

## Realistic Seeing Through Method and Device Through Adaptive Registration between Building Space and Telepresence Indoor Environment

Jun Lee\*

\*Professor, Division of Computer Information and Science, Hoseo University, Asan, Korea

### [Abstract]

We propose a realistic seeing through visualization methods in mixed reality environment. When a user wants to see specific location beyond a wall in indoor environment. The proposed system recognizes and registers the selected area using environment modelling and feature-based tracking. Then the selected area is diminished and the specific location is visualized in real-time. With the proposed seeing through methods, a user can understand spatial relationship of the building and can easily find the target location. We conducted a user study comparing the seeing through method to conventional indoor navigation service in order to investigate the potential of the proposed seeing through method. The proposed seeing through method was evaluated in navigation time in comparison with conventional approach. The proposed method enable users to navigate target locations 30% faster than the conventional approach.

▶ **Key words:** Seeing Through Visualization, Mixed Reality, Virtual Reality, Augmented Reality, Environment Merging

### [요 약]

사용자가 건물 안과 같은 실내 환경에서 외부에 존재하는 목적 공간의 상황들을 확인하고 해당 공간의 정보들을 확인하고 이동한다. 하지만 사용자가 있는 공간과 목적지의 공간을 확인 하면서 길을 찾기가 어렵다는 단점이 있다. 본 논문에서는 사용자가 상호작용하는 원격 공간 정보를 실시간 스트리밍을 통해 사용자가 현재 있는 공간과 적절하게 정합 되어 원격 공간을 보이는 혼합현실 기반의 실감 투시 가시화 기법을 제안한다. 제안된 방법을 사용하여 사용자는 자신이 현재 있는 방의 공간 어느 방향에서도 원격에 존재하는 공간과 자연스러운 연결을 하고 해당 공간으로 몰입하여 들어가서 원격 공간에 있는 사람들 및 객체들과 상호작용을 할 수 있다. 본 논문에서 제안한 방법을 사용한 경우 실내의 위치를 찾을 때 기존 방법에 비해서 30% 더 빠르게 찾을 수 있었다.

▶ **주제어:** 투시가시화, 혼합현실, 가상현실, 증강현실, 공간정합

- 
- First Author: Jun Lee, Corresponding Author: Jun Lee
  - \*Jun Lee (junlee@game.hoseo.edu), Division of Computer Information and Science, Hoseo University
  - Received: 2019. 10. 07, Revised: 2019. 12. 16, Accepted: 2019. 12. 17.

## I. Introduction

혼합현실 환경(Mixed Reality Environment)이란 컴퓨터에서 만들어낸 가상현실 환경(Virtual Reality Environment)에서 사용자가 완전히 몰입하거나, 사용자가 눈으로 보는 현실 세계에 가상 객체들이 증강된 증강현실 환경(Augmented Reality Environment)에서 사용자가 현실 세계 및 가상 객체와 상호작용을 할 수 있는 환경이다.

혼합현실 환경을 구축하고 사용자들에게 서비스를 제공해 주기 위해서 중요한 고려사항은 사용자가 손쉽게 가상의 객체들을 볼 수 있도록 지원해 주는 장치인 HMD (Head Mounted Display)의 필요성이다. 사용자들은 이동성이 쉽고, 가상 객체의 시각화를 해줄 수 있는 HMD를 착용할 수 있어야 혼합현실 환경에서 발생하는 다양한 콘텐츠들을 경험할 수 있다. 최근 HMD 기기들의 발전으로 인해서 혼합현실 환경의 대중화 및 다양한 분야로의 사용 가능성이 대두되고 있다. 혼합현실 기기로써 삼성의 기어 VR, MS Hololens와 같이 이동성을 제공하는 HMD의 등장으로 사용자들은 지정된 공간이 아니라 연속적인 이동을 하면서 혼합현실 콘텐츠를 즐길 수 있다는 장점이 있다[1, 2].

