



특집논문 (Special Paper)

방송공학회논문지 제29권 제5호, 2024년 9월 (JBE Vol.29, No.5, September 2024)

<https://doi.org/10.5909/JBE.2024.29.5.546>

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

가상 객체를 통한 음악 합성 기반의 인터랙티브 VR 돌탑 체험 연구

박주영^{a)}, 정희용^{b)}, 신춘성^{c)†}

Research on Interactive VR Pagoda Experience Based on Music Synthesis Using Virtual Objects

Juyoung Park^{a)}, Hieyong Jeong^{b)}, and Choonsung Shin^{c)†}

요 약

가상현실 기술은 기존의 체험과는 다른 차원의 현실감을 제공하며, 이를 통해 사용자는 보다 새로운 경험을 할 수 있는 기술로 성장하고 있다. 이에 본 논문은 사용자가 가상 돌 객체를 활용해 음악을 합성하는 과정을 통해 가상공간에서 음악을 공감각적으로 체험할 수 있는 음악 합성 기반의 인터랙티브 VR 돌탑 체험 콘텐츠를 제안한다. VR 돌탑 콘텐츠는 일반 사용자가 가상현실 콘텐츠를 쉽게 체험할 수 있도록 전통적인 소재인 돌탑을 바탕으로 하였으며, 손 기반의 자연스러운 상호작용을 바탕으로 돌탑을 쌓아가면서 음악 합성이 가능하게 하였다. 구현을 위해 유니티 환경과 Oculus Quest2를 활용하였으며, 소규모 전시장에서 일반 사용자들을 대상으로 하여 만족도를 평가하였다. 본 연구는 현실 공간에서의 소리의 원리를 가상공간의 3차원에서 구현하는 것에 초점을 맞추며, 전통문화와 기술, 음악의 연결을 통해 보편적 향유와 문화기술 발전을 위한 VR 콘텐츠 활성화에 기여할 것으로 예상된다.

Abstract

Virtual reality technology provides a different level of realism than existing experiences, and it is growing as a technology that allows users to experience new experiences. Therefore, this study proposes an interactive VR stone tower experience content based on music synthesis that allows users to experience music in a virtual space through the process of synthesizing music using virtual stone objects. The VR stone tower content is based on stone towers, a traditional material for general users to easily experience virtual reality content, and enables music synthesis while building stone towers based on natural hand-based interaction. We utilized the Unity environment and Oculus Quest2 for implementation, and evaluated the satisfaction of general users in a small exhibition hall. This research focuses on implementing the principle of sound in real space in the three dimensions of virtual space, and is expected to contribute to the activation of VR content for universal enjoyment and cultural technology development through the connection of traditional culture, technology, and music.

Keyword : VR, Sound, Cultural Technology, Cultural Content, Korean Traditional Culture

1. 서론

가상현실 기술이 발전됨에 따라 고정된 장소에 설치된 대형 환경의 체험에서 이제는 개인이 이동하면서 향유할 수 있는 가상현실 콘텐츠로 더욱 확장되고 있다. 특히 글로벌 기업은 가볍고 고품질이면서도 이동이 가능하고, 자연스러운 상호작용이 가능한 HMD (Head Mounted Display)를 출시하고 있어 콘텐츠의 경험이 더욱 향상되고 있다. 글로벌 기업인 HTC는 Vive를, META는 Oculus Quest를 출시하였는데, 이 기기들은 HMD 위치 추적, 손 상호작용, See-Through 등의 기능을 갖추고 있어 사용자들이 이동하면서 가상공간을 적극적으로 활용하면서 체험이 가능해지고 있다. 이러한 가상현실의 기술적 향상은 개인 사용자들이 게임과 엔터테인먼트 콘텐츠를 단순히 고정된 장소에서 체험하는 것을 넘어 더욱 높은 수준의 몰입과 체험을 할 수 있게 되었다. 이에 따라 개인 사용자를 위한 가상현실 콘텐츠가 더욱 확대될 것으로 예상된다.

개인을 위한 가상현실 콘텐츠는 주로 게임과 엔터테인먼트 등 시각적 요소를 중심으로 연구가 활발히 진행 되어왔다. 초기 가상현실은 노래방, 메이크업, 게임 분야 등으로 특정 사용자 층을 위한 가상현실 콘텐츠가 연구되었으며, 게임이나 엔터테인먼트는 VR 기기에 익숙하거나 빠르게 적응이 가능한 세대를 대상으로 하거나 특수한 목적을 가지고 개발되었다. 최근에는 게임이나 엔터테인먼트보다도 일반적인 사용자를 위한 가상현실 콘텐츠로 문화적 요소를 반영한 콘텐츠 연구도 진행되고 있는데 대부분 문화재를 바탕으로 복원과 보존을 위함으로써 문화재의 가치와 의미

를 전달하는 데 의미가 있다. 하지만 본 논문에서는 특수한 목적성, 특정 사용자에게 집중되기보다 VR의 콘텐츠가 확대되고 보편화되는 것을 목적으로 일반 사용자, 일상적인 콘텐츠와 연구를 하고자 한다.

표 1과 같이 가상현실 적용 분야들을 살펴보면 각 분야의 VR은 대부분 ‘가상공간에 회의장, 파티장 등을 구현’, ‘가상의 공간에서 경기 체험’, ‘건축물 미리보기’, ‘역사적 장소를 구현’ 등과 같이 시각적 몰입감을 높이기 위한 기술에 치중되어 있음을 알 수 있다.

