

메타버스의 경험과 기술을 활용한 건축설계 프로세스의 적용가능성에 관한 연구

A Study on the Applicability of the Architectural design process using the Metaverse Experience and Technology - Case studies of Metaverse Platforms

전수경¹⁾, 차승현²⁾

Chun, Soo-Kyung¹⁾ · Cha, Seung-Hyun²⁾

Received January 21, 2023; Received June 15, 2023 / Accepted June 23, 2023

ABSTRACT: The concept of the Metaverse has been around not only for play but also for daily use. The interest in Metaverse is increasing, and various industries such as medicine, media, and financial started to use the new technology for diverse purposes. In addition, interest in the Metaverse is increasing in the architectural industry, but not much research has been done yet. Recently, some studies started to study focusing on the architectural design of Metaverse and the technological characteristics of Metaverse. However, there are limited studies about the utilization of the Metaverse in the architectural design process or construction process. From this perspective, the study aims to analyze the applicability of the Metaverse in the architectural design process through Metaverse case studies. In order to accomplish the research goal, the study classified user experience and technology of Metaverse in the literature review and Metaverse use in other industries such as commercial, medical, media entertainment, and construction industry. Then, this study analyzes six representative Metaverse platforms according to the application of Metaverse in the architectural design process. Finally, this study discussed the future direction and potential of Metaverse application in the Architectural design process.

KEYWORDS: Metaverse, User Experience and Technology, Architectural Design Process, Case Studies

키워드: 메타버스, 사용자 경험 및 기술, 건축설계 프로세스, 사례조사

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

디지털 툴(Digital tool)은 건축 설계 및 건설산업 분야의 건축, 구조, 시공 설비, 등 다양한 영역에서 시뮬레이션을 통한 효과적인 협업을 위해 활용되어 왔다(Hudson-Smith, 2022). 설계 협업과정에서 정확한 정보전달을 목적으로 2d drawing과 CAD를 활용하기 시작하였고(Spillingler & Staff, 2000), 현재는 대형화, 복잡화, 그리고 고도화된 건설프로젝트에서 시각정보를 정확하게 전달하기 위해 3d 모델 기반의 BIM(Building Information Modeling), 가상현실(Virtual Reality: 이하 VR), 증강현실(Augmented Reality: 이하 AR) 등의 기술이 활용되기 시작하였다(Azhar, 2011). 이러한 디지털 툴 기반의 기술은 시각 및 공간적으로 설계정보에 대한 정확한 정보를 전달하고 현실적인 체험을

설계에 참여하는 사람들에게 제공(Lee & Kim, 2018)하여 전문가들의 효과적인 협업이 가능하게 되어 건축 설계 및 건설산업 전반에 다양하게 활용 및 연구되고 있다.

최근, COVID-19 이후, 비대면 사회가 일상화되어 현실과 가상공간을 결합하여 디지털로 확장된 가상 공유 세계(Collective virtual shared space)인(Moneta, 2020) 메타버스가 효과적인 설계 협업을 위한 대안으로 부상하고 있다. Apple, Gppgle, Meta(Facebook), NVIDIA 등의 빅테크 기업들은 가상공간을 현실세계처럼 가상세계에 구현하여 더 확장된 의미로 현실세계와 연동하여 현실세계의 정보를 가상세계 내부로 가져와 현실과 연동된 가상세계를 구현하는데 중점을 두고 다양한 기술을 개발 중이다. 빅테크 기업을 중심으로 한 메타버스 관련 서비스의 다양한 기술과 더불어 게임, 국가안보, 소방, 의료 등 다양한 분야에서 전문영역에 활용가능한 다양한 프로그램 및 가

¹⁾정회원, 한국과학기술원 문화기술대학원 연구교수 (schun@kaist.ac.kr)

²⁾정회원, 한국과학기술원 문화기술대학원 부교수 (shcha@kaist.ac.kr)(교신저자)

상공간의 활용에 대한 연구가 활발히 진행 중이다. 예를 들어, 의료 분야에서는 모의 수술, 중환자 간호 프로그램(Kim et al., 2021; Hamilton-Basich, 2020) 등에 관한 연구가 진행중이며, 국가안보 분야에서는 확장현실(XR)기반 초실감 대테러 훈련체계(Shin & Lee, 2020)에 관한 연구가 진행중이다. 현재는 전문분야 뿐만 아니라 마케팅, 홍보, 업무 등 일상과 관련된 다양한 분야까지 메타버스에 대한 연구가 확산하고 있다.

메타버스의 특성인 실제적인 가상세계의 구현과 현실세계의 정보를 가상세계와 연동하여 현실과 확장된 가상세계 구현은 건축분야에서도 다양하게 활용될 것이라고 여러 연구에서 언급되었다. 현실과 다른 가상세계의 특성과 활용에 대한 내용을 중심으로 메타버스 건축공간에 대한 사용자 경험(Joo, 2022; Jung & Jung, 2021; Lee & Jung, 2022), 메타버스 공간 디자인 특성과 사용자에게 미치는 영향에 대한 연구가 진행되었다. (Kim, 2021; Rhee & Cha, 2022; Park & Lee, 2021) 등에 대한 연구가 진행되었다. Rhee & Cha(2022)는 메타버스의 주거공간, 업무공간, 상업공간, 그리고 전시 및 공연공간 디자인 연구에서 공간에서 인간의 경험은 실제공간과 다르기 때문에 이를 위한 세부적인 연구가 필요하다고 하였다. 예를 들어, 메타버스 업무공간은 현실 공간과 다르게 일반적인 미팅룸의 형태에서 비정형, 우주 등 상상적인 공간까지 다양한 배경을 제공하며, 사용자와 발표자료 등을 가상공간과 연동하여 협업을 할 수 있는 가상의 오피스를 제공한다고 하였다. 세부적인 디자인에서도 가구의 배치 및 다른 사용자와 거리가 현실세계 사용자의 학습능력 및 생산성에 큰 영향을 미쳤지만, 메타버스 공간에서는 사용자의 생산성 및 학습능력에 영향을 미치지 않으며, 단순히 심미적인 요소나 다른 사용자의 인지와 존재감을 위해 쓰이며, 의사소통 및 상호작용을 활발하게 하여 만족도를 높인다고 하였다(Bente et al., 2008; Rhee & Cha, 2022). 또한, 사용자의 생산성과 만족도를 높이기 위해, 일부 메타버스 업무공간 플랫폼에서 지원하는 것과 같이 미팅 공간을 휴양림을 배경으로 디자인을 하거나 우주를 배경을 디자인을 하여 조직의 업무 성격 및 활동에 따라 다양한 디자인을 제시하는 것이 좋다고 하였다(Rhee & Cha, 2022).

반면, 현실에서 확장된 가상세계의 특성에 관해서는 건축 설계 프로세스 및 시공분야에서 메타버스의 활용에 대한 내용을 중심으로 많은 연구가 시작 단계에 있다(Jung & Jung, 2021; Choi et al., 2022). 국내에서는 국토부의 디지털 트윈 시범사업과 스마트시티 사업 등 공공주도로 진행되는 사업을 중심으로 연구가 시작 단계에 있고, 최근에는 시공 및 유지 관리 등의 분야에서 연구가 이루어지고 있다(Jung & Jung, 2021).

아직까지 새로운 영역인 메타버스를 건축프로세스에 활용하는 것은 건축가 및 현장 실무자들에게 새로운 도전이며, 기술적인 이해 없이는 쉽지 않은 일이다. 하지만 메타버스의 잠재력을

충분히 활용한다면, 건축설계를 위해 더 다양한 활용이 될 가능성이 많다. 따라서, 본 연구는 현재 적극적으로 활용되고 있는 메타버스 사례들을 조사를 바탕으로 메타버스 특징과 관련된 사용자 경험과 이와 관련된 기술에 대해 분류하여 기술적인 사용범위를 파악한다. 또한, 문헌 고찰에서 조사한 메타버스 사용자 경험 및 기술이 건축설계에 활용되고 있는지 메타버스 사례 조사를 통하여 분석하고, 건축설계의 활용 가능성 및 역할에 관한 발전 방향을 제시하고자 한다.

