몰입하고 이야기의 진행 과정을 따라가는 데 도움이 되었다는 의견이 많았다. 생성형 인공지능을 통해 제작된 가정에 기반한 영상은 당시 상황을 이해하고 공감하는 데 긍정적으로 도움을 주었으며, 사용자에게 여운을 제공하기도 하였다. 다만, 한 명의 참가자가 도움이 되지 않았다는 의견을 주었는데, 독립선언서를 중심으로 한 역사적 사건, 인물, 배경을 이해하는 데 도움이 되기보다는 콘텐츠 자체의 몰입에만 도움이 되었다는 답변을 해주었다. 이는 사용자의 몰입이 높아질수록 학습 성과가 높아질 수 있다는 유의미한 상관관계를 분석한 기존 연구[15] 결과와 같은 맥락에서 해석할 수 있다. 따라서 몰입과 역사적 사실 전달(또는 교육) 간의 조화와 균형이 중요한 고려 사항을 본 연구를 통해서도 확인할 수 있었으며, 이는 향후 해결해야 할 중요한 연구 문제로 판단된다.

V. 한계 및 토의

5-1 제한된 콘텐츠 활용 방향

본 연구는 모션 캡처를 활용한 가상현실 콘텐츠 제작을 위하여 새로운 기술이나 개발 환경 구축이 아닌 기존의 방법론을 토대로 콘텐츠 제작 사례의 연구에 국한되어 있다.

콘텐츠의 목적인 국립중앙박물관 등에서 실질적으로 활용할 수 있는 방향을 제시하고자 하는 만큼 상대적으로 좁은 공간에서도 저가의 장비로 체험할 수 있는 환경을 구축하는 방법으로 관성식 모션 캡처를 활용한 콘텐츠 개발 방법 등에 대한 연구들이 향후 진행되어야 할 것으로 판단한다. 이를 바탕으로 여러 명의 액터들이 역할을 나누어 참여할 수 있는 체험 환경으로 확대한다면 하나의 역사적 사건에 다수의 인물이 얹혀있는 체험 환경도 제시할 수 있을 것이다.

5-2 소규모 설문 표본과 비교 실험의 부재

설문 실험의 경우, 기존의 역사 교육 콘텐츠와의 비교 실험은 진행하고 있지 않다. 제안하는 콘텐츠에서 다루는 역사적 인물과 사건을 다루면서 본 연구와 직접적인 비교를 수행하

기에 적절한 시청각 자료가 존재하지 않아 제작된 콘텐츠를 중심으로만 사용자 평가를 진행한 한계가 있다. 추후 일반적으로 대중에게 알려진 역사적 소재를 활용한 콘텐츠를 제작하여 고품질의 시청각 자료와 비교 실험을 진행함으로써 모션 캡처를 활용한 가상현실 콘텐츠가 가지는 이점과 역사 박물관 콘텐츠 제작 시 고려해야 할 중요한 점들을 체계적으로 고찰해야 할 것이다.

또한, 실험 참가자 수가 14명의 소규모 표본으로 진행한 만큼 결과 해석을 일반화하는 데 어려움이 있다. 따라서, 많은 수의 다양한 연령대의 설문 집단을 구성하고, 그래프 등을 활용한 시각화 자료 및 다양한 통계 분석을 토대로 연구 결과의 객관성과 신뢰성을 높일 수 있도록 발전시켜 나갈 계획이다.

주관식 문항을 활용하여 참가자들의 응답을 분석한 결과에서 잘 알지 못하였던 역사적 사건, 인물 등에 대해서 쉽게 이해할 수 있었다는 의견들이 많이 있었다. 다만, 현재의 주관식 설문은 도움 유무만을 판단하는 하나의 질문만을 사용하고 있어서 설문 결과를 다차원적으로 분석하는 데에는 한계가 존재한다. 따라서, 퀴즈 등을 통해 학습 효과에 관한 평가 실험을 진행하여 몰입과 역사적 사실 전달(학습 효과)과의 관계를 깊이 있게 분석하는 과정을 진행한다면 역사 교육 콘텐츠로의 응용도 가능할 것이다.

