

논문 2022-2-21 <http://dx.doi.org/10.29056/jsav.2022.12.21>

혼합현실을 이용한 3D 도시모델 협업 지원에 관한 연구

김광수*, 장윤섭*, 조은지**, 신상현**, 장인성*†

A Study on Collaborative Support for 3D City Models using Mixed Reality

Kwangsoo Kim*, Yoon-Seop Chang*, Eunji Cho**, Sang-Heon Shin**, In-Sung Jang*†

요 약

본 논문에서는 메타버스를 구현하는 기술 중 하나인 혼합현실 기술을 공간정보에 적용한 3차원 도시모델을 활용하여 다중 사용자가 공통 업무를 수행할 때 필요한 협업 기능 개발에 관해 설명한다. 3차원 도시모델은 혼합현실 기술을 이용하여 현실의 물리 객체 위에 가상의 건물과 도로를 융합하여 가시화하고, 사용자와 가상 객체 사이의 상호작용을 통해 도시계획 등에 사용된다. 기존 연구에서는 주로 동일 공간 및 단일 사용자에게 적용하였으나, 본 연구에서는 다른 공간에 있는 원격 사용자나 동일 공간에 있는 다중 사용자들이 함께 작업할 수 있는 환경을 제공하는 기술을 개발하였다. 원격 및 다중 사용자 사이의 협업을 위해 지점을 교환하였으며, 식별을 위해 아바타로 사용자를 표현하였다. 개발된 기술은 6명의 동시 사용자에게 대해서도 성능저하 없이 동작하였다.

Abstract

In this paper, we describe the development of collaborative functions required when multiple users perform common tasks by utilizing a 3D city model by applying mixed reality technology to spatial information, which is one of the technologies that implements the metaverse. The 3D city model is visualized by converging virtual buildings and roads on real physical objects using mixed reality technology, and is used for city planning through interaction between users and virtual objects. In the past, it was mainly applied to the same space and a single user, but in this study, we developed a technology that provides an environment in which remote users in different spaces or multiple users in the same space can work together. Viewpoints are exchanged for collaboration between remote and multi-users, and users are expressed as avatars for mutual identification. The developed technology operated without performance degradation even for 6 simultaneous users.

한글키워드 : 도시모델, 3차원, 혼합현실, 다중 사용자, 아바타, 협업

keywords : city model, three dimension, mixed reality, multiple users, avatar, collaboration

* 한국전자통신연구원 도시·공간ICT연구실

** 한화시스템

† 교신저자: 장인성(email: e4dol2@etri.re.kr)

접수일자: 2022.12.12. 심사완료: 2022.12.19.

게재확정: 2022.12.20.

1. 서론

2019년 첫 번째 코로나19 확진자가 발생한 이후 국내 뿐만 아니라 전 세계는 사회적 거리두기

로 인한 비대면 문화가 급격히 증가하고 있으며, 비대면 사회로 전환되는 과정에 메타버스라고 하는 새로운 산업 분야가 많은 관심을 받고 있다. 메타버스는 가상이나 초월을 의미하는 ‘메타(meta)’와 세계, 우주, 실세계를 의미하는 ‘유니버스(universe)’의 합성어이다[1]. 메타버스 환경은 우리가 살고 있는 물리 세계와 동일한 사회 및 경제적 활동이 발생하는 3차원 가상공간으로 정의되며, 가상공간과 물리공간 사이의 진보된 상호작용을 특징으로 한다. 이러한 메타버스를 구현하기 위해서는 고성능 네트워크, 빅 데이터, 디지털 트윈, 인공지능, 확장현실기술 등 다양한 ICT 기술이 필요하다.

메타버스를 구현하는 핵심 기술 중 하나인 확장현실기술(XR, eXtended Reality)은 급격한 발전을 거듭하고 있다. 확장현실기술은 가상현실(VR, Virtual Reality), 증강현실(AR, Augmented Reality), 혼합현실(MR, Mixed Reality) 등 현실과 분리된 가상 환경을 구축하거나 현실 공간에 가상의 정보를 융합할 때 필요한 기술 전체를 포괄하는 용어이다[2]. XR이라는 용어는 2017년 크로노스 그룹에서 VR과 AR 플랫폼 및 장치를 접속하기 위한 개방형 통합 표준의 이름을 ‘오픈 XR’이라고 부르면서 널리 쓰이기 시작했다[3].

혼합현실은 확장현실기술을 구성하는 요소 기술의 하나로 가상현실과 증강현실의 장점을 포함하며 가상공간과 실세계 물리 공간을 융합하여 하나의 공간인 것처럼 표현하는 기술이다. 두 공간은 동시에 존재하고 3차원이며 실시간으로 상호작용이 발생한다[4]. 이러한 상호작용이 발생하는 특징을 활용하여 혼합현실은 도시계획, 건축, 교육, 국방, 재난, 고객 서비스 향상을 위한 도구로 관심을 받고 있으며 활용 분야도 점차 증가하고 있다. 또한, HoloLens를 판매하는 마이크로소프트의 보고에 따르면 제조업에서 근로자들에게

생산 기계 사용법과 오류 발생 시 대응법에 대한 가이드와 관련 데이터를 혼합현실을 이용한 협업으로 제공하였을 때 생산성이 25% 정도 향상되었다[5].