2. 문헌고찰

2.1 메타버스의 개념

메타버스(Metaverse)는 가상현실(Virtual Reality) 혹은 증강현실(Augmented Reality)을 기반으로 다양한 범용기술(extended Reality+Data, Network, Artificial Intelligence)이 복합 적용된 가상공간에서 경제·사회적 활동을 할 수 있게 만든 시스템(Davis et al., 2009; Dionisio et al., 2013)이다. 이러한 가상공간에 만들어진 시스템은 기술적으로는 증강과 시뮬레이션, 내재적 요소와 외재적 요소로 나누어 증강현실(Augmented reality), 라이프로그(Lifelogging) 거울세계(Mirror worlds), 가상세계(Virtual worlds)의 4가지 구성요소로 나누어질 수 있다고 하였다(Smart et al., 2007). 최근, 다양한 연구에서 메타버스의 정의는 위에서 언급한 기술적 특성을 고려한 정의뿐만 아니라, 사용자에게 주는 경험 및 인식에 대한 정의에 초점을 맞추고 있다. Steuer(1993)은 가상공간에서의 경험은 텔레프리젠스(telepresence)라고 정의했고 통신 매체를 이용한 환경에서 존재하는 경험으로 정의했다. Kim et al.(2022)은 메타버스는 새로운 삶의 공간으로서 가상세계에서 새로운 삶의 공간이라는 차원에서 인식이 되어야 한다고 했고, Han(2008)은 기술중심의 가상공간과는 다른 개념으로 기술을 활용하여 생성된 사회문화적 공간으로 인식해야 한다고 하였다. 메타버스를 단순히 기술에 대한 특성으로 정의하기 보다는 메타버스가 사용자에게 주는 경험 및 인식에 대한 내용에 초점을 맞춰서 정의 되어야 한다. Moneta(2020)는 메타버스가 제공하는 가상공간이 범용기술이 확장되어 복합 적용된 개념이라고 하였고, 이를 바탕으로 메타버스가 제공하는 가상세계는 디지털 휴먼이 사회, 경제, 문화 등의 네트워크 활동을 하는 3차원의 가상공간으로 구성된 집합적인 가상공유공간(Collective shared space)로 정의하였다. 이와 비슷한 맥락으로, Kim et al.(2022)는 메타버스는 가상세계 기반 플랫폼이라고 하였다.

상기 언급된 내용을 바탕으로, 건축 디자인에서 다양한 이해관계자들이 실제적인 공간을 구축하기 위한 과정에 필요한 도구

로서 메타버스를 고려해 볼 때, 본 연구에서의 메타버스를 정의하면, 사용자가 디지털 휴먼(아바타)으로 존재하여 가상세계의 경험을 공유하는 공유 플랫폼이라 정의할 수 있다.

2.2 산업에서 활용되는 메타버스 기술

물리적 제약이 없는 가상공간, 디지털 휴먼이 활동하는 공유 플랫폼, 현실세계를 반영하는 가상세계 등의 메타버스가 제공하는 다양한 경험을 활용하여 유통, 의료, 교육, 문화 등 다양한 산업분야에서 메타버스를 활용한 서비스와 경험을 제공하고 있다(Smart et al., 2007). 해외 연구기관인 메킨지(McKinsey, 2022) 및 국내 연구기관인 한국산업연구원(KIET, 2021)의 국내·외 연구기관의 보고서의 내용을 바탕으로 대표적인 산업 분야인 의료, 제조, 공공, 교육, 금융)에서 메타버스의 다양한 활용 및 제공서비스에 대해 정리해보면 다음과 같다.

제조 분야에서는 메타버스를 디자인 프로토타입을 시각화하여 제품 개발을 진행하거나 제품 디자인을 개선 및 변경하는 과정에 활용하고 있다. Volkswagen은 VR을 활용하여 제품출시 전 이해관계자들과 함께 제품을 시뮬레이션을 하여 오류를 발견하는 공동작업을 진행하고 있다. TAE Aerospace에서는 제품 생산과정에서 제품수정을 위해 3d 디지털 도면을 인덱싱하여 디자이너와 기술자에게 보여주거나, 제품 생산 설비의 유지 및 보수를 위하여 제품 디자이너와 공장 기술자에게 과거와 실시간 데이터를 비교하여 보여줌으로서 협업을 진행하고 있다.



(a) Driving simulation (Volkswagen, 2022) (b) Test simulation (Volkswagen, 2022)

Figure 1. Volkswagen's virtual engineering lab

의료분야에서는 메타버스를 활용하여 병원을 방문하지 않고 비대면으로 진료를 받을 수 있는 시도가 이뤄지고 있는 중이다. 메타버스의 가상공간에서 의료서비스를 진행하는 병원이 등장하고 있다. 가상세계가 제공하는 몰입의 경험을 통해 치료와 통증 관리뿐만 아니라 스트레스 등 정신과적 치료 서비스를 제공하고 있다. 중앙대 광명병원에서는 의료인공지능(AI)기업 딥노이드와 메타버스 병원을 구축하여 가상공간에서 사용자가 병원을 직접 방문하지 않고 진료와 상담 등의 의료체험을 경험할 수 있게 하였다. 또한, 해외 선진국에서는 메타버에 '메디컬 트윈(medical twin)' 기술을 도입하여 가상의 병원 내에 실물과 같은 쌍둥이(twin)를 만들어 시뮬레이션을 통해 모의 수술 등을 진행

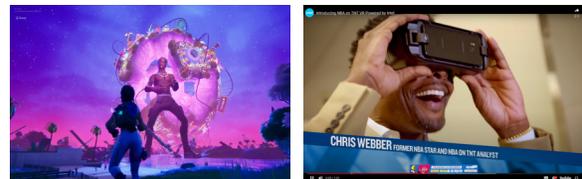
하고 치료효과를 예측하여 약물을 처방하고 있다.



(a) METACL Metaverse (Kim, 2022) (b) Medical twin (Yoon, 2021)

Figure 2. Medical metaverse and medical twin

미디어 및 엔터테인먼트 분야에서는 메타버스를 통해 스포츠 경기 및 콘서트를 관람할 수 있게 하여 시청자들이 현장에 있는 것 같은 몰입감을 느끼며 방송을 시청할 수 있게 하였다. 미국의 래퍼인 트레비스 스캇(Travis Scott)은 에픽게임즈의 포트나이트에서 가상의 콘서트를 열어 약 1,200명의 관중이 참여하는 콘서트를. 또한, Turner Sports는 가상현실로 NBA의 라이브 스트리밍을 제공하여 시청자들이 실제로 농구장에서 현장감을 느끼게 하는 경험을 제공하였다.



(a) Travis Scott and Fortnite Present in VR (Travis, 2020) (b) Intel deliver live NBA Turner Sports in VR (Dachman, 2017)

Figure 3. Virtual concert and sports games in metaverse

금융분야에서는 오프라인 점포를 줄여나가고 이를 대처하는 방안으로 메타버스를 활용하는 방안이 제시되고 있다. 하지만, 금융실명제의 문제 등 제도적으로 손봐야 할 것들이 많기 때문에 메타버스가 다른 산업에 비해 적극적인 실질적인 효용수단으로 활용되고 있지는 않다. 이러한 상황에서 금융분야에서는 영업점 점포를 대체하는 개념이 아니라, 금융 컨설팅 및 금융타운 등 금융상품의 개인 서비스를 체험할 수 있는 가상체험공간으로 활용하는 사례들은 제도적인 개선 없이 메타버스를 활용할 수 있는 사례여서 여러 금융기관들이 가상공간에서 서비스에 대한 체험을 제공하고 있다.

우리은행의 경우, 메타버스 전문업체인 '오비스(oVice)'와 함께 메타버스 공간에서 소상공인들이 이용할 수 있는 서비스인 '우리 소상공인 종합지원센터'를 메타버스로 구현하여 전담 직원이 정책금융대출상담, 상권입지분석, 각종 사업계획 수립에 대한 상담 및 1대1 맞춤 컨설팅을 제공하고 있다. KB 국민은행은 'KB

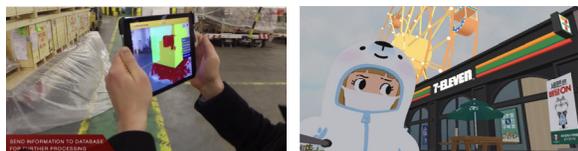
메타버스 VR 브랜치라는 서비스를 통하여 다양한 은행 서비스와 자산 상담을 체험하도록 해주는 서비스를 제공하고 있다.



