한국컴퓨터그래픽스학회
Korea Computer Graphics Society Vol. 29, No. 3, P. 137~147

개인 플레이와 협동 플레이 방식에서 긍정적 및 부정적 VR 콘텐츠가 환경 인식 개선에 미치는 영향

채지훈[O1] 유승은[2] 이영성[1] 김윤섭[1] 김현진[1] 한다성[*1]

[1]한동대학교 ICT창업학부, [2]한동대학교 상담심리사회복지학부

(21800718, 21700463, 21800539, 21900170, 22000205, dshan)@handong.ac.kr

Analysis of the Effects of Positive and Negative VR Game Contents on Enhancing Environmental Awareness Based on Self-Reliant and Team-Based Play Styles

Jihun Chae[O1] Seungeun Yoo[2] Youngsung Lee[1]

Yunsub Kim[1] Hyeonjin Kim[1] Daseong Han[*1]

[1]School of Global Entrepreneurship and ICT, Handong Global University

[2]School of Counseling Psychology and Social Welfare, Handong Global University

요 약

본 연구는 모션캡처 기반의 투영형 VR 시스템을 이용하여 환경 인식도를 개선하는 게임화의 유효성을 탐색하였다. 그 과정에서 긍정적 및 부정적인 VR 게임 콘텐츠의 주요 요소와 개인 플레이와 협동 플레이 방식이 지속 가능한 행동 촉진에 어떠한 영향을 미치는지 분석하였다. 연구 결과는 다음과 같다. 첫째로, 분리수거의 중요성에 대한 인식 개선에서는 개인 플레이 방식에서 긍정적 콘텐츠의 사용이 효과적임을 발견하였다. 둘째로, 환경오염의 심각성에 대한 인식 증진에서는 협동 플레이 방식에서 긍정적 콘텐츠의 사용, 개인 플레이 방식에서는 부정적인 콘텐츠의 사용이 각각 효과적임을 확인하였다. 셋째로, 개인 플레이에서 긍정적인 콘텐츠를 먼저 경험한 후, 부정적인 콘텐츠를 경험하는 것이 환경에 대한 관심 증가에 효과적임을 확인하였다. 이 연구 결과를 바탕으로, 환경 인식 개선을 위해 단순히 긍정적이거나 부정적인 콘텐츠만을 사용하는 것보다, 개선 대상에 따라 긍정적인 콘텐츠와 부정적인 콘텐츠의 사용 순서를 조절하는 것이 더 효과적임을 확인하였다. 또한, 분리수거의 중요성, 환경오염의 심각성, 그리고 환경에 대한 관심도를 모두 고려할 때, 개인 플레이 방식이 효과적이며, 각 척도에 따라 협동 플레이 방식이 더 효과적일 수도 있음을 확인하였다.

Abstract

This paper presents a motion-capture-based projection VR system to explore the effectiveness of gamification in improving environmental awareness. We examine the key components of positive and negative VR game content and analyze the impact of individual and cooperative play methods on promoting sustainable behaviors. Our findings are as follows. Firstly, we discovered that the use of positive content in individual play mode was effective in improving awareness of the importance of recycling. Secondly, we confirmed that the use of positive content in cooperative play mode and the use of negative content in individual play mode were each effective in enhancing awareness of the seriousness of environmental pollution. Thirdly, we found that experiencing positive content first, followed by negative content, in individual play mode was effective in increasing interest in the environment. Based on these findings, we determined that adjusting the order of use of positive and negative content is more effective than simply using positive or negative content alone for improving environmental awareness. Moreover, considering the importance of recycling, the seriousness of environmental pollution, and the level of interest in the environment, we confirmed that individual play mode is effective and cooperative play mode can be more effective depending on the measure.

*corresponding author: Daseong Han/ School of Global Entrepreneurship and ICT, Handong Global University (dshan@handong.ac.kr)

Received : 2023.06.17./ Review completed : 1st 2023.06.30. / Accepted : 2023.07.05.
DOI : 10.15701/kcgs.2023.29.3.137
ISSN : 1975-7883(Print)/2383-529X(Online)

키워드: 게임화, 환경 인식, 긍정적 및 부정적 콘텐츠, 개인플레이와 협동 플레이 방식
Keywords: environmental awareness, positive and negative content, individual and cooperative play modes

1. 서론

환경오염이 인류에게 미치는 부정적 영향은 지속해서 주목받아 왔으며, 오늘날에는 인간뿐만 아니라 수중 및 육상 생태계를 포함하는 폭넓은 범위에서 그 영향의 심각성이 대두하고 있다. 이러한 환경 오염은 단순히 환경에 영향을 주는 사람의 '행위' 또는 '활동'에만 달려있지 않고, 더 근본적으로는 환경 인식의 결여 때문에 발생하는 것으로 본다 [1, 2, 3]. 따라서 오늘날 친환경적인 해결책을 찾고 실행하기 위해 다양한 시도가 진행되고 있지만, 환경 인식에 대한 적절한 개선이 이뤄지는 것 없이는 지속 가능한 효과를 보기 어렵다.

가상현실(Virtual Reality, VR) 기술은 전통적인 교육 방식에 비해 높은 몰입감과 상호작용을 제공할 수 있기 때문에 환경 인식을 비롯하여 다양한 인식 개선 문제를 다루는데 효과적으로 사용되어 왔다 [4]. 하지만 대부분의 관련 연구에서는 VR 콘텐츠가 단일 사용자 체험에만 국한되어 있어서 환경 문제와 같이 여러 사람이 함께 해결해야 하는 공공의 문제에 대해서 다중 사용자가 참여하는 경우에 인식 개선 효과가 어떠할지는 아직 분명하지 않다. 또한, 기존 연구에서는 주로 인식 개선을 위한 시뮬레이션 또는 게임화(gamification) 자체에만 초점 맞추고 있어서 VR 콘텐츠의 내용이 긍정적일 때 또는 부정적일 때 인식 개선이 어떻게 변하는지는 다뤄지지 못했다. 예를 들면, 사용자가 VR 콘텐츠에서 환경 문제를 해결하기 위해 어떤 노력을 기울였을 때, 환경이 점점 개선되는 긍정적인 콘텐츠가 제공되는 경우 그 성취감 때문에 인식 개선이 일어날 수 있지만, 반대로 그 노력에도 불구하고 환경이 더 악화되었을 때도 경각심으로 인해 마찬가지로 개선될 수도 있다. 이 두 가지 중 어느 것이 더 효과적인지는 아직 충분히 고찰되지 못했다.

이러한 문제들을 다루기 위해 본 논문은 게임화 된 분리수거 콘텐츠에 다중 플레이어가 함께 참여할 수 있는 모션 캡쳐 기반의 투영형 VR 시스템(projection VR system)을 제안하고 개인 플레이어 또는 다중 플레이어가 경험하는 콘텐츠의 진행이 긍정적인 경우와 부정적인 경우에 인식 개선이 어떻게 변하는지를 65 명의 피험자를 대상으로 실험적으로 확인한다. 그 외에도 사운드 효과/배경음악, 포인트 시스템, 시각 효과 등과 같은 다양한 게임 요소들이 인식 개선에 미치는 영향을 함께 살펴본다.