5-3 역사적 사실 고증에 관한 고찰

본 연구에서 다루는 콘텐츠의 역사적 사실과 관련하여 명확하지 않은 부분들이 일부 존재한다. 이러한 부분들은 콘텐츠의 몰입과 재미를 위하여 일부 각색한 부분들이 있다. 콘텐츠를 설명하는 과정에서 참가자들에게 각색을 진행한 부분들을 명확히 안내함으로써 잘못된 사실을 전달하는 오류가 없도록 주의하였다.

VI. 결 론

본 연구는 국립박물관에서 주관하는 다양한 테마전시 프로그램들과 연계하여 역사적 사료를 사건, 인물 등을 중심으로 높은 몰입과 흥미로운 상황 설정 등을 통해 효과적으로 내용을 전달하는 콘텐츠를 제작함을 목표로 모션 캡처 기반 가상 아바타 참여를 고려한 가상현실 체험 환경을 제안하였다. Yang et al.[22]에서 정의한 모션 캡처 기반 가상 아바타를 포함한 통합개발 환경을 토대로 메타 퀘스트 3 HMD를 착용한 가상현실 사용자를 중심으로 콘텐츠를 체험할 수 있도록 개발 과정을 정리하였다. 그리고, 2019년 국립중앙박물관의 테마 전시로 진행되었던 3.1운동과 함께 생각해 볼 수 있는 독립선언서라는 역사적 사료를 주제로 보성사라는 역사적 장소를 중심으로 역사적 인물을 설정하고 독립선언서 인쇄를 비롯한 주요 사건을 소개하는 콘텐츠를 제작하였다. 콘텐츠의

역사적 배경 소개, 독립선언서와 관련된 두 가지 주요 사건, 그리고 엔딩으로 구성된 4개의 장면을 설계하고, 주요 사건을 진행하고 이해하는 과정에서 가상현실 사용자의 극적 긴장감을 높여 콘텐츠의 몰입감을 향상하기 위하여 모션 캡처 기반 가상 아바타를 사건의 핵심 인물 중 한 명으로 참여시켰다.

독립선언서라는 명확한 주제와 핵심 사건을 제작된 콘텐츠와 기술을 통해 효과적으로 전달하는지 분석하기 위하여 현존감, 유용성 및 종합적 경험에 관한 설문 실험을 진행하였다. 또한, 콘텐츠 제작에 사용된 주요 기술이 역사 박물관 콘텐츠의 특성에 부합하는지를 분석하기 위한 주관적 평가도 함께 진행하였다. 그 결과, 모션 캡처를 활용한 가상현실 역사 박물관 콘텐츠를 통해 만족하는 역사 체험 경험과 인물, 사건을 이해하는 데 유용한 기능이 포함되어 있는 것으로 판단하였다. 특히, 모션 캡처 기반 가상 아바타의 참여는 콘텐츠의 목적을 달성하고 사용자의 극적 긴장감을 높이는 데 유용하게 활용될 수 있으며 현실감과 주어진 상황에 더욱 적극적으로 참여, 반응하는 데 긍정적인 영향을 줄 수 있는 요인이 될 수 있음을 알 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 한성대학교 학술연구비 지원과제임.

