



특집논문 (Special Paper)

방송공학회논문지 제31권 제4호, 2026년 7월 (JBE Vol.31, No.4, July 2026)

<https://doi.org/10.5909/JBE.2026.31.4.564>

ISSN 2287-9137 (Online) ISSN 1226-7953 (Print)

XR 기반 체험형 콘텐츠에서 공간 인터페이스와 게임화 설계의 결합 방식 : LetPle 사례 분석

장 한 솔^{a)}, 한 상 임^{a)†}

The Integration Method of Spatial Interfaces and Gamification Design in XR-Based Experiential Content : LetPle Case Analysis

Hansol Jang^{a)} and Sanglim Han^{a)†}

요 약

본 연구는 공공 전시 환경에서 저자가 제작한 XR 기반 체험형 콘텐츠 ‘LetPle’를 분석하여, 공간 인터페이스와 게임화 설계의 결합 방식과 그 설계 원리를 도출하였다. LetPle는 라이다 센서 기반 바닥형 트래킹과 프로젝션 맵핑으로 구현되었으며, 본 연구는 제작·운영 과정에서 생산된 기획 문서와 운영 기록을 분석 자료로 삼았다. 분석 결과 세 가지를 확인하였다. 첫째, 바닥형 트래킹 인터페이스는 일상적 이동 행위를 입력으로 삼아 전 연령 접근성을 확보하는 설계 조건으로 작동하였다. 둘째, 30초 규칙 학습·협동·경쟁·재도전의 게임화 구조는 신체 이동에 목표와 피드백을 부여해 자발적 반복 참여를 유도하였다. 셋째, 두 요소는 서로를 강화하는 방식으로 결합되었으나, 센서 정밀도 한계와 가림 현상(occlusion)으로 인해 신체 정확성과 게임 결과 간 연결이 부분적으로 단절되었다. 본 연구는 공공 전시형 XR 콘텐츠 설계에서 공간 인터페이스·게임화·기술적 신뢰성이 통합적으로 고려되어야 함을 제안한다.

Abstract

This study analyzes “LetPle,” an XR-based experiential content developed by the author, to examine how spatial interfaces and gamification design combine to organize physical participation in public exhibitions. LetPle was implemented with LiDAR-based floor tracking and projection mapping, and the analysis draws on planning documents and operation records produced during its development and operation. Three findings are identified. First, the floor-based LiDAR tracking interface serves as an accessibility condition for all-age participation by aligning input with everyday movement. Second, the gamification structure—30-second rule learning, cooperation, competition, and replayability—assigns goals and feedback to physical movement, inducing voluntary repeated engagement. Third, while the two elements mutually reinforce each other, sensor precision limitations and occlusion errors partially sever the link between physical accuracy and game outcomes. This study proposes that spatial interface logic, gamification design, and technical reliability must be considered in an integrated manner for body-centric public XR content.

Keyword : Experiential XR Content, Floor-Based Interface, Gamification, Physical Participation, Public Exhibition

I. 서론

XR 기반 체험형 콘텐츠를 둘러싼 담론은 흔히 기술적 완성도와 몰입감의 강화를 중심으로 전개된다. 그러나 실제 전시 환경에서 운영되는 체험형 콘텐츠의 성패는 사용된 장비의 수준만으로 결정되지 않는다. 공간의 물리적 조건, 불특정 다수의 유입, 짧은 체험 시간, 전 연령대의 접근성이라는 조건이 결합될 때, 설계의 핵심 문제는 기술의 정교함이 아니라 사용자의 신체 움직임을 어떻게 참여의 중심에 배치하고 그것을 어떤 구조로 조직할 것인가로 이동한다.

기존 XR 체험형 콘텐츠 연구는 상당 부분 기술 시연의 결과물로서 콘텐츠를 다루거나, 몰입 수준 측정 및 사용자 경험의 정량적 평가에 집중해 왔다. 반면 공간 인터페이스와 게임화 설계가 어떻게 결합되어 신체 참여 중심의 경험을 조직하는지—특히 공공 전시라는 운영 조건 안에서 이 결합이 어떤 방식으로 작동하고 어디서 한계에 부딪히는지를 설계 판단의 관점에서 분석한 연구는 충분하지 않다. 이 공백이 본 연구의 출발점이다.

이러한 연구 공백은 실천적 맥락에서도 중요한 문제를 제기한다. 공공 전시 공간은 박물관, 리조트, 문화시설 등 다양한 형태로 확장되고 있으며, 이 공간에서 운영되는 XR 콘텐츠는 HMD 기반의 개인형 몰입 환경과는 근본적으로 다른 설계 조건을 요구한다. 관람자는 사전 훈련 없이 유입되고, 체험 시간은 짧으며, 참여 대상은 어린이부터 노인까지 다양하다. 이러한 조건에서 기술적 몰입감만을 목표로 한 설계는 실제 참여를 유도하는 데 한계를 가진다. 따라서 공간 인터페이스와 게임화 설계가 어떻게 결합되어 신체 참여를 조직하는지, 그리고 그 결합이 기술적 조건과 어떻게 충돌하는지를 제작 사례를 통해 분석하는 연구가 필요하다.

하다.

이 글은 XR 기반 체험형 콘텐츠 LetPle를 분석 대상으로 삼아, 공공 전시 환경 속 공간 인터페이스와 게임화 설계의 관점에서 다음 세 가지 연구 문제를 중심으로 분석을 진행한다.

RQ1. 바닥형 공간 인터페이스는 공공 전시 환경에서 불특정 다수의 신체 참여를 유도하기 위해 어떠한 설계 판단에 의해 구성되었는가?

RQ2. 게임화 설계 요소(규칙 단순성, 협동·경쟁 구조, 제도권 메커니즘)는 신체 이동을 참여 동기와 어떻게 연결하는가?

RQ3. 공간 인터페이스와 게임화 설계의 결합은 기술적 구현 조건과 어떤 방식으로 상호작용하며, 어디서 한계에 부딪히는가?

