

## 건축설계 검증을 위한 증강현실 설계지원도구 개발

류 재 호\*

# Development of Augmented Reality Tool for Architectural Design

Jae-Ho Ryu\*

### 요 약

본 연구에서는 건축정보모델링(Building Information Modeling, BIM) 데이터와 증강현실기술의 결합을 통한 기본적인 형태의 건축설계지원도구의 개발 방법을 제안한다. 본 연구에서 제안하는 시스템은 투명형 디스플레이, Mock-up 모델 및 디지털 건축 모델을 적극적으로 활용하여 다자간 디자인 검증 협업작업을 진행할 수 있는 시스템으로서, 투명형 디스플레이를 증강현실에 이용하기 위한 하드웨어 구성 및 고유한 시스템 프레임의 형태를 제안하고, 사용자의 시점에 맞는 증강현실 영상을 제시하기 위한 캡처 이미지의 배경 제거 및 관찰자 시점의 보정에 대해서 설명한다. 그리고 건축분야에서 많이 활용되고 있는 BIM으로 작성된 디지털 건축 모델의 증강현실 활용 가능성에 대하여 검토하였다. 또한 본 논문에서 제작한 2인용의 건축디자인 협업 시스템은 보다 많은 사용자가 작업을 진행할 수 있는 시스템으로 확장이 가능하며, 확장된 디자인평가시스템을 구성하기 위한 설계안에 대해서 제안한다. 이와 같은 증강현실기술을 이용한 건축설계지원도구의 개발을 통해 건축디자인 분야에서 실물 모델 및 BIM 저작틀로 작성된 디지털 모델을 적극적으로 활용하여, 보다 효율적이고 경제적인 건축디자인 검증 작업이 가능할 것으로 생각한다.

▶ Keywords : 건축설계, 디자인검증, 증강현실, 투명디스플레이, 협업설계

### Abstract

In this study we have proposed the prototype of design support device for architectural design assessment using the building information modeling(BIM) data and the augmented reality(AR) technology. The proposed system consists of novel hardware composition with the transparent display, the mock-up model and the digital architectural model in the new shape of frame. The removal of background and the

•제1저자 : 류재호      •교신저자 : 류재호

•투고일 : 2014. 12. 19, 심사일 : 2014. 12. 29, 게재확정일 : 2015. 1. 10.

\* 서울과학기술대학교 건축학부(School of Architecture, Seoul National University of Science & Technology)

※ 이 연구는 서울과학기술대학교 교내 학술연구비 (일부)지원으로 수행되었습니다.

correction of viewer point in the capture video are proposed in order to use the transparent display in AR application. The BIM data formats are reviewed to be converted for using in AR application. Also the proposed system can be expanded to multi-user collaboration system from two user system through the suggested hardware and software compositions. The results of this study will be applied to use the mock-up model and digital architectural model in order to carry out the design assessment process efficiently and economically in the architectural design field.

▶ Keywords : Architectural Design, Assessment, AR, Transparent Display, Design Collaboration

## I. 서 론

### 1.1 연구의 배경

컴퓨터 그래픽(CG)기술에서부터 발전해온 가상현실(Virtual Reality, VR)기술은 디자인된 건축물의 형태를 포함하여 자유로운 관점의 제공, 내부 정보의 표시 등과 같은 다양한 시각적인 정보를 가상건축물로 표현할 수 있는 기능으로 인하여 건축분야에서 적극적으로 활용되고 있다[1,2,3]. 가상현실기술을 활용한 건축물의 프레젠테이션에는 다양한 형태의 몰입형 가상현실환경(Immersive Virtual Reality Environments)이 사용되고 있으며, 크기는 다음과 같이 두 가지의 종류로 구분이 될 수 있다. 첫 번째는 디스플레이의 대형화를 통해서 휴먼-스케일(Human-scale)의 시스템을 구현하는 CAVE와 같은 방식을 들 수 있으며, 두 번째는 비교적 소형의 시스템을 이용한 HMD(Head-Mounted Display) 방식을 들 수 있다[2,4,5]. 위에서 설명한 각각의 시스템은 장점과 단점을 가지고 있는데, 먼저 휴먼-스케일의 가상현실시스템은 빠른 컴퓨팅 속도로 인하여 고해상도 및 고품질의 이미지가 제시가능하다는 장점이 있는 반면, 단점으로는 장치가 복잡하고 대형화되어 이동이 불편하고 공간을 많이 차지하는 점을 들 수 있다. 한편 HMD 형태의 시스템이 가지는 장점으로는 장치가 비교적 간단하고 이동이 쉬운 반면, 단점으로는 해상도의 제한 및 눈앞의 디스플레이의 제시로 인하여 피로감을 쉽게 느끼는 점을 들 수 있다. 하지만 위에서 열거한 두 가지 가상현실기술이 가지는 공통의 특징으로는 전체적인 가상세계를 컴퓨터 그래픽을 활용하여 생성하고, 이를