본 논문에서는 혼합현실 기술을 공간 정보에 적용하여 구현된 3차원 도시모델을 이용하여 도시계획과 같은 다중 사용자들이 참여하는 작업을 진행할 때 업무 효율성 향상에 필요한 협업을 지원하는 기술에 관해 설명한다. 제안된 방법에서는 건물 및 도로와 같은 공간 객체를 브이월드 플랫폼에서 수신하고, HoloLens 2를 이용하여 가시화하며, 가상 객체와 사용자 사이의 인터랙션을 기반으로 다중 사용자와 원격 사용자가 동일한 시점을 공유하여 협업할 수 있는 기능과 개별 사용자를 아바타로 표현하여 개별 사용자를 식별할 수 있는 기능을 구현하였다. 제안된 혼합현실 협업 기능은 6명의 동시 사용자가 접속하였을 때도 가시화 성능의 저하 없이 정상적으로 동작함을 확인하였다.

2. 관련 연구

이번 장에서는 혼합현실 기술을 공간 정보 및 다른 분야에 적용한 선행 연구 및 확장현실기술의 특징에 대하여 논의한다.

2.1 선행 연구 결과

혼합현실을 건축 분야에 적용하여 BIM (Building Information Model) 기반 교육 기술을 연구한 사례가 있다[6]. 이 연구에서는 건축 단계별 필요한 객체를 혼합현실 기술을 적용할 수 있도록 디지털화시켰으며 학생들이 각 단계에 참여함으로써 교육 몰입도 향상을 목표로 하였다. 이 연구에서는 교육대상 건물 하나를 대상으로 하였으며, 모든 사용자가 동일 공간에 있는 상황에서 교육이 진행된다.

도심지 내에서 드론의 이동 경로를 모니터링 하기 위한 도구로 혼합현실 기술을 적용한 연구가 진행되었다[7]. 이 연구에서는 도심지 건물을 3차원으로 모델링하고, 드론의 최적 경로를 계산한 후에 드론이 계산된 최적 경로를 따라 이동하는지 여부를 혼합현실 기술을 적용하여 트래킹한다. 이 연구에서는 건물을 박스 형태로 표시하였으며, 건물에 대한 속성 확인이 불가하며 오직 이동 경로 추적용으로 개발되었다.

혼합현실 기술은 철도 기관사 훈련 시스템에도 사용되고 있다[8]. 부산교통공사에서는 비용이 많이 소요되는 하드웨어 기반 교육에서 저비용 고효율을 지양하는 소프트웨어 기반 교육으로 전환하기 위해 혼합현실 기술을 적용하여 현실세계에 가상의 도시철도 운전 객체를 중첩시키고 HMD(Head Mounted Display) 장치를 활용하여 기관사를 교육하는 시스템을 개발하였다. 이 시스템에서는 동일 공간에 존재하는 한 명의 기관사만이 사용할 수 있는 한계가 있다.

도시모델의 가시화 도구로도 혼합현실은 사용되고 있다[9,10]. 바람길 분석과 같은 도시 계획을 세우기 위해서는 건물을 미니어처로 구현하는 등 높은 비용이 필요하나, 혼합현실에서는 이러한 비용을 절감할 수 있으며 다양한 추가적인 분석도 가능하다. 이 연구에서는 도심지 건물을 홀로그램 형식으로 가시화하고, 건물의 속성정보 및 날씨 정보, 공간분석 기능이 개발되었다. 개발된 시스템에서는 동일 공간 및 단일 사용자를 기반으로 서비스를 제공하고 있다.

선행 연구를 통해 혼합현실 기술이 공간 정보뿐만 아니라 다양한 교육 프로그램의 핵심 요소로 사용되고 있음을 확인할 수 있다. 그러나, 기존 연구에서는 대부분 동일 공간에 존재하는 단일 사용자를 위한 기술 개발이 주로 이루어졌다. 이에 본 연구에서는 원격 사용자 및 다중 사용자 지원을 위한 방법을 제안하였고, 원격 및 다중

사용자의 협업 지원을 위해 사용자들 사이의 시점 교환 방법들에 관해 설명하였다.

2.2 확장현실기술 비교

확장현실기술은 가상현실, 증강현실, 혼합현실을 포함한다. 세 가지 기술은 유사점도 있으며 서로 다른 특징을 가지고 있다. 본 장에서는 세 가지 기술의 특징에 관해 요약하여 설명한다.