2. 관련 연구

2.1 환경 인식 (Environment Awareness)

환경 인식은 인간의 지속 가능한(sustainable) 생활의 지표로써 사용되며, 정부의 환경 정책과 기업의 친환경 전략을 수립하는 데 있어 중요한 근거가 된다. 일반적으로 이를 측정하려면 신중하게 구축된 설문 프레임워크의 도입이 필요하다 [5].

학생들의 환경 인식 및 재활용 참여 수준에 관한 기존 연구 결과에 따르면 [6], 실험에 참여한 학생 중 다수는 높은 수준의 환경 인식을 보였고 생태계 보전에 대해서도 긍정적인 태도를 보이고 있음이 밝혀졌다. 그런데 높은 인식과 긍정적인 태도에도 불구하고, 재활용과 같은 환경 보호 활동에 대한 학생들의 참여와 헌신도는 상대적으로 낮았다 [7].

이러한 연구 결과는 사람들의 높은 환경 인식을 실제로 환경 보호와 관련된 행동까지 연결하기 위해서는 추가적인 노력이 필요하다는 점을 시사한다. 본 논문은 그 노력으로써 환경 인식과 행동 사이의 연결을 촉진할 수 있는 행동 기반의 VR 환경 콘텐츠를 제안한다.

2.2 게임화 (Gamification)

게임화는 개념적으로 어떤 활동이나 서비스를 게임적 요소들을 가지고 재구성하여 게임을 하는 것과 같은 경험으로 변화시키는 것이다. 이러한 게임화는 플레이어에게 다양한 동기부여를 제공할 수 있으며, 환경 인식을 개선하고 지속 가능한 생활에 대한 사람들의 참여를 늘리기 위한 효과적인 전략으로 또한 주목을 받고 있다 [8, 9, 10]. 이러한 게임화는 다양한 분야에서 긍정적인 행동 변화를 촉진하는 강력한 도구로서의 그 가능성을 입증하고 있다 [11, 12].

게임화에 기반을 두어 사람들의 재활용 참여를 촉진하는 것을 다루는 기존 연구에서는 게임 요소와 재활용 행동 간의 관계를 탐색하여 게임화가 재활용 활동에 본질적인 동기를 부여하는데 영향을 미치는 것을 발견했다 [8, 9]. 다른 연구에서는 친환경 활동 참여를 촉진하기 위해 재활용 행태 파악 및 효율적 폐기물 관리 등의 여러 환경 관리 업무를 담당하는 에이전트들의 가상 조직에 기반을 둔 다중 에이전트(multi-agent) 게임 시스템이 사용되어, 다양한 게임 요소와 플레이 방식을 통해 재활용 활동에 대한 참여와 동기부여를 향상시켰다 [10].

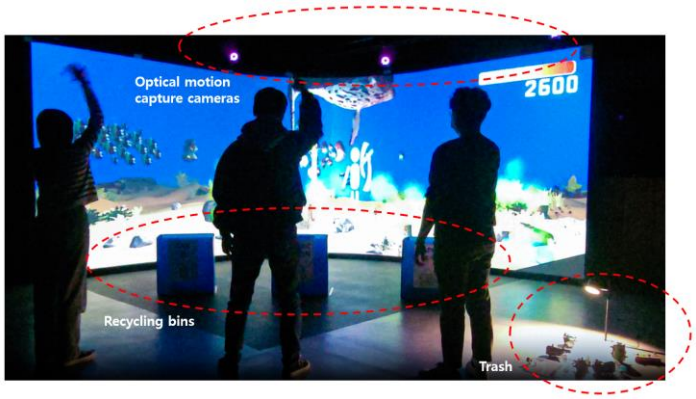

Figure 1: Projection VR system based on motion capture: Composed of optical motion capture cameras, recycling bins, and segregated trash.

2.3 개인플레이와 협동 플레이 방식

게임화는 사람들에게 동기를 부여하고 행동을 촉진하는 데 있어서 유용한 방법일 뿐만 아니라, 협동적인 활동을 통해 다른 사람들과의 인지적 유사성을 공유하고 소통하여 정서적인 교감을 촉진하는 데에도 적용될 수 있다. 최근의 연구는 게임화 기반의 협동 플레이 방식에 대해 살펴보고, 단체 중심으로 구성된 게임화 콘텐츠가 창의성을 향상하고 자유, 안전, 지도력, 자아실현과 같은 감정적 및 사회적 요구를 충족시킬 수 있다는 것을 보여주었다 [12, 13].

그러나 협동 플레이 방식이 개인 플레이 방식과 비교하면 항상 더 유리한 것은 아니라는 것을 기억해둘 필요가 있다. 주어진 문제나 목표, 상황에 따라 때로는 개인 플레이 방식이 더 효과적일 수 있다. 예를 들어, 개인의 지식, 기술, 자신감을 향상하기 위해서는 개인 플레이 방식을 강조하는 기존 게임화 기법을 도입할 수도 있다 [14]. 따라서 협동 플레이 방식 또는 개인 플레이 방식은 구체적인 주제와 게임화를 적용하여 달성하고자 하는 목표를 고려하여 결정되어야 한다.

2.4 긍정적 및 부정적 콘텐츠

경험적인 증거에 따르면, 인간은 주관적인 경험에 따라 거의 즉각적이고 자동적인 감정적 반응을 나타낸다 [14]. 이러한 경험은 인간이 긍정적이거나 부정적인 환경에 대해 자신의 인식을 형성하는 데 중요한 역할을 한다.

자연환경과 도시 환경을 통해 긍정적 및 부정적 콘텐츠를 구분한 연구에서는 인간이 자연환경과 도시 환경에 대해 서로 다른 감정적 반응을 보여주는 것으로 나타났으며, 자연환경이 도시 환경보다 더 긍정적인 감정을 유발하여 환경의 중요성에 대한 인식을 향상해줄 있다는 결과가 나왔다 [16].

그러나 다른 연구는 부정적인 자극이 오히려 환경 인식에 더 빠른 감정적 반응을 유발할 수 있다고 주장한다 [17]. 다시 말해, 부정적인 콘텐츠로 부정적인 자극을 강조함으로써 유도되는 긴장감이나 경계심을 통해 감정적 반응을 더욱 빠르게 유발하고 개인의 주의를 끌어낼 수 있다는 것이다.

이러한 연구 결과는 긍정적 및 부정적 콘텐츠를 이해하는 것과 환경 인식에서 게임 콘텐츠 안에서 감정적 반응에 대한 개입 방식에 따라 결과가 다를 수 있음을 강조한다.

