

혼합현실과 공간정보를 이용한 스마트시티 체험 콘텐츠 개발에 관한 연구*

Implementation of Smart City Experience Content
by using Mixed Reality and Geospatial Information

전 해 찬** · 김 병 선*** · 이 희 석****

Jeon, Hae Chan · Kim, Byeong Sun · Lee, Hee Seok

요 약

혼합현실은 물리 객체와 가상 객체가 현실 세계에 함께 공존하는 것으로, 현실 세계와 가상 세계를 결합하여 생성된 새로운 환경을 의미한다. 특히, 혼합현실은 현실 세계와 차단되는 가상현실의 단점과 증강현실의 부족한 몰입감을 극복하여 사용자에게 생동감 있는 서비스를 제공한다. 이러한 차원에서 이 연구는 3차원 공간정보를 이용하여 스마트시티 서비스를 가상 환경에서 체험할 수 있는 혼합현실 기반의 콘텐츠를 개발하는데 목적이 있다. 이를 위해 사례 지역인 부산 에코 델타 스마트 빌리지를 대상으로 콘텐츠 개발에 필요한 3차원 공간정보를 구축하였다. 그리고 사례 지역에서 계획하고 있는 스마트시티 서비스 중 스마트 에너지 서비스를 대상으로 혼합현실 기술을 접목한 실험 콘텐츠를 개발하였다. 마지막으로 구축된 실험 콘텐츠를 대상으로 스마트시티 서비스 측면에서 혼합현실 콘텐츠의 유용성과 활용성을 검토하였다. 본 연구를 통해 개발된 혼합현실 기반의 스마트시티 서비스는 서비스 콘텐츠에 대한 사용자의 몰입감을 높이고, 사용자 스스로 서비스를 체험할 수 있는 기회를 제공해 준다는 점에서 기존 서비스의 질을 한 차원 더 높이는 핵심 기술이 될 수 있을 것으로 판단된다.

주요어 : 혼합현실, 공간정보, 스마트시티, 서비스, 콘텐츠

ABSTRACT

Mixed Reality(MR) is the merging of virtual and real-worlds to produce new environments and visualizations, where digital and physical objects co-exist and interact in real time. The MR makes the users simultaneously feel the both sense of reality of Augmented Reality and immersiveness of Virtual Reality. In this paper, we will attempt to implement the MR-based service content for smart city by using 3D geospatial dataset. For this, the 3D geospatial data was constructed for the case study area, Busan Eco Delta Smart City - Smart city national policy information portal operated by the Ministry of Land, Infrastructure, and Transport. In addition, MR-based pilot content was developed for the Smart Energy Service that is one of the smart city services planned in the study area. Finally, we

* 본 연구는 수요처 맞춤형 실감형 3D 공간정보 갱신 및 활용지원 기술개발과제의 연구비지원(22DRMS-B147287-05)에 의해 수행되었음.

** 주저자, 정회원·안양대학교 도시정보공학과(E-mail: geojeonhc@gmail.com)

*** 교신저자, 안양대학교 스마트시티공학과(E-mail: geobskim@gmail.com)

**** 안양대학교 산학협력단(E-mail: lhshr4@gmail.com)

reviewed availability and usefulness of the pilot content to check whether this content has a possibility as smart city service. Based on the empirical test in the paper, MR-based smart city services would be the core technology in the field of the smart city service because it can provide chances for users to experience service contents, and more immersive experiences than existing smart city services.

Keywords : Mixed Reality, Geospatial Information, Smart City, Service, Content

1. 서 론

최근 비대면이 강조되는 포스트 코로나 시대가 도래하면서, 메타버스(Metaverse)와 디지털 트윈(Digital Twin)과 같은 가상현실 기술이 많은 관심을 받고 있다. 메타버스는 초월의 의미하는 Meta와 현실 세계를 의미하는 Universe의 합성어로, 현실 공간과 다른 제 2의 가상공간 세계를 지칭하는 개념이다¹⁾. 이러한 메타버스는 현실 공간에 가상의 물체를 겹쳐 보이는 증강현실(AR, Augmented Reality), 일상적인 경험과 정보를 캡처하고 저장하는 일상기록(Lifelogging), 현실과 유사하거나 완전히 다른 대안적 세계를 디지털로 제작한 가상세계(Virtual Worlds) 그리고 실세계를 가늠한 있는 그대로 반영한 '정보로 확장된 세계'인 거울세계(Mirror World) 등으로 분류할 수 있다²⁾. 이 가운데 디지털 트윈 기술을 적용한 거울 세계는 가상현실(VR, Virtual Reality), 증강현실과 같은 몰입경험(Immersive Experience)을 제공하는 기술을 통해 구현되고 있다.

이러한 몰입경험 기술은 하드웨어 발전이 가속화되고 신기술에 대한 니즈(Needs)와 정부 지원이 증가함에 따라 관련 시장 규모는 지속적으로 증가

하는 추세이다. 특히, 시각 중심의 기존 정보가 오감으로 확장되고, 복수의 사용자가 가상공간을 서로 공유하고 소통할 수 있는 다중 사용자 환경이 발전하면서, 관련 서비스와 콘텐츠의 수요는 더욱 증가할 것으로 예상된다³⁾. 일 예로, 문화 예술 분야에서는 가상현실 기술을 통해 3차원의 디지털 영상기술과 공연 영상을 융합하여 원근감과 입체감 등의 시각적 효과를 극대화하는 등 콘텐츠를 체험하는 관람자가 이전보다 더욱 몰입하고 집중할 수 있는 환경을 제공하고 있다⁴⁾. 그리고 의료 분야에서는 증강현실 기술을 이용하여 환자의 상태나 환부에 대한 정보를 실제 환자의 영상과 합성하여 정확한 진단과 불필요한 절개를 막는 등 정밀도 높은 서비스를 제공하고 있다⁵⁾.