(a) Woori bank Metaverse (Seo, 2021) (b) KB bank VR Metaverse branch service (Yoo, 2021)

Figure 4. Virtual bank in metaverse

유통분야에서는 물건을 판매하는 공간을 가상세계를 활용하여 소비자에게 다양한 경험을 제공하거나, 화물의 적재와 물건의 위치를 가상세계를 활용하여 효율적으로 관리를 하고 있다. Lufthansa Cargo는 AR기반 실시간 모바일 앱을 활용하여 화물 레이아웃을 고려할때, 부피와 크기를 고려하여 화물을 효과적으로 적재할 수 있도록 짐을 싣기 전에 적재공간의 부피와 양을 시뮬레이션하여 예측 할 수 있게 하고, GE Healthcare는 물건의 실시간 위치 데이터를 실시간으로 업로드하여 수량 및 이동경로를 정확히 파악할 수 있게 할 수 있다. Seven Eleven 편의점은 메타버스 공간에 편의점을 오픈하여 실제 제품 판매를 진행하고 있다.



(a) Lufthansa cargo system (Lufthansa, 2022) (b) Seven Eleven in Metaverse(Lee, 2022)

Figure 5. Utilization of metaverse in distribution and sales

공공분야에서는 소방을 위한 화재 시뮬레이션, 교육 및 안전 관리 시나리오 기반 실습을 통해 작업자의 훈련을 강화하고, 고 위험한 환경에서 일하는 작업자의 사고를 방지하는데 도움을 줄 수 있다. 메타버스 기반의 안전관리 플랫폼의 경우, 현장에서 발생하는 데이터를 활용하여 현장의 상황을 가상공간에 구현 (IoT센서 활용)하고 안전관리 담당자는 아바타를 활용하여 현장 상황을 직접 확인함으로써 현장에 가보지 않고도 안전 관리 및 시설점검이 가능하게 한다. 이를 통해 현장에 나가는 번거로움이 나 시간 낭비 없이 안전 관리가 가능할 뿐 아니라 위험한 현장의 경우 안전관리 담당자가 파악하지 못한 이벤트 발생 시 alarm을 주어 자동 점검이 가능케 한다. 더불어 해당 기술자는 현장 활용 뿐 아니라 안전 교육에도 활용이 가능하다. 기존에는 시청각자료

로 안전에 대한 교육이 이루어졌다면, 메타버스 환경에서는 아바타를 통해 실제 작업환경과 동일한 가상공간에서 안전교육을 실시함으로써 현장성 있는 체험형 교육 및 재난 훈련 등이 가능하게 된다. 메타버스 기반 안전관리를 활용하면 보다 광범위한 지역을 가상세계에서 관리자가 점검할 수 있게 되어 적은 작업시간과 인력을 투입하여 현장상태를 점검할 수 있고, 위험한 현장에서 발생할 수 있는 인명사고의 위험을 최소화할 수 있다.



(a) Factory management in Metaverse(Ryu, 2021) (b) XR Fire Drill simulation (Oh, 2022)

Figure 6. Safety management in metaverse

상업분야에서는 메타버스 기술을 활용하여 메타버스 가상 쇼핑공간을 체험하고 그 안에서 소비자는 자신과 유사한 체형의 아바타를 선택하여 자신이 직접 입어보는 것과 동일한 경험을 메타버스 공간에서 체험이 가능하게 된다. 기업은 이를 통해 반품률을 획기적으로 줄이거나 온라인에서 의류 구매에 거부감이 있는 고객도 현실과 가까운 피팅 경험을 제공함으로써 온라인 공간으로 흡수가 가능하게 된다. Nobal Technology가 개발한 imirror(아이미러)는 실제 체형을 가상공간의 바디앱으로 재현하여 가상의 옷이나 악세서리를 착용할 수 있다. 푸마, 아디다스 같은 의류브랜드에서는 관련 기술을 직접 개발 및 start-up 업체 인수를 통해 적극적으로 가상 피팅 기술에 투자를 하고 있다. 또한, 인테리어 관련 기업의 경우, 고객이 고른 인테리어 제품이 실제 공간에서 어떻게 적용되어 보일지 구매 전에 상품에 대한 룩엔 필을 알 수 있도록 인터랙티브 경험을 제공할 수 있다. 또한, 판매된 제품이나 고객의 데이터를 수집하여 시장조사에 도움을 줄 수 있다.



(a) Virtual Fitting with AI technology (Yoon, 2022) (b) imirror by Nobal Technology (NOVAL Technologies, 2022)

Figure 7. Intelligent fitting room in metaverse

2.3 메타버스에서 구현된 사용자 경험 및 기술 특징과 건축설계 활용방안

2.3.1 메타버스 사용자 경험 및 기술 특징

2.2에서 다양한 산업에서 활용되는 메타버스에 관한 사용자 경험을 정리하면, 오감을 활용한 사용자 몰입, 공유 인터렉션 플랫폼을 통한 인터렉션, 그리고 가상세계의 구축으로 정리할 수 있다.

첫째, 메타버스가 제공하는 가상공간은 컴퓨터를 활용하여 만든 공간으로 그것을 사용하는 사람이 실제 공간처럼 느끼며 사용할 수 있도록 만들어진 사용자 경험의 공간(User Experience)이다(Lee & Kim, 2019). 가상공간에서는 감각의 극대화를 통한 실제적 인식을 통해 사용자에게 현실의 체험을 가상공간을 통해 제공한다. Steuer(1993)은 가상환경에서 경험을 통신 매체를 이용한 환경에서 존재하는 경험으로 정의하였고, 텔레프레젠스(telepresence)라고 하였다. 그는 실재감(presence)은 가상 공간을 실재라고 인식할 수 있도록 가능하게 하는 조건이라 하였다. 이러한 실재감에 대한 경험은 가상세계를 진실이라고 믿게 하기 위해 실제와 같은 자극이 제공되어야 하며, 이러한 사용자의 경험은 감각의 극대화는 오감을 통해 인식된다. 실제적인 오감을 제공하기 위해, 3차원 입체시(시각), 대규모 화면(시각), 입체 음향(청각), 물체를 접촉했을 때의 피드백(촉각) 등의 기술을 조합하여 사용자에게 현실감을 제공한다.

둘째, 디지털 휴먼이 활동하는 공유 플랫폼으로서 인터페이스를 통한 인터렉션 공간이다. 디지털로 구현된 가상공간의 연결된 네트워크 속에서 음성인식, 동작인식, 모션인식, 뇌-컴퓨터 인터페이스 등 다양한 인터렉션을 활용하여 현실세계의 데이터를 업로드하기도 하고, 가상세계의 데이터를 현실세계의 활용을 위해 다운로드 할 수 있다. 또한, 사용자는 자아가 투영된 아바타를 이용하여 가상의 공간에서 상호작용한다(Rhee & Cha, 2022). 아바타의 활동을 통해 연결된 네트워크 속에서 개방과 협력의 끊임없는 상호작용을 하며 교류한다. 이는 가상세계를 만드는 참여자로 활동하여 공동의 편집과 공유를 가능하게 하는 경험을 제공한다.

셋째, 가상세계 구축을 위해 현실세계에서 일어나는 모든 정보를 수집하고 이를 가상에 공유하거나, 현실세계의 모든 객체를 가상 콘텐츠로 모델링하여 현실세계를 그대로 반영한 세계이다. 가상공간이 제공하는 실제감 있는 환경 및 디지털 휴먼이 활동하는 공유 플랫폼은 실재와 다른 가상 혹은 허구의 무언가가 아니며(Yoh, 1998), 현실과 대비되는 개념이 아니라, 새로운 현실세계로 간주되어야 한다(Han, 2008). 메타버스가 제공하는 거울세계(Mirror Worlds)는 가상공간에서 현실의 외부환경정보를 통합하여 제공하고, 현실세계를 반영하고 있다. 가상 지도, 가상 모델링, GPS 등과 연계되어 실제 공간을 디지털 공간에 접목시켜 가상공간에 현실세계를 반영한 경험을 제공하고 있다.