사용자들의 이동성을 제공하는 혼합현실 콘텐츠를 크게 군사, 재난 상황에 알맞은 시뮬레이션에서부터 사용자들의 여행 및 길 안내를 하는 솔루션 및 사용자가 특정 장소를 이동하면서 특수한 미션을 수행하는 게임 콘텐츠의 형태로 이루어진다. 이러한 콘텐츠를 사용하는 사용자들은 병원, 대학교 및 대형 쇼핑몰 등과 같은 큰 규모의 실내를 이동하면서 자신이 원하는 목표를 달성하기 위한 특정한 공간들을 방문하고 해당 공간에서 특수한 작업을 수행하는 일들을 수행하게 된다. 이러한 사용자의 이동성을 보장하면서도 사용자들이 원하는 공간들에 대한 적절한 서비스들을 수행할 수 있어야 한다[3, 4].

이렇게 사용자가 계속하여 이동하여 익숙하지 않은 공간들을 방문해야 하는 상황에서 사용자들은 다음과 같은 문제에 봉착한다. 첫 번째는 사용자는 자신이 처음 방문하는 공간에 대한 공간적인 감각이 없어서 자신이 방문해야 하는 다음 위치를 알기가 어려운 점이다. 이러한 부분을 해결하기 위해서 실내에 있는 사용자에게 혼합현실 환경에서 내비게이션을 제공하는 방법들이 제안되었다[5, 6]. 하지만 이러한 방법을 사용하는 경우라도 사용자가 현재 있는 실내 공간을 기준으로 다음의 목적지들에 대한 안내에 전체적인 공간감을 제공하고 있지 않다. 두 번째는 사용자가 자신이 방문해야 하는 특정 위치의 서비스를 현재 받을 수 있는지 없는지에 대한 여부를 확인하기 어려운 점

이다. 이러한 점을 해결하기 위해서 텔레프레젠텐스에서는 원격 공간의 영상과 사람들의 모습을 실시간으로 전송하여 사용자에게 3D로 시각화를 해주는 연구들이 이루어졌다[7, 8]. 하지만 이러한 방법을 사용하는 때도 사용자가 있는 현재 공간에 대한 정보를 바탕으로 공간감을 제공하면서 원격지의 공간을 시각화 해주지는 못하고, 단순히 사용자의 시야 공간에 원격 공간정보를 시각화하는 형태를 제공하고 있다.

본 논문에서는 혼합현실 환경에서 사용자가 속해 있는 공간에 대한 정보를 환경 모델링을 통해서 실시간으로 분석하고 사용자가 다음의 목적지에 대한 공간에 대한 정보를 제공하면서도 목표하는 공간을 볼 수 있는 투시 가시화 방법 기반의 텔레 프레젠텐스 시스템을 제안한다. 제안하는 방법은 사용자가 혼합현실 환경에서 실내 공간의 위치 정보를 인식하면 해당 정보에 대한 논리적인 정보를 인식하고 원격지에 대한 공간을 사용자가 실제 위치한 벽면 중 가장 공간적인 정보가 맞는 부분들의 벽들이 없어지면서 원격지의 공간이 나타나는 Diminished Reality기반의 시각화를 통해서 마치 사용자가 보기에 실제로 보이는 벽이 허물어지고 그 뒤에 원격지의 공간정보가 보이는 투시 가시화 기반의 텔레프레젠텐스 환경을 구축하였다[9, 10].

주어진 시스템은 MS Hololens에서 테스트 되었으며, 해당 건물의 특정 위치를 찾아가는 상황에서 일반적인 실내에서의 내비게이션 방법보다 더 좋은 성능을 보여주었다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 혼합현실 환경에서 투시가시화 및 길안내에 대한 방법들을 알아보고 기존 연구들의 한계에 대해서 알아본다. 3장에서는 제안한 시스템의 방법을 적용한 시스템에 대해서 논한다. 4장에서는 기존의 모바일 기반의 길안내 시스템과 본 논문에서 제안한 투시 가시화 기반의 길안내 시스템을 적용한 혼합현실 환경을 사용한 길안내에 걸리는 시간에 대한 비교 평가를 수행하였다. 5장에서는 본 논문에서 제안한 투시가시화 시스템에 대한 결론 및 향후 논의되어야 할 내용을 다룬다.