이와 함께 스마트시티(Smart City) 서비스에도 몰입경험 기술 도입이 적극적으로 추진되고 있다. 특히, 스마트시티는 IoT(Internet of Things)와 같은 센서를 통해 실시간으로 도시 공간을 모니터링하는 물리적인 공간과 3차원 공간정보를 이용한 가상공간인 디지털 트윈으로 구성되는데, 이러한 디지털 트윈으로 개발된 다양한 서비스를 제공하기 위한 수단으로 몰입경험 기술이 활발하게 적용되고 있다. 그러나 기술적 측면에서 증강현실 기

1) 이병권, "메타버스(Metaverse)세계와 우리의 미래", 『한국콘텐츠학회지』, 제19권 제1호, 2021, pp.13-17.

2) J. Smart J. Cascio·J. Paffendorf, *METaverse Roadmap Pathways to the 3D Web*, 『A Cross-Industry Public Foresight Project』, 2007.

3) 윤현영, "VR AR MR 관련 기술 및 정책 동향", 『정보통신기획평가원 주간기술동향』, 2019.

4) 조운성 황성준, "언택트 시대의 비대면 공연 서비스를 위한 가상현실(VR) 적용 방안 연구", 『한국디자인리서치』, 제6권 제1호, 2021, pp.186-195.

5) 엄기열 김규진 김문현, "증강현실 환경하에서 비마커 기반 객체 인식 및 추적 기술 동향", 『정보과학회지』, 제28권 제8호, 2010.

술은 현실 공간의 내용을 반영할 수 있으나 콘텐츠의 몰입감이 떨어진다는 지적이 있으며⁶⁾, 반면에 가상현실 기술은 몰입감이 상대적으로 높으나 대상 객체와 주변 환경 모두가 가상의 데이터를 사용하기 때문에, 사용자에게 콘텐츠가 갖는 현실감을 제공하기 어렵다는 기술적 한계를 보이고 있다⁷⁾.

그러나 최근에는 위와 같은 몰입경험 기술의 한계점을 극복하기 위한 대안으로, 증강현실의 현실감과 가상현실의 몰입감을 조합한 혼합현실(MR, Mixed Reality) 기술이 큰 주목을 받고 있다. 혼합현실은 '실제의 배경 위에 현실과 가상의 정보가 혼합된 상태'를 의미한다. 이러한 혼합현실은 개념적으로 가상 환경을 통해 시각을 포함한 다양한 정보를 구현하는 '가상현실'과, 현실을 기반으로 가상 정보를 투영하는 '증강현실'을 모두 포함한다⁸⁾. 또한, 기술적 측면에서 혼합현실은 현실과 가상현실, 증강현실의 요소를 모두 혼합하고 사용자와의 인터랙션(Interaction)을 더욱 강화한 기술을 의미한다⁹⁾. 특히, 혼합현실 기술은 코로나 19로 인한 사회적 거리두기와 비대면이 일상화된 포스트 코로나 시대에서, 가상현실의 이질감에 대한 단점과 증강현실의 기술적 한계를 극복하여 현실감을 극대화한 콘텐츠 영역으로 확장 적용되고 있다¹⁰⁾.

이러한 배경에서 이 연구는 3차원 공간정보를 이용하여 스마트시티 서비스를 가상 환경에서 체험할 수 있는 혼합현실 기반의 스마트시티 서비스 콘텐츠를 개발하는데 목적이 있다. 이 연구의 흐름은 다음과 같다. 첫째, 실험 콘텐츠 개발을 위한 스마트시티 사례 지역을 대상으로 3차원 공간정보

를 구축하였다. 이 연구에서는 국가시범도시로 선정된 리빙랩 실증단지인 부산 에코델타 스마트 빌리지를 사례 지역으로 선정하고 3차원 건물, 조정, 지형 데이터를 구축하였다. 둘째, 사례 지역을 대상으로 실험 콘텐츠를 설계하고 개발한다. 이를 위해 구축된 3차원 공간정보를 기반으로 혼합현실 기술을 이용하여 사례 지역에서 계획하고 있는 스마트 에너지 서비스를 대상으로 실험 콘텐츠를 개발하였다. 마지막으로, 개발된 실험 콘텐츠의 세부 내용에 대해 소개하고 서비스의 유용성과 활용성을 검토하였다.

2. 사례 지역 현황 분석

이 연구는 스마트시티 가상공간 서비스 체험 콘텐츠 개발을 위한 사례 지역으로 부산 에코델타 스마트 빌리지를 선정하였다. 사례 지역은 [그림 1]과 같이 스마트시티 국가시범도시로 선정된 부산 에코델타 스마트시티의 첫 입주단지이며, 부산광역시 강서구 명지동에 위치한다. 특히, 이 연구의 사례 지역은 국가시범도시에 구현될 혁신기술을 선제적으로 적용하는 리빙랩(Living Lab) 실증단지의 역할을 수행한다.

사례 지역은 <표 1>과 같이 스마트 홈, 스마트 에너지, 스마트 워터, 헬스케어, 스마트 팜, 공기청정, 스마트 모빌리티, 스마트 안전 등 총 8개의 다양한 스마트시티 서비스를 계획하고 있다. 특히, 사례 지역은 리빙랩을 위해 지정된 구역으로, 거주자가 스마트시티 서비스를 직접 체험하고 피드백하여 관련 기술을 보완하는 실험적인 역할을 수

6) 김선정 송창근 이정, "혼합 현실," 『정보처리학회지』, 제25권 제2호, 2018, pp.4-11.

7) 김병선·전해찬, "가상현실과 공간정보를 이용한 배리어 프리 콘텐츠 개발에 관한 연구," 『한국콘텐츠학회논문지』, 제21권 제11호, 2021, pp.193-202.