가상현실(VR)은 현실과 단절된 3차원 가상공간에서 현실이 아닌 가상의 이미지를 실제와 같은 느낌으로 체험할 수 있는 몰입감을 제공한다. 가상현실에서 만들어진 가상공간에 존재하는 사용자는 가상공간에 존재하는 가상 이미지들과만 상호작용이 가능하고, 현실과는 상호작용을 할 수 없다. 가상현실을 체험하기 위해서는 HMD와 같은 장치를 착용하며, 대표적으로는 메타의 퀘스트, 삼성전자의 기어 VR 등이 있다.

표 1. 확장현실기술 특징 비교
Table 1. comparison of virtual convergence technologies

가상현실	증강현실	혼합현실
·현실과 단절된 가상공간 ·가상공간과의 상호작용 ·HMD	·현실공간에 가상이미지를 중첩 ·가상이미지의 단방향 정보 제공 ·AR 장치	·현실공간에 가상이미지를 중첩 ·사람과 가상객체 사이 상호작용 ·HMD

증강현실은 실제 공간에 가상이미지를 겹쳐서 보여주는 것으로 가상이미지는 사용자에게 단순 정보를 단방향으로 제공한다. 증강현실을 체험하기 위해서는 증강현실 기능을 제공하는 장치가 필요하다. 대표적으로는 차량의 속도나 위치 등을 그래픽으로 차량 유리창에 표시하는

Head-Up Display, 구글 글래스, 스마트폰 등이 있다.

혼합현실은 현실에 가상이미지를 겹쳐 보이는 것으로 증강현실과 유사하지만, 가상물체가 사람과 상호작용을 수행하는 것이 특징이다. 혼합현실을 체험하기 위해서는 Microsoft의 HoloLens와 같은 HMD 장치를 착용한다.

2.3 확장현실 장치 비교

혼합현실은 현실 세계 정보에 부가적인 가상 객체를 홀로그램 형식으로 융합하고, 사용자와 홀로그램 사이의 인터랙션이 발생함으로써 사용자의 몰입감을 향상하는 장점이 있다[11]. 이러한 장점을 활용하기 위해 사용자는 HMD 장치를 사용한다. HMD 장치는 머리에 착용하고 이용자의 눈 앞에 직접 영상을 표현함으로써 몰입감을 향상한다. 혼합현실을 제공하는 대표적인 장치로는 Microsoft사의 HoloLens, Magic Leap사의 Magic Leap 1, Meta(Facebook)사의 Oculus Quest 2 등이 있다. 이러한 혼합현실 장치들은 교육, 게임, 건설, 의료, 자동차, 항공우주, 재난, 홍보, 국방, 제조업 등 다양한 분야에서 활용되고 있다. 대표적인 혼합현실 장치들의 사양을 표 2에 간단히 비교하였다.



그림 1. 마이크로소프트 홀로렌즈 2
Fig. 1. Microsoft's HoloLens 2

본 연구에서는 홀로렌즈를 사용하였고, 홀로렌즈의 형상은 그림 1에 표시하였다. 홀로렌즈는 혼합현실에서 사용하는 가상 객체를 3차원 홀로

그램으로 구현 및 가시화하고 사용자의 손동작과 음성으로 가상 객체를 조작할 수 있다. 또한, 홀로렌즈는 프레임과 디스플레이, 오디오와 마이크, 홀로그램 렌즈, 센서 (적외선, 자이로, 가속도, 지자기, 심도 등) 등으로 구성되어 있으며, 전체 프레임은 부드러운 헤드 트래킹을 위해 고글형으로 제작되었고, 핸드 트래킹과 시선 추적으로 사용자를 이해하고, 음성으로 제어하며, 52도의 시야각에서 실세계 환경과 가상 환경을 중첩하여 디스플레이 할 수 있다[12].

표 2. HMD 장치 비교
Table 2. comparison of HMD devices

	HoloLens2	Magic Leap 1
회사	Microsoft	Magic Leap
출시년도	2019	2018
가격	\$3,500	\$2,295
통신	무선	유선
타입	안경형	안경형
I/O	Hand/Eye tracking, 음성인식, Windows Hello(홍채인식)	Hand/eye tracking, 음성인식, 컨트롤러(햅틱, 버튼)
OS	Windows Holographic OS	Lumion OS
해상도	2048*1080 3:2 광 엔진	1280*960
RAM	4G	6G
시야각 (FOV)	52°	50°

3. 적용 대상 시스템 구조 및 데이터

3.1 적용 대상 시스템 구조

개발된 기술이 적용되는 시스템의 구조는 그림 2에 표시하였다. 실감형 3D 도시모델 혼합현실 제공 시스템은 도시모델 데이터를 이용해 혼합현실 앱을 개발하고 서비스할 수 있도록 우선 공간정보 오픈플랫폼(브이월드) 등으로부터 건물, 지형, 영상지도 등의 도시모델 데이터를 Unity 게임엔진에서 이용 가능한 형태로 파싱하거나 또는 변환된 파일로부터 임포트한다. 이어서 Unity 게임엔진과 Visual Studio 통합개발환경(IDE)을 함께 이용해 혼합현실 앱이 빌드 및 배포된다. 실감형 3D 도시모델 혼합현실 제공 시스템은 외부 시스템의 공간정보를 연동하고, 혼합현실 콘텐츠를 가시화하며, 경관분석 등 분석 기능을 제공하고, 다중 사용자를 위한 협업 인터페이스와 인터랙션 기능을 제공하여 다양한 혼합현실 앱 개발이 가능하도록 한다.