또한, ‘VR 체험 콘텐츠’로 검색 후, 분야별 연구를 살펴봤을 때 ‘VR 전시’, ‘공포 영화’, ‘VR 키오스크’, ‘소방체험’, ‘대피경로’ 등과 같이 시각적인 요소의 연구들이 대부분인 것을 알 수 있다. 이처럼 청각적 요소는 사용자의 몰입감을 높이고, 현실감을 증대시키는 데 중요한 역할을 하며 가상현실에서 사용자가 경험하는 몰입감과 체험의 풍부함을 제한할 수 있는 문제로 이어질 수 있다. 하지만 김호남 등의 연구를 보면 인터랙티브 VR 환경에서 사운드 출력 방식의 중요성을 강조하면서, 영상이 사용자의 움직임과 위치에 따라 실시간으로 변화하는 반면, 사운드는 이러한 변화에 충분히 반응하지 못하는 문제를 지적하였다²⁾. 이처럼 청각적 요소는 사용자의 몰입감을 높이고, 현실감을 증대시키는 데 중요한 역할을 하며 가상현실에서 사용자가 경험하는 몰입감과 체험의 풍부함을 제한할 수 있는 문제로 이어질 수 있다.

따라서 본 연구는 이러한 필요성을 충족시키기 위해, 청각적 요소와 시각적 요소를 통합한 가상현실 콘텐츠의 개발에 중점을 두며, 가상 객체와 음악 합성 기술을 결합하여 전통적인 돌탑 경험을 현대적으로 재해석하여 기술, 음악의 연결을 통해 보편적 향유를 위한 사운드 기반 인터랙티브 VR 콘텐츠를 제안한다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. II장은 일반 사용자가 대상이 될 수 있는 VR 콘텐츠의 시각적 청각적 콘텐츠 연구 동향을 살펴보고, III장은 가상 객체를 활용한 인터랙티브 VR 체험 콘텐츠를 소개한다. IV장은 제안한 인터랙티브 VR 체험 콘텐츠에 대한 구현 및 평가에 대해 기술하고, V장에서는 향후 연구와 함께 결론을 맺는다.

a) 전남대학교 일반대학원 문화학과(Graduate School, Department of Cultural studies, Chonnam National University)

b) 전남대학교 AI융합대학 인공지능학부(Department of Artificial Intelligence Convergence, Chonnam National University)

c) 전남대학교 문화전문대학원 (Graduate School of Culture, Chonnam National University)

‡ Corresponding Author : 신춘성(Choonsung Shin)

E-mail: cshin@jnu.ac.kr

Tel: +82-62-530-4092

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2384-4022>

· Manuscript July 17, 2024; Revised August 20, 2024; Accepted August 21, 2024.

표 1. 가상현실 적용 분야^[1] 재정리
Table 1. VR Application Field^[1]

Field	Overview
Game	Enhancing immersion by providing a three-dimensional game space that is difficult to implement with existing two-dimensional flat devices such as smartphones and dedicated gaming consoles.
Entertainment	Promoting changes in content consumption patterns across the entertainment industry, including games, broadcasting, movies, theme parks, and live performances.
Communication	Creating virtual spaces for meetings, parties, etc., allowing users from around the world to interact without physical distance barriers.
Sports	Proposing new methods to enhance athletes' competitiveness by reproducing games in virtual spaces, conducting training programs, and more.
Architecture	Verifying designs, previewing buildings, and validating stability in various ways before actual construction, reducing unnecessary costs.
Education	- Visualizing concepts in specialized fields such as science, technology, and medicine, and implementing them in virtual reality to reduce educational costs. - Overcoming temporal and spatial barriers by recreating historical sites, thereby vividly conveying expert knowledge.

표 2. 가상현실 적용 연구
Table 2. VR Application Research

Field	Research
Game	A score-based game combining shooting games and chemistry
Entertainment	Development of horror movie experience content Development of VR exhibition content
Communication	VR kiosk simulation
Sports	Promotion of dance and choreography VR content
Architecture	VR content for construction job safety education
Education	Development of fire safety training content Development of VR content for evacuation route guidance

II. 선행 연구

대부분의 가상현실 기반의 인터랙티브 체험 콘텐츠는 시각을 중심으로 연구가 진행 되어왔다. 먼저 유건우는 이스라엘의 관광지를 VR을 통해 체험하는 콘텐츠를 제안하고, 사용자 만족도를 조사하였으며^[3], 함초롬은 궁중 기록화를 바탕으로, 본래 그림의 시간에 따른 변화를 5개의 VR 씬으로 구성하여 사용자가 컨트롤러를 통해 감상할 수 있는 맥락적 체험형 궁중 기록화 가상현실 콘텐츠를 제안하였다^[4]. 이 외에도 가상현실과 전통문화를 결합한 다양한 콘텐츠

개발이 진행되었으며, 문화재 복원과 향토 문화 교육 프로그램, 전통 복식 디자인 개발, 박물관의 가상현실 활용 방안, 역사 문화재의 디지털 디스플레이 설계 등에 관한 방향을 제안하였다^[5].

또한 가상현실에서의 시각적 경험뿐만 아니라 청각을 융합하기 위한 연구가 제안되었다. Ronan Gaugne는 음악사적 체험을 위한 시스템으로 EvoluSon을 제안하였는데, 서양 음악사의 주요 시대를 시각적, 음악적으로 탐험하는 가상현실 콘텐츠로 마법 지팡이와 같은 도구를 통해 상호 작용하며, 가상공간에서 음악에 관한 정보와 여러 시대의 음악 요소를 합성하는 체험을 제공한다^[6]. 이는 가상현실에서의 청각적 체험과 사용자의 능동적인 행동과 상호작용을 통해 음악 현상을 체험하기 위한 새로운 방향을 제시하였다. 가상현실에서의 청각적 체험과 관련한 연구로는 대표적인 VR 음악 리듬게임인 Beat Saber를 대상으로 연구가 진행되었는데, Marshall McLuhan의 매개와 인간 확장의 개념, 그리고 음악 게임의 인터랙티브 요소를 VR 디바이스의 3D 공간적 특징에 맞춘 인터랙션을 분석하였다^[7]. 또한 최재란은 증강현실 기반 인터랙티브 소리합성 게임인 AR Ghost를 제안하였다. 이 연구는 공간음향을 따라 유령의 모양을 바꾸어 소리를 만들어내는 게임으로 공간 기반의 가상 객체를 체험함으로써 음악 합성을 체험하는 AR 연구이며, 유물과 연결된 스토리 체험과 음악 요소인 음높이, 음색

등을 통해 공간음향을 체험하게 하였다^[8].