본 연구의 분석 초점은 기획 문서와 작성자 질의응답 자료를 바탕으로, 공간 인터페이스 설계와 게임화 구조가 어떤 판단과 제약 속에서 형성되었는지를 해석하는 데 있다. 기획 자료에는 제작 당시의 설계 판단과 기술적 한계가 담겨 있으며, 이 자료를 통해 설계 의도와 실제 구현 사이의 간극을 분석할 수 있다. 이를 통해 신체 참여 중심 XR 콘텐츠 설계에서 공간 조건과 참여 구조의 결합이 어떤 방식으로 작동하며 어디서 한계에 부딪히는지를 논의한다.

II. 이론적 배경 및 분석 관점

1. 신체화된 상호작용과 공간 인터페이스

XR 기반 체험형 콘텐츠에서 신체 움직임이 입력의 핵심이 될 때, 인터페이스를 이해하는 방식도 달라진다. Dourish는 인터랙션을 추상적 명령의 입출력이 아니라 몸의 실천과 상황적 행위에 기반한 과정으로 설명하였다. 이 관점에서 인터페이스는 화면과 버튼의 경계에 있는 것이 아니라, 사용자의 몸이 공간 속에서 어떻게 읽히고 반응하

a) 중앙대학교 첨단영상대학원(Chung-Ang University)

‡ Corresponding Author : 한상임(Sanglim Han)

E-mail: sanglimhan@cau.ac.kr

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-5134-5275>

※ 본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 가상융합대학원의 연구 결과로 수행되었으며 (RS-2024-00418847), 2026년도 교육부 및 서울특별시의 재원으로 서울RISE센터의 지원을 받아 수행된 지역혁신중심 대학지원체계(RISE)의 결과입니다 (2026-RISE-01-024-06).

• Manuscript received May 26, 2026; Revised June 30, 2026; Accepted July 1, 2026.

는가를 조직하는 전체 구조이다^[2]. 체험형 콘텐츠에서 바닥, 이동 경로, 센서 범위, 투사 영역이 인터페이스의 일부가 되는 것은 이 논의의 자연스러운 연장이다.

이러한 관점에서 공간 인터페이스는 기술 부품의 배열이 아니라 사용자 행위를 조직하는 설계 조건으로 이해해야 한다. 접근성, 친숙성, 공간 활용의 논리가 기술적 사양보다 먼저 결정되어야 하는 이유가 여기에 있다.

Raskar 등은 사용자가 HMD 없이도 물리적 공간에 디지털 콘텐츠를 직접 투사함으로써 공간 전체가 입·출력의 통합 환경이 될 수 있는 Spatially Augmented Reality(SAR) 개념을 제시하였다^[5]. 이 논의는 LetPle에서 바닥이 단순한 이동 공간이 아니라 게임 실행 조건 자체로 전환되는 설계 구조의 이론적 근거가 된다. 즉 바닥형 트래킹의 선택은 기술적 단순화가 아니라, 공간을 인터페이스로 전환하여 불특정 다수의 참여를 유도하는 설계 판단의 결과이다.

2. 공공 공간에서의 전신 기반 상호작용

불특정 다수가 오가는 공공 공간에서는 전신을 활용하는 인터랙션이 특유의 효과를 발휘한다. Freeman 등은 공공 예술 활동에서 전신 기반 상호작용을 분석하여, 참여자의 움직임이 공연적 성격을 띠며 참여자가 자신의 움직임과 주변 시선을 함께 의식하는 사회적 경험으로 작동함을 보여준다^[3]. 전신 기반 인터랙션은 개인의 체험을 넘어 공적 퍼포먼스로 작동하며, 이는 체험 공간 안에서 자발적 참여의 연쇄를 만드는 조건이 된다. Walter 역시 공공 전시 환경에서의 전신 상호작용이 관람자의 적극적 참여를 유도하고 사회적 상호작용을 촉진하는 효과가 있음을 논의하였다^[4].

이 두 연구는 바닥 기반의 다리 움직임이 공공 전시 환경의 입력 방식으로 적합한 이유를 설명한다. 이 움직임은 기술적으로 단순해서가 아니라, 관람자에게 가시적이고 친숙하며 즉각 모방 가능하기 때문이다. 즉 입력 방식의 선택은 기술 조건의 문제이기 이전에, 누구에게 어떻게 참여를 유도할 것인가라는 설계 판단의 문제이다.

tom Dieck 등은 공공 전시 환경에서의 AR 체험 분석을 통해, 기술적 몰입도보다 심미적 경험과 기억 형성이 관람자 참여를 더 강하게 매개함을 확인하였다^[6]. 이는 공공 XR 콘텐츠에서 기술 수준만으로는 참여를 보장할 수 없으며,

공간 인터페이스와 게임화 설계가 어떻게 결합되어 있는가가 참여의 질을 결정함을 시사한다. 이러한 논의는 최근 박물관·전시관 등 공공 공간에서의 XR 체험 연구에서도 일관되게 확인되고 있으며, HMD 기반 개인 몰입형 환경과 구별되는 공공 XR 설계 원칙의 필요성을 뒷받침한다.

3. 게임화 설계의 참여 조직 기능

게임화는 비게임 맥락에서 게임 디자인 요소를 활용하여 사용자 행위를 구조화하는 방식이다. Deterding 등은 점수, 규칙, 도전, 협동, 경쟁과 같은 요소가 사용자 참여를 조직하는 핵심 장치라고 설명한다^[1]. 공공 체험형 콘텐츠에서 게임화는 단순한 재미 요소가 아니라, 짧은 시간 안에 규칙을 이해하도록 만들고, 반복 시도를 유도하며, 참여자 사이의 관계(협동 또는 경쟁)를 형성하는 운영 논리로 기능한다.

규칙의 단순성은 이 맥락에서 특히 중요한 설계 조건이 된다. 사전 훈련 없이 공간을 지나던 사람이 즉시 참여할 수 있으려면, 몇 가지 핵심 규칙이 짧은 시간 안에 체감되어야 한다. 나아가 이 요소들이 신체 이동이라는 입력 방식과 결합될 때, 게임화는 단순한 참여 유인을 넘어 신체 이동 자체를 목표와 피드백이 있는 의미 있는 행위로 전환하는 구조가 된다.

