

An Exploratory Study on Narrative Interaction with Digital Artifacts Using Ultra-High-Precision 3D Data and LLM Personas: The Case of <Resonance of Fragments>

Bo-A Rhee*, You-Min Im**, Yu-Gyeom Kim**

*Professor, School of Art & Technology, Chung-Ang University, Anseong, Korea

**Student, College of Art & Technology, Chung-Ang University, Anseong, Korea

[Abstract]

This paper presents an exploratory study on narrative interaction with digital artifacts by integrating ultra-high-precision 3D data with LLM-based conversational personas. The system transforms static digital records into interactive entities through fine-tuned narrative datasets reflecting the artifacts' historical context and identity. In an exhibition setting, 104 interaction logs, including 52 user utterances, were analyzed. The results show informational, concept-testing, situational, and relational utterances, suggesting that some visitors approached digital artifacts not only as information sources but also as conversational and relational entities. Rather than generalizing the system's effects, these findings provide exploratory evidence that conversational AI combined with ultra-high-precision 3D data can support narrative interaction between visitors and digital cultural artifacts.

▶ **Key words:** Digital Heritage, Digital Presence, LLM, Conversational Persona, Interactive Media

[요 약]

본 연구는 초고정밀 3차원 데이터와 LLM 기반 대화형 페르소나를 결합하여 디지털 유물과 관람객 사이의 서사적 상호작용을 탐색적으로 분석한다. 제안된 시스템은 유물의 역사적 맥락과 정체성을 반영한 서사 데이터셋을 기반으로 정적인 디지털 기록을 대화 가능한 상호작용 객체로 전환한다. 전시 환경에서 수집된 104건의 상호작용 로그 중 사용자 발화 52건을 분석하였다. 분석 결과, 사용자의 발화는 정보 탐색형, 개념 시험형, 상황 몰입형, 관계 형성형으로 나타났으며, 이는 일부 관람객이 디지털 유물을 단순한 정보원이 아니라 대화 가능하고 관계적인 대상으로 호출했음을 보여준다. 이러한 결과는 제안 시스템의 효과를 일반화하기보다, 대화형 인공지능과 초고정밀 3차원 데이터의 결합이 디지털 문화유산과 관람객 사이의 서사적 상호작용을 형성할 가능성을 탐색적으로 제시한다.

▶ **주제어:** 디지털 헤리티지, 디지털 현존, 대형언어모델, 대화형 페르소나, 인터랙티브 미디어

-
- First Author: Bo-A Rhee, Corresponding Author: Bo-A Rhee
 - *Bo-A Rhee (boatereas@cau.ac.kr), School of Art & Technology, Chung-Ang University
 - **You-Min Im (sskeleton130@gmail.com), College of Art & Technology, Chung-Ang University
 - **Yu-Gyeom Kim (kyg021003@naver.com), College of Art & Technology, Chung-Ang University
 - Received: 2026. 03. 18, Revised: 2026. 05. 26, Accepted: 2026. 06. 05.

I. Introduction

최근 4차 산업혁명 기술의 발전과 함께 문화유산 분야에서도 디지털 대전환(Digital Transformation)이 빠르게 확산되었다[1]. 인공지능(이하 AI), 3차원 스캐닝 및 프린팅 기술, 가상현실(VR), 증강현실(AR), 확장현실(XR), 데이터 시각화 등 다양한 디지털 기술의 발전은 문화유산의 보존과 연구뿐 아니라 전시와 향유 방식에도 중요한 변화를 가져왔다. 특히 문화유산의 디지털화는 단순한 기록이나 복제의 차원을 넘어 관람객이 문화유산을 새로운 방식으로 해석하고 경험할 수 있는 매개 환경을 구축한다는 점에서 중요한 의미를 지닌다.

이러한 변화 속에서 박물관은 물리적 유물 중심의 전통적인 전시 방식에서 벗어나 디지털 기술 기반의 몰입형 실감 콘텐츠를 활용한 새로운 문화유산 경험 모델을 모색하고 있다. 이러한 흐름은 세계 여러 박물관과 미술관에서 실감형 디지털 전시의 확산으로 이어졌으며, 우리나라에서도 관련 기술을 활용한 문화유산 콘텐츠 개발이 활발히 이루어지고 있다. 특히 2019년 이후 문화유산청과 문화체육관광부 산하 국립박물관을 중심으로 VR과 AR 기술을 활용한 실감형 전시 콘텐츠 개발이 추진되어 왔다[2].

μm 수준의 미세구조를 가진 소형 및 초소형 문화재의 경우 일반적인 관람 환경에서는 관람객이 세밀한 조형적 특징이나 제작 기법을 직접 관찰하기 어렵다. 이러한 특성으로 인해 해당 유물은 전통적인 보존 및 전시 방식만으로는 그 가치와 구조적 특징을 충분히 전달하기 어려운 한계를 지닌다. 이에 최근에는 비접촉식 고정밀 스캐닝 기술과 데이터 기반 복원 기술을 활용하여 문화재의 미세구조를 정밀하게 기록하고, 수집된 데이터를 기반으로 실감형 콘텐츠를 개발하려는 시도가 활발히 이루어지고 있다[3]. 이러한 디지털 기반 기록 기술은 유물의 훼손 가능성을 최소화하면서도 고해상도의 정보를 확보할 수 있다는 점에서 문화유산의 보존 및 활용 분야에서 중요한 방법론으로 자리 잡고 있다.

본 연구팀은 한국콘텐츠진흥원(이하 KOCCA)이 지원한 「초고정밀 문화재 복원을 위한 미세구조의 3차원 정밀 정보 획득 및 저작 기술개발(2022-2025)」 사업에 참여하며, 초소형 문화재의 미세구조를 비접촉식 고정밀 스캐닝 기술로 기록하고 이를 디지털 문화유산 활용 모델로 확장하는 연구를 수행했다. 연구 성과를 실증하기 위해 세화미술관에서 쇼케이스 《드러내고, 숨쉬다(Unveiling and Breathing Resonance)》(2025.11.7.-11)를 개최했으며 [4], 본 연구는 그중 초고정밀 3차원 데이터와 LLM 기반

페르소나를 결합한 인터랙티브 미디어아트 <파편의 공명>을 중심 사례로 분석한다.

하지만 정밀하게 획득된 3차원 컴퓨터 단층촬영(Computed Tomography, 이하 CT) 및 광학 데이터는 대부분 전문적인 수치 데이터나 과학적 시각화 이미지의 형태로 제시되기 때문에 일반 관람객이 유물에 내재된 역사적 맥락이나 보존과학적 의미를 직관적으로 이해하기에는 여전히 한계가 있다. 다시 말해 디지털 문화유산 연구에서 확보된 초고정밀 데이터가 기술적 기록의 수준에 머무를 경우 그것이 관람객의 경험 차원에서 이해 가능한 정보로 전달되기 어렵다는 문제가 지속적으로 제기되어 왔다. 실제로 현재의 디지털 헤리티지 패러다임은 기술적 구현과 데이터 확보에 집중되는 경향을 보이며, 미술사학적 해석이나 문화적 맥락을 전달하는 서사적 차원을 상대적으로 간과하고 있다는 비판도 제기되고 있다[5].

또한 박물관 현장에서 오랫동안 유지되어 온 ‘원본 중심주의(originality-centered paradigm)’는 디지털 복제물에 대한 인식을 제한하는 요소로 작용한다. 이러한 관점에서는 디지털 데이터가 단순한 보조적 정보나 원본의 대체물로 간주되기 쉽다. 결과적으로 ‘디지털 복제본(digital reproduction)’은 원본 유물에 비해 낮은 가치의 이차적 산물로 인식되며, 이는 디지털 데이터와 관람객 사이의 심리적 거리감을 심화시키는 요인으로 작용한다. 이러한 상황은 디지털 문화유산이 지닌 해석적 가능성과 경험적 잠재력을 충분히 활용하지 못하게 만드는 중요한 한계로 지적된다[6]. 이러한 문제의식을 바탕으로 본 연구는 디지털 문화유산 데이터가 대화형 AI 기반 인터페이스와 결합될 때 관람객과 어떠한 방식의 상호작용 경험을 형성하는지를 탐구하고자 한다.