참고문헌

- [1] J. Kim, S. Kong, M. Jang, and J. Kim, "A Study on Production and Experience of Immersive Contents Based on Mixed Reality and Virtual Reality Using Meta Quest Pro," *Journal of the Korea Computer Graphics Society*, Vol. 30, No. 3, pp. 71-79, 2024.
- [2] C. Innocente, L. Ulrich, S. Moos, and E. Vezzetti, "A Framework Study on the Use of Immersive XR Technologies in the Cultural Heritage Domain," *Journal of Cultural Heritage*, Vol. 62, pp. 268-283, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2023.06.001>
- [3] Meta. New Meta for Education Offering Is Now Generally Available [Internet] Available: <https://about.fb.com/news/2025/02/new-meta-education-offering-generally-available>.
- [4] S. Chang and J. Suh, "The Impact of Digital Storytelling on Presence, Immersion, Enjoyment, and Continued Usage Intention in VR-Based Museum Exhibitions," *Sensors*, Vol. 25, No. 9, 2914, 2025. <https://doi.org/10.3390/s25092914>
- [5] Ministry of Culture, Sports and Tourism. Immersive Digital Gallery [Internet] Available: https://www.museum.go.kr/site/main/content/digital_realistic.
- [6] J. Lee, "A Study on the Development of Immersive Content of Exhibition Spaces Using VR Technology," *Design Research*, Vol. 7, No. 3, pp. 9-18, 2022.
- [7] H.-J. Ra and Y. H. Kim, "A Study on the Application of Digital Media Display Media in National Museum," *Journal of Next-generation Convergence Information Services Technology*, Vol. 10, No. 3, pp. 279-289, 2021.
- [8] E. Ryoo and K.-H. Kim, "The Mediation Effect of Presence Between Technology Acceptance and Learnability in Head-Mounted Display-Based Multisensory Virtual Reality Museum," *Journal of Digital Contents Society*, Vol. 26, No. 5, pp. 1317-1326, 2025.
- [9] S. Iacono, M. Scaramuzzino, L. Martini, C. Panelli, D. Zolezzi, M. Perotti, ... and G.V. Vercelli, "Virtual Reality in Cultural Heritage: A Setup for Balzi Rossi Museum," *Applied Sciences*, Vol. 14, No. 9, 3562, 2024. <https://doi.org/10.3390/app14093562>
- [10] I. Giangreco, L. Sauter, M. Amiri Parian, R. Gasser, S. Heller, L. Rossetto, and H. Schuldt, "VIRTUE: A Virtual Reality Museum Experience," in *Companion Proceedings of the 24th International Conference on Intelligent User Interfaces (IUI '19 Companion)*, Marina del Ray: CA, pp. 119-120, 2019. <https://doi.org/10.1145/3308557.3308706>
- [11] H. Ren and G. Zhu, "Mindful Visualization VR: A VR Gamification Design Method for Immersive Cultural Heritage Experience," in *Proceedings of the 13th International Conference on Image and Graphics: ICIG 2025*, Xuzhou, China, pp. 540-551, 2025. https://doi.org/10.1007/978-981-95-3729-7_44
- [12] G. Vishwanath, "Enhancing Engagement Through Digital Cultural Heritage: A Case Study About Senior Citizens Using a Virtual Reality Museum," in *Proceedings of the 2023 ACM International Conference on Interactive Media Experiences (IMX '23)*, Nantes, France, pp. 150-156, 2023. <https://doi.org/10.1145/3573381.3596154>
- [13] J. Zhang, Q. Wei, X. Wei, and M. Fan, "Exploring the Design of Virtual Reality Museums to Support Remote Visitation with Older Adults," in *Proceedings of the 2025 International Conference on Human-Engaged Computing (ICHEC '25)*, Singapore, pp. 1-7, 2026. <https://doi.org/10.1145/3786995.3787030>
- [14] S. Aoki, N. Itabashi, R. Adha, S. Sameshima, Y. Kinoshita, and T. Kotoku, "Mixed Reality Guided Museum Tour: Digital Enhancement of Museum Experience," in *Proceedings of the IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces Abstracts and Workshops*, Shanghai, China, pp. 809-810, 2023. <https://doi.org/10.1109/VRW58643.2023.00247>
- [15] T. Agostinelli, S. Ceccacci, A. Generosi, and M. Mengoni,