실감형 3D 도시모델 혼합현실 제공 시스템은 3D 도시모델 기반 혼합현실 정합 및 렌더링 모듈과 혼합현실 사용자 인터랙션 및 협업 인터페이스 단위 모듈, 3D 도시모델 혼합현실 기반 공간분석 기능 단위 모듈을 통합하여 구현된다. 해당 시스템은 브이월드 플랫폼을 연동하여 지형, 항공사진, 건물 모델 등 실시간 데이터를 파싱해 정합 렌더링하며, 3D 도시 모델의 배치, 확대/축소, 회전, 이동, 장소 변경 등의 사용자 인터랙션 기능을 제공하고, 건물별 속성정보, POI 정보, 경로 정보 등 3D 도시모델 정보를 시각화한다. 해당 시스템은 이와 같은 3D 도시모델 혼합현실을 기반으로 경관분석, 측정 등 공간분석 기능을 제공한다. 따라서, 구현된 기술은 기존 시스템이 다중 사용자 간에 3D 도시모델 공유와 조작을 통해 협업을 지원하기 위한 모듈로 개발하였다.

3.2 브이월드 데이터

본 연구에서 사용되는 공간 데이터는 브이월드(VWorld)에서 제공된다. 브이월드는 국내에서 개발 및 운영되고 있는 공간정보 오픈 플랫폼으로써 건물, 영상지도, 지적도, 행정 경계, 개발제한구역, 도시자연공원구역, 국토계획, 교통시설, 도로, 교량, 철도 등 다양한 국가 공간정보를 2차원이나 3차원 데이터로 제공하고 있다[13].

브이월드에서 제공하는 데이터의 계층구조는 그림 3에 표시하였다. 공간정보 데이터는 15 계층으로 구성되어 있으며, 15 계층으로 갈수록 정밀도가 향상된다. 기본적으로 각 계층은 타일로 구분되어 있고 건물과 도로와 같은 공간 객체는 DAT 파일과 XDO 파일로 구성되어 있다. DAT 파일은 메타 데이터 역할을 수행하고, XDO는 공간 객체의 가시화 정보를 포함하고 있다.

1계층은 위성사진을 바탕으로 지구 전체를 36도 간격으로 모델링한 것으로, 경도는 10개 타일로 구성되고 위도는 우리나라가 위치한 북반구를 5개 타일로 구성한다. 또한, 계층이 증가할수록 타일의 수는 2배씩 증가한다. 따라서, n 계층을 구성하는 타일의 수는 $(10 \times 2^{n-1}, 5 \times 2^{n-1})$ 로 구할 수 있다. 이 방식을 따르면, 15계층의 타일 수는 $X=163,840, Y=81,920$ 로 구성된다.

또한, 일정 계층까지는 위성사진으로 구성되어 있으나, 계층이 증가할수록 정밀도도 함께 증가시키기 위해 항공사진을 사용한다.

본 연구에서는 15계층에 포함된 3차원 건물, 도로, 항공사진, 지형과 같은 공간 객체를 사용하였고, 브이월드에서 제공하는 API를 이용하여 필요한 데이터를 검색 및 수신하여 사용한다.

브이월드에서는 메쉬(Mesh) 형태로 구성된 3D 건물 객체 정보를 XDO 파일로 제공한다. 3D 건물 객체를 표현하는 주요 데이터의 구조는 표 3, 표 4, 표 5, 표 6에 표시하였다[14]. 표 3은 3차