## II. Preliminaries

### 1. Related works

혼합현실 환경을 구축하는데 중요한 부분은 혼합현실 정보를 보여줄 수 있는 HMD 장치들이다. HMD 들은 사용자에게 혼합현실 환경에 대한 3차원 정보를 고화질의 그래픽 정보로 빠르게 보여주면서도 HMD에 부착된 IMU센서 등을 통해 사용자의 움직임을 빠르게 인식하고 거기에 알맞은 환경

정보를 제공해 줄 수 있어야 한다. 이를 위해서 초창기의 HMD들은 대부분 안정적인 속도를 제공하기 위해서 유선으로 연결된 환경들을 제공하였다[2]. 하지만 이러한 유선으로 연결된 환경에서 HMD를 사용하는 경우 사용자들이 이동하기가 어렵다는 단점이 있다. 이를 해결하기 위해 나온 Microsoft Hololens와 같은 디스플레이는 모바일 환경에서 사용자가 이동하면서 혼합현실 환경의 다양한 애플리케이션들을 사용할 수 있도록 지원해 주고 있다.

혼합현실 환경에서는 사용자들이 이동할 수 있다는 점에서 장소에 대한 정보를 바탕으로 다양한 콘텐츠들이 개발될 수 있다. 이동을 지원하는 혼합현실 콘텐츠의 대표적인 예로, 모바일 증강현실을 적용한 포켓몬 고 게임 같은 경우는 사용자가 지정된 장소로 이동을 하여 지정된 장소에서 출몰하는 가상의 몬스터들을 포획하고, 포획한 몬스터들을 훈련하는 게임이다[11]. 한편, 모바일 혼합현실 장치를 사용하는 다른 예로는, 사용자가 건물 내에서 특정 목적지를 이동하는 위치기반의 길 안내 서비스를 예로 들 수 있다. 사용자가 병원과 같은 건물을 방문하는 경우 사용자는 기본적인 접수부터 시작해서 의사의 진단, 정밀 검사, 약품 진료와 같은 사용자의 일정에 따른 서비스들을 받을 수 있어야 하고, 이러한 서비스들을 받는 장소가 달라지기 때문에 사용자의 상황에 따라서 다른 목적지를 안내할 수 있어야 한다[3, 4]. 이러한 혼합현실 환경의 다양한 콘텐츠들을 사용할 때 사용자들이 주로 겪는 문제들은 자신이 있는 현재 공간과 자신이 원하는 목적지 공간에 대한 길을 찾기가 어려워한다는 점이다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 기존의 혼합현실 콘텐츠들에 관한 연구들은 사용자가 있는 현재 공간에서 원하는 위치에 대한 안내를 화살표 등을 사용하여 제공한다. 하지만 이러한 경우에도 사용자가 실내에 특정 공간에 있는 경우에는 현재 위치와 원격 공간에 대한 공간정보를 유지하면서 길을 찾기가 어렵다는 단점이 있다.

한편, 혼합현실 환경에서 목적지의 공간정보를 원격 영상으로 연결하여 원격지에 있는 공간정보들을 볼 수 있는 텔레프레젠텐스 시스템을 적용할 수 있다. 그러면 사용자는 원격지의 공간정보들을 보고, 원격 공간에 몰입하여 가상 현실로 들어갈 수도 있다[12]. 하지만 이동성이 필수적인 혼합현실 환경에서 원격지의 공간정보만을 보는 것이 아니라 사용자가 현재 위치한 공간에서의 공간 정합이 필수적으로 필요하다. Henry Patches et al.은 이런 문제를 해결하기 위해서 Kinect 깊이 카메라를 활용하여 현재 있는 공간의 정보를 환경 모델링하여 일부 공간들을 원격지

의 공간으로 변경하고 정합하여 HMD로 보여주는 방법을 제안하였다[7, 8]. 제안한 방법을 사용하는 경우는 혼합현실 환경에서 현실의 공간과 원격 공간의 이음매 없는 연결을 제공해 준다. 하지만 해당 시스템들이 고정된 특정 지역 공간을 대상으로 텔레프레젠텐스 시스템을 구성하기 때문에 이동성이 강조되는 혼합현실 환경에서 적용하기에는 어려운 점이 있다.