이를 구체적으로 살펴보기 위해 본 연구는 초고정밀 3차원 스캔 및 CT 데이터에 거대언어모델(Large Language Model, 이하 LLM) 기반 대화형 페르소나 기술을 결합한 인터랙티브 미디어아트 <파편의 공명(Resonance of Fragments)>의 사용자 경험을 분석한다. 기존의 AI 도슨트나 박물관 챗봇 서비스가 주로 전시 안내자 또는 해설자의 위치에서 작품 정보, 전시 동선, 작가 정보 등을 전달하는 방식이었다면, <파편의 공명>은 유물 자체에 인격과 서사적 목소리를 부여하여 관람객이 유물과 직접 대화하도록 설계되었다는 점에서 차별성을 지닌다 [7]. 본 시스템에서 챗봇은 단순한 안내자가 아니라 유물의 역사적 맥락, 물질적 구조, 미세 형상, 내부 구조, 보존 상태 등을 바탕으로 자신의 의미를 설명하는 대화적 주체로 기능한다. 특히 초고정밀 3차원 데이터는 단순한 시각화

자료에 머무르지 않고, 유물의 제작 방식, 시간성, 보존 맥락을 해석하는 근거로 활용되며, 이를 통해 AI는 전시 해설 기능과 유물 페르소나 기반 서사 생성을 동시에 수행할 수 있다.

본 연구의 목적은 초고정밀 3차원 데이터와 LLM 기반 페르소나가 결합될 때, 디지털 유물이 단순한 전시 정보의 대상이 아니라 관람객과 직접 대화하며 자신의 구조와 맥락을 설명하는 경험 매체로 어떻게 재구성될 수 있는지를 탐구하는 데 있다. 특히 실제 전시 현장에서 수집된 사용자 메시지 로그를 통해 이러한 대화형 상호작용의 양상을 분석하는 데 초점을 둔다.

이를 위해 연구팀은 쇼케이스에 출품된 총 5점의 미디어 작품 가운데 <파편의 공명>을 중심 사례로 선정하여 작품의 인터랙션 구조를 살펴보고, 쇼케이스 현장에서 수집된 104건의 메시지 로그를 분석하여 관람객과 디지털 유물 사이에서 나타난 사용자 발화와 상호작용 양상을 탐색적으로 분석한다. 나아가 이러한 발화 양상이 문화재의 의미 전달과 관람객의 서사적 공명 경험을 해석하는 데 어떠한 가능성을 제공하는지 고찰한다. 궁극적으로 본 연구는 디지털 문화유산이 관람객과의 상호작용 속에서 새로운 의미를 형성할 수 있는 가능성을 사례 기반으로 검토하고, 디지털 헤리티지 향유 방식의 확장 가능성을 탐색적으로 제시한다는 점에서 의의를 지닌다.

II. Preliminaries

1. Related works

1.1 Media Theory: Digital Presence and Identity

빌렘 플루서(Vilém Flusser)의 관점에서 ‘기술적 심상(technical image)’은 복잡한 텍스트 정보를 다시 이해 가능한 형태로 재구성하기 위해 등장한 매체적 장치로 이해된다[8]. 기술적 심상은 단순한 시각적 표현이 아니라 데이터와 코드에 기반한 새로운 의미 생성 방식이며, 이를 통해 정보는 인간이 직관적으로 이해할 수 있는 시각적 구조로 전환된다. 이러한 관점에서 볼 때 유물에 대한 난해한 학술 기록을 거대언어모델(LLM)과 3차원 시각화 기반의 대화형 인터페이스로 변환하는 과정은 정적인 데이터를 관람객이 직관적으로 이해할 수 있는 재부호화를 통한 기술적 심상을 생성하는 작업이라 할 수 있다. 이러한 매개 과정에서 AI 기반 시스템은 유물의 구조적 정보와 맥락적 데이터를 계산하고 시각화함으로써 문화유산에 대한 정보를 새로운 형태의 디지털 표현으로 전환한다. 이와 같은

변환 과정은 플루서가 말한 기술적 상상력(technical imagination)의 작동 방식과 밀접하게 연결되며, 문화유산의 정체성이 디지털 매체 환경 속에서 새로운 실재 형태로 재구성되는 것에 대한 이론적 기반을 제공한다[8][9].

상술한 디지털 재구성 과정은 새로운 매체가 기존 매체를 재해석하고 재맥락화한다는 J. D. Bolter와 R. Grusin의 재매개(remediation) 이론으로 설명될 수 있다. 재매개 이론에 따르면, 디지털 매체는 기존 매체를 단순히 대체하는 것이 아니라 그 형식과 의미 구조를 재구성하면서 새로운 매체 경험을 형성한다[10]. 이러한 관점에서 초고정밀 3차원 데이터와 LLM 기반 페르소나의 결합은 문화유산을 단순한 디지털 복제물로 재현하는 것이 아니라, 기존 박물관 전시의 해석 체계와 정보 전달 방식이 인터랙티브 매체 환경 속에서 새로운 경험 구조로 재구성되는 재매개 과정으로 이해될 수 있다.

또한 이러한 디지털 복제와 재구성의 문제는 발터 벤야민(Walter Benjamin)이 논의한 ‘아우라(aura)’ 개념과도 관련된다. 벤야민은 기계적 복제 기술의 확산이 예술작품의 고유한 현존성과 권위를 약화시킨다고 보았다[11]. 하지만 디지털 환경에서는 복제된 이미지와 데이터가 단순히 원본의 권위를 약화시키는 것이 아니라 새로운 방식의 경험과 의미 생성을 가능하게 한다. 특히 관람객과 디지털 유물과의 상호작용적 경험은 전통적 의미의 ‘아우라가 소멸된 상태’라기보다 새로운 형태의 매개된 현존성, 즉 디지털 환경에서 형성되는 ‘디지털 아우라(digital aura)’의 생성으로 해석될 수 있다[12].

이러한 디지털 복제와 재구성 과정은 디지털 객체의 존재 방식에 대한 새로운 이해를 요구한다. 이러한 디지털 객체의 존재 방식은 질 들뢰즈(Gilles Deleuze)가 논의한 ‘시뮬라크르(simulacrum)’ 개념과 연결된다. 들뢰즈는 시뮬라크르를 원본을 모방한 열등한 복제물이 아니라 차이와 생성의 원리에 따라 새로운 의미를 생산하는 존재로 정의했다[13]. 이러한 관점에서 디지털 기술 기반의 실감형 문화유산은 원본 유물을 단순히 재현하는 복제물이 아니라 데이터와 알고리즘을 통해 새로운 해석과 경험을 생성하는 능동적 매체로 이해될 수 있다.

이와 같은 디지털 객체의 존재 방식은 관람객과의 상호작용 차원에서도 중요한 의미를 갖는다. 이러한 상호작용 구조는 Byron Reeves와 Clifford Nass(1996)가 제시한 ‘Computers Are Social Actors’(이하 CASA) 패러다임과 연결된다[14]. CASA 패러다임은 인간이 컴퓨터나 디지털 매체와 상호작용할 때 이를 단순한 기술적 도구로만 대하지 않고, 인간 간 상호작용에서 사용하는 사회적 규칙과

기대를 적용하는 경향이 있음을 설명한다. 사용자는 디지털 시스템이 인간이 아님을 인지하고 있더라도, 시스템이 언어적 응답, 즉각적 반응, 개인화된 피드백, 일관된 정체성 등을 제공할 경우 이를 사회적 행위자처럼 대할 수 있다. 이러한 관점에서 대화형 인공지능 인터페이스는 CASA 패러다임을 적용해 해석할 수 있는 중요한 환경이다. 특히 LLM 기반 페르소나는 단순한 정보 출력 장치가 아니라 특정한 말투, 태도, 관점, 대화 맥락을 지닌 상호작용 대상으로 경험될 수 있으며, 사용자는 이에 대해 질문, 확인, 도전, 감사, 친밀감 표현과 같은 사회적 상호작용 방식을 적용할 수 있다.