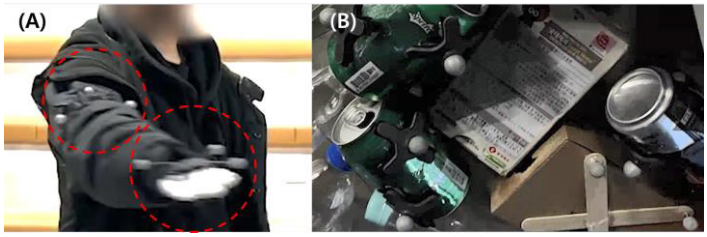

Figure 2: Markers attached to the user's arm (A) for arm gesture tracking, and markers attached to the segregated trash (B) for location tracking.

3. 실험 프로토콜

3.1 게임 진행 방식

쓰레기(waste)와 수족관(aquarium) 용어를 합성한 '웨이스트리움(wastrium)'이라는 이름으로 개발된 본 VR 게임 콘텐츠는 가상의 수족관에 플레이어들이 들어가서 그 수족관에 버려지는 쓰레기들을 그 종류에 따라 적절하게 분리수거하는 것을 주요 게임 콘셉트로 한다. 게임 설정에 따라 플레이어들은 분리수거 활동을 통해 수족관 환경이 더 개선되는 것을 경험하거나(긍정적 콘텐츠 모드) 분리수거 활동에도 계속 더 악화하는 것을 경험할 수도 있다(부정적 콘텐츠 모드). 또한, 혼자서 게임을 할 수 있는 개인 플레이 모드와 3 명에서 함께 전략을 공유할 수 있는 협동 플레이 모드로 분리하였으며, 분리수거의 몰입감을 높이기 위해 플레이어는 수족관에 버려지는 가상 쓰레기들의 종류를 확인하고 그 쓰레기에 해당하는 실물 쓰레기를 찾아 그에 해당하는 실물 분리수거함에 버려야 한다. 게임성을 추가하기 위해 적절하게 쓰레기를 버릴 때 사운드 및 시각 효과, 점수 증가와 같은 게임 요소들이 제공되며 (자세한 내용은 4.2 절 참고), 반복되는 분리수거 동작의 단조로움을 피하고자 게임 진행 중간에 세 차례 '미션 타임(mission time)'이 주어지고 플레이어들은 이때 요구되는 특정 팔 동작을 정해진 횟수만큼 수행하여 추가 점수를 받을 수 있다. 플레이어들이 특정

개수만큼의 쓰레기들을 분리수거하면 게임이 종료되며 게임 설정에 따라 긍정적인 종료 장면 또는 부정적인 종료 장면을 제공한다 (Figure 3). 게임 진행에 대한 좀 더 자세한 사항은 별도의 보충 자료로서 첨부된 실험 영상 비디오를 통해 또한 확인할 수 있다.

Figure 3: Background screen for positive content (A) and negative content (B) at the end of the game.

3.2 실험 절차

본 연구에서는 모션캡쳐 기반 투영형 VR 시스템(projection VR system based on motion capture)을 기반으로 실험을 진행한다 (Figure 1; 자세한 설명은 4.1 절 참고). 이 시스템에서는 다중 플레이어들이 별다른 VR 헤드셋을 착용하는 것 없이 팔 제스처를 추적하기 위해 간단히 몇 개의 마커들(markers)을 팔에 부착함으로써 참여 가능하며(Figure 2(A)), 모든 플레이어들이 같은 VR 공간을 공유하기 위해 대형 곡면 스크린(curved screen)에 프로젝터로 게임 영상을 투사한다.

VR 게임 콘텐츠의 주요 목표는 마커가 부착되어 그 위치가 추적 가능한 실제 재활용 쓰레기들(Figure 2(B))을 알맞게 분리수거함에 분류하는 것이며, 실험 참가자들은 무작위로 네 개의 실험군으로 나누어져 각각 다른 긍정적 및 부정적 게임 콘텐츠에 참여하고, 세 번의 인식 설문을 작성한다 (Figure 4 참조). 인식 설문은 개인의 환경 인식과 게임 요소를 평가하기 위해 설계되었으며, 개인플레이와 협동 플레이 방식이 환경 인식에 미치는 영향을 알아보기 위한 설문도 포함하고 있다.

이 과정을 통해 실제 분리수거 재활용 활동을 게임 메커니즘으로 적용하여 긍정적 및 부정적 콘텐츠, 개인플레이와 협동 플레이 방식, 그리고 게임 요소가 환경 인식에 미치는 영향을 조사한다.

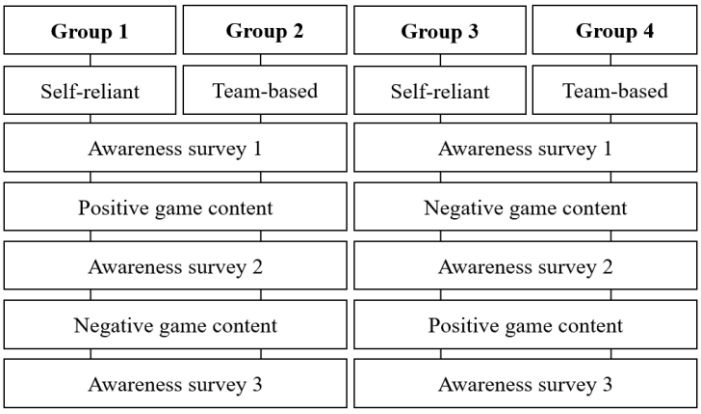

Figure 4: Overview of the experimental procedure.

4. 방법론

4.1 모션캡처 기반 투영형 VR 시스템

본 논문에서 제안하는 모션캡쳐 기반 투영형 VR 시스템은 Figure 5 에서와 같이 크게 모션 캡쳐 시스템(motion capture system), 게임화 시스템(gamification-based system), 시각화 시스템(visualization system)으로 구성된다.

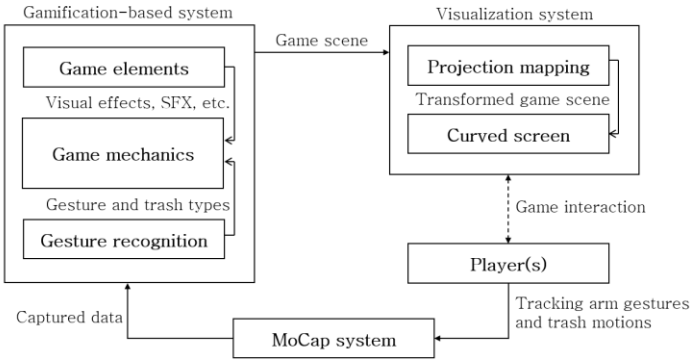

Figure 5: Overview of the motion capture-based projection VR system.