4. Exergame: 신체 이동과 게임 규칙의 통합

위 논의를 종합할 때, LetPle는 신체 이동 자체가 게임의 입력이자 규칙이 되는 Exergame(신체 활동 기반 게임)의 설계 특성을 강하게 띤다. Mueller 등은 신체적 노력이 게임 결과를 직접 결정하는 Exertion Games의 설계 프레임워크를 제시하며, 신체 움직임과 게임 메커닉이 직접 통합될 때 참여 동기와 몰입이 강화됨을 논의하였다^[7]. 이 프레임워크는 공간 인터페이스와 게임화 설계의 결합이 어떤 조건에서 서로를 강화하는지를 분석하는 이론적 틀을 제공한다.

Staiano와 Calvert는 Exergame에서 협동 및 경쟁 구조가 참여 지속성에 긍정적 영향을 미침을 확인하였다^[8]. 이는 LetPle의 협동·경쟁 미니게임 구조가 신체 이동과 결합될 때 단순 참여를 넘어 반복 참여를 유도하는 구조가 됨을 시사한다. 그러나 Mueller 등의 프레임워크는 이 결합의 전

제 조건도 분명히 한다. 신체 정확성이 게임 결과에 직접 반영되어야만 이 통합이 의도한 대로 작동한다는 것이다. 이 조건이 센서 정밀도 등 기술적 제약으로 충족되지 못할 때, 공간 인터페이스와 게이미피케이션의 결합은 설계 의도대로 기능하지 못한다.

III. 연구 방법

1. 분석 대상

본 연구의 분석 대상은 저자가 직접 개발·제작한 XR 기반 체험형 콘텐츠 LetPle이다. LetPle는 라이다 센서(UST-10LX)로 사용자의 위치를 실시간으로 추적하고, 이 데이터를 Unity 엔진으로 전송하여 데이터 처리한 뒤, Resolume Arena를 통해 4m×3.6m 크기의 바닥에 프로젝션 맵핑으로 송출하는 구조로 이루어져 있다. 별도의 HMD 및 컨트롤러, 튜토리얼 없이 신체의 움직임만으로 게임에 즉각적인 참여가 가능하며, 협동형(2인 3각 리듬게임, 박 터트리기)·경쟁형(네모네모 컬러런, 청기백기) 4종의 미니게임으로 구성된다. 본 콘텐츠는 가족, 연인, 친구 단위의 유동인구가 많은 리조트 시설에서 실제 운영되었다. 본 연구는 이 제작·운영 과정을 분석 대상으로 삼는다.

2. 자료 수집

본 연구의 자료 출처는 제작자인 동시에 분석자인 저자가 제작 과정에서 직접 생산하고 선별한 자료이다. 이를 통해 본 연구는 다음 네 가지 자료를 분석의 근거로 삼았다.

첫째, 제작 및 기획 문서이다. 기획 의도, 사업화 계획, 연출, 메커니즘, 기술 사양, 마케팅 등이 기록된 문서들을 정리하여 주요 자료로 활용하였다. 이 문서에는 각 항목별 의사결정에 대한 근거가 명시되어 있어, 본 콘텐츠의 설계가 어떤 조건과 의도에서 이루어졌는지 확인할 수 있다.

둘째, 제작진의 인터뷰 자료이다. 문서에는 명시되지 않은 설계 과정-프로토타입 제작 과정, 벽면 센싱의 배제 경위, 한계 및 후기 등-을 보완하기 위해, 제작 전반에 참여한 제작진을 대상으로 수행한 인터뷰 자료를 활용하였다.

셋째, 전시 운영 아카이브이다. 리조트 시설에서의 실제 운영 과정에서 확인된 현장 운용 조건 및 효과와 기술적 오류(센서 가림 현상(occlusion), Unity 연동 좌표 오류, 정밀도 저하) 등의 기록을 보조 자료로 활용하였다.

넷째, 관람자의 경험 자료이다. 실제 운영 기간 동안 수집된 관람자의 참여 양상과 반응에 관한 자료를 활용하였다. 이는 설계 의도가 실제 참여 현장에서 관람자에게 어떻게 작동되었는지를 확인하는 근거로 삼았다.

3. 분석 절차

본 연구는 위 자료를 바탕으로 다음 세 단계의 분석 절차를 거쳤다.

1단계는 설계 의도 정리이다. 기획 문서 및 인터뷰 자료를 통해 공간 인터페이스와 게이미피케이션 설계에 관한 사항을 찾아 정리하였다. 이때 환경, 선택, 이유를 기준으로 삼아, 각 설계에 관한 의도를 그 배경이 된 조건(공간·타깃·운영)과 함께 묶어 정리하였다.

2단계는 관련 이론과의 대조이다. 정리한 설계 의도를 2장에서 살펴본 이론과 대조하여 분석하였다. 공간 인터페이스에 관한 판단은 신체화된 상호작용^[2], 공공장소의 전신 상호작용^{[3][4]}, 프로젝션 기반 인터페이스 논의^[5]와 대조하였고(RQ1), 게이미피케이션에 관한 판단은 게이미피케이션 요소 이론^[1]과 Exergame 설계 논의^{[7][8]}와 대조하였다(RQ2). 이를 통해 각 설계 의도가 어떤 이론적 근거 위에서 작동하는지를 살펴보았다.

3단계는 콘텐츠의 결합 구조와 기술적 제약에 대한 분석이다. 공간 인터페이스와 게이미피케이션 설계가 어떻게 서로를 강화하는지를 분석하고, 이를 전시 운영 기록에서 확인된 기술적 한계와 함께 살펴보았다. 특히 신체 움직임의 정확성과 게임 결과의 관계가 센서 정밀도 한계와 가림 현상(occlusion) 때문에 어떻게 한계를 지니는지 확인하여, 두 설계 요소의 결합이 기술 조건과 어떻게 부딪히는지를 분석하였다(RQ3).