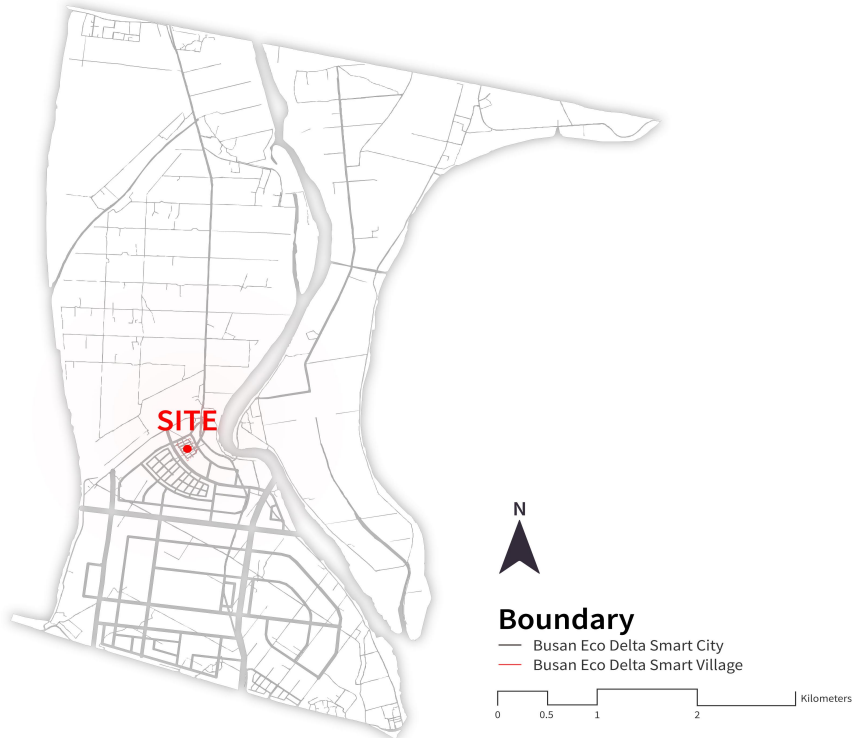
8) P. Milgram H. Takemura A. Utsumi F. Kishino, *Augmented Reality : A class of displays on the reality-virtuality continuum*, Telemanipulator and Telepresence Technologies, Vol.2351, 1995, pp.282-292.

9) 백정열, "혼합현실(MR) 기술 동향," 『정보통신기획평가원 주간기술동향』, 2019.

10) 홍일양·이영우, "포스트 코로나 시대 혼합현실 미디어의 전망," 『한국정보통신학회논문지』, 제3권 제2호, 2021, pp.240-245.

행한다. 따라서 이 연구에서 개발된 혼합현실 기반의 스마트시티 서비스를 거주민이 직접 체험하고 효과성은 물론 개선에 필요한 문제점을 함께

도출할 수 있다는 점에서 사례 지역으로 매우 적합하다고 판단된다.



(그림 1) 부산 에코델타 스마트 빌리지 위치도

〈표 2〉 부산 에코델타 스마트 빌리지 제공 서비스 및 주요 내용

구분	서비스	내용
1	스마트 홈	보안, 건강 관리 등 생활의 모든 것을 어디서든 원하는 서비스를 제공받는 최첨단 홈 시스템 제공
2	스마트 에너지	태양광 발전 시스템, 지열/수열 냉난방 시스템 등 저탄소 에너지 효율 서비스 제공
3	스마트 워터	스마트 워터 플랫폼을 통해 도시 홍수를 관제하고, 스마트 정수, 하수재이용시설, 실시간 워터케어 안전망 등의 서비스 제공
4	헬스케어	개인 및 가정에 설치된 건강 모니터링 시스템(스마트 밴드, 스마트 미러, AI 로봇)을 활용하여 개인 맞춤형 건강 서비스 제공
5	스마트 팜	빗물을 활용한 친환경 스마트팜을 운영하여 친환경 자급자족 시스템을 개발
6	공기청정	실내 공기질 향상을 위한 친환경 자재 및 미세먼지 오염 대응 설비 시스템을 개발하여 공기질을 관리
7	스마트 모빌리티	공유 차량, 전기차 충전소, 퍼스널 모빌리티, 스마트 횡단보도 등의 스마트 모빌리티 서비스 개발
8	스마트 안전	스마트 주차 관제, 지능형 영상 감지, 스마트 폴, 관제 센터 등 최첨단 보안 시스템 개발

출처: 부산 에코델타 스마트 빌리지 홈페이지(<https://busansmartvillage.com/>)



(그림 2) 부산 에코델타 스마트 빌리지 스마트 에너지 서비스

사례 지역은 스마트 에너지 서비스를 중점적으로 추진하고 있다. 이 서비스는 ‘저탄소 에너지 고효율 건축기술 개발 국가 R & D’의 실증 역할을 수행하는데, 민간 공동주택 최초로 제로에너지 1등급 주택단지로 조성하여 동일규모 건축물 대비 에너지 사용량을 약 70% 이상 절감하도록 계획되었다¹¹⁾. 이를 위해, [그림 2]의 예시와 같이 각 건축물 지붕에 설치된 태양 발전 패널을 활용해 전기 에너지를 생산하여 에너지 자립도를 높이고, 남은 에너지는 에너지 저장 시스템(ESS: Energy Storage System)에 전송해 에너지 생산이 어려운 야간에 활용할 수 있도록 관리한다.

이와 같은 스마트 에너지 서비스에서 개별 건축물 지붕에서 수집되는 태양 에너지 외에도 ESS의 역할은 매우 중요하다. ESS는 전기 수요가 적을 때 생산된 전력을 전력계통(grid)에 저장하였다가 전기 수요가 높을 때 저장된 전기를 공급해 주는 시스템이다¹²⁾. 이러한 ESS를 관리하지 못할 경우, ESS 시설의 화재, 재생 에너지 수요 관리 부족, 경제성 고려 등 다양한 문제점을 일으킬 수 있다¹³⁾.

이러한 측면에서 이 연구는 사례 지역에서 개발하고 있는 여러 서비스 중 가장 큰 비중을 차지하고 있는 스마트 에너지 서비스를 실험 대상 콘텐츠로 선정하였다. 이를 위해 개별 건축물에서 발전되는 태양 에너지 발전량과 ESS 기반의 에너지 저장 흐름을 시각화하기 위해서는 사례 지역에 대한 3차원 공간정보를 구축해야 한다.