모션캡쳐 시스템은 12 대의 광학식 모션캡쳐 카메라들로 구성되며 플레이어들의 팔 동작과 재활용 쓰레기들의 3 차원 위치를 추적하는데 사용된다. 이를 통해 수집된 팔과 재활용 쓰레기의 모션캡쳐 데이터가 게임화 시스템에 전달되면, 팔 제스처 동작의 종류 및 이동 중인 각 재활용 쓰레기의 종류를 인식하고 쓰레기가 적절한 분리수거함에 투하되었는지 여부를 검사한다. 인식된 특정 팔 제스처와 쓰레기가 분리수거함에 투하되는 여부는 사전에 정의된 게임 메커니즘에 따라 게임 점수를 증가시키거나 사운드 및 시각 효과 등의 다양한 게임 요소들(game elements)을 제공하는데 사용된다 (자세한 내용은 4.2 절 참고). 진행 중인 게임 화면은

시각화 시스템에 전달되어 프로젝션 매핑(projection mapping) 기술을 통해 대형 곡면 스크린에 투사된다. 이렇게 투사된 영상을 보면서 플레이어들은 물리적 공간에서의 자신들의 실제 움직임을 통해 가상 공간과 상호작용을 하게 된다.

사용자의 팔 동작을 추적하기 위해 상부 팔(upper arm)과 손등 각각에 3 개의 마커를 부착하고 이들을 강체(rigid body)로 간주하고 위치를 추적한다. 이때 계산되는 상부 팔의 위치는 손의 상대적 위치를 계산하기 위한 좌표계의 참조점(reference point)으로 사용된다. 게임화 시스템에서 인식하는 팔 제스처의 종류는 수직 제스처, 원형 제스처, 수평 제스처이며 (Figure 6 참고), 이 세 가지 제스처의 반복 횟수를 세기 위해 본 논문에서는 간단히 제로 크로싱(zero crossing) 검출 방법을 사용한다. 이렇게 계수된 제스처의 반복 회수는 게임 진행 중간에 제공되는 '미션 타임'에서 주어진 미션을 수행하는데 사용된다 (3.1 절 및 첨부된 실험 영상 비디오 참고).

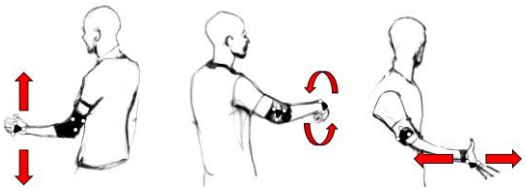

Figure 6: Vertical gesture (left), circular gesture (middle), horizontal gesture (right).

각 쓰레기에 서로 다르게 부착된 3 개의 마커들의 상대적인 위치는 각 쓰레기를 식별하는 특징(feature)으로 사용되며, 그 3 개의 마커를 이용하여 팔 동작 추적과 마찬가지로 하나의 강체로서 각 쓰레기의 위치를 추적한다. 분리수거함에도 마커가 부착되어 있어서 그 위치가 인식되며, 가상 공간 안에서 각 쓰레기의 위치가 분리수거함에 해당하는 가상의 바운딩 박스(bounding box) 안에 포함되는 여부에 따라 해당 쓰레기가 분리수거함에 들어갔는지를 결정한다.

Table 1: Game elements and keywords contrasting positive and negative content.

게임 요소	긍정적	부정적
사운드 효과/ 배경 음악	기운찬, 기분 좋은, 가벼운, 모험적인	무거운, 저음, 경고음, 낮은 톤
시각 효과	밝은, 생기 넘치는, 활기찬, 활발한	암울한, 위협적인, 부조화, 침울한
성과 기반의 결말	희망찬 결과, 축제같은, 성취감	절망적인 결과, 재앙적인, 불안감

4.2 게임 요소

Table 1 은 각 게임 요소에 대해 본 논문에서 사용한 긍정적과 부정적 콘텐츠의 정성적인(qualitative) 특징을 나타내는 키워드들이다. Table 1 에서 볼 수 있듯이, 두 콘텐츠 사이에서 분명한 대조적인 특징이 드러나는 것을 알 수 있다.

긍정적 콘텐츠의 경우, 플레이어가 쓰레기를 올바르게 분류하면 긍적적인 게임 요소를 기반으로 가벼운 배경 음악, 시각적 파티클 효과 등을 통해 게임 장면이 더욱 밝게 또는 화려하게 진행된다. 쓰레기를 적합한 분리수거함에 넣으면 게임 점수를 받는 것과 동시에 스크린 상에 보이는 가상 쓰레기 중 같은 종류의 가상 쓰레기를 밝은색의 산호로 변화시켜 플레이어의 분리수거 활동을 보상한다.

반면, 부정적 콘텐츠에서는 무거운 배경 음악과 어두운 배경 등을 통해 플레이어의 행동과 관계없이 환경 오염이 점차 악화된다. 여기서는 플레이어가 쓰레기를 분리수거함에 버리더라도 가상의 쓰레기는 산호로 변하지 않고 계속하여 바닥으로 떨어져 쌓이게 되며 오직 게임 점수만 추가된다. 시간이 지나면 결국 스크린 전체에 쓰레기들이 가득 쌓이게 된다.

일정 개수만큼의 쓰레기를 처리한 경우 게임이 종료되며, 긍정적 콘텐츠의 경우 희망적인 메시지와 함께 밝은 느낌의 종료 화면과 잔잔한 배경 음악을 제공하고, 부정적의 콘텐츠의 경우 경고성 메시지와 함께 불안감을 주는 화면과 배경 음악을 제공한다. 각각의 경우에 대한 종료 화면은 Figure 3 와 같다. 한편, 게임 진행에서 긍정적 및 부정적 콘텐츠 양쪽 모두에서 제공되는 중립적인 게임 요소들은 Table 2 에서 확인할 수 있다.

Table 2: Neutral game elements shared by positive and negative content.

게임 요소	설명
Player customization	플레이어가 자신의 가상 플레이어를 개인화할 수 있게 해주며, 이름 등을 설정하거나 변경할 수 있다.
Point system	플레이어가 쓰레기를 올바르게 분류할 때마다 점수를 부여한다.
Leaderboard system	플레이어가 다른 플레이어와 자신의 포인트를 비교할 수 있게 한다.
Timer	게임에서 주어진 임무를 일정 시간 내에 완료해야 함을 나타낸다.
Game host	게임의 규칙과 설정을 플레이어들에게 설명하는 역할이다.

4.3 환경 인식 설문

본 연구에서 사용한 환경 인식 설문은 환경 인식과 행동에 대한 참고 문헌을 검토한 후 작성되었다 [18, 19]. 설문의 목표는 개인의 환경 인식에 영향을 미치는 긍정적 및 부정적 콘텐츠별 게임 요소, 중립적인 게임 요소, 그리고 개인 플레이와 협동 플레이 방식을 평가하는 것이다.

Table 3: Items of Awareness Survey 1.