이처럼 음악 요소를 결합한 VR 및 AR 콘텐츠는 3D 공간의 입체 음향을 기반으로 구성되며, 컨트롤러와 인터랙션 인터페이스를 통한 스토리 체험이 중요한 역할을 한다는 것을 알 수 있다. 따라서 본 연구는 청각 요소가 가상현실의 핵심 요소로 구성될 수 있도록 사용자의 행동과 상호작용을 통해 음악 요소를 합성하고 전통문화를 체험하는 형태의 VR 콘텐츠를 제안한다.

III. 음악 합성 기반의 인터랙티브 VR 돌탑 체험

1. 인터랙티브 VR 돌탑 체험 콘텐츠 개념

본 연구는 VR 확산 초기 단계에서 일반인들이 쉽게 VR을 접할 수 있는 콘텐츠 소재를 위해 일상생활에서 쉽게 발견할 수 있으며, 자연스러운 행동을 유발하는 ‘돌탑 비보’를 소재로 한다. ‘돌탑 비보’는 일상 소재이자 우리나라 전통의 민속문화로 일상 소재이지만 의미가 담겨 있어 다양한 세대가 함께 참여하고 공감할 수 있다. 연구의 주요 콘텐

츠 요소인 비보(裨補)는 자연을 인위적으로 가다듬는 방법 중 하나로 특히 ‘돌탑 비보’는 지리적 결함을 보완하고 돌을 쌓는 행위에는 염원과 소망의 의미가 담겨 있다^[9]. 비보적 의미의 돌탑 쌓기는 주로 노년 세대에서 이루어지며, 개인 혹은 인류에게 염원을 담고 있다^[10]. 노년 세대는 주로 고행을 행하거나 소원을 비는 수행적 역할을 하며, 한국의 절과 유명 산에는 수많은 돌탑이 쌓여 있는 것을 볼 수 있다.

이러한 비보의 의미를 담은 인터랙티브 VR 돌탑 체험 콘텐츠를 통해 아동 및 청소년 세대와 노년 세대가 돌탑을 쌓는 과정으로 아동 및 청소년 세대는 노년 세대의 전통 민속문화인 돌탑의 의미를 체험하고, 노년 세대는 음악 요소를 융합한 VR 체험을 통해 새로운 실감형 콘텐츠를 향유할 수 있으므로 다양한 세대가 보편적으로 향유할 수 있는 콘텐츠로서의 역할이 가능할 것으로 보인다.

‘돌탑 비보’를 바탕으로 한 인터랙티브 VR 돌탑 체험 콘텐츠는 가상공간과 함께 직관적인 인터랙션을 통해 이루어진다. 가상현실 환경에서 사용자들은 돌을 찾기 및 줍기, 돌탑 쌓기 과정을 통해 돌탑을 완성하게 된다. 또한 현실 공간의 돌탑을 쌓는 경험과 비교해서 VR에서는 더욱 몰입하고 실감나는 경험을 할 수 있도록 VR 돌의 시각적 측면과 함께 청각적 요소를 위해 돌과 돌탑에 음악 요소가 융합

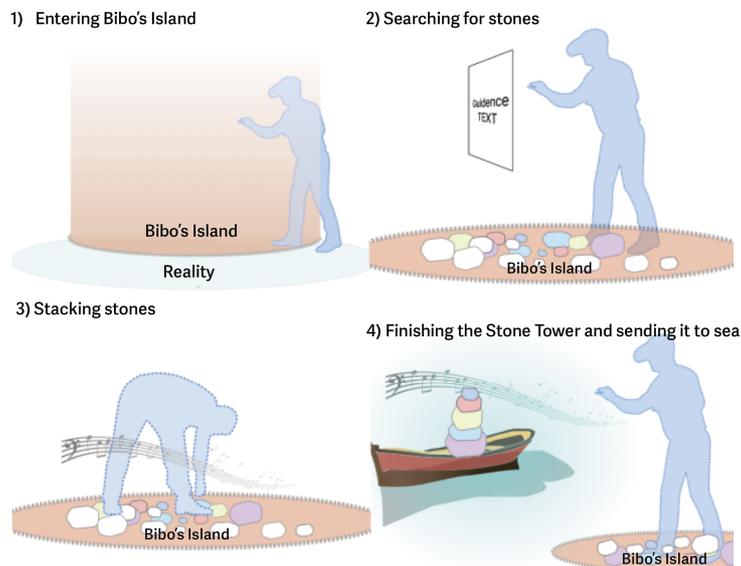


그림 1. 차례로 비보의 섬 입장하기, 돌 찾기, 돌쌓기 등의 과정
 Fig. 1. Entering Bibo's Island, searching for stones, stacking stones, and so on

된다.