한편, 증강현실 분야에서는 현실에서 존재하는 물체들을 사용자의 목적에 따라서 보이지 않게 처리해주는 Diminished Reality라는 기술이 있다. 카메라를 통해서 취득된 영상정보에서 사용자가 제거를 원하는 객체 및 영역을 선택하면, 해당 객체를 인식하는 것뿐만 아니라 해당 객체의 배경이 되는 영역을 인식하여, 해당 객체를 없애고 객체의 주변에 있는 배경으로 바꿔서 실제의 객체가 카메라를 통한 증강현실 환경에서는 없어지도록 시각화를 하는 방법이 있다[5, 6]. MS Hololens의 X-Ray 게임의 경우에는 이러한 Diminished Reality 기법과 가상현실 콘텐츠를 결합하여 사용자가 게임 도중에 벽을 레이저로 공격하는 경우 벽이 없어지고 그 안에 가상현실 세계가 보이는 시각화를 수행하였다[13].

### III. The Proposed Scheme

본 논문에서 제안하는 시스템은 HMD를 사용하여 혼합현실 환경에서 사용자가 건물 내에서 목적지에 대한 실시간 영상을 스트리밍 하여 이 영상과 사용자가 현재 있는 건물의 벽의 정보가 위치적으로 정합 되어 마치 건물의 특정 부분이 투시되어 목적지가 보이고, 목적지에 보이는 원격 공간에는 다른 사람들과 상호작용 방법을 제안한다.

제안하는 방법은 그림 1에서와 같이 사용자가 HMD를 착용한 상태에서 사용자가 바라보는 특정 건물의 벽 공간을 선택하고 원하는 원격 텔레프레젠텐스 공간을 설정하면 벽들의 특징 정보들을 실시간으로 추적하여 사용자가 현재 있는 공간에서 보고자 하는 원격 공간으로 대체한다. 이때 사용자의 시야에서는 현실의 벽 일부가 파괴되어 없어지고, 파괴된 영역 뒤에는 원격 공간에 대한 시각화가 이루어진다. 원격지의 공간에서는 360도 카메라를 사용하여 사용자가 투시된 공간을 보면서 이동하더라도 사용자의 시점에 따라 원격 공간의 투영되는 모습이 변화되는 시각화를 수행 한다.

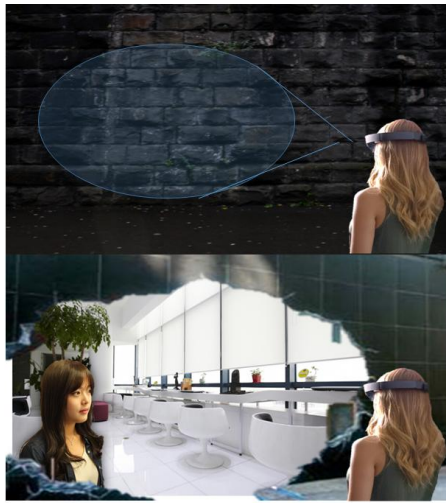


Fig. 1. Concept of the proposed system (A) A user selects specific area to visualize transparent telepresence