인식 설문 항목	설명
개인 정보	성별, 나이, 전공
개인의 환경 인식도	주변 환경과 생태계의 원리에 대해 인식
환경 문제에 대한 지식	환경 문제의 원인과 영향에 대한 지식
재활용의 중요도	재활용의 중요성 대한 인식
환경에 대한 관심도	개인이 환경 문제와 보호에 대해 관심
환경 오염에 대한 책임	개인이 자신의 행동과 선택이 환경에 미치는 영향에 대해 인식

인식 설문 1 은 참가자들의 초기 환경 인식 수준을 평가하기 위한 것으로 여러 부분으로 구성된다. 이 설문에서는 나이, 성별, 전공 등의 개인 정보를 다루며, 참가자들의 환경 문제에 대한 지식과 재활용 행동의 빈도를 측정한다. 참가자들은 환경 문제에 대한 관심도를 평가하고, 환경 내용에 관련된 개인적 경험과 교육을 받은 경험에 대해 기재하며, 환경 오염에 대한 참가자들의 책임감을 평가한다 (Table 3 참조).

Table 4: Items of Awareness Survey 2 and 3.

인식 설문 항목	설명
게임의 난이도	게임 플레이의 난인도 평가
게임에 대한 몰입도	전반적인 게임 콘텐츠의 몰입도 평가
개인플레이와 협동 플레이의 효과성	플레이 방법에 대한 평가
재활용의 중요도	재활용의 중요성 대한 인식
게임 요소의 효과성	각 게임 요소별 평가
환경 오염의 심각성	환경 오염 심각성에 대한 인지
미래의 환경 활동에 대한 의도성	개인이 환경 보호와 지속 가능한 발전을 위한 의도와 계획
환경 개선에 기여하려는 헌신도	개인이 실제로 환경 보호와 지속 가능한 활동에 참여와 기여

인식 설문 2 와 3 은 게임화 지표들(gamification factors)과 게임 요소들(game elements)이 분리수거 행동과 환경 인식에 미치는 영향을 측정한다. 게임의 난이도, 게임에 대한 몰입도, 개인 플레이와 협동 플레이의 효과성, 재활용의 중요도, 게임 요소의 효과성, 환경 오염의 심각성, 미래의 환경 활동에 대한 의도성, 환경 개선에 기여하려는 헌신도를 평가한다 (Table 4 참조).

5. 결과

5.1 구현 세부사항

본 연구의 실험에서 사용된 모션 캡쳐 시스템은 OptiTrack사의 Prime 17W 광학식 카메라 12대로 구성되며, 이 카메라들로부터 플레이어의 팔과 쓰레기 및 분리수거함에 부착된 마커들을 추적하고 캡처된 데이터를 처리하기 위해 OptiTrack Motive 2.0.2 Final 소프트웨어를 사용하였다. 분리수거 VR 콘텐츠는 Unity 게임 엔진을 기반으로 개발되었으며, 모션 캡쳐 시스템으로부터 캡처된 데이터를 네트워크를 통해 Unity 게임으로 전송하기 위해 OptiTrack Unity Plugin을 사용했다. 게임 영상을 두 대의 빔프로젝터로 대형 곡면 스크린에 투사하기 위해서는 Immersive Display Pro 소프트웨어를 사용했다.

5.2 실험 참가자

본 연구의 실험에는 19 세에서 27 세까지의 65 명의 대학생이 참여하였다. 참가자 36 명 (55.4%)은 여성이며, 나머지 29 명 (44.6%)은 남성이다. 참가자들의 전공 분포는 Table 5 와 같다. 총 65 명의 참가자 중 49 명 (75.4%)은 환경 주제와 관련된 게임이나 콘텐츠에 대한 경험이 없다고 응답하였고, 반면에 16 명 (24.6%)은 그러한 경험이 있다고 응답하였다. 재활용 교육 경험에 대해서는, 33 명의 참가자 (50.8%)는 학계 관련 시설에서 교육을 받았으며, 나머지 32 명의 참가자 (49.2%)는 그렇지 않았다고 응답하였다.

Table 5: Distribution of college students' majors.

전공	비율	수
공학 계열	36.9%	24
예술 및 체육 계열	26.1%	17
자연 과학 계열	12.3%	8
사회학 계열	10.7%	7
경영 계열	9.23%	6
인문학 계열	4.61%	3

환경 문제에 대한 지식 항목에서 참가자들의 평균 점수는 3.22 (±0.89)였다. 여기서 1 점은 지식이 없음을, 5 점은 높은 수준의 지식을 가지고 있음을 나타낸다. 또한, 재활용의 중요도 항목의

평균 점수는 4.25 (±0.74)였다 (1 점: 가장 중요하지 않음, 5 점: 가장 중요함).

5.3 인식 설문 결과

결과 분석에 대한 명확성과 편의를 위해, 다음과 같이 기호를 사용한다.

- T: 협동 플레이 방식(Team-based approach)
- S: 개인 플레이 방식(Self-reliant approach)
- P: 긍정적 콘텐츠 (Positive content)
- N: 부정적 콘텐츠 (Negative content)
- 0: 게임 전 (Pre-game)
- 1: 게임 중 (Mid-game)
- 2: 게임 후 (Post-game)

예를 들어, TP0 는 협동 플레이 방식으로 첫 번째 콘텐츠로서 긍정적 콘텐츠의 게임을 하기 전 단계를 나타낸다. 마찬가지로, TP1 과 TP2 는 각각 같은 접근법의 게임 중 단계(첫 번째 콘텐츠로서 긍정적 콘텐츠를 경험한 후)와 게임 후 단계(두 번째 콘텐츠로서 긍정적 콘텐츠를 경험한 후)를 나타낸다.
콘텐츠 경험 전후 간의 인식 변화가 통계적으로 유의미한지를 살펴보기 위해 대응표본 t 검정(paired t-test)을 실시했으며, 여기서 얻어진 p-value 는 인식 변화가 없었다는 귀무가설이 사실이라는 가정하에 관찰된 인식 변화만큼이나 극단적인 결과를 얻을 것에 대한 유의확률을 나타낸다. 본 논문에서는 유의수준 5%로 하여 p-value 가 0.05 이하일 때 귀무가설을 기각하고 인식 변화가 통계적으로 유의한 것으로 해석한다.

5.3.1 개인 플레이와 협동 플레이 결과

재활용의 중요도 및 환경 오염의 심각성: Figure 7 은 게임 전 단계(pre-game)에서 게임 중 단계(mid-game)로 변할 때, 즉, 단 하나의 콘텐츠만을 경험할 때, 네 가지 실험군의 재활용의 중요도와 오염의 심각성에 대한 인식의 변화를 보여준다. VR 게임 콘텐츠 참여 이후 네 가지 실험군 모두에서 재활용의 중요도의 증가가 관찰되었다. 특히, 개인 플레이 방식에서 긍정적 콘텐츠의 경우(SP0➔ SP1)가 가장 큰 증가(0.87)를 보여주었고, 이 증가에 대한 p-value 는 0.00012 로 통계적으로 유의했다. 이를 통해, 콘텐츠를 처음 경험하는 경우, 개별적으로 긍정적인 게임 콘텐츠를 경험하는 것이 재활용의 중요도에 대한 인식을 효과적으로 증가시킬 수 있다는 것을 알 수 있다. 한편, 개인 플레이 방식에서 부정적 콘텐츠를 경험하는 경우 가장 작은 증가(0.20)를 보여주었으나 통계적으로 유의하지는 않았다(p-value = 0.19). 단체로 콘텐츠를 경험하는 경우, 콘텐츠의 긍정성과 부정성에 관계없이 재활용의 중요도 인식에 대한 증가가 관찰되었지만, TP0➔ TP1 경우와 TN0➔ TN1 의 p-value 가 각각 0.17 와 0.095 으로 통계적으로 유의하지는 않았다.