그리고 구축된 3차원 공간정보는 혼합현실 환경에서 구축된 가상의 환경에서 특정 대상과의 상호작용 매커니즘인 인터랙션 기술¹⁴⁾인 핸드 트래킹 등을 통해 건물의 실내 공간, 시설물 그리고 벽면 및 창문과 같은 시맨틱 정보를 개별적으로 조작할 수 있다. 또한, 태양 에너지 발전 패널을 통해 수집되는 세부 에너지 정보를 서비스 사용자가 혼합현실 인터페이스인 GUI(Graphic User Interface) 등을 통해 즉각적으로 피드백 받을 수 있다. 이 연구는 이러한 사례 지역의 실증 역할을 반영하여 상기 언급된 8개의 서비스 중 스마트 에너지 서비스를 이 연구의 대표 서비스로 선정 및 실험 콘텐츠로 개발하고자 한다.

11) 국토교통부, 「2019년 저탄소 에너지고효율 건축기술 개발사업」, 2019.

12) 고동수, “에너지저장시스템(ESS) 활성화 방안”, 「KIET 산업경제」, 2014.

13) 국회입법조사처, 「전기저장시스템(ESS) 보급 정책의 문제점과 개선방안」, 2020.

14) 홍일양·이영우, “포스트 코로나 시대 혼합현실 미디어의 전망”, 「한국정보통신학회논문지」, 제3권 제2호, 2021, pp.240-245.

3. 실험 콘텐츠 개발

이 연구에서 개발한 실험 콘텐츠의 구성은 [그림 3]과 같다. 여기서 3차원 공간정보는 사례 지역의 실내외 건축물 데이터와 지형 정보인 수치표고모델(DEM: Digital Elevation Model) 등으로 구성된다. 구축된 3차원 공간정보는 사례 지역에서 제공 예정인 태양 에너지 관리 시스템과 연계되어 태양 에너지 발전량 및 ESS 비율 등이 시각화된다. 마지막으로, 시각화된 3차원 공간정보는 혼합현실 환경에서 개발된 콘텐츠와 인터페이스를 통해 서비스화되어 MR 기기를 통해 사용자에게 제공된다.

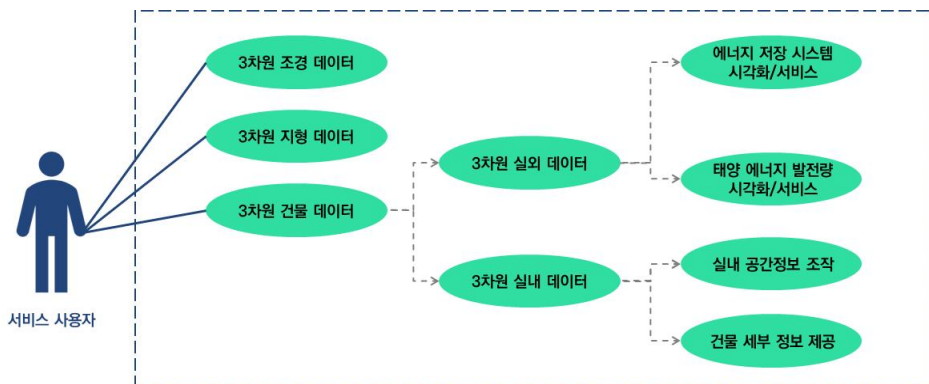
3.1 유스케이스 다이어그램 작성

이 연구는 제로 에너지 서비스의 개발을 위해 서비스 구성을 기반으로 [그림 4]와 같이 유스케이스 다이어그램을 작성하였다. 유스케이스 다이어그램은 서비스 개발에 필요한 3차원 공간정보를 기반으로 구현되는 혼합현실 기술을 중심으로 구성된다.

유스케이스 다이어그램의 세부 내용을 기술하면 <표 2>와 같다. 세부 내용은 크게 3차원 공간정보 측면의 유스케이스와 혼합현실 환경 측면의 유스케이스로 구분된다. 3차원 공간정보 측면의 유스케이스는 사용자에게 시각적으로 표출되는 3차원 조정 데이터, 3차원 지형 데이터, 3차원 건물



[그림 3] 제로 에너지 서비스의 구성



[그림 4] 스마트 에너지 서비스 개발을 위한 유스케이스 다이어그램

〈표 2〉 유스케이스 다이어그램 세부 내용

구 분		내 용
3차원 공간정보 유스케이스	3차원 조정 데이터	가로수 등 사례 지역에 대한 3차원 조정 정보 제공
	3차원 지형 데이터	사례 지역에 대한 3차원 지형 정보 제공
	3차원 실외 데이터	지붕, 벽면, 창문 등 건물 외부에 대한 정보 제공
	3차원 실내 데이터	실내 가구, 시설물 등 건물 내부에 대한 정보 제공
혼합현실 환경 유스케이스	에너지 저장 시스템 시각화/서비스	각 개별 건축물에서 생산되는 태양 에너지의 저장량을 시각화
	태양 에너지 발전량 시각화/서비스	각 개별 건축물의 발전 패널에서 생산되는 태양 에너지량을 시각화
	실내 공간정보 조작	구축된 3차원 실내 데이터를 핸드 트래킹 기능 등을 통해 조작하고 체험
	건물 세부 정보 제공	3차원 건물 데이터 세부 정보를 혼합현실 인터페이스를 통해 체험

데이터로 구성된다. 혼합현실 환경 측면의 유스케이스는 ESS 및 태양 에너지 발전량의 시각화 및 서비스와 실내 공간정보에 대한 조작, 건물 세부 정보 제공 서비스로 구성된다. 특히, ESS 및 태양 에너지 발전량의 경우 태양 에너지 발전이 주로 건물 외부에서 이루어지기 때문에 3차원 실외 데이터와 연결하였다.