본 연구에서 CASA 패러다임은 관람객이 디지털 유물을 어떤 상호작용 대상으로 호출하는지를 해석하기 위한 핵심 분석 관점으로 활용된다. 관람객이 유물의 제작 시기, 용도, 재료 등 사실 정보를 묻는 경우, 디지털 유물은 주로 정보 제공 매체로 기능한다. 그러나 유물의 존재 가치나 정체성을 시험하거나, 가상의 상황 속에서 유물의 감정과 관점을 묻거나, 인사와 감사 표현을 통해 관계를 형성하려는 발화는 디지털 유물을 단순한 데이터 객체가 아니라 응답 가능성과 정체성을 지닌 대상으로 전제한다. 따라서 본 연구는 사용자 발화를 정보 탐색형, 개념 시험형, 상황 몰입형, 관계 형성형으로 구분하고, 이 가운데 개념 시험형·상황 몰입형·관계 형성형 발화를 CASA 관점에서 디지털 유물의 사회적 행위자성이 호출되는 양상으로 해석한다.

한편 CASA 패러다임이 사용자가 디지털 시스템을 사회적 행위자로 대하는 경향을 설명한다면, 인간-기술 상호작용에 관한 서비스 로봇 및 대화형 에이전트 연구는 이러한 상호작용이 단순한 정보 교환이나 기능 수행을 넘어 정서적 반응, 친밀감, 신뢰, 관계 형성의 차원으로 확장될 수 있음을 논의해 왔다[18]. 인간-기술 상호작용에서 관계성은 사용자가 시스템을 단순히 과업 수행을 위한 도구로 사용하는 것이 아니라, 인사, 감사, 위로, 호감 표현, 감정적 반응 기대와 같은 사회적 발화를 통해 상호작용의 대상을 관계 맺을 수 있는 존재로 구성할 때 형성된다. 본 연구에서는 이러한 논의를 바탕으로 관람객이 디지털 유물에게 단순히 정보를 요청하는 수준을 넘어, 정서적 교류나 친밀감 형성을 시도하는 발화를 관계 형성형 발화로 해석한다. 따라서 관계 형성형 발화는 관람객이 디지털 유물을 정보 제공 장치가 아니라 사회적·정서적 반응을 기대할 수 있는 상호작용 대상으로 호출하는 양상을 보여주는 지표로 활용된다.

LLM 기반 페르소나를 통해 구현된 디지털 유물은 이러한 사회적 인식 메커니즘을 강화하는 매개적 장치로 기능

한다. 유물이 단순히 정보를 제공하는 것을 넘어 자신의 역사적 맥락, 물질적 특성, 상징적 의미를 일관된 목소리로 설명할 때, 관람객은 유물을 정적인 전시 객체가 아니라 반응 가능성을 지닌 대화적 주체로 경험할 수 있다. 이때 디지털 현존은 디지털 유물이 원본 유물의 물리적 현존을 대체한다는 의미가 아니라, 관람객의 질문과 응답 과정에서 유물이 대화 가능한 상호작용 대상으로 경험되는 상태를 의미한다. 본 연구는 이러한 디지털 현존의 경험적 징후를 사용자의 발화가 디지털 유물을 단순한 정보 검색 대상으로 호출하는지, 혹은 정체성, 감정, 관계, 상황적 반응을 기대하는 대상으로 호출하는지를 기준으로 분석한다.

1.2 Interactive Digital Heritage Exhibition Cases

최근 디지털 헤리티지 분야에서는 LLM을 활용하여 문화유산에 대화형 페르소나를 부여하고 관람객과의 상호작용을 확장하려는 시도가 점차 증가하고 있다. 이러한 접근은 관람객을 단순한 관찰자가 아니라 문화유산과 능동적으로 소통하는 경험 주체로 전환시키는 새로운 전시 패러다임을 형성하고 있다.

프랑스 베르사유 궁전의 <Talking to Statues (2024)> 프로젝트는 이러한 흐름을 대표적으로 보여주는 사례이다. 이 프로젝트는 베르사유 궁전과 AI 기업 OpenAI, 그리고 문화기술 플랫폼 Ask Mona의 협력을 통해 구현되었으며, 정원에 설치된 약 20여 개의 조각상과 분수가 AI 기반 대화 인터페이스를 통해 관람객과 실시간으로 소통하도록 설계되었다. 관람객은 조각상 근처에 설치된 QR 코드를 스캔하거나 모바일 애플리케이션을 통해 대화를 시작할 수 있으며, 조각상은 자신의 역사적 배경, 신화적 의미, 조형적 특징 등에 대해 질문에 맞춰 응답한다. 이러한 시스템은 조각상이 스스로 자신의 이야기를 전달하는 문화유산 매개 방식으로 설계되어, 기존의 설명 패널이나 오디오 가이드 중심의 전시 해설 방식을 대화형 문화유산 경험으로 확장한다[15]. 또한 각 조각상은 아폴로, 큐피드 등 신화적 캐릭터의 성격을 반영한 페르소나를 통해 역사적 일화와 상징적 의미를 전달하며, 정적인 조각 작품이 관람객과 대화하는 문화유산 주체로 재구성된다. 이처럼 AI 기반 대화 인터페이스는 문화유산 해석 방식을 개인화된 상호작용 경험으로 전환시키는 새로운 디지털 문화유산 매개 방식으로 이해될 수 있다.

메트로폴리탄미술관의 《Sleeping Beauties: Reawakening Fashion(2024)》 전시 또한 디지털 기술을 활용하여 문화유산의 경험 방식을 확장한 사례로 주목된다. 이 전시는 보존 상태가 취약하여 실제 착용이나 조작이 불

가능한 역사적 의복들을 ‘Sleeping Beauties’로 규정하고, 디지털 기술을 통해 그 경험을 재구성하는 것을 목표로 기획되었다. 전시는 디지털 애니메이션, CGI 시각화, 데이터 기반 시뮬레이션 등 다양한 기술을 활용하여 정적인 의복을 다시 움직이고 착용된 상태를 시각적으로 재현한다[16]. 이러한 디지털 재구성은 관람객이 의복의 물질적 형태뿐 아니라 그 시대의 사회적 맥락과 신체적 경험을 보다 직관적으로 이해하도록 돕는다. 특히 디지털 기술을 통해 물리적으로 접근하기 어려운 유물을 새로운 방식으로 체험하도록 설계함으로써, 박물관에 보존된 유물이 단순한 정적 전시 객체가 아니라 다양한 감각적 경험을 생성하는 디지털 문화유산 매체로 확장될 수 있음을 보여준다.

덴마크 국립미술관(Statens Museum for Kunst)의 <Anne Marie Carl Nielsen Chatbot (2024)> 프로젝트는 작가의 편지, 일기, 연구 자료 등 아카이브 데이터를 기반으로 구축된 검색증강생성(Retrieval-Augmented Generation, 이하 RAG) 기반 AI 대화 시스템으로, 관람객이 조각가 Anne Marie Carl-Nielsen과 직접 대화하는 형태의 인터랙티브 경험을 제공한다. 이 챗봇 시스템은 RAG 기반 AI를 활용하여 미술가의 생애와 작품에 대한 질문에 응답하는 대화형 인터페이스를 구축했다. 특히 미술관의 학술 데이터베이스와 연동된 정보 검색 구조를 통해 응답의 역사적 정확성과 신뢰성을 확보했으며, 음성 인터페이스를 통해 관람객이 작가와 대화하는 것과 유사한 경험을 제공한다[17]. 이러한 접근은 AI가 단순한 정보 검색 도구를 넘어 문화유산 해석과 서사를 전달하는 새로운 매개 장치로 활용될 수 있음을 보여준다.