돌탑 체험 콘텐츠의 예제 시나리오는 다음과 같다. 먼저 가상의 공간 ‘비보(裨補)의 섬’으로 입장하는 단계로 시작한다. 입장 단계에서는 시작의 의미로 비보의 섬에서 수행해야 할 임무를 부여받는다. 임무는 여러 가지가 가능한데, 예를 들면 정해진 형태의 돌탑을 시간 내에 쌓아 염원을 배에 태워 보내야 하거나, 사운드 요소가 융합된 돌을 자유롭게 쌓는 등의 임무를 들 수 있다. 돌을 찾기 위해 몸을 굽히거나 제스처를 취하면 돌에서 흘러나오는 음악 요소와 돌 객체의 색 유무, 돌의 크기를 통해 사용자는 음악 요소에 적절한 돌을 쌓을 수 있다. 마지막 단계로 돌탑을 완성하면 바다로 띄워 보내는 과정을 통해 체험을 종료하게 된다.

2. 음악 요소 합성과 직관적 상호작용 기반 인터랙티브 VR 체험 콘텐츠 설계

음악 요소의 합성에 있어서 돌 객체에 입혀진 소리의 원리는 음악의 기본 박자를 이루는 타악기(Percussion) 레이어가 돌탑의 주춧돌 역할을 하며, 가장 큰 돌 모양으로 구성 되어있다. 차례로 화성(Harmony) 레이어, 선율(Melody) 레이어, 마지막으로 사운드 효과(Sound FX) 레이어를 쌓아 음악 요소를 합성할 수 있다.

그림 2와 같이 타악기 레이어(P돌_보라색)는 드럼 세트의 소리를 담고 있으며, 화성 레이어(H돌_노란색)는 스트

링(관현악)을 이루고 있다. 또한 선율 레이어(M돌_분홍색)는 같은 음을 가진 높낮이가 다른 유니즌(Unison)으로 구성하여 아리랑의 주선율을 연주한다. 마지막으로 사운드 효과(S돌_하늘색)는 전체적인 음악 요소를 조화롭게 하는 역할을 한다. 이와 같은 음악 합성의 원리는 소리 합성의 방법으로 벽돌을 중첩시켜 집을 짓는 듯 소리를 쌓는 ‘부가 합성(Additive synthesis)’ 개념과도 유사하며^[11], 음악의 원리에서 악기 레이어가 수직적으로 쌓이는 악보의 형태와도 유사한 모양을 갖는다. 각 레이어가 갖는 음악적 특성과 소리의 크기에 따라 돌의 모양은 크거나 작아지는 형태를 갖으며 각각의 요소에 맞는 색깔을 가지고 있다.

음악 요소를 담고 있는 VR 돌 객체는 사용자들이 손이나 컨트롤러를 통해 집어서 이동시킬 수 있으며 돌을 가까이 가져오거나, 주변에 있으면 각각의 요소에 대한 소리를 들을 수 있다. 돌탑을 쌓는 공간은 가상공간에서 중심 영역이며, 사용자들이 돌을 이동시켜 쌓아나갈 수 있다. 자연스러운 상호작용은 손과 컨트롤러로 가능한데, 손은 아무런 장치 없이 직접 가상 객체를 잡고 이동시킬 수 있는 반면 컨트롤러는 Raycast를 통해 객체를 잡고 이동시킬 수 있다.

돌탑 VR 환경에서의 음악 합성을 위한 상호작용은 컨트롤러와 핸드 인터랙션을 사용하여 가상 객체인 돌을 쌓는 행동을 통해 음악을 생성한다. 사용자는 각 음악 요소에 대한 이해를 통해 돌의 크기와 색깔 등으로 음악을 직관적으로 완성할 수 있다. VR 환경에서는 음악이 현실 공간과 비

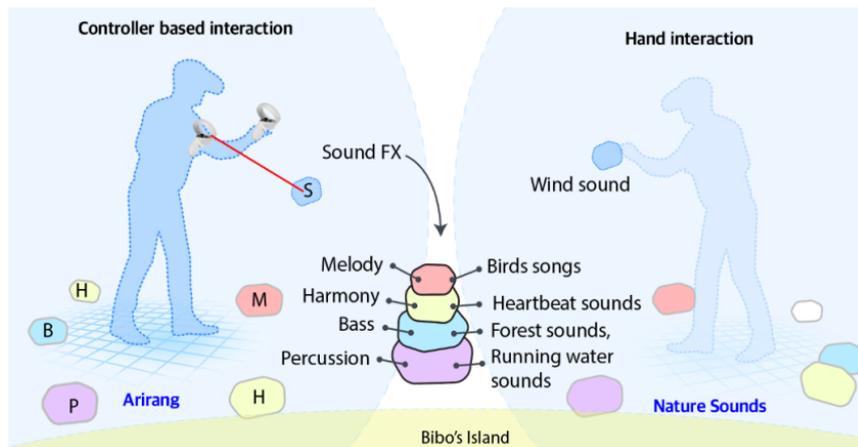


그림 2. 음악 융합 VR 몰입형 콘텐츠 디자인 개념도
 Fig. 2. Conceptual diagram of music convergence VR Immersive content design

슷한 음악적 효과를 나타내며, 음악 요소가 담긴 돌 오브젝트가 사용자와 가까워지면 크게 들리고 멀어지면 작게 들리는 효과가 나타난다. 이는 Unity의 Audio Source의 거리 함수를 사용하여 3D 공간음향을 통해 구현하였다. VR 환경에서 공간 기반 3D 음향을 활용하여 소리의 음량으로 오브젝트의 거리를 파악하고 돌 오브젝트를 찾아낼 수 있다.

IV. 구현 및 평가

1. 콘텐츠 구현

음악 합성 기반의 인터랙티브 VR 돌탑 체험 콘텐츠를 위해 Oculus Quest2를 이용하였으며, 그래픽 엔진으로 Unity 2022.3.2.f1과 Oculus Intergration SDK를 활용하였다. 돌탑 쌓기가 가능하도록 다양한 VR 돌 객체를 제작하였는데, 각각의 돌은 음악요소 중 한가지를 가지고 있으며 그에 따른 색과 크기를 갖도록 구성하였다. 또한, 돌탑을 수직으로 쌓을 수 있도록 Box Collider, Mesh Collider와 Gravity의 물리 효과를 적용하였다.