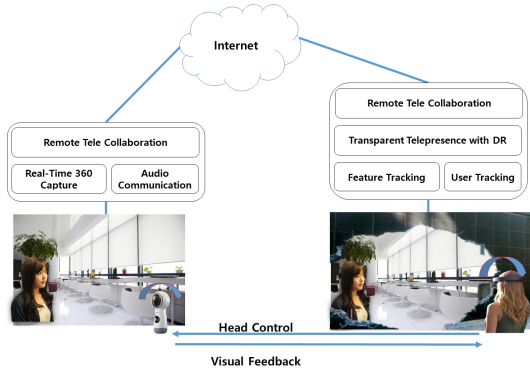


Fig. 2. The proposed system architecture

본 논문에서 제안한 시스템의 구조는 다음의 그림2와 같다. 먼저 원격지에서는 투시될 목표 공간이 360도 카메라를 통하여 실시간으로 영상 및 음성이 스트리밍이 이루어지도록 구성된다. 한편 로컬 환경에서 사용자는 AR HMD를 착용한 상태에서 사용자가 존재하고 있는 공간에 대한 환경 모델링 및 Feature Tracking을 통해서 사용자가 투시를 원하는 영역을 지정하면, 제안한 시스템에서는 사용자가 설정한 영역의 실제 벽들이 허물어지면서 그 영역에 원격지에서 중계된 영역이 자연스럽게 정합이 되어 보인다. 이때 HMD를 착용한 사용자가 원격지 영상을 보면서 위치를 이동하거나 보는 방향을 바꾸게 되는 경우 사용자의 위치 및 목표 위치를 추적하여 원격지에서 전송되는 360도 영상정보 중 사용자의 위치 변화에 최적화된 영상을 실시간으로 스트리밍한다.



Fig. 3. Process of the proposed transparent telepresence visualization (A) Registration specific area using feature tracking methods (B) Visualization of the diminished reality through destruction effects (C) Realtime telepresence streaming (D) Results of transparent telepresence visualization

그림 3은 본 논문에서 제안한 시스템을 사용하여 투시 가시화를 적용하는 모습이다. 먼저 그림 3.(A) 처럼 사용자가 로컬에 있는 벽의 특정 영역에 대한 투시 영역을 인식하기 위해서 사용자가 선택한 영역에 대해서 특징 점들을 추출한 다음 템플릿 매칭(template matching) 및 옵티컬 플로우(optical flow) 방식을 같이 적용하여 사용자가 자신이 현재 있는 공간 중에서 어떤 영역을 투시해서 보기를 원하는지를 결정할 수 있도록 하였다[14]. 이후 그림 3.(B)와 같이 사용자가 원하는 영역을 선택하면 해당 영역을 보여주는 가상의 폴리곤을 생성하고 이 폴리곤들에 대해서 실시간으로 건물의 벽이 붕괴되고 파괴되는 효과 (destruction effects)를 실시간으로 수행하여 Diminished Reality가시화를 수행한다. 없어진 현실의 벽 뒤로는 트래킹된 사용자의 위치 정보를 바탕으로 그림 3.(C)와 같이 원격지 공간의 정보가 실시간으로 스트리밍 된다. 이후 사용자의 위치가 변함에 따라 원격지 공간의 정보가 대응되어 투시 가시화가 그림 3. (D)와 같이 이루어진다.

#### IV. Performance Evaluations

본 논문에서 제안한 투명 가시화에 대한 효용성을 검증하기 위하여 투명 가시화를 사용하는 과정에 대한 정량적인 성능평가를 하였다. 본 논문에서 투명 가시화 방법을 사용한 실험 환경을 지원하기 위해서는 사용자가 실제 보이는 환경을 이동을 하면서 계속적으로 원격지에 있는 영상 정보를 받을 수 있어야 한다. 본 논문에서는 이를 위해

서 사용자가 이동하면서 원격으로 연결되어 텔레프레젠스 정보를 지속적으로 받아서 렌더링이 가능한 MS 홀로렌즈를 디바이스로 설정 하였으며 실험에 사용된 iPad 및 Hololens는 LTE egg를 사용하여 인터넷에 연결 되었다. 실험 환경에서는 MS Hololens를 착용한 사용자가 1 Gbps를 지원하는 로컬 네트워크 환경에서 투시 가시화 서비스를 사용하고, 원격의 360도 카메라를 위해서 삼성 기어 360 VR 2<sup>nd</sup> 버전을 사용하였으며, 원격에서 스트리밍 및 홀로렌즈에서 사용되는 트래킹 및 투시 가시화를 위한 계산 처리 부분을 담당하는 컴퓨터는 Intel Core i7-2600K 와 NVIDIA GTX 980 그래픽카드가 장착된 컴퓨터에서 실험하였다.