시각적으로 구현한다는 점이다. 따라서 현재의 컴퓨터 그래픽 표현의 한계 및 모델링 디테일의 부족으로 인하여 체험자에게 제시하는 가상세계의 전체적인 현실감(sense of presence)이 부족하며, 또한 건축디자인의 검증작업을 위해서 사이트를 포함한 주변의 환경을 전부 디지털 모델로 표현함으로써, 기존에 사용되던 주변 건물모형 및 사이트모형의 활용이 어렵다는 점이다. 이런 점에서 기존의 건축분야에서 가지고 있던 실물 Mock-up 모델을 이용할 수 있으며, 현재 진행되고 있는 건축분야의 디지털화를 적절히 활용할 수 있는 기술의 제안이 필요하며, 이러한 요구를 충족시켜줄 수 있는 방안으로는 실물과 가상현실을 결합할 수 있는 증강현실(Augmented Reality, AR)기술의 활용이 적합하다.

가상현실기술에서 발전한 증강현실기술은 디지털 모델의 일반화 및 모바일 디바이스의 등장, 다양한 하드웨어의 결합으로 인하여 새롭게 그 가능성이 부각되고 있다[4,6,7,8,9,10,11]. 또한 건축분야에서는 최근에 건축정보 모델링(Building Information Modeling, BIM) 기술의 도입 및 확산으로 인한 디지털 모델의 제작이 일반화되어, 초기 디자인업무에서부터 시작하여 건축물생산단계, 유지관리단계, 최종적인 폐기물처리에 이르기까지 디지털 툴만을 사용하여 건축업무 전반의 프로세스를 진행하는 디지털화의 가능성이 열리고 있다[6,12,13]. 따라서 이러한 과정 중에 계획단계에서 이루어지고 있는 기존의 건축디자인 평가업무에서 여러 가지 설계의외자의 요구에 부응하기 위해서 고려되고 있는 많은 수의 실물 건축디자인 대안모형(Alternative Model)을 제작하는 것을 대신하여 디지털 건축모델을 적절하게 활용함으로써 경제적, 시간적 자원의 사용을 감소시키고, 보다 자유롭게 다양한 건축계획안(Alternative)에 대한 검토가 가능할 것이다. 또한 설계협업과정 및 건축적인 프레젠테이션에

있어서 현실감 있는 건축디자인 제시가 가능해짐으로써, 보다 생동감 있는 디자인 작업 프로세스가 가능하며, 디자인의 설득력을 강화시켜주는 역할을 할 것이다(14,15). 그리고 디지털 데이터의 특성상 가까운 장래에 인터넷을 통한 데이터의 호환 등을 통해 원격지에서 디자인 검토 등이 가능해지면 실세계와 가상공간의 결합을 통한 다양한 응용이 가능할 것으로 생각된다(16,17).