Table 1. Metaverse experience and technology

Exprience		Technology description
User immersion	User immersion with five senses	Augmented reality that augments virtual information in the real world using visual/hearing/smell/taste, and virtual augmented reality that augments real information in the virtual world
Shared interaction platform	Communication using avatars	Utilizing wearable devices, etc., create avatars that replace reality in the virtual world, and directly produce the virtual world through user participation
	Interaction through interfaces	Utilizing interactions such as voice recognition, motion recognition, brain-computer interface, and artificial intelligence SW, data in the real world and data in the virtual world are interlocked and interacted with each other, reflecting each other's results together
Virtual world	Building a virtual world based on the real world	Collect all sensor information (IoT) that occurs in the real world and share it virtually
	Building a sense of reality in the virtual world through simulation	Model the object in the real world as virtual content

2.3.2 건축설계에서 메타버스의 활용가능성

건축물을 설계하는 것은 아이디어를 발전시키고 이를 구체화하여 현실화하는 과정으로, 설계에 참여하는 사람, 설계 결과물, 그리고 설계과정이 일반적인 산업과 다른 특성이 있다.

건축설계의 결과물은 디자인된 건물뿐만 아니라 대지, 주변 요소 등을 포함하고 있다. 결과물의 평가는 실제 완성된 후에 제대로 된 성능평가가 가능하다. 설계결과물이 일회성이며 대량 생산과 같은 방식 불가능하기 때문에 일반적으로 건축설계과정에서는 부분모형, 디지털 도구 기반의 가상의 모형을 활용하여 실제 건축물의 성능에 대한 예측을 대략적으로 한다. 하지만, 건축물은 대지(site)를 중심으로 주변요소(사용자, 기후환경, 주변환경) 변화에 의해 공간적인 요인의 성능병화가 발생하기 때문에 설계로 인한 정확한 성능평가는 클라이언트가 실제 거주 후, 오랜 시간이 지난 후에 확인이 가능하다. 또한, 설계 실패가 발생할 경우, 이를 다음 설계에 반영하는 피드백이 매우 느리며 거주자가 불편함을 감수해야 한다(Kim & Kim, 2019). 이러한 맥

락에서 체험 중심의 설계확장공간으로서 시각, 청각, 후각, 촉각 등 오감 중심의 다양한 주변환경의 체험이 포함된 건물의 성능을 예측하는 도구로 활용된다면, 금융, 상업, 공공분야의 메타버스 활용 사례에서처럼 현실과 같은 가상공간을 만들어 실제 환경변화를 똑같이 시뮬레이션하여 가상공간에서 클라이언트 경험을 활용하면, 빠르고 정확한 피드백을 얻어낼 수 있는데 활용될 수 있다.

또한, 설계가 진행되는 과정이 다른 제조업 기반 제품에 비해 일회성으로 진행되며, 제조업의 대량생산방식과 같은 생산방식이 불가능하다. 건축설계에서는 새로운 개념의 건축물이 도입되거나 신기술이 도입될 경우, 일반적인 제조업 기반 제품에 비해 설계 실패로 인한 위험 발생가능성이 크고 그 규모도 크다(Kim & Kim, 2019). 하지만 건물의 성능을 예측하거나 고려하지 않고 설계를 진행하는 것은 매우 위험이 크기 때문에 성능예측을 위한 새로운 방법이 필요하다. 의료관리분야 및 공공관리분야의 메타버스 활용 사례처럼 가상모델의 현실 반영 및 물리모델의 수정을 위한 테스트를 진행하여 현실세계의 데이터를 측정하고 결합하여 실제 건물에서 발생하는 사건을 시뮬레이션 한다면, 위험 발생가능성을 최소화하거나 관리비용을 줄이는데 활용될 수 있다.

마지막으로, 건물의 설계 및 평가는 설계에 참여하는 전문가들이 전문적인 툴을 활용하여 이루어졌다. 조작하기 쉽고 빠른 메타버스를 활용하면, 더 많은 대중이나 비전문가인 클라이언트들도 설계과정에 참여하여 의견을 제시할 수 있을 뿐만 아니라, 건물을 설계하는 이해관계자들의 원활한 의사소통을 위한 플랫폼으로 활용될 수 있을 것이다.

3. 메타버스 경험 및 기술 특성을 고려한 건축 설계 활용가능성 측면에서의 메타버스 사례 분석

3.1 옴니버스 엔터프라이즈(Omniverse Enterprise)

옴니버스 엔터프라이즈(Omniverse Enterprise)는 엔비디아에서 제공하는 메타버스 플랫폼으로 디자이너의 실시간 협업을 위해 개발된 플랫폼이다. 전 세계의 디자인 팀이 가상 세계에서 실시간으로 협업을 할 수 있도록 구현하였으며, 사용자끼리 공유했던 작업과 데이터관리가 가능하여 업무에 대한 경로 파악이 가능하다.

옴니버스 엔터프라이즈의 가장 대표적인 특징은 현실세계를 기반으로 한 가상세계를 구축하고, 다양한 IoT 기기 등을 통하여 현실세계 데이터를 수집하고, 이를 기반으로 가상세계 메타버스를 구현한 플랫폼이다. 예를 들어, 옴니버스 뉴클러스(Nucleus)의 자체 플랫폼을 통해서 기기, 사람, 로봇을 연결할 수 있고, 이러한 다양한 정보들을 VR, AR기기를 통해 XR세계로 확장하

여 가상세계에 구현하여 디자이너들의 실시간 협업을 지원한다. 로봇, 플랫폼, 사람을 연결할 수 있어서, 디자인 단계뿐만 아니라 생산단계에서 디지털 트윈 공장 등 디자인 제품의 공장의 생산 업무에 활용될 가능성이 높다. 현실세계를 기반으로 한, 가상세계 인터랙션을 제공하기 때문에, 건축설계 시 건축물의 디자인을 VR, AR 기기를 통해 XR세계로 확장하여 제공함으로써, 설계 후 시공 및 관리 과정에서 건설과정에 대한 공유 및 관리를 디지털 트윈을 활용하여 모니터링이 가능하다.

또 다른 특징은 다양한 인터페이스가 플랫폼에 연결될 수 있어서 디자이너들이 작업을 하면서 현실세계의 데이터와 가상세계의 데이터를 서로 연동시켜 디자인을 할 수 있다는 것이다. GPU 그래픽 기반의 그래픽 구현이 옴니버스 엔터프라이즈 플랫폼 내부에서 가능하기 때문에 외부 프로그램과 연동이 가능하고, 다른 프로그램에서 작업했던 3d 모델링을 임포트 하여 옴니버스 엔터프라이즈 플랫폼 내부에서 3d 모델링 프로그램도 작동할 수 있다. 이러한 특징은 건축설계에서 쓰이고 있는 다양한 3d 프로그램을 옴니버스 엔터프라이즈에서 구현할 수 있어서 다른 디자이너들이 쉽게 협업을 진행할 수 있다. 옴니버스 플랫폼에서 지원하는 인터페이스로 건축 설계 3d 모델링 구현이 가능할 뿐만 아니라, 건축 설계에서 활용되고 있는 프로그램인 오토데스크(Autodesk)사의 3d 맥스(Max), 마야(Maya), 에픽 게임즈 언리얼 엔진(Epic Games Unreal Engine), 트림블 스케치업(Trimble Sketchup)과 연동시켜 실시간으로 협업이 가능하다.