4. 분석 한계

본 연구는 단일 사례를 대상으로 하며, 제작자가 본 연구

를 겸한다는 특성상 객관성에 한계가 있다. 관람자의 경험 자료를 함께 활용하였으나, 이는 통제된 환경에서 수집된 측정치가 아니라 실제 운영 과정에서 관찰·수집된 자료라는 점에서 해석의 범위에 제약이 있다. 이러한 한계는 후속 연구에서 복수 사례 비교 및 체계적으로 설계된 관람자 경험 측정을 통해 보완될 필요가 있다.

IV. LetPle 제작 개요

1. 시스템 구성

LetPle의 시스템은 라이다 센서로 사용자의 위치를 추적하고, 이를 Unity 엔진이 게임 로직으로 처리한 뒤, 프로젝션 맵핑으로 바닥에 출력하는 구조로 구현되었다. 데이터 흐름은 라이다 센서 → Unity → Resolume Arena → 빔프로젝터 → 바닥 스크린 순으로 이어진다. 호쿠요 센서가 추적한 사용자의 위치는 데이터화되어 OSC 통신을 통해 Unity로 전송되고, Unity는 이를 분석하여 게임 화면을 생성한다. 생성된 영상 소스는 Resolume Arena를 거쳐 바닥면에 투사된다.

본 시스템의 핵심은 별도의 HMD 및 컨트롤러 없이 라이다 센서만으로 사용자의 위치를 실시간으로 추적한다는 점이다. Hokuyo(UST-10LX) 센서는 40Hz로 사용자의 위치를 갱신하며, 이는 참여자가 체감하기에 지연이 거의 느껴지지 않는 수준의 실시간 입력을 제공한다.

2. 기획 배경 및 설계 조건

LetPle는 XR 기반 디지털 운동회 형식으로 기획된 체험형 콘텐츠이다. 핵심 기획 질문은 신체 참여 중심의 인터랙션 경험을 어떻게 더 넓은 관객층이 쉽게 접근할 수 있는 구조로 전환할 것인가였다.

콘텐츠는 특정 리조트 공간의 조건에 맞추어 설치가 조정되었다. 높은 유동 인구와 제한된 면적이 핵심 조건이었으며, 주요 관람 대상은 어린이와 가족 단위로 상정되었다. 이 조건들은 복잡한 조작보다 전 연령대가 즉각 이해할 수 있는 인터페이스, 짧은 플레이 시간, 반복 참여를 유도하는 구조를 요구하였다.

3. 인터페이스 및 게임 구성

인터페이스 선택의 핵심은 바닥형 트래킹이었다. Hokuyo 라이다 센서로 사용자의 움직임을 실시간으로 추적하고, 해당 데이터를 Unity 엔진이 처리해 프로젝션 맵핑과 동기화하여 시각화하는 방식으로 구성되었다. 손동작이나 복잡한 제스처보다 다리 움직임을 입력 방식으로 채택한 것은 접근성과 친숙성에 대한 기획적 판단이었다. 지나가던 불특정 관람자가 사전 훈련 없이 즉시 참여하려면 입력 행위가 일상적 행동에 가까워야 하기 때문에 전 연령이 직관적으로 수행할 수 있는 다리 움직임을 채택한 것이다.

미니게임들은 30초 이내에 규칙을 이해할 수 있어야 하고, 경쟁과 협동 요소를 함께 포함해야 하며, 짧은 시간 안

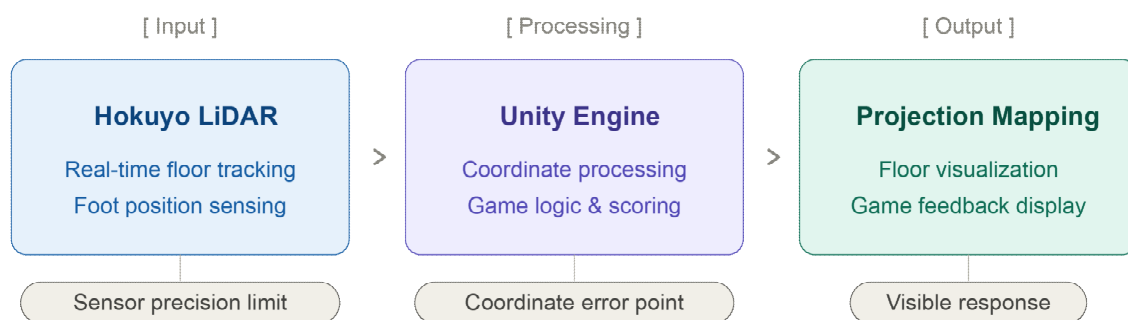


그림 1. LetPle 기술 시스템 구성도. Hokuyo 라이다 센서 → Unity 엔진 → 프로젝션 맵핑의 데이터 흐름과 각 단계의 기술적 역할 및 제약을 나타낸다.

Fig. 1. LetPle technical system architecture. It illustrates the data flow of Hokuyo LiDAR sensor → Unity Engine → projection mapping, along with the technical roles and limitations of each stage.

에 완결되어야 한다는 기준 아래 구성되었다. 각 미니게임은 약 90초 내외로 진행되며, 현재 네 가지 미니게임이 포함되며 전체 체험 시간은 약 10분이다. 즉 참여자는 30초 안에 규칙을 파악하고 약 90초간 플레이를 완결하는 구조로, 이는 진입에 대한 부담을 낮추고 즉각적인 참여를 유도하기 위한 설계이다.

4. 시스템 사양 및 기술적 제약

입력 센서는 사용자의 위치를 평면 좌표로 정확하게 추적할 수 있어야 했다. 이 조건에서 전방의 전신 골격을 인식하는 Kinect는 바닥 위 신체의 좌표를 추적하기에는 적합하지 않아 배제되었고, 평면을 수평으로 스캔해 위치를 좌표로 포착하는 2D 라이다 센서를 입력 구조로 채택하였다.