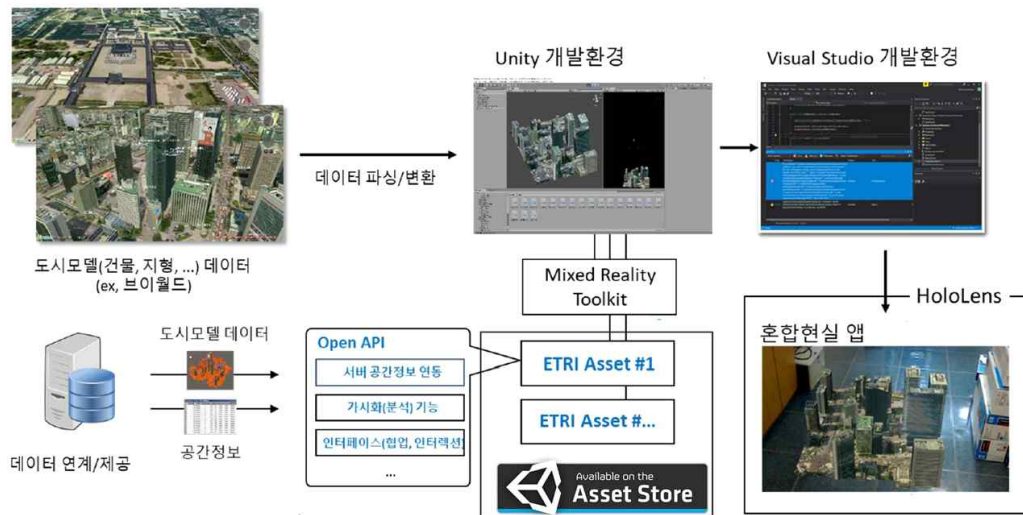


그림 2. 시스템 구조 및 데이터 흐름

Fig. 2. system structure and data flow

원 메쉬의 구조를 나타내고 있으며, Vertex Count는 건물 객체를 표현하는 메쉬를 구성하고 있는 버텍스의 수량, Vertex는 버텍스의 공간 좌표, Indexed Count는 인덱스 총수, Indexed는 인덱스 값, Color는 객체의 색상, ImageLevel은 이미지의 LOD 레벨, ImageNameLen은 텍스처 이미지 이름의 길이, ImageName은 텍스처 이미지의 이름을 각각 나타낸다.

표 3. 3차원 메쉬 데이터 구조
Table 3. data structure of 3D mesh

Name	Size(byte)	Type
Vertex Count	4	u32
Vertex	Vertex Count	S3DVertex*
Indexed Count	4	u32
Indexed	Indexed Count	u16*
Color	4	u32
ImageLevel	1	byte
ImageNameLen	1	byte
ImageName	ImageNameLen	char*

표 4는 3차원 메쉬를 구성하는 버텍스의 공간상의 위치를 나타내고 있으며, POS는 버텍스의 3차원 좌표, Normal은 버텍스 노말, UV는 텍스

처 UV를 각각 나타낸다. 버텍스 노말은 텍스처를 3차원 건물에 텍스처를 입히는 위치를 의미하고, 텍스처 UV는 텍스처 좌표를 의미한다.

표 4. S3DVertex 데이터 구조
Table 4. data structure of S3DVertex

Name	Size(byte)	Type
POS	12	vector3df
Normal	12	vector3df
UV	8	vector2df

표 5와 표 6은 2차원과 3차원 좌표를 각각 나타낸다.

표 5. vector2df 데이터 구조
Table 5. data structure of vector2df

Name	Size(byte)	Type
x	4	float
y	4	float

표 6. vector3df 데이터 구조
Table 6. data structure of vector3df

Name	Size(byte)	Type
x	4	float
y	4	float
z	4	float

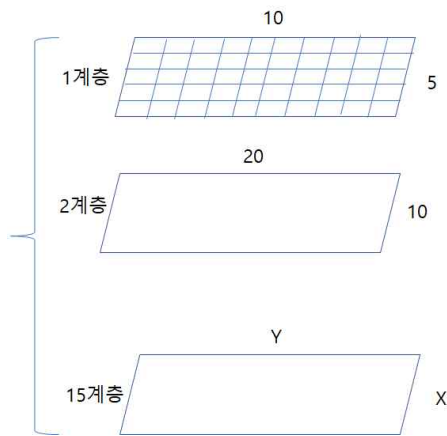


그림 3. 브이월드 데이터 계층구조
Fig. 3. VWorld data layers

4. 도시 모델 혼합현실 협업 구현 결과

4.1 개발환경

개발환경으로는 Windows 10을 사용하였으며 사용된 소프트웨어와 하드웨어는 표 7과 표 8에 각각 표시하였다.

표 7. 소프트웨어 목록
Table 7. software list

소프트웨어	버전
게임엔진	Unity 3D 2020.3.19f1
IDE	Microsoft Visual Studio 2019
MR Library	Mixed Reality Toolkit v2.7.2
Programming Language	C#

Unity 3D는 3D 도시 모델 협업 지원 모듈을 혼합현실 앱 형식으로 개발 및 빌드하기 위한 게임엔진 라이브러리 및 물리엔진으로 사용한다. Visual Studio는 개발된 앱을 UWP (Universal Windows Platform) 형식으로 HMD 디바이스에

빌드 및 배포하기 위한 도구로 사용한다. Mixed Reality Toolkit은 HoloLens와 같은 HMD 디바이스에서 이용 가능한 혼합현실 기능들을 제공한다. C#은 Unity 3D 및 Visual Studio 환경에서 스크립트 작성에 이용하고, 빌드 과정에서는 내부적으로 C++로 변환되어 사용된다.