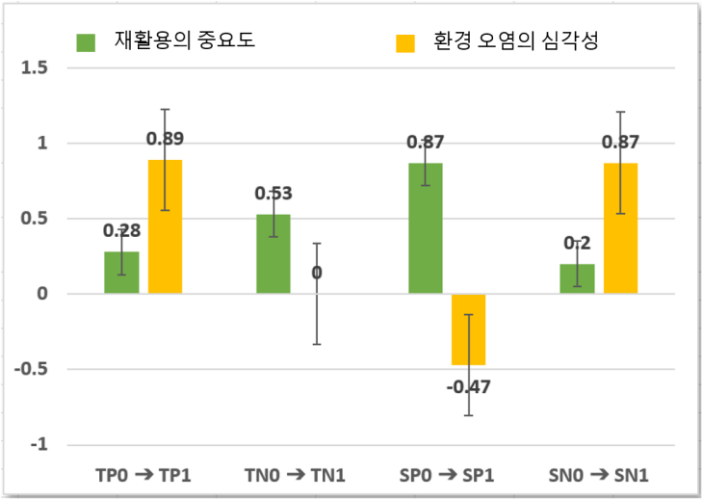

Figure 7: Transition from pre-game stage to in-game stage: Importance of recycling and seriousness of environmental pollution.

환경 오염의 심각성에 대해서 살펴보면, 협동 플레이 모드에서는 긍정적인 콘텐츠의 게임을 진행한 경우(TP0➔TP1) 가장 큰 증가(0.89)를 보인 반면(p-value = 0.0071), 개인 플레이 모드에서는 부정적 콘텐츠의 게임을 진행한 경우(SN0➔SN1) 가장 큰 증가(0.87)를 보였다(p-value = 0.0025). 또한, 이 둘 사이의 차이에 대한 독립표본 t 검정(independent sample t-test)을 실시한 결과 그 차이는 통계적으로 유의한 것으로 나타났다(p-value = 0.0010). 이것은 협동 플레이 방식에서는 긍정적 콘텐츠가 환경 오염의 심각성에 대한 인식을 증가시키는데 효과적인 반면, 개인 플레이 방식에서는 부정적인 콘텐츠가 효과적인 것을 의미하며, 이 두 방식 중 협동 플레이 방식이 조금 더 효과적인 것을 시사한다. 한편, 개인 플레이로 긍정적인 콘텐츠를 경험한 실험군(SP0➔SP1)에서는 뚜렷한 감소(-0.47)가 통계적으로 유의하게 관찰되는데(p-value = 0.048), 이것은 개인이 홀로 경험하는 긍정적인 콘텐츠가 환경 문제에 대한 경각심을 낮추어 환경 오염의 심각성에 대한 인식을 감소시킨 것으로 보인다. 반면, 협동 플레이에서 긍정적인 콘텐츠를 진행하는 경우, 단체가 함께 노력하여 이뤄낸 성취감이 환경 오염의 심각성에 대한 인식을 오히려 증가시킨 것으로 보인다.

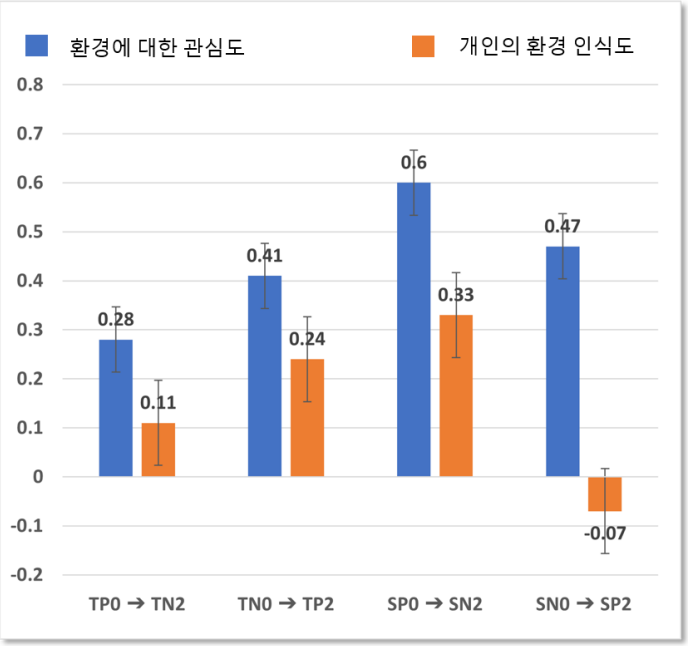

Figure 8: Transition from pre-game stage to post-game stage: Interest in the environment and personal environmental awareness.

환경에 대한 관심도 및 개인의 환경 인식도: Figure 8 은 게임 콘텐츠를 긍정에서 부정으로 또는 그 반대 순서로 경험할 때 게임 전 단계(pre-game)와 게임 후 단계(post-game) 사이에서 환경에 대한 관심도와 개인의 환경 인식도의 변화를 보여준다. 모든 조합에서 환경에 대한 관심도가 증가한 것을 확인할 수 있었지만, 개별적으로 먼저 긍정적인 콘텐츠를 경험하고 그 다음 부정적인 콘텐츠를 경험한 경우(SP0➔SN2)가 가장 높은 증가(0.6)를 보여주었고 이 증가는 통계적으로 유의했다(p-value = 0.033). 이것은 먼저 긍정적인 콘텐츠를 통해 더 나아진 환경을 경험한 후에 부정적인 콘텐츠를 통해 다시 악화된 환경을 경험하는 극적인 변화가 참여자의 환경 문제에 대한 경각심을 더욱 강하게 유발시켰기 때문으로 보인다. 한편, 개인의 환경 인식도의 변화에 있어서, 개별적으로 부정에서 긍정의 순서로 콘텐츠를 체험한 참가자들(SN0➔SP2)에 대해서만 인식도가 다소 감소하는 경향을 보였으나 p-value 가 0.75 으로 통계적으로 신뢰할만한 결과는 아니었다. 협동 플레이의 경우(TN0➔TP2 및 TP0➔TN2)에서는 콘텐츠의 순서에 상관없이 개인의 환경 인식도의 변화가 증가했지만 그 결과가 통계적으로 유의하지는 않았다.

미래의 환경 활동에 대한 의도성 및 환경 개선에 기여하려는 헌신도: Figure 9 은 게임 중 단계(mid-game)에서 게임 후 단계(post-game)로 변할 때 미래의 환경 활동에 대한 의도성과 환경 개선에 기여하는 헌신도의 변화를 보여준다.