돌의 크기는 음악 요소의 특성에 맞춰 설정되었다. 낮고 묵직한 소리를 가진 타악기와 베이스는 높은 중력 효과와 큰 크기로 설계해 무겁게 느껴지도록 하였으며, 반면에 높고 가벼운 소리를 가진 선율 악기는 낮은 중력 효과와 작은 크기로 설계해 가볍게 느껴지도록 구성하였다. 이와 같은 기준으로 설계된 돌은 총 5가지의 유형으로 이루어져 있으며, 사용자는 다양한 크기의 돌을 골라 쌓게 된다. 이에 5가지 유형의 음악 요소를 가진 돌을 차례로 쌓아 돌탑을 완성할 수 있다. 이는 음악 요소가 모두 합성된 하나의 곡의 완성을 의미하기도 한다.

VR 체험자는 콘텐츠의 개념인 비보의 이름을 딴 가상의 ‘비보(裨補)의 섬’에서 컨트롤러를 통한 음악 돌탑 유형과

핸드 인터랙션을 통한 사운드 돌탑 유형으로 두 가지 유형의 VR 콘텐츠를 경험할 수 있도록 구성하였다. 각 유형의 공간은 3m의 원을 벗어나지 않게 하여 각 유형의 체험에 있어 각자의 영역이 겹치지 않게 구성하였다. 구현 단계에서 컨트롤러와 핸드 인터랙션을 같은 음악 요소를 입력 진행할 예정이었지만, 핸드 인터랙션에서 음악 재생 시 하드웨어의 한계로 테이프처럼 늘어지는 현상이 발생하였다. 그러므로 충분한 소리 품질을 보장되도록 핸드 인터랙션에서는 짧은 길이로 이루어진 새소리, 숲소리, 물 흐르는 소리 등 자연의 소리를 편집 후 루프로 재생하여 각각의 돌에 입력될 오디오 파일을 제작하였다. 따라서 제안한 돌탑 인터랙티브 VR 콘텐츠는 상호작용 방식에 따라서 다음과 같은 형태로 구현하였다.

첫 번째 유형인 아리랑의 음악 요소를 활용한 음악 돌탑 유형에서는 컨트롤러 기반 상호작용을 통해 돌을 쌓는다. 아리랑 음악을 이루는 각 파트별 음악 요소가 입력된 돌 객체를 가상공간 내의 돌탑 완성 예시 사진을 참고하여 돌탑을 쌓는 동시에 아리랑 음악을 완성할 수 있도록 유도한다. 두 번째 사운드 돌탑 유형의 핸드 기반의 인터랙션을 이용하여 음악과 섬 주변의 바닷소리, 새소리, 바람 소리, 심장박동 소리 등의 자연에 기반한 사운드 요소를 적용하였다. 두 유형 모두 소리가 입력된 객체는 거리에 따른 공간 음향을 경험할 수 있으며, 색을 통해 소리의 유무를 구분할 수 있다. 가상의 비보의 섬에 입장하기, 비보의 섬에 흩어진 돌 찾기, 사운드 요소를 들으며 돌 쌓기, 시간 안에 돌탑을 완성하고, 바다로 보내는 과정을 통해 체험이 가능하다.

사용자는 각각의 유형의 콘텐츠에서 비보의 섬에 입장하고, 음악요소가 입력된 색깔이 있는 돌을 움직임에 따라 청각적으로 느끼며 찾을 수 있다. 돌탑을 만드는 행위는 콘텐츠의 시작이자 끝을 의미하며, 가상환경에서의 돌은 실제 돌보다 비교적 규칙적인 다각형의 3D 객체로 표현하였다.

표 3. 콘텐츠 유형분류

Table 3. Content Type Classification

Composition	Music Pagoda	Sound Pagoda
Manipulation Methods	Button manipulation using the controller	Manipulation through realistic hand interaction
Music Synthesis Elements	Basic elements of music such as percussion, harmony, melody, and sound effects	Natural sounds such as bird songs, forest sounds, running water sounds, and heartbeat sounds



그림 3. 컨트롤러 유형의 돌쌓기 모습 (좌) 핸드 인터랙션 유형의 돌 쌓기의 모습 (우)
 Fig. 3. Stacking stones using a controller (left) stacking stones using hand interaction (right)



그림 4. 구현된 VR 음악합성 돌탑 콘텐츠 이미지
 Fig. 4. Image of the implemented VR music synthesized stone tower content

실제 돌을 쌓는 과정에 비해 사용자는 규칙적인 다각형의 돌을 통해 돌을 쌓는 행위에 있어서 좀 더 용이하게 돌을 쌓을 수 있으며, 음악을 완성할 수 있다.

2. 평가

제안한 음악 합성 기반의 인터랙티브 VR 체험 콘텐츠에 대한 파일럿 검증을 위해 2023년 9월 4일부터 9월 23일까지 3주간 광주광역시 소재의 ○○미술관에서의 공개 전시를 통해 사용자 관찰과 만족도로 평가하였다. 컨트롤러 기반의 VR 시스템과 핸드 인터랙션 기반의 VR 시스템을 구성하여 전시하였으며, 전시장 특성을 고려해 관람객들도 과정을 미리 알 수 있도록 VR 체험자의 화면을 큰 디스플레이

레이를 통해 공유하였다. 이후 사용자 평가를 위해 전시장을 방문하는 사용자 중 20명을 대상으로 관찰과 설문을 진행하였다. 미술관이라는 장소의 특성상, 미술 전시와 문화 향유에 관심이 많은 20대의 참여자가 12명으로 가장 많았으며^[12], 10대 이하는 1명, 60대 이상의 참여자는 2명으로 집계되었다. 설문은 리커트 5점 척도(1점 = 전혀 그렇지 않다, 5점 = 매우 그렇다)를 기반으로, 표 4와 같이 각각 7개의 문항을 ‘콘텐츠 이해도’, ‘신체 움직임’, ‘상호작용’, ‘사운드’, ‘개체인지’, ‘보편적 향유’, ‘만족도’로 진행하였다.