이와 같이 최근의 디지털 헤리티지 전시는 AI 기반 인터랙티브 기술을 통해 문화유산을 단순한 전시 대상이 아니라 관람객과 상호작용하는 경험적 매체로 재구성하는 방향으로 발전하고 있다.

1.3 《Unveiling and Breathing Resonance》

본 연구는 한국콘텐츠진흥원이 지원한 「초고정밀 문화재 복원을 위한 미세구조의 3차원 정밀 정보 획득 및 저작 기술개발(2022-2025)」 사업의 실증 전시인 쇼케이스 《드러내고, 숨쉬다(Unveiling and Breathing Resonance)》의 일환으로 수행되었다. 해당 사업은 초소형 문화재의 내부 구조와 표면 미세구조를 초고정밀 CT 및 광학 스캐닝 기술로 수집하고, 이를 디지털 문화유산 활용 모델로 확장하는 것을 목표로 하였다. 세화미술관에서 개최된 쇼케이스 《드러내고, 숨쉬다》(2025.11.7.-11)는 이러한 초고정밀 데이터를 관람객 경험으로 전환하기 위한 실증 전시였으

며(Fig. 1), 본 연구는 그중 관람객과 유물이 대화형 상호작용을 수행하는 <Resonance of Fragments>를 중심 사례로 분석하였다.

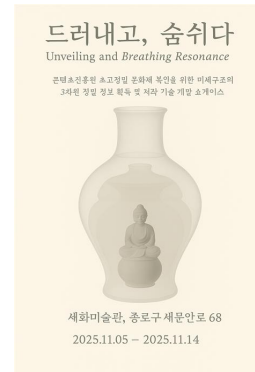


Fig. 1. Showcase poster

《드러내고, 숨쉬다》는 초고정밀 CT 스캔과 AI 기반 3차원 데이터 기술을 활용하여 유물의 미세한 내부 구조까지 디지털로 재현한 연구 성과를 예술적 시각 언어로 확장한 쇼케이스이다. 전시는 <Wall Graphic Visualization>, <Passage of Heritage>, <Time of Materiality>, <Thresholds of Fragility: Heritage at Risk>, <Resonance of Fragments> 등 총 5점의 미디어 작품으로 구성되었다. 본 쇼케이스는 단순한 기술 시연을 넘어 공학, 예술, 인문학이 교차하는 융합적 전시 환경을 구축하고자 했다. 특히 초고정밀 CT 데이터와 AI 기반 3차원 시각화 기술을 통해 유물 내부에 축적된 시간성과 물질적 구조를 시각적으로 드러내는 한편, 이를 예술적 매체를 통해 관람객이 경험할 수 있는 형태로 확장했다. 또한 비접촉식 3차원 데이터와 AI 기반 복원 기술로 구현된 디지털 객체는 문화유산 데이터를 단순한 기록 정보가 아니라 관람객과 상호작용하는 경험적 매체로 전환시키는 가능성을 보여주었다.

III. Research Methodology

능동적 인터랙션 구현을 위한 유물 선정은 유물별 기초 자료와 사용자 참여형 검토 과정을 바탕으로 진행되었다. 먼저 소형 문화재 후보군 가운데 스토리텔링 확장성과 역사적 가치가 높은 대상을 중심으로 후보를 압축했다. 이후 일반 관람객을 대상으로 한 적합성 조사를 병행하여 콘텐츠화 가능성을 검토했다. 이러한 과정을 통해 데이터의 완결성과 상호작용의 서사적 확장 가능성을 종합적으로 고

려하여 ‘백자호룡’과 ‘화문기와’를 최종 연구 대상으로 선정했다. 이후 두 유물에 대한 초고정밀 3D 스캔 및 CT 데이터를 확보하여 디지털 문화유산 원천 데이터셋을 구축했다.

수집된 원천 데이터의 시각적 완결성을 확보하기 위해 전문 저작 도구를 활용한 고도화된 보정 공정을 수행했다. 3D 스캔 데이터에서 발생하는 노이즈와 메쉬 결함을 보정하여 실시간 렌더링에 적합한 구조로 재구성했으며, 유물 내부 구조를 시각화하기 위해 Visualization Toolkit(VTK) 데이터 기반의 X-Ray 렌더링을 적용했다. 또한 컬러 맵 최적화를 통해 미세구조의 가독성을 향상시켰다. 특히 외부 3D 모델과 내부 영상에 동일한 카메라 궤적 알고리즘을 적용한 360° 영상을 제작함으로써, 멀티모달 인터랙션 환경에서 내부 구조 데이터와 외부 형상 데이터 간의 시각적 일관성을 확보했다. 이러한 데이터 처리 과정은 유물의 구조적 특징과 물질적 정보를 관람객이 직관적으로 이해할 수 있도록 하기 위한 시각화 기반을 마련하는 단계였다.

확보된 디지털 문화유산 데이터를 기반으로 유물의 서사적 페르소나 구축을 위한 대화 데이터셋을 설계했다. 이를 위해 GPT-4o 기반의 합성 데이터 생성 공정을 활용하여 대화 체계를 구조화했다. 먼저 인격과 문체가 정의된 시스템 프롬프트와 유물별 메타데이터를 결합하고, 세분화된 대화 주제를 구성하여 대화 데이터셋을 설계했다. 이후 Shuffled Round-robin 방식을 적용하여 주제 간 균형을 유지하면서 유물당 약 500건의 질문-응답 데이터셋을 구축했다. 정제된 데이터는 GPT-4o-mini 모델의 미세조정(fine-tuning)에 활용되었으며, 음성 합성 기술과 결합하여 유물의 역사적 맥락과 서사적 성격이 반영된 대화형 인터랙티브 시스템 구현을 위한 기반을 마련했다.

합성 데이터셋의 정확성을 확보하기 위해 생성된 질문-응답 데이터는 앞서 구축한 유물 기초 자료, 전시 해설 자료, 문화재 관련 문헌을 기준으로 내부 검토하였다. 검토 과정에서는 유물의 명칭, 제작 시기, 용도, 재료, 형태적 특징, 역사적 맥락과 관련된 사실 오류를 확인했으며, 출처 자료에서 확인되지 않는 과도한 추론이나 허구적 서술은 수정 또는 제외하였다. 또한 응답 내용이 유물의 기본 정보와 전시 맥락에서 벗어나지 않도록 문체, 어조, 페르소나의 일관성을 함께 점검하였다. 미세조정 모델의 품질은 역사적 정확성, 페르소나 일관성, 질문 의도와 관련된성, 부적절하거나 근거 없는 응답의 발생 여부를 기준으로 정성적으로 검토하였다. 다만 본 연구는 언어 모델 자체의 성능 최적화보다 전시 환경에서의 페르소나 기반 상호작

용 경험 분석에 초점을 두었기 때문에, perplexity나 BLEU와 같은 자동화된 언어 모델 평가지표는 별도로 산출하지 않았다.