표 8. 하드웨어 목록
Table 8. hardware list

하드웨어	버전
PC	Intel i7 3.70 GHz, 32GB RAM 이상, GeForce GTX 1080 Ti, Windows 10
HMD Device	Microsoft HoloLens 2nd Generation

PC는 3D 도시 모델 혼합현실 협업 지원 모듈의 개발, 빌드 및 배포를 위해 사용되었으며, HoloLens는 빌드 및 배포되는 실감형 3D 도시 모델 혼합현실 제공 시스템 앱을 구동하는 가상화 도구로 사용되었다.

4.2 원격 및 다중 사용자 처리

혼합현실 협업 지원 모듈에서는 다중 사용자가 동일한 도시 모델을 이용할 때 혼합현실 내의 3D 도시모델을 공유하여 동시에 동일한 형태(위치, 방향, 크기)로 볼 수 있는 기능을 개발하였다. 주 사용자(master)와 원격 접속자 사이의 뷰포인트(시점)를 공유하기 위해 Microsoft의 Azure 클라우드 시스템을 사용한다. 시점 교환시 spatial anchor 정보를 교환하고, 이 정보에는 가상의 좌표계 정보와 이 좌표계의 원점 기준으로 anchor가 달린 오브젝트의 좌표 정보가 포함된다. 시점 변경 권한은 주 사용자 한 명만 가지고 있으며 권한 가져오기 버튼을 선택하여 권한을 가져오고 이 버튼을 해제함으로써 권한을 다른 사용자에게 이양할 수 있다. 그림 4는 다중 사용자들 사이의

시점 교환 방법에 대해 표시하였으며, M은 Master를 표시하고 주 사용자를 의미하며, P는 Participant를 표시하고 참여자를 의미한다.

그림 5는 도시모델을 실세계 책상 위에 홀로그램으로 가시화한 형상과 개별 접속자들에 대한 아바타 표현을 나타내고 있으며, 원격 접속자를 구별하기 위해 자주색 아바타로 표시하였다.

협업에 참여할 수 있는 원격 및 다중 사용자 수는 이론적으로는 제한이 없다. 그러나, HoloLens에서는 무료로 시점을 교환할 수 있는 사용자의 수를 20명으로 제한하고 있으며, 본 연구에서는 3명의 HoloLens 사용자 및 3명의 모바일 장치 사용자 등 총 6명의 사용자를 대상으로 시험한 결과 가시화 성능의 저하 없이 주 사용자의 시점 변화가 참여자들의 시점에 즉시 반영됨으로써 협업 작업을 지속적으로 수행할 수 있음을 확인하였다.

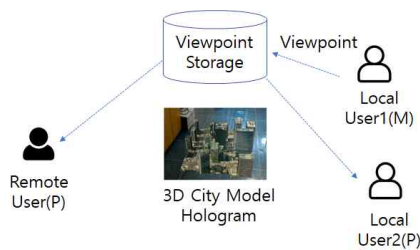


그림 4. 사용자들 사이의 시점 교환 방법
Fig. 4. exchange of viepoint among users



그림 5. 원격 접속자의 아바타 시각화
Fig. 5. visualization of remote user and its avatar

4.3 모바일 장치 지원

혼합현실 구현을 위해 사용하는 HoloLens는 고가로 많은 사용자가 구매하여 착용하기에는 경제적 부담이 많다. 따라서, 본 연구에서는 대부분의 사용자가 소유하고 있는 핸드폰이나 태블릿 장치를 이용하여 참여자로 도시모델을 가시화할 수 있도록 하였다.

혼합현실 협업 지원 모듈에서는 HoloLens 기기를 이용하는 사용자가 3D 도시모델을 이용하면서 배포한 시점 정보를 모바일 장치(스마트 폰, 태블릿 등)에서 수신하여 HoloLens 사용자와 동일한 3D 도시모델을 공유하고 동일한 형태(위치, 방향, 크기)로 가시화할 수 있는 기능을 개발하였다. 이 기능을 사용하기 위해서는 모바일 장치와 HoloLens 장치가 모두 동일 버전의 3D 도시모델 기반 혼합현실 정합 및 렌더링 모듈을 포함한 앱을 구동하여야 한다. 그림 6에서는 HoloLens에서 가시화된 도시모델을 표현하고 있으며, 그림 7에서는 그림 6에 존재하는 사용자의 양 손에 들고 있는 스마트 폰 두 개에서 각각 보여지는 도시모델을 표현하고 있다. 세 가지 그림 모두 책상 위에 홀로그램으로 중첩되어 가시화된 도시모델과 속성 정보를 표현하고 있다. 그림 6과 그림 7를 통해 HoloLens 장치와 모바일 장치를 각각 사용하는 서로 다른 사용자들에게 동시에 3D 도시모델이 동일한 위치 및 방향대로 보여지는 것을 확인할 수 있다. 현재 버전의 모바일 장치는 혼합현실로 구현된 3D 도시모델을 가시화하는 수준이나, 추가 개발을 통해 도시모델에 대한 조작 기능을 추가할 계획이다.