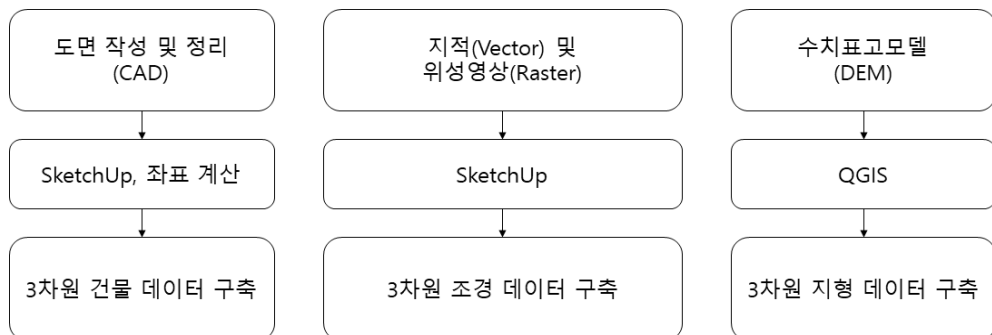
3.2 실험 데이터 구축

이 연구의 실험 콘텐츠 설계 및 구현을 위한 3차원 공간정보 구축 프로세스는 [그림 5]와 같다. 먼저, 사례 지역에 대한 건축 도면과 지적도, 위성 영상 등을 이용하여 3차원 저작 도구인 Sketchup

을 통해 3차원 건물 데이터를 구축한다. 그리고 공간정보 응용도구인 QGIS를 이용하여 3차원 지형 데이터를 제작한다.

이 연구의 사례 지역인 에코 델타 스마트 빌리지는 이 연구가 진행 중인 2021년 12월까지 시공 상태였기 때문에 현지 측량과 같은 고정밀 기술을 이용하여 3차원 건물 데이터 정보 취득이 불가능하였다. 따라서 [그림 6]과 같이 사례 지역에 대한 CAD 도면을 제공받아 3차원 건물 데이터를 구축하였다. 제공 받은 CAD 도면의 경우 1mm 단위의 건축물 도면으로, 건축물의 절대 좌표, 수직/수평 형태 등 3차원 건물 데이터 구축에 필요한 모든 정보가 기재되어 있다.

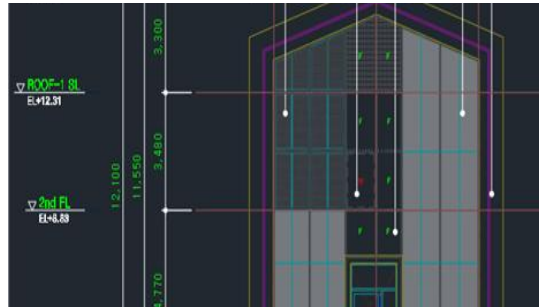
CAD 도면을 이용하여 사례 지역 건물의 바닥



〔그림 5〕 3차원 공간정보 구축 프로세스

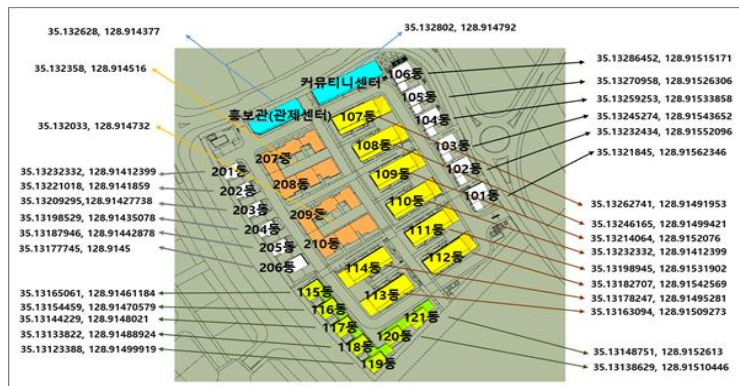


시공 사진



도면 자료

(그림 6) 3차원 건물 데이터 구축을 위한 CAD 데이터



(그림 7) 사례 지역 건물 데이터의 절대 좌표 도면

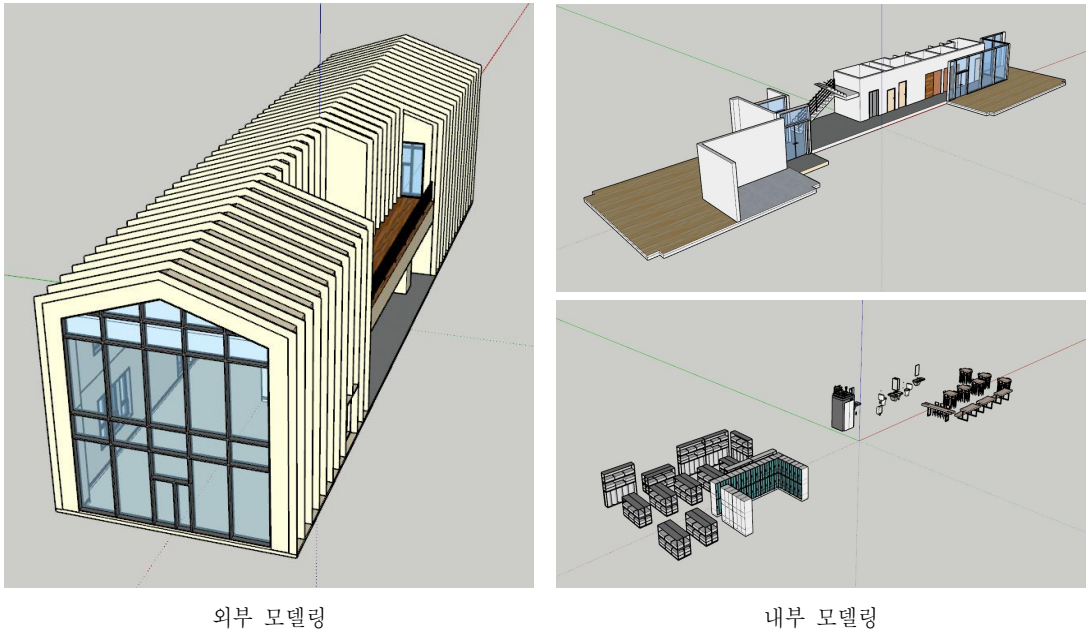
형태 즉 건물 모서리에 대한 개별 좌표를 이용하여 건물의 형태를 추출하고, QGIS를 통해 [그림 7]과 같이 개별 건물의 중심 좌표를 계산하였다. 이러한 개별 건물의 중심 좌표는 3차원 건물 데이터와 DEM 기반의 3차원 지형 공간정보에 대한 통합 구현 기준점으로 작용하여 보다 정밀한 실험 콘텐츠 구축이 가능하다.