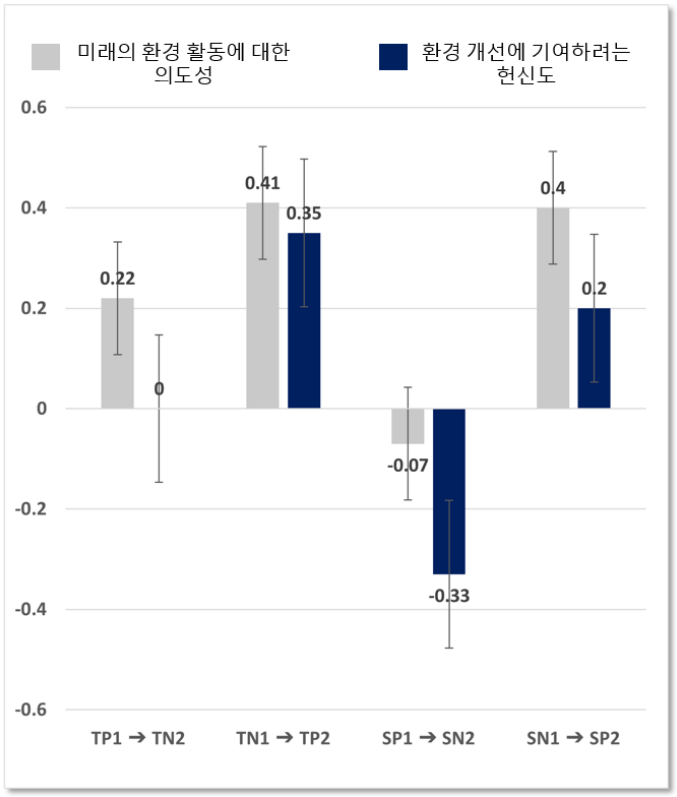

Figure 9: Transition from in-game stage to post-game stage: Intentionality towards future environmental activities and commitment to contributing to environmental improvement.

단체로 부정적 콘텐츠를 경험한 상태(TN1)에서 긍정적 콘텐츠를 경험하면(TP2), 즉, TN1➔TP2 순서로 콘텐츠를 경험할 때 미래의 환경 활동에 대한 의도성과 환경 개선에 기여하려는 헌신도 모두가 가장 크게 증가하는 것으로 나타났지만 통계적으로 유의하지는 않았다. 한편, 개인 플레이로 부정적인 콘텐츠를 경험한 상태에서 긍정적인 콘텐츠를 경험하는 경우(SN1➔SP2)에도 두 척도 모두 증가하는 것으로 나타났으나 환경 개선에 기여하려는 헌신도에 대한 증가만이 통계적으로 어느정도 유의했다(p-value = 0.054). 그 반대의 경우(SP1➔SN2)에는 두 척도 모두가 감소하지만 통계적으로 유의하지 않았다.

5.3.2 게임 요소의 결과

게임 난이도와 몰입도의 비교 평가: Table 6 은 실험 참가자들로부터 게임의 난이도와 몰입도를 1 부터 5 까지의 척도로 평가한 결과이다. 개인 플레이 방식을 사용한 참가자들은 게임의 난이도를 협동 플레이 방식을 사용한

사람들보다 다소 더 어렵다고 평가했다. 반대로, 게임의 몰입도에 대해서 협동 플레이 방식으로 참여한 사람들이 개인 플레이로 참여한 참여자들보다 다소 더 높은 경향을 보였다.

Table 6: Evaluation of game difficulty and immersion

	게임 난이도	게임 몰입도
개인플레이	3.83	4.10
협동 플레이	3.70	4.19

이 평가 결과는 협동 플레이 방식이 개인플레이 방식보다 조금 더 몰입감이 있고 게임을 플레이하기가 조금 더 쉽다는 것을 나타낸다. 이것이 협동 플레이 방식이 개인 플레이 방식보다 더 선호될 수 있는 이유 중의 하나일 것이다. 또 주목할 만한 점은, 플레이 방식에 대한 선호도 조사에서 협동 플레이 방식에 대한 선호도가 더 높았으며, 선호도 점수는 4.38 (±0.89)이었다. 한편, 개인플레이 방식의 선호도 점수는 2.96 (±1.28)로서 상대적으로 매우 낮았다.

각 게임 요소의 인식 개선 효과성: Table 7 은 각기 다른 게임 요소의 인식 개선의 효과성을 보여준다. 여러 게임 요소 중에 오디오 관련 요소인 사운드 효과와 배경 음악이 가장 효과적인 것으로 평가되었다.

Table 7: Effectiveness of each game element

게임 요소	효과성
SFX	26.5%
Point system	23.1%
Visual effects	21.4%
Performance-based ending	10.3%
Game host	6.10%
Timer	4.90%
Player customization	4.60%
Leaderboard system	3.10%

사운드 효과/배경 음악, 포인트 시스템, 그리고 시각 효과는 참가자들의 행동, 즉 쓰레기를 올바르게 버렸을 때 벨 소리 효과처럼 거의 즉각적인 상호작용과 반응을 제공한다. 따라서 이러한 즉각적인 요소들이 다른 요소들 비해 인식 개선 효과가 더 있다는 것을 확인할 수 있다.

6. 결론

본 논문은 분리수거와 관련된 긍정적 및 부정적인 VR 게임 콘텐츠를 활용하여 개인 플레이 또는 협동 플레이 방식에서 환경 인식을 개선하는 효과적인 방법을 파악하기 하기 위해 모션캡쳐 기반의 투영형 VR 시스템을 제안하고, 65 명의 피험자들을 대상으로 한 실험을 통해 개인 플레이와 협동 플레이 방식, 그리고 다양한 게임 요소의 인식 개선 효과를 비교하였다.

실험 결과를 통해 얻은 주요 발견은 다음과 같다. 첫째, 긍정 또는 부정 중 한 종류의 콘텐츠만을 제공하는 경우, 재활용의 중요도 인식 개선에 있어서는 개인 플레이 방식에서 긍정적 콘텐츠를 경험하는 것이 효과적이다. 둘째, 환경오염의 심각성에 대한 인식을 증가시키는 데 있어서 협동 플레이 방식에서는 긍정적 콘텐츠가, 개인 플레이 방식에서는 부정적인 콘텐츠가 효과적이며, 이 두 방식 중 협동 플레이 방식이 조금 더 효과적이다. 셋째, 콘텐츠를 긍정에서 부정, 또는 긍정에서 부정으로 변화시키는 경우, 개인 플레이 방식에서 먼저 긍정적인 콘텐츠를 경험하고 그 다음 부정적인 콘텐츠를 경험한 경우가 환경에 대한 관심도 증가에 효과적이다. 이러한 발견을 통해 단순히 긍정적이거나 부정적인 콘텐츠만 사용하는 것보다는 인식 개선 대상에 따라 긍정적과 부정적인 콘텐츠의 순서를 고려하고 사용하는 것이 환경 더 효과적임을 알 수 있다. 또한, 재활용의 중요도, 환경오염의 심각성, 환경에 대한 관심도 세 가지 척도 모두에서 개인 플레이 방식이 효과적이나 척도에 따라 협동 플레이 방식이 조금 더 나을 수도 있다는 것을 확인할 수 있다.