이에 본 연구에서는 최근에 개발되어 제안된 투명형 디스플레이(Transparent Display)를 활용하여, 다자간의 건축 디자인 협업을 진행할 수 있는 시스템을 제안하고자 한다. 기존의 전통적인 방식의 실물 Mock-up 모델을 부분적으로 활용하고, 디자인의 시각적 검토 작업이 활발한 디자인 계획단계에 디지털 모델을 활용함으로써, 현재의 진행 중인 건축디자인 작업의 디지털화에 적절하게 대응할 수 있을 것으로 생각된다. 이와 같이 투명형 디스플레이를 통해서 건축디자인을 검토하는 증강현실 설계지원 시스템을 활용하여, 보다 저비용의 건축디자인 검토가 가능해지고, 작업 프로세스의 개선을 통해서 디자인 협업단계에서의 효율성 증진 및 디자인 프로세스의 단순화를 통한 경제성 향상을 가져올 것으로 기대된다.

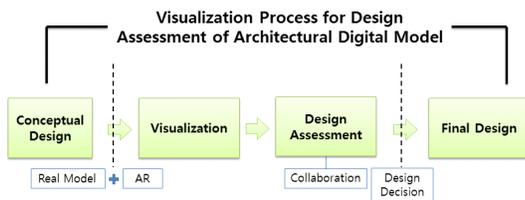


그림 1. 디자인 검토를 위한 디지털 모델의 시각화 프로세스  
Fig. 1. Visualization Process for Design Assessment of Digital Architectural Model

## 1.2 연구의 방법 및 범위

본 연구에서는 새로운 기술로 등장한 투명형 디스플레이를 활용하여 다자간의 디자인 협업이 가능한 시스템을 구축하였다. 투명형 디스플레이는 기존의 일반적인 디스플레이 장치인 불투명형 디스플레이와는 다르게 영상이 표시되는 디스플레이 면을 통과해서 건너편의 물체를 인식할 수 있으므로, 디스플레이 면에는 컴퓨터 그래픽을 통해서 만들어지는 가상의 세계를 구축하고, 디스플레이를 통해서 인식되는 오브젝트는 실세계의 환경을 활용하여 증강현실을 구현할 수 있는 장점을 가지고 있다. 본 연구에서는 먼저 2명의 디자인의 협업이 가능한 시스템을 구축하고, 보다 다수의 인원이 참여하여 공동 디자인 평가 작업이 가능한 시스템은 설계안의 제안을 통해서 제시하도록 한다. 또한 본 연구에서 구현하고자 하는 증강현

실기술을 이용한 설계지원 시스템을 구축하기 위해서는 하드웨어의 구성 부분 및 이를 시각적으로 구현하는 소프트웨어가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 시스템을 구축하기 위한 하드웨어를 구현함과 동시에 이를 구동하는 소프트웨어를 제안하도록 한다. 시스템을 구성하는 하드웨어적 측면에서는 사용자에게 시각적인 정보를 제시하는 디스플레이 장치, 이를 지원하고 적절한 영상을 구현하기 위해서는 독자적이고 고유한 하드웨어 프레임의 제작, 그리고 증강현실을 구현하기 위한 실제적인 건축 모델 및 디지털 모델의 구현 등이 필요하다. 시스템의 하드웨어를 구동하기 위한 소프트웨어로서는 현재 가장 일반적으로 사용되는 ARToolKit이 있으며, 이를 바탕으로 작성되어서 마커를 기반으로 일반적인 증강현실의 구현이 가능한 BuildAR를 비롯한 다양한 소프트웨어들이 있다(18,19). 본 연구에서는 투명형 디스플레이의 특성을 이용하여 스크린의 투시 및 그 위의 출력 이미지를 조절하기 위해서는 직접적인 소스의 수정이 필요하기에, 내부적으로 카메라 캡처 이미지의 화면제시 등을 수정할 수 있는 공개 소프트웨어인 ARToolKit을 기본으로 하여 개발을 진행하였다. 또한 본 연구는 건축디자인 작업에서의 건축협업을 지원하기 위한 기초적인 디자인 협업시스템을 제안하는 것으로, 이를 발전시킨 3인 이상의 다자간의 디자인 협업이 가능한 시스템을 제안하고, 이후에 효과적인 시스템을 만들기 위한 제안 시스템의 한계점 및 발전가능성을 논한다.