2. System Design and Persona Implementation

유물과의 서사적 상호작용을 구현하기 위해 본 시스템은 관람객 인터페이스, 시각화 엔진, 그리고 페르소나 생성을 담당하는 백엔드 시스템이 결합된 구조로 설계되었다. 전시장 내 대형 디스플레이에서는 유물의 시각화 영상이 상영되며, 관람객은 화면에 제시된 QR 코드를 통해 개인 모바일 인터페이스에 접속할 수 있다. 이러한 단계적 인터페이스 구조는 전시 공간에서의 시각적 관찰 경험을 개인화된 인터랙션 환경으로 자연스럽게 확장하도록 설계되었다. 특히 웹 환경 기반의 실시간 렌더링 기술을 활용하여 초고정밀 3차원 스캔 데이터를 다양한 각도에서 탐색할 수 있도록 했으며, 관람객은 영상으로 인지한 유물의 시각적 특징을 QR 접속 이후 페르소나 대화 및 실시간 3차원 탐구로 확장함으로써 유물과 입체적인 상호작용을 경험하게 된다.

본 시스템의 전체 동작 흐름은 Display → QR → Mobile Web → API Server → LLM Inference → Text-to-Speech(TTS) → Response의 단계로 구성되며, 전체 시스템 구조와 데이터 처리 흐름은 Fig. 2에 제시했다. 실제 전시 공간에서는 대형 디스플레이와 모바일 인터페이스가 연동되어 관람객이 유물의 시각화 영상과 페르소나 대화를 함께 경험하도록 구성되었다(Fig. 3).

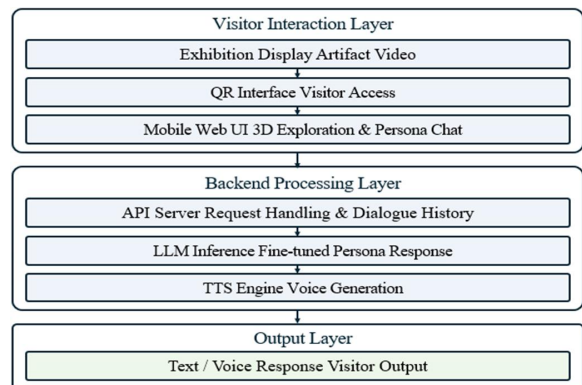


Fig. 2. System Architecture of the Conversational Digital Heritage System

시스템의 동작 구조는 전시장 디스플레이를 통한 유물 시각화 단계에서 시작하여 QR 코드를 통한 모바일 웹 인터페이스 접속, API 서버 기반 요청 처리, LLM 추론 과정, 그리고 TTS를 통한 응답 생성 단계로 구성된다.

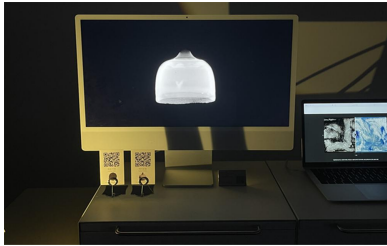


Fig. 3. Exhibition View of Resonance of Fragments

백엔드 시스템은 LLM과 음성 합성 엔진을 결합하여 텍스트와 음성이 동기화된 멀티모달 응답을 실시간으로 생성하도록 설계되었다. 시스템은 최근 대화 이력을 동적으로 반영하여 대화 맥락의 일관성을 유지하며, 유물별로 구축된 미세조정 모델을 통해 서로 다른 서사적 페르소나를 구현했다. 음성 합성에는 ElevenLabs 기반 TTS 엔진을 활용하였으며, 생성된 텍스트 응답은 eleven_multilingual_v2 모델을 통해 음성 파일로 변환되었다. 유물별 음성 특성은 페르소나의 문체와 서사적 성격에 따라 서로 다른 voice ID를 적용하는 방식으로 구분하였다. 백자호롱은 부드럽고 안정적인 음성 인상을, 화문기와는 차분하고 사색적인 음성 인상을 갖도록 설정했으며, 안정성(stability), 화자 유사도(similarity boost), 발화 스타일(style), 화자 강화(speaker boost) 항목을 조정하였다. 이러한 음성 설정은 관람객이 유물을 단순한 전시 객체가 아니라 대화 가능한 주체로 인식하도록 돕기 위한 인터페이스 설계 요소로 활용되었다. 최종적으로 생성된 응답 데이터는 클라우드 스토리지를 통해 프론트엔드 인터페이스로 전달되며, 이를 통해 전시 환경에서 실시간에 가까운 인터랙션 환경을 구현했다.

3. Interaction Analysis and Results

본 연구에서 구현한 페르소나 기반 인터랙션 시스템이 전시 환경에서 어떻게 사용되는지를 살펴보기 위해 사전 동의를 거친 총 20명의 참여자를 대상으로 상호작용 로그를 수집했다. 전시 현장에서 이루어진 실제 사용자 인터랙션을 기반으로 총 104건의 메시지 데이터를 확보했으며, 이 가운데 시스템 응답을 제외한 사용자 발화 52건을 분석 대상으로 삼았다. 본 연구의 분석 단위는 관람객이 모바일 인터페이스를 통해 입력한 개별 사용자 발화 1건으로 설정하였다.

사용자 발화 분석의 핵심 기준은 관람객이 디지털 유물을 어떠한 상호작용 대상으로 호출하는가에 두었다. 즉, 발화의 표면적 표현보다 해당 발화가 디지털 유물에게 기대하는 주된 상호작용 기능을 기준으로 삼았다. 앞서 논의

한 CASA 패러다임[14]과 인간-기술 상호작용에서의 사회적·정서적 관계 형성 논의[18]를 바탕으로, 본 연구는 사용자 발화를 정보 탐색형(Informational), 개념 시험형(Concept Testing), 상황 몰입형(Situational), 관계 형성형(Relational)의 네 가지 유형으로 분류하였다. 각 발화 유형의 코딩 기준은 Table 1과 같다.

Table 1. Analytical Framework for User Utterance Categories

Utterance Category	Coding Criteria
Informational	Requests for factual information about the artifact's period, use, material, history, or structure
Concept Testing	Tests of the artifact persona's identity, value, logic, or contemporary relevance
Situational	Hypothetical prompts asking about the artifact's emotions, memories, perspectives, or responses
Relational	Relational exchanges such as greetings, thanks, affection, comfort, or intimacy

발화 분류는 연구팀이 Table 1의 코딩 기준에 따라 수행하였으며, 유형 판단이 모호한 사례는 발화가 디지털 유물에게 기대하는 주된 상호작용 기능을 기준으로 논의하여 최종 유형을 결정하였다.

Table 2. Frequency Distribution of User Utterance Categories

Item	Baekja Horong	Hwamun Giwa
Dialogue Statistics		
Number of Participants	10 persons	10 persons
Total Messages	48 cases	56 cases
User Utterances	24 cases	28 cases
Average Utterances	2.4 times	2.8 times
Utterance Categories		
Informational	10 (41.7%)	12 (42.9%)
Concept Testing	8 (33.3%)	5 (17.9%)
Relational	6 (25.0%)	6 (21.4%)
Situational	0 (0.0%)	5 (17.9%)

사용자 발화를 네 가지 유형으로 분류한 분석 결과 (Table 2)를 보면 두 유물 모두에서 정보 탐색형 발화가 가장 높은 비중을 차지했다. 백자호롱 대화군에서는 전체 발화의 41.7%, 화문기와에서는 42.9%가 정보 탐색형 발화로 나타나, 사용자가 우선적으로 유물의 역사적 맥락과 기능적 정보를 확인하려는 경향을 보였다. 이는 대화형 인터페이스가 기존 전시의 설명 패널이나 오디오 가이드가 담당하던 정보 전달 기능을 일정 부분 수행하거나 보완할

수 있음을 시사한다

그러나 두 대화군은 정보 탐색 이후의 상호작용 양상에서 뚜렷한 차이를 보였다. 백자호룡 대화군에서는 개념 시험형 발화가 33.3%로 비교적 높은 비중을 차지한 반면, 화문기와에서는 17.9%에 그쳤다. 예를 들어 “가스레인지의 등장으로 너는 이제 무용하다”와 같은 발화는 유물의 존재 가치와 정체성을 현대적 기준에서 재평가하며, 시스템이 이에 대해 얼마나 일관된 논리와 태도로 응답하는지를 시험하려는 시도로 해석된다. 이러한 발화는 일반적인 정보 탐색을 넘어 페르소나의 경계와 응답의 정합성을 점검하려는 페르소나 브레이킹(persona breaking)의 성격을 지닌다.