이후, 3차원 저작 도구인 SketchUp을 통해 3차원 건물 데이터로 구축되었다. 이 연구의 태양광 발전 에너지 시스템을 3차원 공간정보를 통해 구현하고 시스템 내에서 태양 에너지의 일사량을 분석하기 위해서는 태양광 발전 패널이 설치된 지붕 형상의 구현이 필수적이다. 또한, 창문을 통해 들어오는 일조권을 파악하고 혼합현실 콘텐츠를 통해 사용자가 사례 지역에 대한 구체적인 건물 형

상을 파악하기 위해서는 실내 공간정보 구축이 요구된다.

이에 이 연구는 3차원 공간정보 국제표준 OGC CityGML 3.0의 LoD 개념을 준수하여 LoD(Level of Detail)3 수준의 3차원 건물 데이터를 구축하였다. LoD는 3차원 공간의 기하정보 및 구현 수준을 단계별로 구분한 개념이다. 이 중 LoD3는 3차원 건물 및 실내 공간에 대한 표현을 실제 건물과 가장 유사한 수준으로 표현한 건축 모델이다[16]. 이 연구는 이러한 국제표준을 준수하여 CAD 도면 정보를 기반으로 [그림 8]과 같이 3차원 공간정보를 구축하였다.

3차원 건물 데이터 외에도 조경 데이터를 구축하기 위해 다양한 공간정보 플랫폼 서비스에서 제공하는 위성영상을 수집하였다. 이러한 영상 자료



[그림 8] 3차원 건물의 실내외 공간정보 데이터 구축

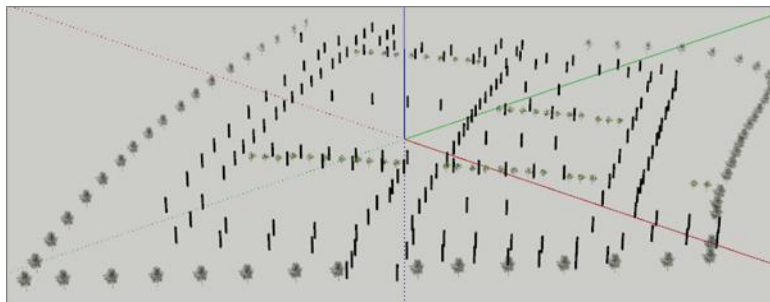
를 기반으로 [그림 9]와 같이 사례 지역에 대한 조경의 위치 및 형태 정보를 추적하여 SketchUp을 통해 3차원 조경 데이터를 구축하였다. 이러한 3차원 조경 데이터는 Unity 3D를 통해 실감 텍스처를 적용하고 태양빛 반사 효과 등을 렌더링하여 사용자에게 혼합현실 콘텐츠로써 제공된다.

또한, 이 연구는 사례 지역의 3차원 지형을 표현하기 위해 수치표고모델을 사용하였다. 수치표고모델은 항공 라이더 데이터인 고정밀 포인트 클라우드(Point Cloud) 정보를 바탕으로, 1m급 해상도로 제작된 데이터를 사용하였다. 이러한 데이터

는 공간정보의 뷰, 편집 및 분석을 위한 QGIS를 통해 지형 데이터로 구축하였다. 3차원 지형 데이터는 Unity 3D에서 고해상도의 지형 정보로 구현되어 현실 공간에 대한 지형정보를 보다 정밀하게 반영한 기반 데이터로써 사용된다.

3.3 서비스 콘텐츠 개발

이 연구는 실험 콘텐츠의 렌더링을 포함하여 혼합현실 인터페이스 및 콘텐츠 서비스 개발을 위한 콘텐츠 저작 도구로 Unity 3D를 사용하였다.



[그림 9] 3차원 조경 데이터 구축

〈표 3〉 실험 콘텐츠 개발 환경

	도구	비고
1	3D 프로그램	Unity 3D 2018.4.19.f1
2	개발 언어	C#
3	편집 도구	MS Visual Studio 2019
4	3D 데이터 모델링 도구	SketchUp



- 해상도 : 눈 한쪽당 2K 라이트 엔진
- 홀로그램 밀도 : >2.5K 방사점(라디언 당 광점)
- SoC(System on Chip) : 퀄컴 스냅드래곤 850
- 시야각: 56도
- RAM:4GB
- 용량:64GB
- WiFi:802.11ac(2X2)
- Bluetooth:5.0
- 카메라 : 800만 화소 이미지, 1080만 화소 비디오
- 마이크 : 5개 채널
- 배터리 용량 : 16,500mWh (실사용 2-3시간)
- 아이 트래킹 : (2개 IR카메라)
- 핸드 트래킹 : (양손, 4개 가시광선 카메라)
- 음성인식
- 6DOF 트래킹 등

(그림 10) 실험 콘텐츠의 혼합현실 시연을 위한 장비 사양

Unity 3D는 3차원 공간정보를 비롯한 개발 환경에서 콘텐츠 개발에 활용된다[8]. 특히, Unity 3D는 혼합현실 시연에 사용된 HoloLens2의 신속한 빌드를 지원하며, 낮은 개발 요구사항으로 실험 콘텐츠 구현에 적합하다. 개발 환경에 대한 세부 내용을 정리하면 <표 3>과 같다.

이외에도, 실험 콘텐츠의 혼합현실 시연을 위한 장비는 HMD(Head Mounted Display) 유형의 HoloLens2를 사용하였다. HoloLens2 장비에 대한 세부 내용은 [그림 10]과 같다.