게임 엔진으로는 Unity 2022.3 LTS를 채택하였고, 이는 안정성에 대한 판단이었다. Hokuyo 센서를 Unity와 연동하는 오픈소스 라이브러리 및 전용 플러그인(SDK) 다수가 수년 전 개발 이후 업데이트가 중단되어 구버전 환경에 맞춰져 있기 때문에 검증된 구버전 LTS를 선택하였다.

기술 구현 면에서는 초기 기획에서 벽면과 바닥을 동시에 센싱하는 방향이 검토되었으나, 작업 환경과 구현 역량의 제약으로 바닥 중심의 트래킹 구조로 축소되었다. 센서의 정밀도 역시 당초 기대보다 낮은 수준에서 운용되어야 했으며, 2인 참여 시 한 사람이 센서를 가렸을 때 발생하는 인식 불가 문제와 Unity 연동 과정의 좌표 오류가 실제 운용 과정에서 확인된 기술적 한계였다.

V. 제작 분석

본 장에서는 4장에서 정리한 설계 의도를 공간 인터페이스, 게임화, 기술 신뢰성으로 나누어 분석한다. 공간 인터페이스는 물리적 공간이 어떻게 사용자의 참여를 유도하는지를, 게임화는 그 안에서 신체 활동이 어떤 의미를 갖는지를, 기술 신뢰성은 설계 의도가 실제 운용 과정에서 어떻게 구현되었는지를 검토한다. 이를 통해 LetPle의 설계 논리와 그 한계를 동시에 드러내고자 한다.

1. 공간 인터페이스 분석

LetPle의 공간 인터페이스는 세 가지 측면에서 분석된다.

첫째, 접근성이다. LetPle의 공간 인터페이스에서 가장 주목할 점은 바닥형 트래킹을 핵심 입력 구조로 선택한 방식이다. 이 선택은 기술적 단순화의 결과가 아니라 접근성과 친숙성에 대한 설계 판단에서 비롯되었다. 불특정 다수의 관람자가 사전 훈련 없이 즉시 참여할 수 있으려면, 입력 방식이 일상 행동과 가까워야 한다. 다리와 발을 활용하는 움직임은 손 제스처보다 직관적이고, 어린이와 노인을 포함한 전 연령대가 같은 방식으로 접근할 수 있다. 또한 별도의 HMD나 컨트롤러, 튜토리얼 없이 신체 움직임만으로 참여가 가능하다는 점은 진입 장벽을 최소화하는 접근성 설계의 핵심이다.

둘째, 직관성이다. Dourish의 논의처럼, 사용자의 행위와 인터페이스가 같은 공간 안에서 조직될 때 체험의 질은 달라진다^[2]. LetPle에서 바닥은 단순한 체험 공간의 바닥이 아

표 1. LetPle 시스템 사양
Table 1. System specifications of LetPle

Category	Item	Specification	Qty
Input	Sensor model	Hokuyo UST-10LX (2D LiDAR)	1
	Scan frequency	40Hz (25ms/scan)	-
Processing	Game engine	Unity 2022.3 LTS	-
	Communication protocol	OSC	-
Output	Video output	Resolume Arena 7.25.4	-
	Display	Beam projector, 4K resolution	2
Space / Operation	Experience space	4m × 3.6m	-
	Projection area	4m × 3.6m	-
	Simultaneous participants	2	-
	Number of mini-games	4 (2 cooperative · 2 competitive)	-
	Play time per game	90sec	-

니라 게임의 실행 조건 자체이다. 특정 구역을 밟으면 해당 칸의 색이 바뀌어 더 많은 칸을 차지해야 하는 땅따먹기형 게임에서 사용자의 발 위치가 곧 점수와 결과를 결정하는 입력이 된다. 타이밍에 맞게 바닥의 발판을 밟아야 점수가 오르는 리듬게임 구성에서는 발의 위치와 타이밍이 동시에 인터페이스의 언어가 된다. 이 구조는 별도의 설명 없이 신체 움직임과 화면 반응의 관계를 직관적으로 이해하게 만든다.

셋째, 참여의 연쇄성이다. 바닥을 활용한 인터페이스의 또 다른 특징은 한 사람의 참여가 다음 참여를 부르는 구조라는 점이다. Brignull과 Rogers는 사람들이 공공 디스플레이 참여를 망설이는 주된 원인이 타인의 시선에 대한 사회적 부담이며, 누군가 먼저 참여하는 장면이 이 부담을 낮춰 새로운 참여를 끌어낸다고 보았다^[9]. Freeman 등 역시 공공 환경에서 전신 기반 상호작용이 참여자의 움직임을 공연적 장면으로 만들어 사회적으로 인식되게 함을 보여주며^[3], Walter는 공공 전시 환경에서 전신 상호작용이 사회적 참여를 촉진한다고 논의한다^[4]. LetPle에서 바닥 위를 적극적으로 이동하는 참여자의 움직임은 그 자체로 공적 퍼포먼스가 된다. 이는 지켜보던 관람자가 규칙을 따로 배우지 않아도 참여 방식을 쉽게 이해하게 만들어, 자연스럽게 다음 참여로 이어진다. 즉 바닥을 활용한 인터페이스는 사용자의 체험이 곧 참여를 촉진하는 가시적 장면으로 전환됨으로써, 전시 공간 안에서 자발적 참여의 연쇄를 만드는 조건이 된다.

2. 게임화 분석

LetPle의 게임화 설계는 세 가지 축을 중심으로 작동한다.

첫째는 규칙의 단순성이다. 미니게임별 규칙이 30초 이내에 이해 가능해야 한다는 기준은 공공 전시 환경의 특성을 직접 반영한다. 지나가던 관람자가 자발적으로 멈추고 참여하려면 진입 비용이 낮아야 하며, 규칙의 즉각적 이해가 가장 중요한 조건이다.