이와 같은 차이는 유물의 성격과 사용자 지각 방식의 차이에서 비롯된 것으로 볼 수 있다. 백자호룡은 생활사적 기능이 비교적 직관적으로 이해되는 유물이며, 현대의 조명 기기와 쉽게 비교 가능한 대상이다. 따라서 사용자는 백자호룡을 현재적 효용의 관점에서 소환하고, 그 의미를 도전하거나 재정의하는 방식으로 대화에 개입하기 쉬웠다. 다시 말해 백자호룡은 사용자가 자신의 일상적 경험과 연결하여 평가하고 논박할 수 있는 대상이었기 때문에, 개념 시험형 발화가 상대적으로 활발하게 나타난 것으로 해석된다.

반면 화문기와 대화군에서는 상황 몰입형 발화가 17.9%로 나타나 백자호룡과는 구별되는 상호작용 패턴을 보였다. “사람들이 사라진다면 당신은 어떤 기분을 느낄까요?”와 같은 질문은 유물에 감정과 내면 상태를 부여하고, 가상의 조건 속에서 존재의 의미를 상상하게 만드는 발화이다. 이러한 양상은 화문기와가 실용적 기능의 대상이라기보다 장식성, 상징성, 시간성을 환기하는 유물로 받아들여졌기 때문으로 해석할 수 있다. 즉, 사용자는 화문기와를 논리적으로 시험하기보다 정서적으로 투사하고 상상적으로 몰입하는 대상으로 인식했을 가능성이 크다.

관계 형성형 발화 역시 두 유물 모두에서 20% 이상 나타났다. 백자호룡은 25.0%, 화문기와는 21.4%로 집계되었는데, 이는 일부 사용자가 유물과 단순히 정보를 주고받는 수준을 넘어 정서적 친밀감이나 사회적 교감을 시도했음을 보여준다. 특히 이러한 발화는 디지털 문화유산 인터페이스가 단순한 정보 전달 장치를 넘어, 정서적 반응과 상호성을 기대하게 만드는 관계적 매개로 해석될 가능성을 시사한다.

이처럼 두 대화군의 차이는 단순한 발화 빈도의 차이를 넘어, 유물의 물질적 성격과 상징성, 생활세계와의 거리, 페르소나가 유도하는 상상 방식과 밀접하게 연결되어 있

다. 백자호룡은 기능성과 생활사적 친숙성으로 인해 논리적 검증의 대상으로 작동한 반면, 화문기와는 상징성과 정서적 거리감으로 인해 감정 이입과 상황적 상상의 대상으로 경험되었다. 이는 사용자 상호작용이 기술적 성능뿐 아니라 유물의 문화적 속성과 페르소나 설계 방식에 따라 다르게 조직될 수 있음을 보여준다.

Table 3. Examples of User Utterances by Category

Utterance Category	Example User Utterances
Informational	“화문기와란 무엇일까” / “이 작품은 언제 만들어졌나요?” / “사용된 기원은 어떤 종류였나요?”
Concept Testing	“현대인들이 시간여행해서 과거로 가서 가스레인지를 켜. 너는 이제 무쓸모해졌어.” / “그건 과거야. 과거는 과거고 현대는 현대. 너의 특성과 본질은 사라졌다.”
Situational	“세상이 지나도, 어쩌면 사람들이 이 세계에서 사라지더라도 당신은 이곳에 있을지도 모릅니다. 그때가 온다면, 당신은 어떤 기분을 느낄 것 같나요?” / “당신이 이제까지 본 것들 중 가장 아름다운 것은 무엇이었습니까?”
Relational	“안녕” / “만나서 반가워” / “궁금한 점을 알려 주셔서 고맙습니다.”

종합적으로 볼 때, Table 2의 결과는 사용자 발화가 단순한 정보 요청에만 한정되지 않고, 개념 시험형, 상황 몰입형, 관계 형성형으로도 확장되었음을 보여준다. 정보 탐색형 발화는 디지털 유물이 기존 전시 해설 매체와 유사하게 사실 정보를 제공하는 대상으로 호출되었음을 의미한다. 반면 개념 시험형 발화는 유물 페르소나의 정체성과 논리적 일관성을 시험하는 방식으로, 상황 몰입형 발화는 유물에 감정과 서사적 시점을 부여하는 방식으로, 관계 형성형 발화는 유물과 사회적·정서적 관계를 형성하려는 방식으로 나타났다. 이러한 발화 양상은 디지털 유물이 일부 관람객에게 정보 제공 매체를 넘어 사회적·서사적 상호작용 대상으로 호출될 수 있음을 탐색적으로 보여준다. 다만 본 연구의 분석은 제한된 참여자와 메시지 로그에 기반하므로, 이를 LLM 기반 페르소나의 일반적 효과나 제안 시스템의 우월성에 대한 실증적 근거로 해석하기보다는, 향후 확장 연구를 위한 사례 기반 분석 결과로 이해할 필요가 있다. 이러한 정량적 분류 결과를 보완하기 위해 각 발화 유형을 대표하는 실제 사용자 메시지 예시를 Table 3에 제시하였다.

IV. Discussion

본 연구는 LLM과 초고정밀 3차원 데이터 기반 시각화 및 페르소나 인터페이스를 결합한 인공지능 기반 상호작용 시스템이 박물관 환경에서 어떠한 사용자 발화와 상호작용 양상을 유도하는지를 탐색적으로 살펴보았다. 분석 결과, 본 사례에서는 관람객이 디지털 유물에 대해 사실 정보를 묻는 정보 탐색형 발화뿐 아니라, 유물의 정체성을 시험하거나 가상의 상황 속 반응을 묻고 정서적 관계를 형성하려는 발화도 나타났다. 이는 일부 관람객이 디지털 유물을 단순한 데이터 객체가 아니라 대화 가능하고 반응을 기대할 수 있는 대상으로 호출했음을 보여준다. 다만 이러한 결과는 제한된 전시 사례와 메시지 로그에 기반한 것이므로, 대화형 인공지능 인터페이스의 일반적 효과를 입증하기보다는 문화유산 해석 경험이 보다 참여적이고 서사적인 방향으로 확장될 수 있는 가능성을 탐색적으로 시사하는 것으로 이해할 필요가 있다.

특히 백자호롱과 화문기와 대화군에서 나타난 발화 유형의 차이는 디지털 유물의 성격과 사용자 인식 방식이 상호작용 패턴에 영향을 미칠 수 있음을 보여준다. 백자호롱 대화군에서는 페르소나의 논리적 일관성을 시험하는 개념 시험형 발화의 비중이 상대적으로 높게 나타났다. 이는 사용자가 백자호롱을 현대 생활과 비교 가능한 실용적 유물로 인식하고, 그 존재 의미를 현재적 기준에서 재평가하거나 논리적으로 검증하려는 경향을 보였기 때문으로 해석할 수 있다. 반면 화문기와 대화군에서는 가상의 상황을 설정하여 감정이나 존재 상태를 상상하도록 유도하는 상황 몰입형 발화가 상대적으로 많이 나타났다. 이러한 차이는 유물의 물질적 성격과 상징성이 사용자 상호작용의 방식에도 영향을 미칠 수 있음을 보여준다. 즉, 기능적 친숙성이 높은 유물은 논리적 검증의 대상으로 작동하는 반면, 상징성과 시간성이 강조되는 유물은 정서적 투사와 상상적 몰입의 대상으로 경험될 가능성이 높다.