Figure 8. Omniverse enterprise kit(NVIDIA, 2022)

3.2 트리지(Trezi)

트리지(Trezi)는 스마트비즈(SmartVizX)가 개발한 메타버스로 건축설계과정에서 모든 관계자의 회의, 설계협업, 디자인 발표 등 다양한 형식의 의사소통 및 사용편의를 목적으로 개발된 플랫폼이다. Trezi의 가장 대표적인 특징은 인터페이스를 활용한 공유 인터랙션 플랫폼으로 클라우드 기반 소프트웨어를 연동시켜 다양한 관계자들의 커뮤니케이션 결과를 수정 및 공유하기 쉽게 하였다. 현실세계의 데이터와 가상세계의 데이터를 다양한 소프트웨어를 활용하여 다수의 사용자가 서로의 디자

인 결과를 수정 및 공유할 수 있고, 다양한 프로그램을 트리징 프로그램에서 실행하며 협업 및 수정 보완이 가능하다. 즉, 다수의 사용자들이 클라우드를 활용하여 데이터 보관, 파일 데이터 전환, 카탈로그 관리 등을 할 수 있다. 다양한 사용자 협업이 가능할 수 있게 데스크톱모드와 디자인 검토를 위한 가상현실(VR)모드를 지원하고 있다. 주로 데스크톱 모드 중심으로 개발되었고, 주로 디자인 발표를 위한 기능에 중점을 두고 있다. Trezi는 건축설계를 목적으로 개발된 메타버스 플랫폼이기 때문에, 다양한 2d 및 3d 프로그램을 임포트 해서 실시간으로 디자인 수정 및 저장할 수 있는 장점이 있다는 것이다. 또한, 플랫폼 자체에서 3d 모델링이 가능하기 때문에 별도의 3d 모델링 소프트웨어 없이도 가상공간을 경험할 수 있다. 또한, 트리징뷰어 어플리케이션이 있어서 핸드폰으로 데이터 확인이 가능하여 장소에 상관없이 협업을 위한 가상공간을 제공한다.



Figure 9. Trezi VR platform for architecture(Trezi, 2022)

3.3 코비(Kovi)

코비(Kovi)는 다양한 사람들이 실제감 있는 가상의 공간을 체험할 수 있도록 디자인 결과물을 신속하고 실제감 있게 구축할 수 있게 개발된 플랫폼이다. 공간, 토지, 장비 등 통합 공간 관리 및 교육, 매장관리, 건축, 데이터 관리 등 다양한 분야에서 적용 가능하다. 코비는 현실세계의 데이터를 기반으로 현실과

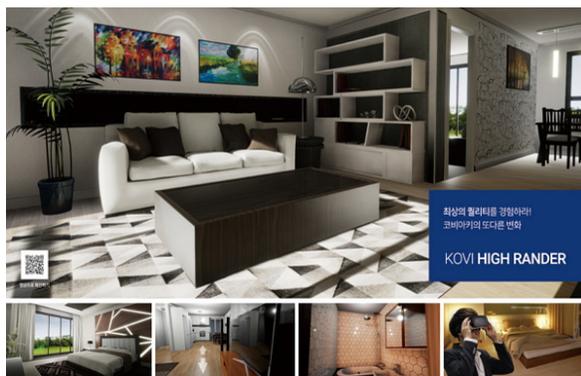


Figure 10. Kovi Metaverse platform(Kovi, 2022)

똑같은 가상세계를 구현한다는 점과 시뮬레이션을 통한 실제감 있는 가상세계를 구축한다는 점을 강조시켜 개발된 메타버스 플랫폼이다. 3d CAD, IoT 데이터 등을 활용하여 가상현실 기반의 인터페이스를 활용하여 현실세계와 똑같은 가상세계를 구현하고, VR, AR, MR 등의 기기와 연동하여 실제감 있는 시뮬레이션을 구현하였다는 것이 가장 대표적인 특징이다. 건축 설계 시, 코비 메타버스 플랫폼 내에서 건축물의 내부 및 외관을 쉽고, 빠르게 VR로 제작이 가능하다. 객체기반 지능형 VR을 활용하여 ezCAD엔진이 적용된 2d모드에서 설계한 데이터를 실시간으로 3차원 VR공간정보로 변환하고 시뮬레이션 할 수 있다. 또한, 2d 캐드 정보를 3d 데이터로 실시간 모델링 할 수 있다는 장점이 있으며, 모델링의 마감, 타일, 가구 등 즉각적인 렌더가 가능하여 설계 중 결과물을 바로 확인할 수 있어서, 건축 및 실내건축 설계의 내부공간을 실제감 있는 시뮬레이션에 활용될 가능성이 높은 플랫폼이다.

3.4 아크버스(Arcverse)

아크버스(Arcverse)는 네이버랩스가 제공하는 플랫폼으로 현실세계와 똑같은 거울세계를 가상세계에 구현하여 로봇, 자율주행, AR 등 인터페이스 시스템과 연결될 수 있는 메타버스 플랫폼이다. 아크버스는 현실세계와 같은 거울세계를 가상세계에 똑같이 구현하고, 이를 인터페이스 기술과 연결시켜 인터랙션이 가능하다는 점이 가장 대표적인 특징이다. 현실세계 실내·외 데이터를 정확하게 가상세계에 구현하기 위해 항공사진과 이동 지도제작 시스템을 결합한 어라이크(ALIKE)와 어라이크 엠(ALIKE-M) 기술을 개발하였고, 인공지능(AI), 클라우드 시스템, 디지털 트윈, 5G 등의 기술을 융합해 현실과 디지털 공간을 연결하는 서비스를 제공한다. 현실세계와 가상세계를 연결하여 인터랙션이 가능한 로봇, 자율주행, AR 등의 인터페이스 시스템과 연결하여 현실세계 데이터와 가상세계의 시스템이 호환이 가능하다. 아크버스는 건축설계 시 대규모 도시 단위로 구축된 거울세계의 도시모델과 도로레이아웃, HD맵(고정밀지도)등의 핵심 데이터를 기반으로 가상세계를 통하여 현실세계의 정보를 제공



Figure 11. Naver labs arcverse(Naverlabs, 2022)

한다. 또한, AR, 로봇 등의 인터페이스와 연결하여 가상세계에서 건물의 설계과정에 관한 시뮬레이션을 할 수 있다. 이를 통해서 건물의 설계과정 중 문제점을 미리 알고, 그 해결방안을 건물이 완성되기 전에 미리 제시할 수 있다.

3.5 메가월드(Megaworld)

메가 플랜(Megaplan)에서 개발한 건축용 메타버스 플랫폼인 메가월드(Megaworld, 2022)는 건축설계를 위해 개발된 메타버스 플랫폼으로, 실제감 있는 체험을 제공하기 위해 개발되었다. 따라서, 건축물의 시공 전, 실제와 동일한 환경의 건물 내·외부 확인이 가능한 메타버스 플랫폼이다. 메가월드는 가상세계에서 실제감 있는 경험을 할 수 있다는 점을 강조하여 개발된 메타버스 플랫폼으로 2차원 설계에 실감형 기술을 접목시켜 실제감 있는 가상세계의 경험을 제공한다. 건축설계 시, 메가월드를 활용하여 클라이언트 및 사용자가 건물이 완성되기 전에 미리 경험을 있다. 예를 들어, 메가월드 플랫폼 내부에 구현된 가상의 호텔공간에서 자신이 설정한 아바타를 조종하여 게임을 하듯이 호텔 내·외부를 둘러볼 수 있다. 현재는 VR 중심의 체험 서비스를 제공하고 있지만, 앞으로 디지털 트윈기술과 접목하여 이를 시각화 하는 서비스를 제공할 예정이다.



Figure 12. Megaworld(Megaplan, 2022)

3.6 메시(Mesh)

메시는 마이크로소프트가 개발한 메타버스 플랫폼으로 3d 아바타를 통해 혼합 현실에서의 공동 작업 환경을 제공하는 목적으로 개발되었다. 메시는 공유 가상세계 내부에서 아바타를 활용하여 의사소통을 하고, 다양한 SW를 연결하여 가상세계에서 인터랙션을 지원한다. 예를 들어, 메시지를 활용하여 사용자는 가상공간에서 콘텐츠를 공유할 수 있고, 이를 시각적으로 표현하여 사용자들의 협업을 진행할 수 있다. 특히, 마이크로소프트 프로그램인 Microsoft 365, MS Dynamics 365 등의 SW를 활용하여 가상의 공간에서 회의, 협업 및 작업이 가능하다. 또한, 홀로그램의 홀로포테이션(Holoportation)을 활용하여 AR 공간에서 회의를 진행할 수 있고, PC나 스마트폰으로 VR 공동작업이 가능하다. 건축설계 시, 가상회의 공간에서 설계 초기 기획단계

의 다양한 회의 및 협업을 위한 프로그램을 지원한다.