실험에서는 5층 규모의 건물이지만 다음의 그림 4와 같이 구조가 매우 복잡한 공간에서 본 논문에서 제안한 방법과 일반적으로 모바일 핸드폰을 사용하여 3D 길 안내를 하는 방법의 결과를 비교하였다. 이를 위하여 건물 지리에 익숙하지 않은 8명의 피실험자들을 선별하였으며 이들에 대한 정보는 다음의 1과 같다. 피실험자들은 20대 초반에서 후반에 이르는 대학생 및 대학원생들로 구성을 하였으며 남성은 6명, 여성은 2명의 비율로 구성되었다. 또한 IT 기기 사용여부에 대해서는 특히 VR 및 AR 경험이 있는지에 대한 여부를 조사를 하였다.

본 논문에서는 이러한 피실험자들을 각각 A, B 그룹으로 사용자의 숙련도에 따라 골고루 분포될 수 있도록 나누었다. A 그룹은 모바일에서 길 안내 시스템을 사용하여 목표하는 위치들을 찾아가길 수 있도록 구성하였으며, B 그룹은 MS 홀로렌즈를 착용한 상태에서 본 논문에서 제안한 방법을 사용하여 실험에서 제안된 목적지들을 찾아가도록 구성하였다. 이들은 다음의 4와 같이 미리 정해진 스케줄에 따라 해당 장소들을 방문하며 완료할 때 다음의 장소들을 안내해주는 방식으로 진행되었다. 사용자는 그림 4에서 나온 것처럼 호서대학교 제1공대 계단 출입구에서 시작하여 328호, 514호, 431호를 거쳐서 504-1호를 찾아가게 되면 완료가 되도록 설계하였다. 이러한 이유는 호서대학교 제1공대의 경우 출입구가 7개, 계단이 6개 및 승강기가 없는 형태의 복잡한 건물 구조를 가지고 있기 때문에 방문자들이 길을 찾기 어렵다는 특징을 고려하였다. 사용자들은 지정된 출입구들을 찾아가는 중간에 길의 정보들을 찾아보기 위해서 본 논문에서 제안된 투시 가시화 기법을 사용하여 각각 목표지에 대한 투명 가시화를 수행하였으며, 모바일을 사용하는 A 그룹의 경우에는 모바일로 시각화된 3D 길 안내 화면을 참고하면서 길을 따라가도록 하였다.

Table 1. Information of the participants

	Age	Sex	IT Experience (AR)	Group
P1	27	Male	Intermediate	A
P2	23	Male	Novice	A
P3	24	Female	Novice	A
P4	28	Male	Intermediate	A
P5	21	Female	Novice	B
P6	25	Male	Novice	B
P7	27	Male	Intermediate	B
P8	28	Male	Intermediate	B



Fig. 4. Experiment Design

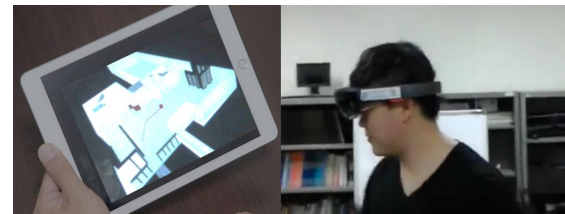


Fig. 5. Experiment Environments (A) Mobile LBS (B) Proposed System

다음의 그림 5는 각각 A 그룹과 B 그룹에 속한 피실험자들이 다음 위치를 찾는 과정에서 내비게이션 방법을 사용하는 과정이다.