미디어 이론의 관점에서 보면 이러한 디지털 전시 시스템은 전통적인 박물관 전시 형식과 관람 경험의 관계를 재구성하는 기술적 매개 장치로 이해될 수 있다. 초고정밀 3차원 데이터와 CT 정보가 시각화 영상, 페르소나 데이터셋, 대화형 응답 구조로 변환되는 과정은 기술적 데이터를 관람객이 해석 가능한 경험 형식으로 재부호화한다는 점에서 플루서의 기술적 심상 개념과 연결된다. 또한 대화형 인공지능과 3차원 문화유산 데이터를 결합한 전시는 기존 설명 패널이나 오디오 가이드 중심의 전시 해설 방식을 새로운 디지털 환경 속에서 재해석하는 재매개

(remediation)의 사례에 해당한다. 이 경우 디지털 시스템은 원본 유물을 대체하는 것이 아니라 유물에 대한 해석과 경험의 범위를 확장하는 보조적 매개로 기능하며, 디지털 유물은 원본의 열등한 복제물이 아니라 관람객과의 상호작용 속에서 새로운 의미를 생성하는 시뮬라크르적 객체로 해석될 수 있다.

또한 본 연구 결과는 인공지능 기반 대화형 인터페이스가 박물관 상호작용 경험에서 사회적·서사적 반응을 유도할 가능성을 보여준다. 사용자 발화 분석에서 나타난 페르소나 브레이킹(persona breaking)과 관계 형성형 발화는 관람객이 시스템을 단순한 정보 검색 도구로만 사용하지 않고, 일정한 정체성과 반응 가능성을 지닌 대상으로 호출했음을 보여주는 사례로 해석될 수 있다. 이러한 현상은 인간이 컴퓨터나 디지털 매체와 상호작용할 때 인간과 유사한 사회적 규칙을 적용할 수 있다는 CASA 이론과 연결된다. 다만 본 연구의 자료만으로 사용자의 인식 변화나 몰입도 향상을 일반화하기는 어렵기 때문에, 이러한 상호작용은 전시 경험의 정서적·관계적 확장 가능성을 보여주는 탐색적 징후로 이해할 필요가 있다.

이상의 논의를 종합하면, 본 연구에서 각 이론은 디지털 문화유산 경험을 서로 다른 층위에서 설명하는 분석적 틀로 기능한다. 플루서의 기술적 심상 개념은 초고정밀 3차원 데이터와 CT 정보가 관람객이 이해 가능한 시각적·서사적 형식으로 재구성되는 과정을 설명하며, 재매개 이론은 기존의 설명 패널이나 오디오 가이드 중심의 전시 해설 방식이 대화형 AI 인터페이스를 통해 새로운 경험 구조로 전환되는 과정을 해석하는 데 활용된다. 또한 벤야민의 아우라와 들뢰즈의 시뮬라크르 개념은 디지털 유물이 원본의 단순한 대체물이나 열등한 복제가 아니라, 관람객과의 상호작용 속에서 새로운 현존성과 의미를 생성하는 매체로 작동할 수 있음을 설명하는 이론적 기반을 제공한다. 마지막으로 CASA 이론은 사용자가 디지털 유물을 사회적 행위자처럼 인식하고 정체성, 감정, 관계적 반응을 기대하는 발화 양상을 분석하는 핵심 틀로 적용된다.

나아가 이러한 결과는 박물관 전시 경험을 이해하는 개념으로서 ‘디지털 현존(digital presence)’과 ‘디지털 아우라(digital aura)’를 탐색적으로 논의할 수 있는 가능성을 제공한다. 본 연구에서 디지털 현존은 디지털 유물이 단순한 시각적 재현물이나 정보 제공 장치가 아니라, 관람객에게 정체성, 반응 가능성, 관계성을 지닌 상호작용 대상으로 경험될 수 있는 상태를 의미한다. Table 2에서 나타난 개념 시험형, 상황 몰입형, 관계 형성형 발화는 일부 관람객이 디지털 유물에게 단순 정보 제공 이상의 정체성, 감

정, 관계적 반응을 기대했음을 보여주는 사례로 해석될 수 있으며, 이는 디지털 현존이 형성될 수 있는 경험적 징후로 볼 수 있다. 특히 관계 형성형 발화는 관람객이 디지털 유물을 정서적 반응과 상호성을 기대할 수 있는 대상으로 호출한 사례에 해당한다. 따라서 본 연구에서의 디지털 아이라는 원본 유물의 물리적 고유성을 대체하는 개념이라기보다, 유물의 데이터화된 구조, LLM 기반 페르소나, 관람객의 관계 형성적 발화가 결합되는 과정에서 나타날 수 있는 매개된 경험 효과로 탐색적으로 이해할 수 있다.

V. Conclusions

본 연구는 초고정밀 3차원 데이터와 LLM 기반 페르소나를 결합한 전시 환경에서 관람객이 디지털 유물과 어떠한 서사적 상호작용을 형성하는지를 탐색적으로 분석하였다. 유물의 역사적 사실과 서사적 인격을 결합한 데이터셋은 사용자 질문에 맥락적으로 응답할 수 있는 대화형 인터페이스의 기반이 되었으며[19], 이를 통해 디지털 유물 단순한 시각적 재현물이나 정보 제공 장치를 넘어 관람객과 대화 가능한 대상으로 구성될 가능성을 확인하였다.

실제 전시 현장에서 수집된 메시지 로그를 분석한 결과, 사용자 발화는 정보 탐색형, 개념 시험형, 상황 몰입형, 관계 형성형으로 나타났다. 특히 백자호롱 대화군에서 관찰된 개념 시험형 발화는 사용자가 유물 페르소나의 존재 가치와 논리적 일관성을 시험하려는 방식으로 상호작용했음을 보여준다. 이러한 발화는 시스템의 지능적 한계와 페르소나의 경계를 탐색하려는 사용자 기대와 경험의 간극을 드러낸다는 점에서, 대화형 에이전트 사용 경험에서 나타나는 기대와 실제 수행 간 차이에 대한 논의와 연결될 수 있다[20]. 다만 이는 사용자가 디지털 유물을 사회적 주체로 확정적으로 인식했다는 의미라기보다, 일부 발화에서 디지털 유물이 응답 가능성과 정체성을 지닌 대상으로 호출되었음을 보여주는 사례로 해석할 필요가 있다.

또한 이러한 발화 양상은 CASA 패러다임의 확장 논의와도 연결된다. 사용자는 대화형 시스템이 인간이 아님을 인지하면서도, 특정한 말투와 정체성, 반응 방식을 지닌 인터페이스에 대해 사회적 규칙과 기대를 적용할 수 있다[21]. 화문기와 대화군에서 나타난 상황 몰입형 발화는 유물에 감정, 기억, 관점과 같은 서사적 속성을 부여하려는 시도로 볼 수 있으며, 관계 형성형 발화는 디지털 유물에게 정서적 반응과 상호성을 기대하는 양상으로 해석될 수 있다. 이러한 점은 인간-챗봇 관계 연구에서 논의되는 정

서적 교류와 관계 형성 가능성과도 일정 부분 연결된다[22]. 그러나 본 연구의 분석은 제한된 발화 자료에 기반하므로, 이러한 결과는 일반화된 관계 형성 효과라기보다 디지털 유물이 사회적·서사적 상호작용 대상으로 호출될 수 있음을 보여주는 탐색적 사례로 이해되어야 한다.

결론적으로 초고정밀 3차원 데이터와 페르소나 기반 LLM의 결합은 유산의 역사적 맥락과 서사적 목소리를 대화형 인터페이스로 재구성함으로써, 디지털 문화유산이 관람객과 상호작용하는 경험 매체로 확장될 가능성을 제시한다. 본 연구는 외형적 재현이나 정보 전달을 넘어, 디지털 유물과 관람객 사이에서 나타나는 정보 탐색, 정체성 시험, 상황 몰입, 관계 형성의 발화 양상을 분석했다는 점에서 의의를 지닌다. 다만 이러한 의의는 제안 시스템의 효과를 확정적으로 입증한 결과라기보다, 향후 더 큰 표본과 비교 실험을 통해 검증되어야 할 탐색적 가능성으로 이해될 필요가 있다.