Figure 13. Mesh preview(Wen et al., 2021)

3.7 어반디자인 게임과 거울세계 연계 메타버스

어반 디자인 게임(Urban Design Game) 플랫폼은 미국, 일본, 영국 등 여러 국가의 도시계획 프로젝트에서 주민들의 의견 수렴 및 참여를 활성화하기 위한 목적으로 이미 활용되고 있는 플랫폼이다. 공유 인터랙션 플랫폼의 기능을 강화하여 개발된 메타버스로 다양한 사람들의 의견을 수렴할 수 있는 플랫폼이다. 온라인 게임과 비슷하게 쉬운 인터페이스를 제공하고 있어서 디자이너 이외의 비전문가들이 메타버스 플랫폼에 접속하여 디자인에 대한 아이디어를 직접 제작하여 가상세계에 구현할 수 있다. 구현된 디자인은 가상세계에 접속한 다양한 사용자들이 피드백을 할 수 있게 되어있다. 이러한 게임 기반 메타버스 중 VY.CITY 및 VILo는 여러 디자이너 및 주민들이 게임 기반 메타버스에 참여하여 도시 디자인에 대한 아이디어를 수렴할 수 있게 활용될 수 있는 장점을 가지고 있다. 이러한 메타버스 플랫폼의 활용은 다수의 주민들이 도시 디자인을 경험하고, 경험을 바탕으로 주민들의 아이디어를 수렴하여 도시계획 시 다양한 의견을 참고하여 설계를 진행할 수 있는 장점이 있다. 최근, 우리나라에서는 Mppp라는 게임에 거울세계 기반 메타버스를 접목하여 도시계획 시 주민들이 참여하여 다양한 의견을 참고할 수 있는 메타버스 플랫폼을 제시하기도 하였다. 제안된 메타버스는 게임 형식의 인터페이스와 네이버랩스(Naver labs)에서 구축된 거울세계와 연동을 하여 3d로 구축된 서울시 전체의 가상세계에서 게임형식을 활용하여 다양한 주민 참여를 통해 도시설계에 관한 의견을 수렴할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 이러한 플랫폼을 활용하여, 건축 디자이너는 주민들이 직접 디자인한 의견을 실시간으로 쉽고 빠르게 얻을 수 있고, 주민들 피드백을 바탕으로 건축 디자이너는 빠르게 수정안을 제시할 수 있다. 또한, 주민들은 메타버스 플랫폼을 통하여 건축 디자이너들에게 솔루션을 직접 요청할 수 있는 것이다. 이러한 자유로운 의사소통을 통하여 제안된 긍정적인 평가를 많이 받은 인기 솔루션은 도시재생 및 도시 건축 프로젝트에 실제로 반영될 수 있을 것이다.



Figure 14. The ViLo digital twin model with real-time data (Hudson-Smith, 2022)

4. 토의 및 결론

기술의 발달 및 사용자의 관심 증가로 다양한 메타버스 플랫폼이 개발되고 있으며, 이에 대한 산업적 활용에 대한 사례들이 증가하고 있다. 보통 메타버스하면 대중적으로 많이 사용하고 있는 제페토(Zepeto), 유니버스(Universe) 등 소셜을 위한 플랫폼을 고려하게 되는데, 본 연구에서는 실제로 건축관련 산업에서 활용될 수 있는 다양한 메타버스 플랫폼에 대한 사례를 중심으로 분석하였다. 현실과 가상공간을 결합하여 확장된 가상 공유 세계인 메타버스 서비스는 다양한 산업에 적용되고 있고, 건축 설계 및 시공 분야에서도 다양한 활용이 기대되고 있다.

현재까지 개발된 메타버스 플랫폼 사례를 중심으로 건축설계의 융합설계를 위한 메타버스의 활용 가능성에 대해 정리하면 다음과 같다.

첫째, 설계초반 아이디어 제시 및 발전을 위해 메타버스의 공유 인터랙션 플랫폼을 활용하여 가상세계에서 구축된 설계 내용에 대해 다수의 사람들이 피드백을 할 수 있고, 의사결정 시, 대중의 의견을 고려하는데 활용될 수 있다. 대중들은 실제 설계 진행과정에 대해 지속적으로 참여하여 직접 아이디어를 제시하거나, 아이디어에 대한 의견을 전문가들에게 전달하고 서로 상호작용하면서 디자인에 대한 피드백을 할 수 있다.

둘째, 아이디어를 제시하고, 디자인을 구체적으로 발전을 위해서 실제 현실세계를 그대로 반영한 메타버스의 가상세계를 활용할 수 있다. 실제세계에 구축될 형태와 시스템을 가상세계에서 똑같이 만들어 테스트할 수 있고, 실제 세계에서의 예상 변화를 가상세계에서 검토할 수 있다. 특히, 설계단계에서 주변 요소들을 치밀하게 분석하고, 이를 통해 오류를 잡아내어 시공 단계 및 건물이 완성된 뒤에 오차를 최대한 줄이도록 하는데 활용될 수 있다. 이를 바탕으로 향후 품질 관리와 하자 점검 등에도 활용될 수 있을 것이다. 또한, 신재료들을 도입하거나 복잡한 형상의 시공방법을 개발 시, 설계 후, 테스트 실패를 미연에 방지

하기 위해 설계자와 엔지니어링 전문가들로 이루어진 팀을 만들어 가상공간에서 모델을 만들어 테스트를 진행하는데 활용될 수 있다. 현재, 물리모델과 3d 가상 모델(BIM, VR, AR)을 활용하여 프로젝트 초기에 발생하는 리스크를 줄이고 있다(Kim, 2012; 2015), 메타버스는 이러한 3d 가상 모델(BIM, VR, AR)의 확장으로, 현실 세계에서 일어나는 모든 센서 정보(IoT)들을 수집하고 현실세계에서 일어나는 모든 이벤트들을 실시간으로 가상세계와 연동이 가능할 것이다. 이는 테스트 후 실패를 예방하는데 도움이 될 것이며, 설계 후 과정의 관리 및 협업에 활용될 수 있을 것이다. 특히, 현실세계 센서(IoT)를 활용해 수집한 환경 정보인 날씨, 도시 단위의 도로 레이아웃, 통행량 등의 핵심 데이터를 현실과 똑같이 가상세계에 구축하고, 이를 분석함으로써 현실세계의 건물에 대한 형태 및 설계 범위와 관련된 성능을 정확하게 예상하여 건물디자인에 반영할 수 있다. 이를 통해, 디자인과 관련된 기술적인 요소들을 연결하여 디자인의 장단점을 쉽게 파악할 수 있고, 다양한 테스트를 기획할 수 있는 효과가 있다.

셋째, 완성된 디자인의 경우, 메타버스의 특징인 오감을 활용한 사용자 몰입의 특징을 활용하여 가상세계 건물의 선호도 및 성능 평가, 거주 후 평가 등 실제 거주하지 않고도 그에 대한 평가과결을 알 수 있다. 건축설계과정은 사람의 경험을 디자인한다는 것이다. 건축디자이너는 디자인을 진행하면서 완성된 건물을 설계단계에서 상상해보고 디자인을 진행하며, 클라이언트 및 다양한 설계 참여 주체는 설계자가 디자인한 설계도면 및 3d 결과물을 상상하며 완성된 건물을 상상하게 된다(East et al., 2004). 현재까지 가상공간의 활용은 시뮬레이션 기반의 시각 중심의 공간을 만들고 이를 활용하였다(Lee & Kim, 2018). 메타버스를 활용하면 가상공간보다 다양한 오감중심의 체험이 가능하게 될 것이다. 이는 시각 중심의 체험에서 시각, 청각, 후각, 촉각 등 오감중심의 체험이 가능하게 될 것이다. 따라서, 클라이언트는 설계 단계에서 본인의 의견을 제공하여 사이버 건물에 내장재와 마감재, 가구 옵션을 실시간 시뮬레이션 하며, 디지털 트윈을 활용하여 외부 환경에 의해 변화되는 상태를 시각, 청각, 후각, 촉각 등 다양한 방법으로 체험하여 완성된 건물을 체험할 수 있을 것이다. 이러한 체험은 설계 후 완성된 건물의 정확한 측정 및 평가에 활용될 수도 있을 것이다. 특히, 현재까지 거주 후 평가는 실제로 건물이 완성된 이후에 진행이 되거나, VR/AR을 활용하여 가상공간에서 시각적인 건물의 완성도를 체크하고 이에 대한 평가를 하는 수준에 머물렀지만, 메타버스를 활용하여 현실세계와 같은 가상세계를 구축을 한 후, 시각, 청각, 촉각, 후각 등 오감을 연결한 인터랙션 등을 활용하여 거주 후 평가를 진행한다. 건물은 완성되기 전에 메타버스의 가상 세계 건물을 통해 확인하지 못했던 시공과정에서의 제작과 시공 시 고려