- “Comparing Virtual and Augmented Reality Applications for Museums: User Immersion and Learning Performance,” *ACM Journal on Computing and Cultural Heritage*, Vol. 19, No. 2, 26, 2026. <https://doi.org/10.1145/3811814>
- [16] O. M. Machidon, M. Duguleana, and M. Carrozzino, “Virtual Humans in Cultural Heritage ICT Applications: A Review,” *Journal of Cultural Heritage*, Vol. 33, pp. 249-260, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2018.01.007>
- [17] A. Upadhyay, F.-C. Yang, and C. Mousas, “Virtual Museum Tour Agent: Effects of Responsiveness and Awareness,” in *Proceedings of the IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR)*, Daejeon, pp. 1-11, 2025. <https://doi.org/10.1109/ISMAR67309.2025.00021>
- [18] M. Carrozzino, M. Colombo, F. Tecchia, C. Evangelista, and M. Bergamasco, “Comparing Different Storytelling Approaches for Virtual Guides in Digital Immersive Museums,” in *Proceedings of the 5th International Conference on Augmented Reality, Virtual Reality and Computer Graphics (AVR 2018)*, Otranto, Italy, pp. 292-302, 2018. https://doi.org/10.1007/978-3-319-95282-6_22
- [19] S. Zhang, M. Ma, Y. Li, K. L. Man, J. Smith, and Y. Yue, “The Effects of LLM-Empowered Chatbots and Avatar Guides on the Engagement, Experience, and Learning in Virtual Museums,” *International Journal of Human-Computer Interaction*, pp. 1-13, 2025. <https://doi.org/10.1080/10447318.2025.2494072>
- [20] W. Guo, A. Husain, and S. S. Jamali, “Augmented Reality in Graphic Design Education: The Proposition of Cultural Heritage Tourism AR Design Pattern,” *Cogent Education*, Vol. 12, No. 1, 2551177, 2025. <https://doi.org/10.1080/2331186X.2025.2551177>
- [21] M. S. Anwar, M. Ali, M. Elwardy, S. Ahmad, P. N. Ahmad, and M. Ahmad, “Gamified Immersive Learning and User Experience Evaluation of Metaverse-Based Cultural Heritage Education,” in *Proceedings of the International Workshop on Intelligent Immersification in the Metaverse: AI-Driven Immersive Multimedia*, Dublin, Ireland, pp. 44-52, 2025. <https://doi.org/10.1145/3728487.3759418>
- [22] H. Yang, S. Kong, J. Lee, and J. Kim, “Production of Mixed Reality Interactive Content Using Motion Capture based Virtual Avatar,” *Journal of the Korea Computer Graphics Society*, Vol. 31, No. 3, pp. 127-137, 2025.
- [23] Unity Engine. Unity Technologies [Internet] Available: <https://unity.com/>.
- [24] OptiTrack. OptiTrack Unity Plugin [Internet] Available: <https://docs.optitrack.com/plugins/optitrack-unity-plugin>.
- [25] Meta. XR All-in-One SDK [Internet] Available: <https://assetstore.unity.com/packages/tools/integration/meta-xr-all-in-one-sdk-269657>.
- [26] NaturalPoint. OptiTrack [Internet] Available: <https://optitrack.com/>.
- [27] B. G. Witmer, C. J. Jerome, M. J. Singer, “The Factor Structure of the Presence Questionnaire,” *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, Vol. 14, No. 3, pp. 298-312, 2005. <https://doi.org/10.1162/105474605323384654>
- [28] A. M. Lund, “Measuring Usability with the Use Questionnaire,” *Usability Interface*, Vol. 8, pp. 3-6, 2001. <https://garyperلمان.com/quest/quest.cgi?form=USE>
- [29] W. A. IJsselsteijn, Y. A. W. de Kort, K. Poels, “The Game Experience Questionnaire,” Technische Universiteit Eindhoven, Eindhoven, 2013. https://pure.tue.nl/ws/files/21666907/Game_Experience_Questionnaire_English.pdf
- [30] Photon Engine. PUN 2 - FREE [Internet] Available: <https://assetstore.unity.com/packages/tools/network/pun-2-free-119922>, 2025.
- [31] National Museum of Korean Contemporary History. [My Independence Hero] Lee Jong-il [Internet] Available: <https://www.youtube.com/watch?v=u0pWUp0LibE>.
- [32] Encyclopedia of Korean Culture. Boseongsa [Internet] Available: <https://encykorea.aks.ac.kr/Article/E0023417>.
- [33] Wikipedia. Boseongsa [Internet] Available: <https://ko.wikipedia.org/wiki/Boseongsa>.
- [34] OpenArt. OpenArt – Official Site | AI Music, Video & Image Tools [Internet] Available: <https://openart.ai/ko>.
- [35] ChatGPT. Image Generation [Internet] Available: <https://chatgpt.com/images>.
- [36] Meshy. Image to 3D [Internet] Available: <https://www.meshy.ai/features/image-to-3d>.