4.4 사용자 정보 아바타 시각화 기능

혼합현실 협업 지원 모듈은 다중 사용자가 동시에 같은 도시모델을 이용할 때 혼합현실 내의 3D 도시모델을 함께 공유하며 협업할 수 있도록, 다른 사용자의 정보를 아바타, 시선(ray), 포인터



그림 6. HoloLens에서 보여지는 3D 도시모델
Fig. 6. 3D city model in HoloLens



그림 8. 다중 사용자 아바타 시각화
Fig. 8. visualization of avatars of multiple users

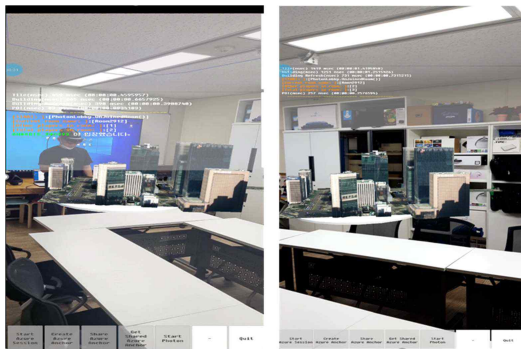


그림 7. 모바일 장치에서 보여지는 3D 도시모델
Fig. 7. 3D city model in mobile devices

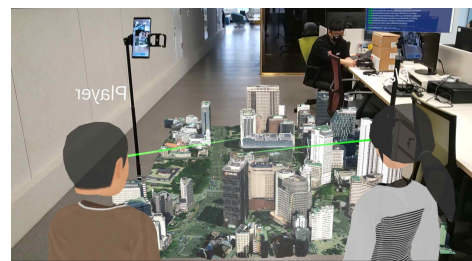


그림 9. 사용자 아바타, 시선, 포인터 시각화
Fig. 9. visualization of avatars, gazes, and pointers of multiple users

형태로 시각화하는 기능을 개발하였다. 그림 8에서는 동일 공간에 존재하는 다중 사용자를 아바타로 표시하였다. 그림 9에서는 다중 사용자의 아바타를 표시하였으며, 사용자의 시선을 아바타에 구현하였고 녹색 선(포인터)이 나오는 방향이 사용자의 시선을 표현한다.

6. 결 론

본 연구에서는 3D 도시모델 데이터를 홀로그래밍 형태의 혼합현실 콘텐츠로 생성하여 HMD 장치인 홀로렌즈를 통해 3차원 건물 및 지형 정보를 책상과 같은 현실 물체 위에 표시한 후 다중 사용자가 동시에 접속하여 협업을 진행할 때 필요한 혼합현실 협업 지원 기술을 개발하였다.

협업을 지원하기 위해 다중 사용자들이 동일한 썬을 공유할 수 있도록 spatial anchor 정보를 상호 교환하여 참가자들 사이의 시점을 일치시켰으며, 시점을 변경할 수 있는 권한도 획득 및 전달할 수 있도록 하였다. 협업을 지원함으로써 다수의 사용자가 참가하는 도시계획, 안전사고 분석, 시가전 시뮬레이션 등과 같은 업무를 진행할 때 효율성을 향상시킬 수 있을 것으로 생각된다. 시험 결과 6명의 동시 사용자에게 대해서 가시화 성능저하가 발생하지 않음을 확인하였다.

또한, 모든 협업 참석자가 썬 변경 권한을 가지고 있을 필요가 없는 경우 모든 사용자가 고가의 혼합현실 장치를 구입하는 것은 불필요할 수 있다. 이런 환경에서는 핸드폰이나 태블릿을 이용하여 단순히 협업에 참여하는 것이 필요하여 혼합현실 협업 모듈을 모바일 장치에서 동작할 수 있도록 개발하였으며, 이 모듈을 사용함으로

써 혼합현실 참석자들의 경제적 비용 부담을 줄일 수 있다.

향후, 메모리가 제한적인 혼합현실 장치에서 대용량 공간정보를 처리할 수 있는 데이터 최적화 기법과 데이터 검색 및 가시화를 빠르게 수행할 수 있는 기술의 개발이 필요할 것으로 생각되며 가시화 성능저하 없이 수용할 수 있는 최적의 사용자 수를 확인하는 것도 필요하다.