먼저 제안한 인터랙티브 VR 체험 콘텐츠에 참여한 방문자들을 관찰한 결과 이들은 일상속에서 돌을 쌓는 행위 이미 체화되어 VR 기반 돌탑 비보 체험에 주저하지 않음을 알 수 있었다. 그러나 VR의 컨트롤러 이용 측면에서 세대

표 4. VR 돌탑 체험에 관한 설문지
 Table 4. Survey on the VR Stone Stacking Experience

Number	Content	Concept
1	Understood the environment and methods of stone stacking in virtual reality.	Content Understanding
2	Body movement and mobility in the virtual reality space felt natural.	Physical Movement
3	Using hands or controllers for picking up stones and stacking them was convenient.	Interaction
4	The sounds associated with the stones and the stone tower were useful.	Sound
5	It was easy to find the desired stones in the virtual and augmented reality space.	Object Recognition
6	The stone stacking experience content is suitable for enjoying with family and friends.	Universal Enjoyment
7	Overall, I was satisfied with the stone stacking experience.	Satisfaction

별로 적응에서 차이가 있었는데, 20대의 대부분은 컨트롤러와 손을 모두 잘 이용하는 반면 30/40/50대는 컨트롤러를 어색해하고 손을 이용하려는 경향을 보였다. 핸드 인터랙션 유형은 나이가 많은 60대도 금방 적응하여 콘텐츠에 참여할 수 있었다. 게임 컨트롤러가 익숙하지 않은 20대에서도 VR 컨트롤러 사용이 어려운 현상이 일어나거나 60대에서도 게임 경험에 익숙한 사용자는 잘 적응하는 모습을 보였다. 전지구성에 있어 설치된 VR 체험 공유 화면은 각 유형의 체험에 대한 진행 상황을 파악하고 공유 할 수 있어 직접 HMD를 착용하지 않은 관람객도 간접적으로 함께 콘텐츠를 즐길 수 있음을 알 수 있었다.

핸드 인터랙션을 이용하는 경우 컨트롤러 사용자와 비교하였을 때, 바닥에 떨어져 있는 돌의 소리를 가까이 듣기 위해 허리를 굽히거나 눕는 모습을 보이기도 하였다. 이는 좀 더 직관적인 조작법에 의한 것으로 버튼으로 조작하는 컨트롤러에 비해 핸드 인터랙션은 현실 세계와 같이 상호

작용에 있어 익숙하고 자연스러운 행동으로 나타남을 알 수 있었다. 또한 돌 주변에 가면 소리가 나고, 손으로 가까이 대면 돌에서 나는 소리가 더욱 크게 들리므로 여러 유형의 돌을 소리를 듣고 다시 선택하는 과정을 반복함으로써 돌담을 완성해 가는 모습을 보였다. 표 5와 같이 유형별로 돌을 찾고 쌓는 과정 속 다른 목표와 행동이 유발되었는데, 컨트롤러를 활용한 유형에서는 각 음악 요소의 합성과 조합을 통한 아리랑 음악 완성을 목적으로 게임과 같은 오락과 흥미 위주의 목표지향적인 행동을 보였다. 반면 핸드 인터랙션을 활용한 유형에서는 사용자가 가상공간의 입체 음향에 대한 호기심과 탐색을 중심으로 한 자유로운 행동을 보이는 특징을 보임을 알 수 있었다.

체험 및 관찰 이후 방문자를 대상으로 설문을 진행한 결과는 다음과 같다. 그림 5의 설문조사 결과는 가상현실 환경에서 돌담 쌓기 환경과 방법을 이해하는 것(Content Understanding)에 있어 컨트롤러의 수치가 4.5로 핸드 인터

표 5. 유형별 과정에 대한 특징

Table 5. Types of Processes and Features

Composition	Music Pagoda	Sound Pagoda
Stone Searching	While playing audio sources matched to each object, adaptively recognize the volume of the audio source based on the distance between the source and each user to find stones.	
Stone Stacking	Synthesize music matching the arrangement state of audio source objects to complete "Arirang".	Complete a sound scape experience blending background music with various types of natural sounds.