둘째는 협동과 경쟁의 병치이다. Deterding 등이 설명한 게임화 요소 중 협동과 경쟁은 방향이 다른 참여 구조를 형성한다^[1]. LetPle에서 협동 구조의 대표적 사례는 ‘2인 3각 리듬게임’이다. 두 참가자가 한 팀이 되어 음악에 맞춰 바닥에 생성되는 발판을 타이밍에 맞춰 함께 밟는 방식으로, 협력 없이는 점수를 쌓기 어렵다. 경쟁 구조의 대표적 사례는 ‘네모네모 컬러런’으로, 각 참가자가 자신의 구역에서 공격과 방어를 하며 상대방보다 더 많은 칸을 자신의 색으로 뒤집으면 승리하는 구성이다. 두 구조가 공존함으로써 다양한 관계 상황(친구, 가족, 낯선 관람자)에서 진입 방식이 다원화되며, 게임화는 단일한 참여 방식을 강제하는 것이 아니라 다양한 참여 동기를 포용하는 구조로 기능한다(표 2 참조).

셋째는 재도전 욕구 형성이다. 짧은 플레이 시간과 명확한 점수 피드백은 한 번의 체험이 끝난 후 다시 시도하고 싶은 동기를 만든다. 관람자가 한 번만 체험하고 이탈하는

표 2. 4종 미니게임 구조 비교표. 각 게임의 참여 구조, 입력 방식, 완료 조건, 참여 동기 유형을 비교한다. 협동 2종 경쟁 2종의 50:50 구성으로, 다원화된 참여 동기를 포용하는 게임화 설계 논리를 반영한다.

Table 2. Comparison table of the 4 mini-game structures. It compares the participation structure, input method, completion conditions, and type of participation motivation for each game. With a 50:50 composition of 2 cooperative and 2 competitive games, it reflects a gamification design logic that embraces diversified participation motivations.

Game	Participation Structure	Input Method	Victory/Completion Conditions	Participation Motivation Type
NemoNemo Color Run	Competition	Stepping on areas to flip colors	Having more squares in your own color	Competition among unfamiliar visitors
Blue Flag White Flag	Competition	Full-body movement	Occupying a more advantageous position than the opponent	Personal challenge
2-Player 3-Legged Rhythm Game	Cooperation	Stepping on footboards together in time with the music	Achieving a cooperative score	Cooperation among acquaintances/family
Gourd Busting	Cooperation	Team full-body movement	Achieving a common goal	Participation of the group arriving together

것이 아니라 같은 게임을 더 잘하거나 다른 방식으로 시도하는 반복 참여가 발생할 때, 전시 공간의 체류 시간과 참여 밀도가 높아진다.

3. 두 설계 요소의 결합과 기술 신뢰성 분석

LetPle의 가장 중요한 특징은 공간 인터페이스와 게임화 설계가 단순히 병렬로 존재하는 것이 아니라 서로를 강화하는 방식으로 결합된다는 점이다. 바닥형 인터페이스는 몸 전체의 이동을 유도하고, 게임화는 그 이동에 목표와 규칙을 부여한다. 이동의 방식이 곧 게임의 방식이 되며, 규칙이 신체 움직임의 방향과 리듬을 결정한다. 이 구조 속에서 사용자는 인터페이스를 조작한다는 의식보다 게임에 참여한다는 감각을 먼저 갖게 된다.

이 결합은 타겟 관객 설정과도 연결된다. 어린이와 가족 단위 관객을 전제한 설계에서 바닥 기반 이동과 단순 규칙의 결합은 연령 차이를 가로지르는 공통 참여 방식을 만든다. 게임화 요소(점수, 협동, 경쟁)는 다양한 연령대가 각기 다른 방식으로 참여 동기를 찾을 수 있게 한다.

그러나 이 결합의 가능성은 기술적 제약에 의해 부분적으로 제한되었다. 먼저 인식정확도의 문제이다. 센서 정밀도의 한계는 발 위치에 따른 세밀한 점수 차이를 만드는 것을 어렵게 했다. 리듬게임에서 타이밍에 맞게 발판을 밟는 정확성이나, 땅따먹기 게임에서 특정 구역을 정확히 밟

았는지의 구별이 온전히 작동하지 않는 상황이 발생했다. 인식정확도의 불분명함은 곧 게임의 결과로 이어진다. 신체 움직임이 정확하게 반영되지 않았을 때, 참여자는 자신의 활동과 결과(점수) 사이의 불일치를 경험하게 된다.

다음으로 몰입유지의 문제이다. 기술 조건이 게임화의 정밀성을 제한할 때, 게임화 설계의 핵심 구조—신체 움직임의 정확성이 결과에 직접 반영되는 관계—가 의도된 대로 기능하지 못하는 결과가 발생한다. 이 점은 신체 참여 중심 XR 콘텐츠에서 설계 의도와 기술 구현 사이의 간극이 경험 품질에 실질적 영향을 미친다는 사실을 보여준다.

Ⅵ. 논의

1. 공간 인터페이스

Dourish는 사용자의 행위와 인터페이스가 같은 공간 안에서 조직될 때 체험의 질은 달라진다고 보았으나, 공공 전시라는 운영 조건은 다루지 않았다²⁾. 본 연구는 이를 공공 전시 환경에 적용하여, 바닥형 인터페이스가 접근성·직관성·참여의 연쇄성을 동시에 충족시킬 수 있음을 확인하였다.

특히 참여의 연쇄성은 Brignull과 Rogers가 제기한 공공 장소에서 참여에 대한 진입 장벽 문제⁹⁾와 직접 연결된다.