Table 2. Results of average walking time

Group/Target Location	328	514	431	504-1	Total
Mobile LBS	2m 28s	2m 50s	2m 42s	2m 44s	10m 44s
Seeing through Method	1m 24s	2m 1s	1m 40s	2m 10s	7m 15s



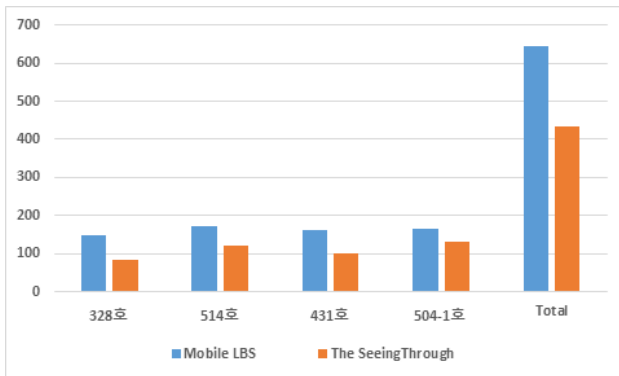


Fig. 6. Result graphs

다음의 표2와 그림 6은 각각 두 가지 방법에 대해서 실험자 A, B 그룹이 평균적으로 목적지를 찾는데 걸린 시간을 보여준다. 표1과 그림6의 결과를 통해서 볼 때 본 논문에서 제안한 시스템을 사용하는 경우 모바일 LBS 시스템을 사용하는 것보다 약 30% 이상의 시간이 단축되었다. 이러한 이유는 모바일 LBS 시스템을 사용하는 경우 제작된 실내의 3D 모델을 보면서 위치 정보를 찾는 과정에서 사용자가 복잡한 건물 내의 공간감을 놓치는 상황이 발생하고 다시 길을 찾아야 하는 경우들이 발생하였다. 한편, 본 논문에서 제안한 시스템을 사용하여 길을 찾는 경우에는 사용자가 HMD를 착용한 상태에서 바라보는 주시 공간에서 원격지의 공간 정보들이 보이기 때문에 공간감을 잃지 않고 원하는 장소를 최대한 빠르게 찾을 수 있었다.

단 실험의 처음 위치인 328호를 찾는 경우에는 걸린 시간차이가 많지 않았는데, 해당 부분에 대해서는 328호가 실험 초기 위치와 비교적 가까운 거리에 있고 실험의 첫 위치로 비교적 찾기 쉬운 위치를 선정하였기 때문이다. 실험 결과 사용자 평가에서 MS Hololens를 사용한 투시 가시화 방법을 사용하는 경우에 길을 찾기가 비교적 쉬웠지만, 여성 사용자의 경우는 장시간 착용을 하는 경우 Hololens가 무거워서 사용성에 대한 개선이 필요하다는 의견을 주었다.

## V. Conclusions

본 논문에서는 혼합현실 환경에서 건물 내에서 사용자가 원하는 원격 위치의 정보를 투시하여 볼 수 있는 투시 가시화 기반의 텔레프레젠스 방법을 제안하였다. 제안한 시스템은 MS Hololens 장치를 착용한 사용자가 자신이 투시를 하고자하는 위치를 선택하는 경우 선택한 벽의 무

너지는 영상이 나오면서 벽이 사라지고 사용자가 보고자 하는 원격지의 영상이 나타난다. 투시된 영상을 전송하기 위해서는 원격지에서는 360도 카메라를 사용하여 실시간으로 원격지의 모습을 전송할 뿐만 아니라 로컬 공간에 있는 사용자가 이동을 하면서 투시된 원격 공간을 보고자하는 경우 사용자가 바라보는 시선 방향에 따라서 원격 공간이 대응 되어 시각화 되는 서비스를 제공한다.

제안한 시스템의 성능 평가하기 위해서 복잡한 실내에서 길을 찾아가는 성능 평가를 기존의 모바일 기반 3D LBS 시스템을 사용하는 것과 비교를 하였으며 평가 결과 30% 정도의 시간 단축 효과를 보여주었다.