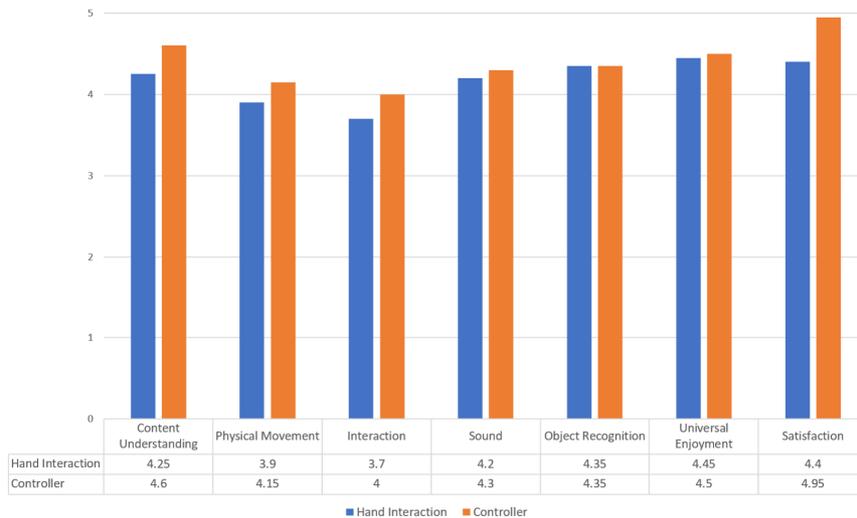


그림 5. 설문 결과에 대한 바 그래프

Fig. 5. Bar Graphs for Survey Results

랙션보다 높게 나타났으며, 가상현실 공간에서 신체 이동 (Physical Movement)과 움직임이 자연스러운가에 대한 설문 에 대해서도 컨트롤러가 높게 나타났다. 가상현실 공간 에서의 상호작용(Interaction)의 편리성에 관해서도 컨트롤 러가 조금 더 높은 수치를 보였다. 돌 객체와 연계된 소리의 유용성(Sound)에 있어서도 컨트롤러의 수치가 높게 나타났 다. 객체인지(Object Recognition)에 있어 가상현실·환경에 서 구현된 음악 합성 돌담과 사운드 돌담의 돌담 객체는 비슷한 배치로 구현되어 같은 만족도를 보였다. 다양한 세 대가 함께 향유(Universal Enjoyment)하며 가족과 친구 등 과 함께 이용할 수 있는 콘텐츠인가 하는 설문에는 매우 근소한 차이로 컨트롤러의 수치가 높게 나타났다. 음악 합 성 기반의 인터랙티브 VR 체험 콘텐츠에 대한 전체적인 콘텐츠 만족도(Satisfaction)에 있어서는 컨트롤러의 수치가 유의미하게 높게 나타났다. 이는 음악 요소의 합성 과정을 통해 타악기, 화성, 선율, 사운드 효과의 레이어가 층층이 쌓여 음악을 형성하는 방식으로 각 돌을 쌓음으로써 음악 적 요소를 다감각적으로 체험하고, 음악 완성에 대한 성취 감과 재미 요소가 영향을 미쳤을 것으로 해석된다.

설문 결과에 있어서 객체 인지를 제외한 모든 항목에서 컨트롤러의 만족도가 높게 나타났으며, 관찰 결과 음악 합 성 기반의 인터랙티브 VR 체험 콘텐츠에서 컨트롤러와 핸드 인터랙션의 사용 방식 차이는 돌을 찾고 쌓는 과정에서 서로 다른 목표와 행동 패턴을 유발함을 알 수 있었다. 컨트롤러를 사용하는 경우, 게임처럼 오락적이고 흥미 위주의 목표를 추구하며 음원 악기의 합성과 조합을 통해 음악을 완성하려는 행동을 보였다. 반면 핸드 인터랙션을 활용한 경우 가상공간의 입체 음향을 탐색하고자 하는 호기심과 자유로운 행동이 주로 나타났다. 이러한 방식은 사용자로 하여금 더 자연스럽게 직관적으로 콘텐츠에 몰입하게 한다는 점을 보여준다.

하지만 가상현실 체험 중 일부 사용자가 시각적 자극과 신체 움직임으로 인한 ‘사이버 멀미’를 경험하는 문제도 있었다. 이러한 사이버 멀미는 시각 정보와 신체 감각 간의 불일치로 인해 발생하며, 특히 빠른 화면 전환이나 불규칙 한 움직임이 있는 VR 콘텐츠에서 더 빈번하게 나타난다¹³⁾.

본 콘텐츠에서도 사용자가 돌을 찾는 과정에서 이러한 사이버 멀미를 경험할 가능성이 있다. 예를 들어, 가상환경

에서 사용자가 특정 위치를 탐색하거나 움직임을 통해 상호작용하는 동안, 시각적 자극이 실제 신체 움직임과 정확 히 일치하지 않을 때 사용자는 불쾌감을 느낄 수 있다. 이는 콘텐츠의 몰입감을 저해하고 사용자의 체험을 부정적으로 영향을 줄 수 있다. 이러한 문제를 해결하려면 사용자 중심 의 인터페이스 디자인이 필수적이다. 모든 사용자가 직관 적으로 조작하고 이해할 수 있는 환경을 조성하고, 사용자 테스트를 통해 인터페이스의 직관성과 사용 편의성을 지속 적으로 점검하고 개선이 필요하다.

V. 결 론

본 연구에서는 일반 사용자들의 접근성을 높이기 위해 음악 합성 기반의 VR 돌담 체험 콘텐츠를 제안하였다. 제 안된 콘텐츠는 VR 환경에서 사용자의 자연스러운 행동을 유도하며, 직관적으로 이해할 수 있도록 설계되었다. 돌담 쌓기와 음악 합성을 결합하여 사용자가 돌을 쌓는 행위에 따라 음악이 생성되는 독특한 체험을 제공한다는 점에서 새로운 접근을 시도하였다.

제안된 콘텐츠는 유니티와 Oculus Quest2 환경에서 구현 되었으며, 공공 미술관에서의 전시를 통해 사용자 평가를 진행하였다. 평가 결과, 설문조사에서 객체 인지 항목을 제 외한 모든 항목에서 사용자가 음악 요소를 합성하여 돌담 을 쌓는 컨트롤러의 만족도가 높게 나타났다. 특히, 음악 합성 기반의 인터랙티브 VR 체험 콘텐츠에서 컨트롤러와 핸드 인터랙션의 사용 방식 차이가 돌을 찾고 쌓는 과정에 서 서로 다른 목표와 행동 패턴을 유발함을 발견하였다.