이 연구의 주요 한계로는 각 실험군의 샘플 크기가 충분히 크지 않아 통계 분석 결과가 제한적일 수 있다는 것이다. 또한 제안된 시스템과 실험이 프로젝션 매핑을 이용한 게임 환경에서 분리수거라는 특정한 맥락을 기반으로 하므로 다른 게임 환경이나 게임 주제에서 그 결과를 일반화하기 어렵다는 것이다. 향후 연구에서는 다른 환경과 주제에서도 유사한 결과가 관찰되는 확인하고 본 연구에서 사용하지 않은 다른 게임 요소들이 인식 개선에 미치는 영향을 조사하여 본 연구의 결과를 일반화시키는 것이 필요할 것이다.

감사의 글

이 논문은 2023 년도 한동대학교의 연구년 지원에 의하여 작성되었음(HGU-2023)

참고문헌

[1] Ukaogo, P. O., Ewuzie, U., & Onwuka, C. V. (2020). Environmental pollution: causes, effects, and the remedies. In *Microorganisms for sustainable environment and health* (pp. 419-429). Elsevier.

[2] Elleuch, B., Bouhamed, F., Elloussaief, M., & Jaghbir, M. (2018). Environmental sustainability and pollution prevention. *Environmental Science and Pollution Research, 25*, 18223-18225.

[3] Duroy, Q. M. (2005). The determinants of environmental awareness and behavior. *Journal of Environment and Development*, 1-26.

[4] Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., & Wohlgenannt, I. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers & Education, 147*, 103778.

[5] Yu, W., & Jin, X. (2022). Does environmental information disclosure promote the awakening of public environmental awareness? Insights from Baidu keyword analysis. *Journal of Cleaner Production, 375*, 134072.

[6] Abbas, M. Y., & Singh, R. (2014). A survey of environmental awareness, attitude, and participation amongst university students: A case study. *International Journal of Science and Research, 3*(5), 1755-1760.

[7] Simsekli, Y. (2015). An implementation to raise environmental awareness of elementary education students. *Procedia-Social and Behavioral Sciences, 191*, 222-22

[8] Santti, U., Happonen, A., & Auvinen, H. (2020, May). Digitalization boosted recycling: Gamification as an inspiration for young adults to do enhanced waste sorting. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2233, No. 1, p. 050014). AIP Publishing LLC.

[9] Hsu, C. L. (2022). Applying cognitive evaluation theory to analyze the impact of gamification mechanics on user engagement in resource recycling. *Information & Management, 59*(2), 103602.

[10] Briones, A. G., Chamoso, P., Rivas, A., Rodríguez, S., De La Prieta, F., Prieto, J., & Corchado, J. M. (2018). Use of gamification techniques to encourage garbage recycling. a smart city approach. *In Knowledge Management in Organizations: 13th International Conference, KMO 2018, Žilina, Slovakia, August 6–10, 2018, Proceedings 13* (pp. 674-685). Springer International Publishing.

[11] Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., & Nacke, L. (2011, September). From game design elements to gamefulness: defining" gamification". In *Proceedings of the 15th international academic MindTrek conference: Envisioning future media environments* (pp. 9-15).

[12] Hamari, J. (2007). Gamification. *The Blackwell encyclopedia of sociology*, 1-3.

[13] Najjar, E., & Salhab, R. (2022). Position Paper: Gamification in the Learning Process. *iJOE*, *18*(01), 149.

[14] Bhattacharjee, S., & Ghosh, S. (2013). Usefulness of role-playing teaching in construction education: A systematic review. In *49th ASC annual international conference, San Luis Obispo, CA*.

[15] Korpela, K. M., Klemettilä, T., & Hietanen, J. K. (2002). Evidence for rapid affective evaluation of environmental scenes. *Environment and behavior, 34*(5), 634-650.

[16] Hietanen, J. K., & Korpela, K. M. (2004). Do both negative and positive environmental scenes elicit rapid affective processing? *Environment and behavior, 36*(4), 558-577.

[17] Parsons, R. (1991). The potential influences of environmental perception on human health. Journal of environmental psychology, 11(1), 1-23.

[18] Nnorom, I. C., Ohakwe, J., & Osibanjo, O. (2009). Survey of willingness of residents to participate in electronic waste recycling in Nigeria–A case study of mobile phone recycling. Journal of cleaner production, 17(18), 1629-1637.

[19] Arain, A. L., Pummill, R., Adu-Brimpong, J., Becker, S., Green, M., Ilardi, M., ... & Neitzel, R. L. (2020). Analysis of e-waste recycling behavior based on survey at a Midwestern US University. *Waste Management, 105*, 119-12

〈저자소개〉

채 지 훈
- 2018 한동대학교 입학
- 2024년 3월 한동대학교, ICT창업학부 졸업 예정
- 관심분야: 게임화, MR, AI
- https://orcid.org/0009-0005-7425-3806

유 승 은
- 2017 한동대학교 입학
- 2024년 3월 한동대학교, 상담심리사회복지학부 졸업 예정
- 관심분야: 캐릭터 애니메이션, 교육 콘텐츠
- https://orcid.org/0009-0000-1035-9154

이 영 성
- 2018 한동대학교 입학
- 2024년 8월 한동대학교, ICT창업학부 졸업 예정
- 관심분야: 게임 클라이언트, VR 컨텐츠, 메타버스
- https://orcid.org/0009-0006-2310-8008

김 윤 섭
- 2018 한동대학교 입학
- 2025년 3월 한동대학교, ICT창업학부 졸업 예정
- 관심분야: VFX, 미디어 아트, VR 컨텐츠
- https://orcid.org/0009-0005-1800-3888

김 현 진
- 2018 한동대학교 입학
- 2024년 8월 한동대학교, ICT창업학부 졸업 예정
- 관심분야: 실감콘텐츠, 미디어아트, MR
- https://orcid.org/0009-0004-4289-1523

한 다 성
- 2006년 광운대학교 컴퓨터공학부 컴퓨터소프트웨어전공 학사
- 2008년 한국과학기술원 전자전산학과 전산학전공 석사
- 2014년 한국과학기술원 전산학과 박사
- 2014년 – 2016년 카이스트 문화기술 연구소 박사후 연구원
- 2016년 - 2023년 한동대학교 ICT창업학부 조교수
- 2023년 - 현재 한동대학교 ICT창업학부 부교수
- 관심분야: 캐릭터 애니메이션, 물리 기반 시뮬레이션, 동작 제어, VR/AR
- https://orcid.org/0000-0003-1455-5114