위에서 설명한 내용과 같이 1장에서 본 연구의 배경, 방법 및 범위를 논하고, 2장에서 투명형 디스플레이 및 증강현실기술과 가상현실기술을 활용한 디자인 협업작업에 대해서 논하였다. 3장에서는 본 연구에서 개발한 증강현실 설계지원도구의 시스템구성 및 관찰점 보정에 대한 논의와 다자간 설계협업시스템에 대한 제안을 하였다. 4장에서는 제안 시스템에 대한 논의로서 시스템의 한계 및 향후연구에 대해서 논하였고, 5장의 결론에서는 본 논문의 결과물을 요약하였다.

## II. 관련연구

### 2.1 가상현실기술의 건축정보 시각화

건축디자인은 최종적인 건축물의 결과물이 매우 시각적인 오브젝트로 표현되는 분야인 만큼 인간의 시각적인 정보제시에 장점을 가지고 있는 가상현실기술을 적극적으로 활용하고 있다. 가장 대표적인 예가 1992년에 제안된 커다란 4면의 스크린으로 구성된 CAVE를 이용한 건축적인 애플리케이션이 있으며, 이를 기반으로 발전된 다양한 형태의 몰입형 가상현

실시시스템으로 건축디자인의 프레젠테이션을 구현하고 있다 [1,2].

하지만 이와 같은 기술은 가상의 공간을 체험하고자 하는 경우에는 장점을 가질 수 있으나, 표현하고자 하는 전체적인 가상세계를 전부 컴퓨터를 이용해서 생성하여야 하며, 기존의 실물 사이트 및 전통적인 건축물을 활용할 수 없다는 단점을 가지고 있다. 또한 일반적으로 휴먼-스케일 몰입형 가상현실 시스템을 구현하고자 할 때는 시스템의 규모가 커지고 비용 및 여러 자원이 많이 소요된다. 따라서 기존의 전통적인 방식에서 만들어진 건축 모형의 사용 및 실물과 가상의 건축디자인을 결합하여 제시하는 증강현실기술의 제안은 위에 제시한 단점을 보완할 수 있는 방안이 될 수 있다.

## 2.2 증강현실기술의 건축정보 시각화

증강현실기술에서는 현실의 실제영상과 가상이미지를 결합하여 사용자에게 제시함으로써 가상세계 전부를 컴퓨터 그래픽에 의해서 구현하는 가상현실기술보다는 더 현실감 있는 가상공간을 구현할 수 있다는데 그 장점이 있다. 따라서 증강현실의 시스템은 가상현실기술의 시스템과 비교하여 외부 이미지를 취득하는 기능이 추가되어야 하며, 취득된 현실세계의 이미지와 가상세계를 통합하는 과정이 필수적이다. 이때 습득한 이미지의 방향과 위치를 계산하기위해서 크게는 두 가지 방식이 사용되는데, 그중 하나는 특수하게 고안된 이미지인 마커(marker based)를 이용하는 방식과 다른 하나는 특별하지 않은 일반적인 이미지(markerless image based)를 이용하는 방식이다. 그 외에도 3차원의 오브젝트를 이용해서 위치 및 방향을 인식하는 방식도 있다[20]. 본 연구에서는 기본적인 증강현실시스템의 구현이 목적이므로, 취득영상에서 가상 오브젝트를 위치시키기 쉽게 영상의 인식이 신속한 마커를 이용하는 방식을 적용하였다. 향후 보다 고품질의 증강현실기술을 적용한 영상을 구현하기 위해서는 일반적 이미지 및 3차원 오브젝트를 이용하는 방식도 고려해 볼 만하다.

증강현실기술은 건축분야 이외의 영역에서도 다양하게 사용될 수 있으며, 그러한 적용이 가능한 분야로는 개인보조기구 혹은 광고(Personal Assistant and Advertisement), 경로찾기(Navigation, Path Finding), 관광(Touring) 과 함께 산업적인 응용이 있을 수 있으며, 그중에서도 디자인 분야가 가장 활용가능성이 높게 여겨지고 있다[21]. 또한 주목해야할 점으로는 증강현실기술이 가지는 시각적 재현 기능을 이용해서 단독적인 작업뿐만이 아닌, 현재 건축디자인 분야 및 기타의 디자인관련 작업에서 중요해지고 있는 협업디자인(Design Collaboration Work)에 사용될 수 있는 가능성이