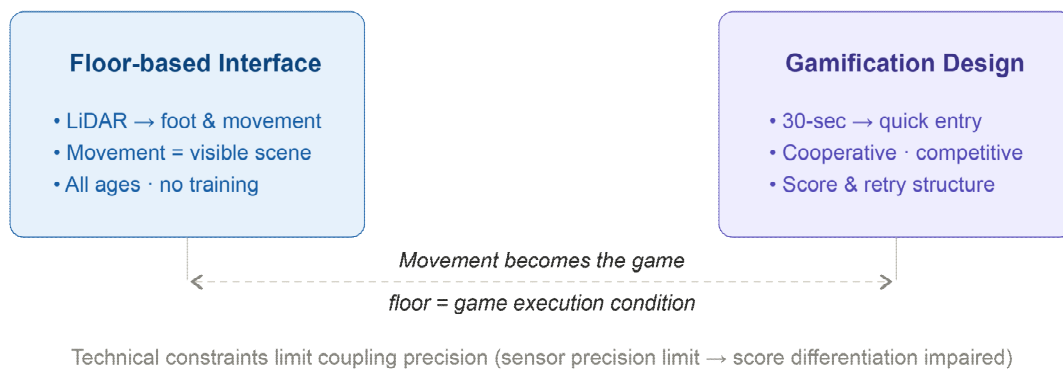


그림 2. 공간 인터페이스와 게임화의 결합 구조 다이어그램. 바닥형 공간 인터페이스와 게임화 설계가 서로를 강화하는 방식과 기술적 제약이 이 결합의 가능성을 제한하는 지점을 함께 나타낸다.

Fig. 2. Diagram of the integration structure between the spatial interface and gamification. It illustrates how the floor-based spatial interface and gamification design mutually reinforce each other, as well as the points where technical constraints limit the potential of this integration.

Brignull과 Rogers는 공공 디스플레이 참여를 제한하는 사회적 부담을 어떻게 낮출 것인가를 핵심 과제로 보았으나, 인터페이스를 화면형 디스플레이로 한정하였다. 본 연구는 이를 전신 인터페이스로 확장하여, 참여자의 신체 활동이 그 자체로 퍼포먼스화되어 주변 관람자의 사회적 부담을 낮추고 다음 참여를 유도하는 구조를 확인하였다.

2. 게임화

5장에서 분석한 LetPle의 게임화 설계-규칙의 단순성, 협동·경쟁의 병치, 재도전 욕구 형성-는 기존 게임화 논의와 견주어 볼 때 많은 새로운 논의 지점을 찾을 수 있다. Deterding 등은 점수·규칙·협동·경쟁 같은 요소가 사용자 참여를 조직한다고 정의했으나, 그 요소가 신체 이동이라는 입력과 결합할 때의 작동 방식은 다루지 않았다^[1]. 본 연구는 LetPle 분석을 통해, 단순한 규칙과 협동·경쟁 구조가 신체 이동과 결합될 때 신체 움직임 자체가 곧 게임의 규칙이 되는 통합 구조를 형성함을 확인하였다. 예컨대 ‘네모네모 컬러런’에서 특정 칸을 밟는 신체 행위는 입력 수단인 동시에 영역을 차지한다는 게임 목표 그 자체이며, 손으로 조작하는 별도의 입력 단계가 존재하지 않는다.

한편 LetPle이 가진 협동·경쟁의 병치 구조는 Staiano와 Calvert가 제시한 Exergame 논의-협동과 경쟁 구조가 참여 지속성에 기여한다-를 공공 전시라는 새로운 환경에서 재확인한 것이다^[8]. 기존 Exergame 연구가 대체로 통제된 실험 환경을 전제해 온 것과 달리, 본 연구는 이 논의가 불특정 다수가 오가는 운영 환경에서도 성립함을 보였다는 점에서 기여를 갖는다. 나아가 본 연구는 그 성립의 전제 조건, 즉 신체 움직임의 정확성이 게임 결과에 반영되어야 한다는 조건까지 함께 밝혔다.

3. 기술 신뢰성

LetPle의 공간 인터페이스와 게임화 설계는 서로를 강화하는 방식으로 결합되었으나 기술적 한계로 인해 그 결합이 부분적으로 제한되었다. tom Dieck 등은 공공 전시 환경에서 기술적 몰입도보다 심미적 경험과 기억 형성이 관람자 참여를 더 강하게 매개함을 주장했다^[6]. 이는 높은 기술

사양이 곧 좋은 경험을 보장하지는 않음을 시사한다. 본 연구는 이 논의에 한 가지 측면을 더한다. 기술 사양의 높낮이와 별개로, 설계 의도가 참여자에게 온전히 전달되기 위해서는 기술 신뢰성-인식정확도·공정성·몰입유지-이 확보되어야 한다는 점이다. LetPle에서 센서 정밀도의 한계와 가림 현상(occlusion)은 신체 활동이 게임 결과에 반영되는 연결을 부분적으로 끊었고, 이는 게임화의 핵심 작동 원리를 약화시켰다.

이러한 약화의 과정은 Hunnicke 등의 MDA(Mechanics·Dynamics·Aesthetics) 프레임워크로 설명된다^[10]. MDA는 게임을 규칙(Mechanics), 그 규칙이 만들어내는 전개(Dynamics), 사용자가 느끼는 경험(Aesthetics)의 세 단계로 구분하며, 설계자는 규칙에서 출발하지만 사용자는 그 반대로 경험을 먼저 느끼고 규칙은 직접 의식하지 않는다고 본다. 이 관점에서 LetPle를 보면, 규칙(Mechanics) 단계에서 발생한 센서 인식 오류는 사용자에게 기술적 결함이 아니라 ‘밟았는데 반응하지 않는다’는 재미와 몰입의 손상으로 체감된다고 해석할 수 있다. 기술적 한계가 단순한 결합에 그치지 않고 경험 품질을 직접 좌우하는 이유가 여기에 있다.

따라서 본 연구는 공공 전시형 XR 콘텐츠 설계에서 공간 인터페이스, 게임화, 기술 신뢰성이 분리된 요소가 아니라 통합적으로 고려되어야 할 단일한 설계 과제임을 시사한다. 세 요소 중 어느 하나가 확보되지 않으면 나머지의 설계 논리도 온전히 실현되지 못하기 때문이다.

Ⅶ. 결 론

이 연구는 LetPle 사례 분석을 통해, XR 기반 체험형 콘텐츠에서 공간 인터페이스와 게임화 설계가 어떻게 결합되어 신체 참여 중심의 경험을 조직하는지를 살펴보았다. 분석 결과, LetPle는 Hokuyo 라이다 센서 기반의 바닥형 트랙킹을 핵심 입력 구조로 채택하여 접근성과 신체 친숙성을 확보하였고, 30초 규칙 학습, 협동(2인 3각 리듬게임, 박 터트리기)·경쟁(네모네모 컬러런, 청기백기)의 병치, 재도전 구조를 통해 불특정 다수의 반복 참여를 유도하였다. 두 설계 요소는 이동의 방식이 게임의 방식이 되는 구조 안에서

서로를 강화하는 방식으로 결합되었다.