이 논문은 2022년 정부(방위사업청)의 재원으로 국방기술진흥연구소의 지원을 받아 수행된 연구임 (KRIT-CT-21-040)

참 고 문 헌

- [1] J. S. Bang. (2022). "Utilization of Artificial Intelligence Technology to Expand Metaverse Service", Information and Communications Magazine, 39(2), pp.64-73. <https://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE11032345>
- [2] J-M Kang. (2021). "Regulatory Policy for the Expansion of Virtual Convergence Technology", Future Horizon, 49, pp.37-42, <https://www.dbpia.co.kr/pdf/pdfView.do?nodeId=NODE10564693>
- [3] J-K Kang. (2021). "OpenXR and WebXR in Virtual Augmented Reality", Broadcasting and Media Magazine, 26(1) pp.12-18. <https://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE10529304>
- [4] The mixed reality spectrum. (2022). (<https://docs.microsoft.com/en-us/windows/mixed-reality/discover/mixed-reality#the-mixed-reality-spectrum>.)
- [5] S-H Jeon. (2020) "Innovating the way of working in industrial sites with Mixed Reality", WorkToday, <http://www.worktoday.co.kr/news/articleView.html?idxno=11161>
- [6] K-S Lee, N-Y Park, & I-L Koh. (2022). "A Basic Study on the Architecture Education Process Using BIM Based MR(Mixed Reality Technology)", Proceedings of Autumn Annual Conference of AIK, 4(2) pp.239-240, <https://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE11162667>
- [7] C. Oh & H. J. Kim. (2022). "Implementation of Basic MR-Based DT to Demonstrate Safe UAM Flight Paths in Urban Area", Proceedings of the 40th Anniversary International Conference of the Korean Society of Transportation, pp.237-238, <https://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE11164975>
- [8] G-S Lee, Y-N Kim, W-J Seoul, & S-J Lim. (2020). "A Study on the Improvement of the Training System for Engineers based on Mixed Reality(MR)", Journal of Korean Society for Urban Railway, 8(4), pp.737-746. DOI: <https://doi.org/10.24284/JKOSUR.2020.12.7.4.487>
- [9] Y-S Chang & I. Jang. (2019). "Proof of Concept for Development of Collaborative Mixed Reality Applications from 3D City Models", International Conference on Information and Communication Technology Convergence (ICTC), pp.678-681. <https://dx.doi.org/10.1109/ICTC46691.2019.8940034>
- [10] K. Kim, S. Kwak, S. H. Shin, & I-S Jang. (2022). "Development of a Visualization Tool for 3D City Models based on Mixed Reality", Proceedings of the Summer Conference of the Korean Institute of Communications and Information Sciences, Vol.78, pp.818-819, ISSN: 2383-8302 (Online) <https://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE11107963>
- [11] S. Rokhsaritalemi, A. Sadeghi-Niaraki, & S-M Choi. (2020). "A Review on Mixed

- Reality: Current Trends, Challenges and Prospects”, Applied Sciences, MDPI, 10(2), pp.1-26, <https://doi.org/10.3390/app10020636>
- [12] HoloLens 2. (2022). <https://www.microsoft.com/ko-kr/hololens/hardware>
- [13] VWorld. (2022). <https://www.vworld.kr>
- [14] Printing Vworld 3D Data with Three.js. (2018). <https://jacegem.github.io/blog/2018/Vworld-3D-Data%EB%A5%BC-Three.js%EB%A1%9C-%EC%B6%9C%EB%A0%A5%ED%95%98%EA%B8%B0/>



조은지(Eunji Cho)

2021.2 한양대학교 융합전자공학과 석사
2021.3-현재 : 한화시스템 연구원
<주관심분야> VR/MR, 영상처리, 컴퓨터 비전, 인공지능, 딥러닝, 등

저 자 소 개



김광수(Kwangsoo Kim)

1993.2 고려대학교 정보공학과 졸업
1995.2 고려대학교 전산학과 석사
2016.8 충남대학교 컴퓨터공학과 박사
1994.12-현재 : 한국전자통신연구원(ETRI) 책임연구원
<주관심분야> 공간정보, 디지털 트윈, 사물인터넷



신상헌(Sang-Heon Shin)

1998.2 영남대학교 전자공학과 학사
2000.2 영남대학교 정보통신공학과 석사
2004.2 영남대학교 정보통신공학과 박사
2004.7-2005.9 미국 NIST 초청연구원
2005.10-2007.2 인텔코리아 R&D 센터 과장
2007.5-2009.6 POSDATA 차장
2009.9-현재 : 한화시스템 수석연구원
<주관심분야> 지휘통제(C4I), VR/MR, 군 전술통신망, 네트워크 M&S, QoS 등



장윤섭(Yoon-Seop Chang)

1999.2 서울대학교 자원공학과 졸업
2001.2 서울대학교 지구환경시스템공학부 석사
2005.8 서울대학교 지구환경시스템공학부 박사
2005.9-현재 : 한국전자통신연구원(ETRI) 책임연구원
<주관심분야> 혼합현실, 공간정보시스템, 기계학습, 추천시스템



장인성(In-Sung Jang)

1999.2 부산대 전산학과 졸업
2001.2 부산대 전산학과 석사
2008.8 부산대 컴퓨터공학과 박사수료
2001.3~ 현재 : 한국전자통신연구원 도시·공간ICT연구실장
<주관심분야> 공간정보, 디지털 트윈, 스마트 도시, MODB