크다고 할 수 있다[5,21,22]. 증강현실기술을 이용해서 현실 세계에 구현된 가상의 세계를 1인의 사용자가 아니라 다수의 사용자가 다양한 시점, 다양한 측면에서 자신이 원하는 정보를 선택하여 동시에 바라보며, 3차원 디지털 모델과 인터랙션을 하면서 디자인에 대해서 논의할 수 있는 기능은 디자인 프로세스에 있어서 가상현실기술을 통한 협업의 가능성을 증대시키고 있다[21].

### 2.2.1 증강현실기술의 종류

하드웨어적으로 증강현실시스템을 구현함에 있어서, 현실 세계의 오브젝트와 가상세계의 오브젝트를 결합하는 문제는 언제나 핵심적인 요구사항이며, 그 방법에는 두 가지 방법이 주로 사용되고 있다. 하나는 현실세계에서 취득한 비디오를 컴퓨터 그래픽으로 만들어진 이미지와 결합하는 방식과 또 다른 하나는 현실세계의 이미지는 광학적으로 취득한 이미지를 그대로 보여주면서 그 위에 가상 오브젝트의 이미지를 결합하여 사용자에게 제시하는 방식이 있다[4].

- 1) video see-through display
- 2) optical see-through display
- 3) projective display

각각이 가지는 장점이 있지만, 광학적인 이미지의 결합 방식은 Optical see-through HMD에 해당되는 방식을 이용하는 것으로 실제세계를 바로 확인할 수 있으며 가상의 세계를 부분적으로 반사를 이용해서 본다는 점에 특징이 있다. 비교적 간단한 장치 및 구현방법, 실제세계를 그대로 사용하는 방식에서 오는 고해상도 이미지, 안전성문제, 카메라를 사용할 경우의 시점의 오차 발생 요인을 줄일 수 있는 장점 등을 가지고 있다[4]. 이것은 Head-Up Displays(HUDs)와 비슷한 방식을 사용하고 있다. 하지만 이 방식으로 가상현실을 구현할 경우 실물공간과 가상공간의 오브젝트를 정확하게 일치시켜야 증강현실의 체험에 어색함이 없게 된다.

다른 하나는 현재 가장 일반적으로 사용되고 있는 Video see-through HMD에 해당되는 방식으로 카메라로 현실세계를 캡처한 후 비디오영상 인식을 통해서 좌표를 취득하고, 가상세계를 구현한 컴퓨터 그래픽 영상과 결합하여 사용자에게 제시하는 방식이다. 이러한 방식은 현실세계의 이미지를 한번 처리하는 과정을 거치면서 이미지의 해상도가 줄어드는 결과를 가져오며 영상의 결합에 시간이 걸리는 단점을 가지고 있다.

본 연구에서는 투명형 디스플레이를 활용하고, 이를 통해

서 실제 모형인 건축물 계획 사이트와 주변건물과 같은 실제의 오브젝트를 활용하기 위해서 Optical see-through HMD의 방식과 유사한 Optical see-through display 방식을 이용하여 시스템을 구축하도록 한다.

### 2.2.2 투명형 디스플레이를 활용한 증강현실의 가능성

투명형 디스플레이는 비교적 최근에 등장한 기술로서 기존의 LED 패널에서 불투명한 부분을 생략하고 투명한 영역만을 이용하여 영상을 구현하는 기술이다. 다만, LED 뒤에서 백라이트(back-light)의 역할을 하는 부분을 생략하는 관계로 디스플레이에서 제시되는 영상은 밝은 광원을 배경으로 두고 보아야 사용자에게 인식이 된다는 특징이 있다. 현재 이 투명형 디스플레이를 이용하기 위한 다양한 방안이 모색 중이며, 본 연구에서 제안하는 증강현실을 통한 디자인평가시스템의 구현은 그중의 하나가 될 수 있다. 현재 제안되고 있는 활용 예로는 상품진열대에서의 부가적인 정보를 표시를 하는 기능과 건축디자인에 있어서 창과 같은 부재에 삽입되어서 투명창을 통해서 외부를 감상하면서 정보를 제공받는 등의 기능으로 사용될 수 있다. 또한 투명 디스플레이는 현재 Screen Wall 및 회의실의 파티션을 투명과 불투명의 이미지를 만들어서 개폐감을 조절하고자 할 때 사용되고 있으나, 적극적으로 이미지를 제시하는 하드웨어로 사용되고 있지는 못하다.