본 연구는 가상 객체를 통한 음악 합성 기반의 인터랙티 브 VR 돌담 체험은 일반 사용자들에게 전통문화인 돌담 쌓기의 의미를 체험하면서 동시에 음악을 합성하는 새로운 형태의 경험을 즐길 수 있으며, 음악과 돌담 쌓기라는 전통 적인 요소를 결합한 VR 콘텐츠의 연구이다.

그러나 다양한 연령대와 사용자들을 포함하지 못했다는 점에서 한계를 가진다. 하지만, VR 환경에서 3D 오브젝트 와 공간음향 및 음악 합성을 활용한 인터랙티브 콘텐츠를 제안하고 이를 통해 사용자가 직접 손과 컨트롤러를 이용 해 음악을 합성할 수 있는 시스템을 구축했다는 것에 의의

가 있다. 또한, 유저 스테디와 다양한 사용자들이 참여하는 그룹 인터뷰나 피드백 세션을 통해 경험과 요구사항을 수집하고 분석함으로써 향후 VR 환경에서의 음악 창작, 음악 연주 등의 콘텐츠로 확장되길 기대한다.

참 고 문 헌 (References)

- [1] Lee, Min-Sik, Kwang-Sup (2017). The Rise of the Virtual and Augmented Reality (VR-AR) Industry and How to Secure Competitiveness, SanEun Research Monthly. 2019.10.
- [2] Honam Kim, Kwangmin Hong, and Hyunjin Lee, "A study on sound output method for interactive virtual reality". Proceedings of the Korean HCI Society, 2019, pp.57-60.
- [3] Gunwoo Yoo, Kyunghwa Hwang, Oh Byung Kwon, "Effects of VR-based cultural heritage experience on visitation intention", Journal of the Korean Electronic Transaction Society, 2021, Vol.26, No.2, pp.95-122.
doi: <https://doi.org/10.7838/jsebs.2021.26.2.095>
- [4] Chorom Ham, Jungmin Yoo. "A Study of Virtual Reality Content in Court Documentation for Contextual Experience". Journal of Digital Contents Society, 2022, Vol.23, No.3, pp.399-411.
doi: <https://doi.org/10.9728/dcs.2022.23.3.399>
- [5] Min-Kyung Kim, Yoon-Bin Na, "Trends in research and development of virtual reality and augmented reality based on traditional culture". Culture and Convergence, Vol. 46, No. 1, p.1293-1303, 2024.
doi: <https://doi.org/10.33645/cnc.2024.01.46.01.1293>
- [6] GAUGNE, Ronan, "Evoluson: Walking through an interactive history of music". Presence, Vol.26, No.3, pp.281-296, 2018.
doi: https://doi.org/10.1162/pres_a_00298
- [7] Sun, Jadong, Park, Jongrae, "Interactive Design Study on VR Music Rhythm Game - Focusing on <Beat Saber>", Manga Animation Research, Vol. 67, p. 381-404, 2022.
doi: <http://dx.doi.org/10.7230/KOSCAS.2022.67.381>
- [8] Jae-Ran Choi, Jiyeon Park, Ju-Han Nam, ARGhost: An interactive sound synthesis game based on augmented reality, Korea HCI Society, p.1281-1286, 2023.
- [9] Pil-Young Lee, Dictionary of Korean Folk Beliefs: Village Beliefs 2, National Folk Museum of Korea, p.916, 2010.
- [10] Pil-Young Lee, Social History of Village Faith, Woongjin Knowledge House, p.400, 1994.
- [11] Jinho Kim, "An Introduction to Sound Synthesis as Music Theory, Romantic Music, 2007, 19.4: 31-112.
- [12] Jeon Jeon-hyun, "Art Museums in the Top 20 Cultural Destinations", <https://www.mk.co.kr/news/culture/9167122> (accessed July. 16, 2024)
- [13] Eunhee Jang, Dae-Il Seo, Hyun-Taek Kim, Byung-Hyun Yoo, An integrated model of cybersickness: A study of the discomfort phenomenon of virtual reality users, Journal of Information Science, Vol. 45, No. 3, p.251-279, 2018.
doi: <https://doi.org/10.5626/JOK.2018.45.3.251>

저 자 소 개



박 주 영

- 충남대학교 예술대학 음악과 작곡전공 학사
- 전남대학교 문화전문대학원 문화예술기획전공 석사
- (현재) 전남대학교 일반대학원 문화학과 박사과정
- ORCID : <https://orcid.org/0000-0003-2384-4022/0009-0006-9739-5791>
- 주관심분야 : 문화기술, 실감형 콘텐츠, 가상증강현실, 아트앤테크놀로지



정 희 용

- 부경대학교 제어계측공학과 학사
- Hiroshima University 로봇공학과 석사
- Osaka University 기계공학과 박사
- 삼성중공업 산업기술연구소 책임연구원
- Osaka University 의학계연구과 교수
- (현재) 전남대학교 AI융합대학 인공지능학부 교수
- ORCID : <https://orcid.org/0000-0003-2384-4022/0000-0002-8135-8252>
- 주관심분야 : 헬스케어, 지능로봇, 컴퓨터비전

저 자 소 개



신 춘 성

- 숭실대학교 컴퓨터학부 학사
- 광주과학기술원 정보통신공학과 석사
- 광주과학기술원 정보통신공학과 박사
- 카네기멜론대학 HCl Institute 박사후연구원
- 한국전자기술연구원 VR/AR연구센터 책임연구원
- 문화체육관광부/한국콘텐츠진흥원 문화기술 PD
- (현재) 전남대학교 문화전문대학원 미디어콘텐츠·컬처테크전공 교수
- (현재) 전남대학교 문화기술연구소장
- ORCID : <https://orcid.org/0000-0003-2384-4022>
- 주관심분야 : 가상증강현실, HCI, 문화기술