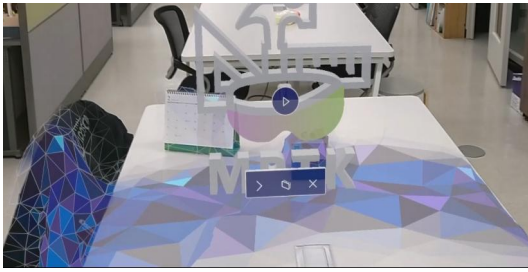
실험 콘텐츠 개발에 사용된 혼합현실 기술은 눈 앞의 현실 공간을 기반으로 가상 공간의 컴퓨터 그래픽을 실시간으로 합성 및 투영하여 3차원 공간 객체가 눈앞에 있는 듯한 압도적인 현장감을 실현할 수 있는 특징이 있다. 또한, HMD 유형의 장비를 통해 모든 각도에서 3차원 공간 객체를 식별할 수 있기 때문에 가상현실 속에 있는 듯한 몰입감을 제공한다. 특히, 실험 콘텐츠 개발에 사용된 혼합현실 기술은 구축된 가상의 환경에서 특정 대상과의 상호작용 매커니즘을 제공하는 인터

랙션 기술이 특징이다. 실험 콘텐츠는 인터랙션 기술을 통해 콘텐츠 사용자의 움직임 또는 명령을 인식하여 3차원 공간정보가 적절하게 반응하고 사용자는 이러한 반응을 실시간으로 체험하고 현실 공간에서는 파악하기 어려운 스마트시티 서비스 세부 정보를 시각화하여 즉각적으로 취득할 수 있도록 개발하였다.

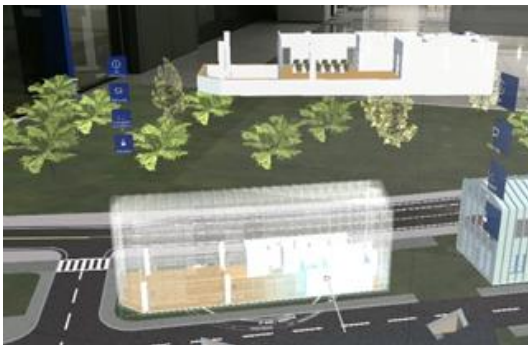
4. 혼합현실 콘텐츠 서비스 구현

이 장에서는 구현된 실험 콘텐츠의 기능을 점검하고 실험 콘텐츠의 특징에 대해 살펴본다. 이를 위해 3차원 공간정보와 혼합현실 기술을 이용하여 사용자에게 몰입경험을 제공할 수 있는 스마트시티 서비스 콘텐츠를 개발하였다. 이를 위해, 개발된 태양 에너지 관리 서비스 콘텐츠의 세부 내용에 대해 소개하고 스마트시티 서비스 측면에서 개발된 서비스의 유용성과 활용성을 검토하였다.

혼합현실 기술의 특징 중 하나는 현실 공간을



(그림 11) 물리적 공간을 인식한 실험 콘텐츠의 투영



(그림 12) 3차원 건물 데이터의 핸드 트래킹 기술 구현

배경으로 가상 환경의 정보를 융합하여 콘텐츠 사용자에게 특정 공간 및 위치에서 혼합된 가상 공간을 투영하여 사용자와 콘텐츠 간 상호작용하는 것이다. 이를 위해 [그림 11]과 같이 현실 공간의 테이블을 배경으로 구축된 3차원 공간정보를 투영하였다. 투영 결과, 혼합현실 콘텐츠 구현이 사용되었던 HoloLens의 56도 시야각 내에서 현실 공간 객체인 테이블을 인식하여 해당 콘텐츠가 안정적으로 구현되었음을 확인 가능하였다. 다만, 한계점으로는 사례 지역과 같은 방대한 범위의 3차원 공간정보를 HMD 기기의 제한된 시야각에서 투영할 경우 사례 지역 내 세부 3차원 객체(예: 도로, 가로수 등)를 확인하기 위해서 콘텐츠 사용자가 직접 해당 위치로 이동하여 확인해야 하는 한계점이 존재하였다.

이외에도, 현실 공간에 투영한 실험 콘텐츠의 혼합현실 인터랙션 기술을 통해 사용자와 상호작용 효과를 점검하였다. 특히, 실험 콘텐츠는 인터

랙션 기술을 커뮤니티 센터의 실내 공간정보에 접목하여 콘텐츠 사용자가 실내 공간을 효과적으로 파악하기 위한 지원 기술로써 활용하였다. [그림 12]와 같이 커뮤니티 센터의 각 구성요소를 분할하고 각 실내 공간정보를 개발적으로 분리하여 탐색할 수 있도록 구현하였다.

실험 콘텐츠 시연 결과, 건물을 손바닥 광선으로 가리켜 조작 버튼을 활성화함으로써 커뮤니티 센터의 실내외를 동시에 탐색할 수 있도록 전면부와 지붕이 분리 확장됨을 확인 가능하였다. 또한, 실내 공간에 대한 각 구성요소를 내부에서 외부로 분리하고 핸드 트래킹 기능을 통해 양손으로 잡아당김으로써 구성요소를 자세히 열람할 수 있었다. 다만, 몰입경험 기술의 장점 중 하나인 다중 사용자 환경에서의 실험 콘텐츠 개발이 미흡하여 해당 기술을 통한 정보 취득을 시스템을 통해 별도의 사용자와 공유할 수 없었다는 한계점이 존재하였다.



[그림 13] 태양 에너지 발전량 시각화



[그림 14] 태양 에너지 저장 시스템 시각화

마지막으로, 이 연구는 사례 지역에 대한 스마트시티 가상 공간 서비스 체험 콘텐츠를 개발하는데 목적이 있다. 특히, 사례 지역 현황 분석을 통해 살펴본 8개의 주요 서비스 중 스마트 에너지 서비스를 3차원 공간정보를 기반으로 구현하는데 주요 목적을 둔다. 이를 위해, 실험 콘텐츠는 구축된 3차원 공간정보의 지붕 객체를 인식 및 센서 정보와 연계하여 [그림 13]과 같이 건축물에 대한 태양 에너지 발전량을 수치로 표현하였다. 이러한 서비스는 현실 공간에서 식별하기 어려운 태양 에너지 발전량을 혼합현실 기술을 통해 현실 공간 배경의 가상 공간을 통해 사용자가 효과적으로 파악할 수 있다는 특징이 있다.