또한 본 연구는 총 20명의 참여자와 104건의 메시지로 그를 대상으로 한 사례 연구라는 점에서 결과의 일반화에는 일정한 한계가 있다. 아울러 LLM 기반 페르소나와 초고정밀 3차원 데이터의 결합이 관람객의 상호작용 경험을 확장할 수 있음을 탐색적으로 분석했으나, 기존 오디오 가이드나 설명 패널 등 전통적 전시 해설 방식과의 직접 비교 실험은 수행하지 못했다. 미세조정된 페르소나 모델과 일반 LLM 간의 응답 품질, 역사적 정확성, 페르소나 일관성, 사용자 만족도에 대한 비교 평가도 이루어지지 않았다. 따라서 본 연구의 결과는 제안 시스템의 차별적 효과를 확정적으로 입증하기보다는, AI 기반 대화형 문화유산 인터페이스의 가능성을 보여주는 탐색적 사례 연구로 해석될 필요가 있다.

향후 연구에서는 전통적 전시 방식, 일반 LLM, 미세조정 모델을 비교군으로 설정하여 관람객의 정보 이해도, 몰입감, 정서적 공감, 기억 지속성 등을 체계적으로 검증할 수 있을 것이다. 또한 자동화된 언어 모델 평가지표와 전문가 평가를 병행함으로써 모델 응답 품질을 보다 객관적으로 검토할 수 있다. 이와 함께 발화 코딩 기준을 정교화한다면 분석 결과의 신뢰성을 높일 수 있으며, 대형 건축물이나 무형문화재와 같이 상이한 유형의 문화유산에 적용할 경우에는 대상의 구조적·맥락적 특징을 대화 가능한 텍스트 지식으로 변환하고, 공간·동선·전승 과정 등 유형별 핵심 요소에 맞춰 페르소나와 상호작용 방식을 재설계하는 후속 연구로 확장될 수 있다.

REFERENCES

- [1] J. J. Park, "Application of Digital Technologies for Digital Restoration of Architectural Heritage," Proceedings of the 2022 Spring Conference of the Architectural Institute of Korea, pp. 163-166, May 2022.
- [2] J. H. Choi, S. M. Moon, J. S. Park, and B. A. Rhee, "Immersive Cultural Heritage and Technology," Journal of Digital Contents Society, Vol. 24, No. 10, pp. 2391-2408, Oct. 2023. DOI: 10.9728/dcs.2023.24.10.239
- [3] A. Y. Ahn, "A Study on the Preservation of 3D Digital Records of Cultural Heritage," Master's thesis, Pusan National University, 2019.
- [4] CAI Lab, Chung-Ang University, "Resonance of Fragments Exhibition Archive," [Online]. Available: <https://uabr-website.vercel.app/> (Accessed: Feb. 24, 2026).
- [5] E. K. Kim, "Art History in the Digital Age: Status and Achievements of Digital Heritage Research," Journal of Art History, Vol. 49, pp. 109-140, 2025.
- [6] B. Latour and A. Lowe, "Beyond the Cult of the Replicant: Museums and Historical Digital Objects—Traditional Concerns, New Discourses," The MIT Press, 2011. DOI: 10.7551/mitpress/9780262033534.003.0004
- [7] H. J. Lee and T. H. Kim, "Generation of Various Docent AIs Based on Portrait Painting Using Generative AI," Journal of Digital Contents Society, Vol. 26, No. 2, pp. 287-295, Feb. 2025. DOI: 10.9728/dcs.2025.26.2.287
- [8] V. Flusser, "Towards a philosophy of photography," Reaktion Books, 2000.
- [9] V. Flusser, "Into the universe of technical images," University of Minnesota Press, 2011.
- [10] J. D. Bolter, and R. Grusin, "Remediation: Understanding New Media," MIT Press, pp. 1-312, 2000.
- [11] W. Benjamin, "L'œuvre d'art à l'époque de sa reproduction mécanisée," Zeitschrift für Sozialforschung, Vol. 5, No. 1, pp. 40-68, 1936. <https://archive.org/details/ZeitschriftFrSozialforschung5.Jg>
- [12] B. A. Rhee, and J. S. Kim, "A study on users' experiences with VR applications of artworks: The future of VR Applications in Art Museums," Journal of the Korea Society of Science & Art, Vol. 25, pp. 273-285, Sept. 2016. DOI: 10.17548/ksaf.2016.09.25.273
- [13] G. Deleuze, "Difference and Repetition," Columbia University Press, pp. 1-350, 1994.
- [14] B. Reeves, and C. Nass, "The Media Equation: How People Treat Computers, Television, and New Media Like Real People and Places," Cambridge University Press, pp. 1-317, 1996.
- [15] Palace of Versailles, "Talk to the sculptures of the Gardens of Versailles," Palace of Versailles, <https://en.chateauversailles.fr/news/life-on-estate/talk-sculptures-gardens-versailles#a-new-mediation-tool>
- [16] The Metropolitan Museum of Art, "Sleeping Beauties: Reawakening Fashion," The Metropolitan Museum of Art <https://www.metmuseum.org/exhibitions/sleeping-beauties-reawakening-fashion>
- [17] Statens Museum for Kunst (SMK), "Anne Marie Carl-Nielsen Chatbot," Statens Museum for Kunst (SMK), <https://www.smk.dk/en/article/anne-marie-carl-nielsen-chatbot/>
- [18] J. Wirtz, P. G. Patterson, W. H. Kunz, T. Gruber, V. N. Lu, S. Paluch, and A. Martins, "Brave New World: Service Robots in the Frontline," Journal of Service Management, Vol. 29, No. 5, pp. 907-931, Nov. 2018. DOI: 10.1108/JOSM-04-2018-0119
- [19] A. Følstad and P. B. Brandtzæg, "Chatbots and the New World of HCI," Interactions, Vol. 24, No. 4, pp. 38-42, July 2017. DOI: 10.1145/3085558
- [20] K. Luger and A. Sellen, "Like Having a Really Bad PA: The Gulf between User Expectation and Experience of Conversational Agents," Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, pp. 5286-5297, May 2016. DOI: 10.1145/2858036.2858288
- [21] A. Gambino, J. Fox, and R. A. Ratan, "Building a Stronger CASA: Extending the Computers Are Social Actors Paradigm," Human-Machine Communication, Vol. 1, pp. 71-86, 2020. DOI: 10.30658/hmc.1.5
- [22] M. Skjuve, A. Følstad, K. I. Fostervold, and P. B. Brandtzaeg, "My Chatbot Companion: A Study of Human-Chatbot Relationships," International Journal of Human-Computer Studies, Vol. 149, 102601, May 2021. DOI: 10.1016/j.ijhcs.2021.102601

Authors



Bo-A Rhee received the B.A. degree in Library Science from Sung Kyun Kwan University in 1987, M.A. degree in Art Studies from Graduate School of Sung Kyun Kwan University in 1990 and Ph.D. degree

in Art Management from Florida State University in 1997. Dr. Rhee is currently a professor at the College of Art and Technology, Chung-Ang University, South Korea. She is a museum technology and informatics researcher. Her works have focused on user experiences in digital surrogates and Metaverse in museum environment using A.I. and computer vision in terms of museum informatics.



You-Min Im is currently studying Art & Technology with a double major in Applied Statistics at Chung-Ang University. His research interests include computer vision, domain adaptation, deep learning, and

AI-based digital media.



Yu-Gyeom Kim is currently studying Art & Technology with a double major in Industrial Security at Chung-Ang University. His research interests include AI security and full-stack web development.