이러한 투명 디스플레이를 사용하여 증강현실기술에 적용을 하면, 위에서 언급한 Optical see-through display에서 가질 수 있는 장점 중의 하나가 실물 오브젝트의 생생한 형상 및 해상도를 그대로 사용할 수 있다는 점이다. 이러한 방식을 See-through Screen 혹은 See-through HMDs 이라고 칭할 수 있으며, 이와 비슷한 방식이 기존에 사용이 시도되어져 왔다[23]. 하지만 본격적으로 모니터의 디스플레이와 같은 스크린에 적용되고, 또한 증강현실과 결합이 되어서 구체적인 응용 시스템으로 구현된 예는 찾기 어려운 실정이었다. 따라서 본 연구에서는 이와 같은 시스템을 이용해서 건축적인 디자인 프로세스에 적용하는 설계지원도구를 구현함으로써 투명형 디스플레이의 새로운 활용분야를 제시하고자 하는 목적도 가지고 있다.

## 2.3 디자인 검증을 위한 협업시스템

디자인 작업에 있어서 작업자 사이에 디자인 컨셉의 공유는 중요한 문제로 인식되고 있다. 따라서 디자인을 공유하는 방법으로는 2D의 도면, 이미지 및 3차원 실물 모델을 사용하는 것이 일반적이나, 건축과 같은 3차원의 공간 및 오브젝트를 다루는 경우에는 설계대상대지에 계획 중인 3차원의 가상의 오브젝

트를 투명하면서, 의견을 교환하는 것이 기존의 방식보다 다양한 모델을 검토하는데 효과적이고 즉각적인 결과를 확인할 수 있는 방식이 되고 있다. 그러한 경우에는 이미 연구 제안된 MR<sup>2</sup>와 Arthur를 예로 들 수 있다[5,24]. MR<sup>2</sup> (MR Square, A Mixed-Reality Meeting Room)는 HMD(Head Mounted Display)를 장착한 다수의 사용자가 전면에서 위치한 가상의 오브젝트를 각자의 시점에 맞게 함께 감상할 수 있는 시스템을 제안하고 있다. 이것은 기본적으로 위에서 설명한 Video see-through display 형태로 이를 구현하기 위해서는 무거운 시스템과 HMD를 사용해서 가상의 오브젝트를 보아야 한다는 단점을 가지고 있다. ARTHUR(A Collaborative Augmented Environment for Architectural Design and Urban Planning)은 2004년에 Broll에게 의해서 제안된 시스템으로 건축디자인 분야에서 AR을 이용해서 협업작업을 진행할 수 애플리케이션이다. 이 시스템 또한 HMD를 이용하여 사용자의 시점을 추적하여 위치를 산정하고, 그에 알맞은 AR 이미지를 제공해 줌으로써 건축디자인 및 도시계획 등에 관련된 협업을 진행할 수 있도록 해준다. 시나리오 작업으로서, 당시에 완성되었던 런던의 Swiss-Re 빌딩의 모양을 검토하였으며, 외부에서 만들어진 모델을 ARTHUR에서 확인하고 조정이 가능한 인터페이스를 이용하여 형태를 변형하면서 디자인 협업작업을 진행할 수 있도록 지원하고 있다. 하지만 여전히 이 시스템의 제안에서도 사람의 머리에 무거운 HMD를 장착해야 하는 점과 그로 인해서 사용자의 안전성에 저해되는 요소가 생기는 단점을 가지고 있다.