특히, 사례 지역은 스마트시티 계획 당시 개별 건축물에서 수집된 태양 에너지를 효율적으로 관리하고 저장하기 위해 ESS를 도입하였다. 이 연구는 이러한 에너지 저장 시스템에서 수집되는 현재 에너지 비율을 혼합현실 기술을 적용하여 [그림 14]와 같이 실험 콘텐츠 내 연계 및 시각화하였다. 기존 시스템 내에서 수치로 파악되던 ESS 정보와 각 개별 건축물에서 수집된 태양 에너지 발전 현황을 직관적인 디자인을 통해 콘텐츠 사용자가 식별할 수 있도록 구현하였다. 이러한 구현 요소는 실제 사례 지역에서 실제 건물과 비교 파악하는 등 에너지 관리를 위한 행정 업무에서 활용할 수 있을 것으로 기대한다.

5. 결 론

최근 메타버스와 디지털 트윈과 같은 가상현실 기술이 많은 관심을 받으면서 가상현실, 증강현실과 같은 몰입경험을 제공하는 기술을 통해 스마트시티 서비스를 구현하여 서비스 사용자에게 몰입감 높은 콘텐츠를 제공하는 시도가 이루어지고 있다. 그러나 기술적 측면에서 증강현실 기술은 현실 공간 정보를 반영할 수 있으나 콘텐츠의 몰입감이 떨어지며, 가상현실 기술은 대상 객체를 포함한 주변 환경이 가상공간 내에서 구현되어 현실감이 높은 콘텐츠를 제공하지 못 한다는 한계점이 있다. 이러한 배경에서 이 연구는 3차원 공간정보와 혼합현실 기술을 이용하여 사용자에게 몰입경험을 제공할 수 있는 스마트시티 서비스 콘텐츠를 개발하는데 목적이 있다.

이 연구에서 개발한 스마트시티 서비스 콘텐츠에 대한 시사점은 다음과 같다. 첫째, 혼합현실 효과를 실증하여 다양한 스마트시티 서비스의 발전 가능성을 확인할 수 있었다. 기존 시스템 중심으로 제공되던 스마트시티 서비스를 시민을 포함한 다양한 이해관계자가 쉽게 접근하고 활용하기 위해서는 메타버스, 디지털 트윈 등의 3차원 공간과 혼합현실 기술과 같은 몰입경험 기술을 통해 제공되어야 한다. 이러한 측면에서 이 연구는 기존 시스템 중심의 태양 에너지 관리 서비스를 3차원 공간정보를 센서 정보와 연계하고 인터랙션 기술과 같은 혼합현실을 통해 성공적으로 구현하였으며, 이를 통해 스마트 에너지 서비스 외에도 3차원 공간정보와 센서 정보가 융합될 수 있는 다양한 스마트시티 서비스의 구현 방향을 해당 실험 콘텐츠를 통해 제시하였다.

두 번째는, 혼합현실 기반의 실험 콘텐츠의 한계점을 기반으로 확장현실(XR, eXtended Reality)로의 발전 방향을 제시한다. 혼합현실 콘텐츠 서비스 구현 결과, HMD 기기의 제한된 시야각과 몰입경험 기술의 장점 중 하나인 다중 사용자 환경을 HMD 기기의 개별 사용자 환경에서는 구현하

지 못 하였다는 한계점이 존재하였다. 확장현실은 기존 HMD 기기가 아닌 가상현실, 증강현실 그리고 혼합현실 기술의 장점을 모두 지원하며, 새로운 형태의 웨어러블 기기를 기반으로 구현되는 몰입경험 기술이다. 확장현실 기술은 웨어러블 기기를 통해 제한된 시야각의 HMD 기기를 착용함으로써 제공되는 기존 콘텐츠의 단점을 보완하면서 단일 사용자가 아닌 다수의 사용자가 해당 콘텐츠를 동시에 조작하는 등의 새로운 몰입경험 기술을 제공한다. 이러한 확장현실 기반의 콘텐츠 개발은 메타버스, 디지털 트윈 기반의 스마트시티 서비스에 대한 구현 방안 및 4차 산업혁명과 포스트 코로나 시대에서의 신규 콘텐츠 발전 방향을 이끌어갈 수 있을 것으로 판단한다.

〈참고문헌〉

1. J. Smart·J. Cascio·J. Paffendorf, META-VERSE ROADMAP Pathways to the 3D Web, 「A Cross-Industry Public Foresight Project」, 2007.
2. OGC, *OGC City Geography Markup Language (CityGML) Part 1: Conceptual Model Standard*, 2021.
3. P. Milgram·H. Takemura·A. Utsumi·F. Kishino, "Augmented Reality : A class of displays on the reality-virtuality continuum," *Telemanipulator and Telepresence Technologies*, Vol.2351, 1995.
4. 고동수, "에너지저장시스템(ESS) 활성화 방안", KIET 산업경제, 2014.
5. 국토교통부, 「2019년 저탄소 에너지고효율 건축기술 개발사업」, 2019.
6. 국회입법조사처, 「전기저장시스템(ESS) 보급 정책의 문제점과 개선방안」, 2020.
7. 김병선·전해찬, "가상현실과 공간정보를 이용한 배리어 프리 콘텐츠 개발에 관한 연구", 「한

- 국콘텐츠학회논문지」, 제21권 제11호, 2021.
8. 김선정·송창근 이정, “혼합 현실”, 「정보처리학회지」, 제25권 제2호, 2018.
 9. 백정열, “혼합현실(MR) 기술 동향”, 정보통신기획평가원 주간기술동향」, 2019.
 10. 엄기열 김규진·김문현, “증강현실 환경하에서 비마커 기반 객체 인식 및 추적 기술 동향”, 정보과학회지」, 제28권 제8호, 2010.
 11. 윤현영, “VR AR MR 관련 기술 및 정책 동향”, 「정보통신기획평가원 주간기술동향」, 2019.
 12. 이병권, “메타버스(Metaverse)세계와 우리의 미래”, 「한국콘텐츠학회지」, 제19권 제1호, 2021, pp.13-17.
 13. 조윤성·황성준, “언택트 시대의 비대면 공연 서비스를 위한 가상현실(VR) 적용 방안 연구”, 「한국디자인리서치」, 제6권 제1호, 2021.
 14. 홍일양·이영우, “포스트 코로나 시대 혼합현실 미디어의 전망”, 한국정보통신학회논문지, 제3권 제2호, 2021.

(접수일 2022.11.09., 심사일 2022.11.18., 심사완료일 2022.11.30.)