조희연 (Heeyeon Jo)



2022년~현재: 한성대학교 컴퓨터공학부 학사과정
 ※ 관심분야: 가상현실(Virtual Reality), 혼합현실(Mixed Reality), 실감형콘텐츠(Immersive Contents) 등



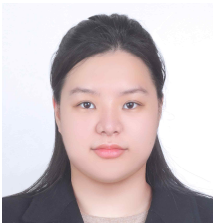
김승윤(Seungyun Kim)

2022년~현 재: 한성대학교 컴퓨터공학부 학사과정
※ 관심분야: 가상현실(Virtual Reality), 혼합현실(Mixed Reality), 실감형콘텐츠(Immersive Contents) 등



이지원(Jiwon Lee)

2018년 : 부산가톨릭대학교
소프트웨어학과 (공학사)
2021년 : KAIST 문화기술대학원
(공학석사)
2024년~현 재: 한성대학교 일반대학원 정보컴퓨터공학과
박사과정
※ 관심분야: 가상현실(Virtual Reality), 증강현실(Augmented Reality), 컴퓨터그래픽스 응용(Computer Graphics Application) 등



손다혜(Dahye Son)

2022년~현 재: 한성대학교 컴퓨터공학부 학사과정
※ 관심분야: 가상현실(Virtual Reality), 혼합현실(Mixed Reality), 실감형콘텐츠(Immersive Contents) 등



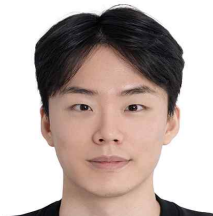
김진모(Jinmo Kim)

2006년 : 동국대학교
컴퓨터·멀티미디어공학부
(공학사)
2008년 : 동국대학교 영상대학원
멀티미디어학과
(예술공학석사)
2012년 : 동국대학교 영상대학원
멀티미디어학과 (공학박사)
2012년~2014년: 동국대학교 영상문화콘텐츠연구원
전임연구원
2014년~2019년: 부산가톨릭대학교 소프트웨어학과 조교수
2019년~현 재: 한성대학교 컴퓨터공학부 부교수
※ 관심분야: 컴퓨터그래픽스(Computer Graphics),
가상현실(Virtual Reality), 증강현실(Augmented Reality), 실감형 미디어(Immersive Media),
게임 공학(Game Engineering) 등



박종일(Jungil Park)

2020년~현 재: 한성대학교 컴퓨터공학부 학사과정
※ 관심분야: 가상현실(Virtual Reality), 혼합현실(Mixed Reality), 실감형콘텐츠(Immersive Contents) 등



조윤식(Yunsik Cho)

2021년 : 한성대학교 컴퓨터공학부
(공학사)
2022년 : 한성대학교 일반대학원
컴퓨터공학과 (공학석사)
2022년~현 재: 한성대학교 일반대학원 정보컴퓨터공학과
박사과정
※ 관심분야: 가상현실(Virtual Reality), 증강현실(Augmented Reality), 컴퓨터그래픽스 응용(Computer Graphics Application) 등