향후 개선 계획으로는 먼저 투시된 영상이 다른 실사 배경 영상들과 자연스럽게 정합될 수 있는 시각화 기술을 연구할 예정이다. 또한 원격지에서 투시된 영역에서도 해당 공간의 사용자와 상호작용할 수 있는 협업 텔레프레젠스 시스템을 개발할 예정이다.

## ACKNOWLEDGEMENT

“This research was supported by the Academic Research Fund of Hoseo University in 2018” (2018-0135).

## REFERENCES

- [1] P.P. Desai, P.N. Desai, K.D. Ajmera, & K. A. Mehta, “Review Paper on Oculus Rift-A Virtual Reality Headset”. International Journal of Engineering Trends and Technology, Vol. 13, No.4, 175-179, 2014.
- [2] J.Q. Coburn, I. Freeman, J.L. Salmon, “A Review of the Capabilities of Current Low-Cost Virtual Reality Technology and Its Potential to Enhance the Design Process”, Journal of Computing and Information Science in Engineering, 17(3): 031013 (15 pages), 2017.
- [3] R. Pryss, P. Geiger, M. Schickler, J. Schobel, and M. Reichert, “Advanced Algorithms for Location-Based Smart Mobile Augmented Reality Applications”, Procedia Computer Science, vol. 94, pp. 97-104, 2016.
- [4] G. Reitmayr, and, D. Schmalstieg, “Location based Applications for Mobile Augmented Reality”, 4th Australasian User Interface Conference, 2003.

- [5] J. Park, Y. Roh, J. Lee, S. Park and J. Kim, "A Location Based Service with Mobile PC", KHCI 2007, pp. 348 - 353, 2007.
- [6] S. Kim, J. Kim, H. Kim, D. Park, "A Tour Information System on Smart Phone using Location Based Service", Journal of Korea Multimedia Society, 15(5), pp. 677-691, 2012.
- [7] H. Fuchs, A. State, J.C. Bazin, "Immersive 3D Telepresence", Computer, Vol.47, No. 7, Pp. 46-52, 2014.
- [8] H. Fuchs, Promises and Pitfalls of Augmented Reality and Telepresence, Eurographics 2016, Olivais, Lisboa, May 10, 2016.
- [9] A.E. Yantac, D. Corlu, M. Fjeld, and A. Kunz, " Exploring Diminished Reality (DR) Spaces to Augment the Attention of Individuals with Autism", ISWDR2015, 2015.
- [10] J. Herling, and W. Broll, "Advanced self-contained object removal for realizing real-time Diminished Reality in unconstrained environments Mixed and Augmented Reality", ISMAR 2010, pp. 207 - 212, 2010.
- [11] Pocketmon Go, <http://www.pokemongo.com/>
- [12] M. McGill, D. Boland, R.M. Smith, and S.A. Brewster, "A dose of reality: overcoming usability challenges in VR head-mounted displays". In: Proceedings of the SIGCHI conference on human factors in computing systems (CHI'15), pp. 2143-2152, 2015.
- [13] MS Hololens, <https://www.microsoft.com/microsoft-hololens/en-us>
- [14] J.Y. Oh, J. Lee, J.H. Lee, and J.H. Park, "AnywhereTouch: Finger Tracking Method on Arbitrary Surface Using Nailed-Mounted IMU for Mobile HMD", HCI (29) 2017, pp. 185-191, 2017.

## Authors



Jun Lee received BS and MS degree in Computer Science and Engineering from Konkuk University, Korea, 2004 and 2006. Dr. Jun Lee got his Ph.D. degree at department of Advanced Technology Fusion,

Konkuk University. in 2012. He was a Research Fellow at Institute for Media Innovation in Nanyang Technological University from the year 2013 to the year 2015. He was a Postdoc Researcher at Center for Robotics Research, Korea Institute of Science and Technology (KIST), from the year 2015 to the year 2017. He is currently an Assistant Professor in the Division of Computer Information and Science, Hoseo University from the year 2017. His current research interests and expertise include consistency management, grasping virtual object and manipulation, shared object manipulation and increasing sense of presence in the virtual environments.