최근에 개발된 협업작업용 제안으로는 Second Surface(Multi-user Spatial Collaboration System based on Augmented Reality)를 들 수 있다[25]. 모바일 디바이스를 이용해서 가상의 공간에 존재하는 가상의 서페이스를 다자가 공유하여, 함께 그림을 그리거나 작업을 할 수 있는 환경을 제공하고 있다. 이러한 작업 아이디어 및 시스템의 제안은 향후 클라우드 컴퓨팅과 결합이 되면 수많은 사람이 동시에 작업을 진행할 수 있는 가능성을 보여주고 있다. 하지만 여전히 모바일 디바이스를 전제로 작업진행을 이야기하고 있어서 보다 건축적인 디지털 모델의 제안에는 부족한 점이 있다.

## III. 시스템 개요

### 3.1. 시스템의 형태

본 연구에서 제안하는 시스템은 아래의 그림 2과 같은 형태를 가지고 있다. 먼저 전체적인 시스템은 사용자가 바라보

는 스크린이 경사지게 만들어져서 중심에 위치한 건축적인 모델을 살펴보기 쉽게 고안되었다. 전체적으로는 피라미드의 형태를 가지고 있어서 다수의 사용자가 투명한 판을 통해서 내부를 들여다보면서 디자인된 계획안을 평가할 수 있는 구조로 되어 있다. 현재 본 연구에서 계획 및 구현된 시스템의 프레임은 2인의 사용자가 작업을 진행할 수 있는 구조로, 향후 4인 및 좀 더 많은 수의 사용자가 동시에 증강현실을 체험하면서 작업이 가능하도록 확장될 수 있다.

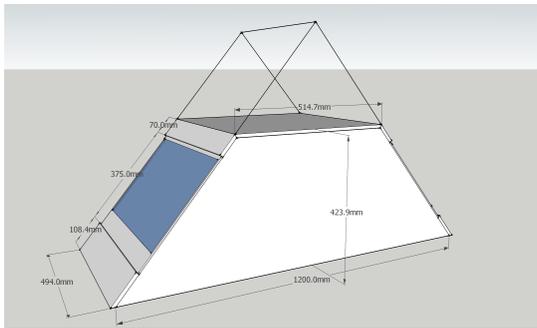


그림 2. 2인 작업자를 위한 제안 시스템  
Fig. 2. Proposed System for Dual-user

현재 작성이 된 제안 시스템의 프레임은 MDF로 만들어졌으나, 향후 좀 더 가볍고, 조립, 해체, 운반 등이 가능한 재료를 사용할 경우에는 실물모델을 삽입하고 제거하는 등의 작업에 있어서 사용성이 향상될 것으로 생각된다.

3.2. 시스템의 구성요소

증강현실시스템은 그림3에서와 같이 구현되는 디스플레이의 위치에 의해서 1) head-attached, 2) hand-held, 3) spatial display로 구분이 된다[26]. 본 연구에서 개발하는 시스템은 투명형 디스플레이를 통해서 실제 오브젝트를 인식하는 spatial display에 해당이 된다.

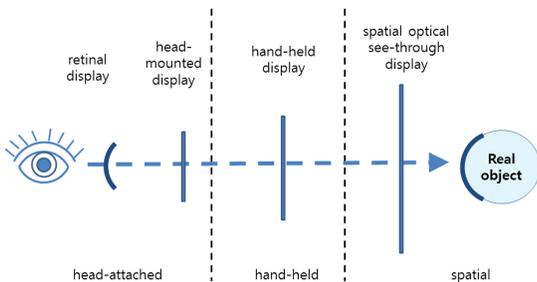


그림 3. 증강현실 디스플레이 기술의 종류(Bimber)  
Fig. 3. Categorization of AR display technologies(Bimber)

각각의 시스템이 가지는 장단점이 있으며, 본 시스템의 특징으로는 몸에 부착하지 않은 형태로 신체 및 시선의 사용에 있어서 자유롭고, 눈에 주는 시각적인 부담이 적다는 장점을 들 수 있다. 제안 시스템의 전체적인 프레임은 MDF를 사용하여 작성하였으며, 내부의 빛이 잘 반사가 되도록 백색의 젯소를 칠하였다. 또한 내부의 공간에는 실물 오브젝트 및 투명형 디스플레이의 백라이트의 역할을 위한 광원으로서 백색 LED를 설치하였다.