이 사례는 공간 인터페이스와 게이미피케이션 결합의 가능성과 한계를 동시에 드러낸다. 설계 의도 차원에서 두 요소의 결합은 신체 참여 중심의 공공 체험 경험을 형성하는 데 유효한 논리를 제공한다. 그러나 센서 정밀도의 한계로 인한 인식 오류와 좌표 불일치는 게이미피케이션의 핵심 구별-신체 움직임의 정확성이 결과에 반영되는 관계-을 부분적으로 무력화하였다. 공간 인터페이스와 게이미피케이션의 결합이 의도한 대로 작동하려면, 기술 구현의 신뢰성이 설계 논리와 함께 확보되어야 한다.

본 연구는 다음과 같은 학술적 의의를 갖는다. 첫째, 신체화된 상호작용 논의와 게이미피케이션 논의를 공공 전시형 신체 참여 콘텐츠라는 구체적 맥락에서 결합하여 분석하였다. 둘째, 주로 통제된 환경을 전제해 온 기존 Exergame 연구와 달리, 실제 운영 환경에서도 협동·경쟁 구조가 참여를 지속시킨다는 논의가 성립함을 확인하였다. 셋째, 공공 전시 XR 콘텐츠의 공간 인터페이스·게이미피케이션·기술 신뢰성을 통합적으로 검토하는 분석 관점을 제시하였다.

다만 본 연구는 단일 사례 분석이라는 한계를 가지며, 사용자 경험을 직접 측정할 자료가 없다는 점에서 분석의 범위에 제약이 있다. 후속 연구에서는 복수의 공공 전시 XR 콘텐츠를 비교하거나, 실제 참여자의 경험 데이터를 포함한 분석을 통해 공간 인터페이스와 게이미피케이션 결합의 효과를 보다 체계적으로 검토할 필요가 있다.

참 고 문 헌 (References)

- [1] S. Deterding, D. Dixon, R. Khaled, and L. Nacke, "From game design elements to gamefulness: Defining gamification," *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments*, pp. 9-15, Sept. 2011.
doi: <https://doi.org/10.1145/2181037.2181040>
- [2] P. Dourish, *Where the Action Is: The Foundations of Embodied Interaction*, MIT Press, Cambridge, MA, 2001.
doi: <https://doi.org/10.7551/mitpress/7221.001.0001>
- [3] D. Freeman, N. LaPierre, F. Chevalier, and D. Reilly, "Tweeteris: A study of whole-body interaction during a public art event," *Proceedings of the 9th ACM Conference on Creativity & Cognition (C&C '13)*, Sydney, Australia, pp. 224-233, June 2013.
doi: <https://doi.org/10.1145/2466627.2466650>
- [4] R. Walter, "Whole body interaction with public displays," *CHI '15 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, Apr. 2015.
doi: <https://doi.org/10.1145/2702613.2702614>
- [5] R. Raskar, G. Welch, and H. Fuchs, "Spatially augmented reality," *Proceedings of the First IEEE International Workshop on Augmented Reality (IWAR '98)*, San Francisco, CA, pp. 11-20, Nov. 1998.
Retrieved from: <https://dl.acm.org/doi/10.5555/322690.322696>
- [6] M. C. tom Dieck, T. H. Jung, and P. A. Rauschnabel, "Determining visitor engagement through augmented reality at science festivals: An experience economy perspective," *Computers in Human Behavior*, Vol. 82, pp. 44-53, 2018.
doi: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.12.043>
- [7] F. Mueller, D. Edge, F. Vetere, M. R. Gibbs, S. Agamanolis, B. Bongers, and J. G. Sheridan, "Designing sports: A framework for exertion games," *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '11)*, Vancouver, Canada, pp. 2651-2660, May 2011.
doi: <https://doi.org/10.1145/1978942.1979330>
- [8] A. E. Staiano, A. A. Abraham, and S. L. Calvert, "Competitive versus cooperative exergame play for African American adolescents' executive function skills: Short-term effects in a long-term training intervention," *Developmental Psychology*, Vol. 48, No. 2, pp. 337-342, Mar. 2012.
doi: <https://doi.org/10.1037/a0026938>
- [9] H. Brignull and Y. Rogers, "Enticing people to interact with large public displays in public spaces," *Proceedings of INTERACT '03: IFIP TC13 International Conference on Human-Computer Interaction*, Zurich, Switzerland, pp. 17-24, Sept. 2003. Retrieved from: <https://www.semanticscholar.org/paper/d6efdb72cd01c995a978cd19063e6de0d438d673>
- [10] R. Hunnicke, M. LeBlanc, and R. Zubek, "MDA: A formal approach to game design and game research," *Proceedings of the AAAI Workshop on Challenges in Game AI, 2004*. Retrieved from: <https://aaai.org/papers/ws04-04-001-mda-a-formal-approach-to-game-design-and-game-research/>

저 자 소 개



장 한 술

- 2022년 2월 : 서울예술대학교 연극전공 학사
- 2020년 3월 ~ 현재 : Art Company UNDECEMBER 대표
- 2026년 3월 ~ 현재 : 중앙대학교 첨단영상대학원 예술공학 석사과정
- ORCID : <https://orcid.org/0009-0006-7055-9135>
- 주관심분야 : 인공지능 예술, 미디어아트, 공연예술, XR



한 상 임

- 2013년 : School of the Art Institute of Chicago BFA
- 2017년 : University of California Los Angeles MFA
- 2025년 3월 ~ 현재 : 조교수, 중앙대학교 첨단영상대학원
- ORCID : <https://orcid.org/0009-0008-5134-5275>
- 주관심분야 : 인공지능 예술, 미디어아트, 현대미술, 게임엔진