Table 2. Metaverse and its application for architectural design

Metaverse platform	Characteristics of Metaverse platform	Description of Metaverse experience and technology		Usability in architectural design
Omniverse enterprise	Realization of virtual world for real-time collaboration of designers and management of data	Build a virtual world based on the real world	<ul style="list-style-type: none"> Collect real world data through IoT devices and share it on the virtual world Metaverse platform of Omniverse to connect the robots and AR/VR devices 	<ul style="list-style-type: none"> Sharing and management of the construction process between designers, constructors, and managers after design process through AR/VR devices
		Shared interaction platform using interface	<ul style="list-style-type: none"> Designers can collaborate in real time by operating various 3d modeling programs on the Omniverse platform 	<ul style="list-style-type: none"> Designers could carry out real-time collaboration with other designers by linking 3d tools such as Autodesk Max, Maya, and Trimble Sketchup
Trezi	Developed for the purpose of communication and user convenience for stakeholder's meeting, collaboration, and presentation	Shared interaction platform using interface	<ul style="list-style-type: none"> Utilizing a cloud-based program and it can be used for communication for various stakeholders of designers and clients 	<ul style="list-style-type: none"> Modify and save files without separate installation of 2d and 3d programs Several project stakeholders can view files on computers and mobile phones, so it can be used for meeting in various situations
Kovi	Design results can be quickly built on the virtual world, enabling design reviews and communication with clients	Building a sense of reality in the virtual world	<ul style="list-style-type: none"> 2d can be quickly modeled and rendered in 3d in real time and the simulation is realized by linking with devices such as AR/VR/MR 	<ul style="list-style-type: none"> Designers can quickly model 2d CAD information into 3d data It is possible to check the intermediate results of the design through AR/VR with a realistic rendering. In particular, it could check the interior realistically
Arcverse	Implementing a mirror world like the real world in the virtual world and connecting it with interface systems such as robots, self-driving, AR, etc., and presenting solutions of real world problems through simulation of the virtual world	Building a virtual world based on data from the real world	<ul style="list-style-type: none"> Developing aerial photography and map production systems to accurately and implementing real-world data in the virtual world 	<ul style="list-style-type: none"> By realizing large-scale indoor and outdoor spaces in the virtual world, city-level road and building information can be viewed in the virtual world It can be used to derive solutions by simulating problems during the design process in advance by connecting with AR/VR, BIM, and construction robots.
		Interaction through interface	<ul style="list-style-type: none"> Connecting the real world and the virtual world by using interface systems such as robots and AI 	
Megaworld	Developed for the purpose of providing a realistic experience for clients	Building a realistic virtual world through realistic simulation	<ul style="list-style-type: none"> Connections with interfaces such as visual, auditory, and tactile senses of realistic technologies Build a realistic virtual world using AR/VR 	<ul style="list-style-type: none"> Clients and users can experience the building before it is completed.
Mesh	Provides a collaborative work environment for business-related stakeholders in the virtual world	Communication through avatars	<ul style="list-style-type: none"> Communication using avatars 	<ul style="list-style-type: none"> Support virtual meeting space for presentations in the initial planning stage of design by designers
		Interaction via software	<ul style="list-style-type: none"> Meeting and collaboration in a virtual space by linking Microsoft 365, MS Dynamics 365 	
Urban design game	Developed to collect the opinion of a large number of participant	Shared interaction platform	<ul style="list-style-type: none"> Provides a virtual space where a large number of people directly present their opinions by providing an interface using a game format 	<ul style="list-style-type: none"> In urban design projects, citizens can use it as a platform to participate such as design proposals in virtual world.

할 요소들을 현실세계의 시공과정 전에 확인할 수 있고, 오류를 정확하게 발견할 수 있다.

마지막으로, 메타버스를 활용하여 가상세계에서 다양한 설계 인터페이스의 활용을 통한 효율적이고 원활한 의사소통을 위한 협업의 지원할 수 있다. 건축디자인의 설계과정에서 클라이언트, 건축디자이너, 시공사, 건설사 등 다양한 사람들과 단계별로 프로젝트를 진행해야 한다. 각 단계별 다양한 사람들과 원활한 의사소통이 이루어지지 않으면 건설과정에서 문제(시공의 문제, 건설현장의 사고 등)로 이어질 수 있기 때문에(Gamil & Rahman, 2017), 효과적인 커뮤니케이션은 프로젝트의 성공에 중요한 역할을 한다(den Otter & Emmitt, 2008). 메타버스의 아바타를 활용한 인터랙션은 가상세계에서 원활한 커뮤니케이션을 가능하게 할 것이다. 가상세계에 현실을 대신하는 아바타는 참여를 통해 가상세계를 직접 경험할 수 있고, 현실세계의 데이터와 가상세계의 데이터를 서로 연동한 다양한 인터페이스를 통해 건설과정의 다양한 이슈를 가상세계에서 직접 경험함으로써, 각 이해관계자들이 프로젝트에 대해 쉽게 이해할 수 있고 원활한 커뮤니케이션을 가능하게 할 것이다. 또한, 현재까지 가상공간(AR/VR)은 제한된 인원이 가상의 시뮬레이션 공간에 참여하여 아이디어를 내고 수정 및 보완을 하였다면, 메타버스가 제공하는 가상세계는 무수히 많은 대중들이 가상세계에 들어와서 직접 제작에 참여할 수 있다. 이러한 메타버스에서의 경험은 설계 및 아이디어 도출 및 디자인 개선에 다양한 의견을 수렴을 가능하게 할 것이다. 또한, 각 설계 단계별 업무 형태에 맞는 메타버스를 활용하여 협업의 효율을 높일 수 있다. 예를 들어, 설계 초반에는 다양한 아이디어 도출을 위해 대상지의 다양한 환경적 데이터를 통한 분석이 필요하므로, 현실세계 환경적 데이터를 그대로 가상세계에 활용하는 메타버스가 유용할 것이고, 디자인을 구체화시키는 과정에서는 현실감 있게 가상세계를 구현하는 그래픽 및 다양한 설계 소프트웨어와 호환이 자유로운 메타버스가 유용할 것이다. 설계 마지막 단계에서는 다양한 이해관계자의 피드백 및 프리젠테이션, 회의를 위해 최적화된 메타버스가 유용하게 활용될 수 있을 것이다.

본 연구는 메타버스의 경험 및 기술적 특성을 분석하고, 건축 설계 단계에서 활용 가능한 메타버스 사례를 조사 및 분석하였으며, 이를 종합하여 앞으로 건축설계 단계에서 메타버스의 활용가능성에 대해 제시하였다. 특히, 메타버스의 경험 및 기술적 특성 중, 사용자 몰입, 공유 인터랙션 플랫폼, 가상세계를 중심으로 나누어 건축 및 디자인 분야에서 활용 가능한 메타버스 서비스 플랫폼 7가지 사례를 분석하였다. 그리고, 분석한 내용을 토대로 건축설계과정에서 활용 시 기대효과 및 장점에 대해 제시하였다. 본 연구는 메타버스 플랫폼을 건축설계에 활용하기 위한 초기 연구로, 향후, 본 연구에서 제시된 메타버스 플랫폼

사례 연구 및 분석이 건축 산업에서 다양한 활용 및 메타버스 서비스 플랫폼 개발에 도움이 될 수 있을 것이라 기대한다.

감사의 글

이 논문은 2022년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구이며(NRF-2022S1A5B5A16054534), 2023년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 수행된 미래지라도 시 연구사업임.

References

- Azhar, S. (2011). Building information modeling (BIM): Trends, benefits, risks, and challenges for the ACE industry. *Leadership and management in engineering*, 11(3), pp. 241–252.
- Bente, G., Rueggerberg, S., Kramer, N., Eschenburg, F. (2008). Avatar-Medicated Networking: Increasing Social Presence and Interpersonal Trust in Net-Based Collaborations, *Human Communication Research* 34(2), pp. 287–318.
- Choi, W. J., Heo, S. J., Na, S. G., Kim, C. K. (2022). A Study on the Direction of Application of Metaverse in the Construction Industry, *The Korean Institute of Building Construction*, 22(1), pp. 231–232.
- Dachman, J. (2017). Turner Sports, Intel Ink Deal To Deliver Live NBA Games in VR, <https://sportsvideo.org>
- Davis, A., Murphy, J., Owens, D., Khazanchi, D., Ziguers, I. (2009). Avatars, people, and virtual worlds: Foundations for research in metaverse. *Information systems and Quantitative analysis Faculty Publications*, 10(2), pp. 90–117.
- den Otter, A., Emmitt, S. (2008). Design Team Communication and Design Task Complexity: The Preference for Dialogues, *Architectural Engineering and Design Management* 4(2), pp. 121–129.
- Dionisio, J., Lii, W., Gilbert, R. (2013). 3D Visual worlds and the Metaverse: Current status and future possibilities, *ACM Computing Surveys*, 45(3), pp. 1–38.
- East, E., Kirby, J., Perez, G. (2004). Improved Design Review through Web Collaboration, *Journal of Management in Engineering*, 20(2), pp.51–55.
- Gamil, Y., Rahman, I. (2017). Identification of causes and

- effects of poor communication in construction industry: A theoretical review, *Emerging Science Journal* 1(4), pp. 239–247.
- Hamilton–Basich, M. (2020). GIGXR Launches Holographic Standardized Patients for Remote Simulation Training, *AXIS Imaging News*. <http://www.healthysimulation.com/28557/holographic-standardized-patient/>
- Han, H. W. (2008). A Study on Typology of Virtual World and its Development in Metaverse, *Journal of Digital Contents Society*, 9(2), pp. 317–323.
- Hudson–Smith, A. (2022). Incoming Metaverses: Digital Mirrors for Urban Planning, *Urban Planning*, Cogitatio Press, 7(2), pp. 343–354.
- Jung, J. H., Jung, Y. W. (2021). A Study on User–Experience Design of Metaverse: Focused on Gen Z, *Proceedings of the Korea Society of Design Studies Conference*, pp. 74–75.
- Kim, D. W. (2022). MEDICAL Metaverse, <https://www.aitimes.com/news/articleView.html?dxno=145549>
- Kim, K. R. (2021). A Study on the ‘Exhibition Space and Applicability Using Metaverse Technology’, *Design Research*, 6(4), pp. 152–160.
- Kim, J. W., Kim S. A. (2019). Prototyping–based Design Process Integrated with Digital–Twin: A Fundamental Study, *Journal of KIBIM*, 9(4), pp. 51–61.
- Kim, S. J. (2012). Digital Optimization Method for Constructability of Freeform Building, *Proceedings of the Korean Institute of Building Construction Conference*, 12(2), pp. 225–226.
- Kim, S. J. (2015). Digital Fabrication in Architectural Design and Construction Engineering for a Complex Geometry, *Journal of the Architectural Institute of Korea, Planning & Design*, 59(7), pp. 46–52.
- Kim, S. K., Lee, Y. H., Yoon, H. S., Choi, J. M. (2021). Adaptation of Extended Reality Smart Glasses for Core Nursing Skill Training Among Undergraduate Nursing Studies: Usability and Feasibility Study, *Journal of Medical Internet Research*, 23(3), pp. 1–12.
- Kim, Y. J., Heo, J. H., Choe, S. H., Paik, S. H. (2022). A Study of Metaverse as an Educational Space, *Convergence Education Review*, 8(1), pp. 1–14.
- Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology (KIET), (2021), A Planning on Core Technology Development of Construction Metaverse.
- Kovi, <https://corp.kovi.com> (Dec. 1. 2022)
- Lee, J. S., Kim, J. Y. (2019). A Study on Spatial Characteristics of Immersion and Reality in Cases of VR and AR technology and Contents, *Korean Institute of Journal of Design*, 28(3), pp. 13–24.
- Lee, N. H., Kim, Y. J. (2018). A Conceptual Framework for Effective Communication in Construction Management, *Information Processing and Visual Communication*, In *Construction Research Congress*, pp. 531–541.
- Lee, Y. J. (2022). Seven Eleven in Metaverse, <https://donga.com/news/Economy/articl/all/20220310/112277422/1>
- Lee, Y. J., Jung, K. T. (2022). Analysis of User Experience for the Class Using Metaverse, *Journal of Practical Engineering Education*, 14(2), pp. 367–376.
- Lufthansa (2022). Cargo management system, <https://www.youtube.com/watch?v=kbS1iDK6tC>
- McKinsey (2022). Value Creation in the Metaverse, *Megaworld*, <https://megaplan.kr> (Nov. 23. 2022)
- Moneta, A. (2020). Architecture, Heritage, and the Metaverse: New Approaches and Methods for the Digital Built Environment, *Traditional Dwellings and Settlements Review*, 32(1), pp. 37–49.
- Naverlabs, <https://naverlabs.com> (Nov. 13. 2022)
- Noval Technologies, <https://noval.ca> (Nov. 25. 2022)
- NVIDIA, Omniverse Enterprise Kit, <https://www.nvidia.com/kp-kr/omniverse/> (Oct. 20. 2022)
- Oh, D. H. (2022). Fire safety education, https://mobile.newsis.com/view.html?ar_id=NISX20220908_00020007486
- Park, S. B., Lee, H. K. (2021). Future Direction of the Virtual Museum Applied Metaverse Technology: Focusing on Personalization and User Interaction by Sharing Content, 26(3), pp. 19–30.
- Rhee, J. H., Cha, S. H. (2022). Architectural Design in Metaverse Case Study, *Journal of the Architectural Institute of Korea*, 37(7), pp. 69–80.
- Ryu, E. H. (2021). Safety disaster, <https://www.hankyung.com/finance/article/2021090769606>
- Seo, J. W. (2021). KB Metaverse branch, <https://www.mk.co.kr/news/economy/10117533>
- Shin, K. Y., Lee, S. H. (2020). Developing an XR based Hyper–realistic Counter–Terrorism, Education, Training, and Evaluation System, *Convergence security journal*, 20(5), pp. 65–74.
- Smart, E., Cascio, J., Paffendorf, J. (2007). Metaverse Roadmap Overview, *Metaverse Report*, Acceleration Studies Foundation.
- Spillinger, R., Staff, N. (2000). Adding value to the facility acquisition process best practices for reviewing facility

- designs (Technical report, Federal Facilities Council), Washington, D. C.: National Academy Press.
- Steuer, J. (1993). Defining Virtual Reality: Dimensions Determining Telepresence, *Journal of Communication* 4(2), pp. 73–93.
- Travis, S. (2020). Travis Scott and Fortnite Present, <https://www.youtube.com/watch?v=l5CVNIsVclQ>
- Trezi, <https://trezi.com> (Sep. 16, 2022)
- Volkswagen, How Volkswagen is developing the care of the future virtually, <http://volkswagen-newsroom.com/en/virtual-reality-3643> (Dec. 16, 2022)
- Wen, Q., Kerawala, S., Walker, J. Microsoft Mesh (Preview) overview, <https://docs.microsoft.com/en-us/mesh/overview> (Mar. 22, 2021).
- Yoh, M. S. (1998). The Ontology of Cyberspace and Its Implications in Philosophy of Mind, Ph.D. dissertation, Ewha Womans University.
- Yoo, H. G. (2021). Woori bank Metaverse, <https://m.khan.co.kr/economy/finance/article/202112060908001#c2b>
- Yoon, E. Y. (2022). Virtual fitting room, <https://www.ceopartners.co.kr/news/articleView.html?idxno=12775>
- Yoon, H. Y. (2021). Medical Twin, https://www.ekomnews.com/bbs/board.php?bo_table=news&wr_id=47046