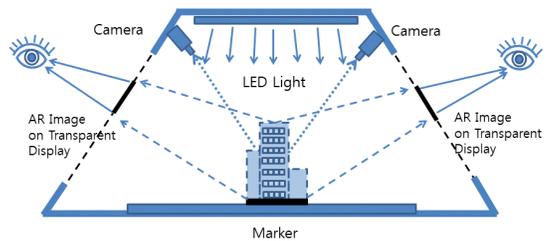


그림 4. 제안 시스템의 단면도  
Fig. 4. Section of Proposed System

3.2.1 투명형 디스플레이

먼저 본 연구에서 제안하는 시스템을 구현하기 위해서는 투명형 디스플레이의 역할이 중요한데 현재 생산이 되는 투명형 디스플레이의 종류는 제한적이다. 따라서 그중에서 제안 시스템을 구성하는데 적절한 크기와 해상도를 가진 것을 선택하여 전체적인 하드웨어를 구성하였다. 물론 보다 고해상도의 디스플레이 및 입체영상(stereoscopic image)의 제시와 같은 부가적인 기능을 가진 투명형 디스플레이가 개발된다면, 보다 다양하고 구현 목적에 가까운 증강현실 시스템이 구현이 가능할 것이라고 생각된다.

아래의 표 1에서는 본 시스템에 사용된 투명형 디스플레이의 구체적인 사양을 표시하였다.

표 1. 투명형 디스플레이의 사양(Kim)  
Table 1. General Information of Transparent Display(Kim)

Items	Specification	Unit
Module Size	492.7(H) x 371.0(V)	mm
	7.0(T10, 22.0(T2))	
Pixel Pitch	0.282(H) x 0.282(V)	mm
Active Display Area	473.76(H) x 296.1(V)	mm
Number of Pixels	1680 x 1050 (16:9)	pixel
Display Mode	Normally White	

본 디스플레이는 HDMI 커넥터를 이용하여 접속이 가능하며, 다양한 방향에 대해서  $\pm 160^\circ$ 의 광시야각을 가지고 있다. 이 디스플레이는 1600만 컬러를 표현할 수 있으며, 투명형 디스플레이를 이용하여 투명 모니터, 쇼우 윈도우, 키오스크의 제작 등에 사용이 가능하다[27].

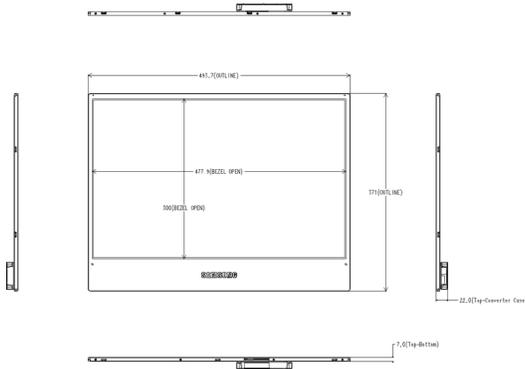


그림 5. 투명형 디스플레이의 전면부(Kim)  
Fig. 5. Outline Dimension of Transparent Display(Kim)

시스템의 제작에 사용된 투명형 디스플레이의 기계적인 특성상 흰색을 디스플레이할 경우에는 100%에 가깝게 투과하는 성향을 보이고, 검은색을 디스플레이할 경우에는 완전 검은색의 불투명 디스플레이를 만들어 낸다. 그림 6은 조명 및 마커를 위치시킨 같은 조건에서 투명형 디스플레이의 스크린에 흑백색상 표시할 때의 차이를 보여주고 있다. 왼쪽 이미지는 투명형 디스플레이에 회색을 표시할 때의 경우로서 내부의 마커가 그대로 투과되어 보이는 것이 확인된다. 오른쪽 이미지의 경우에는 스크린에 검은색의 이미지를 표시한 경우로서, 내부에 조명 및 마커가 위치해 있음에도 불구하고 내부의 이미지가 완전히 차단된 것을 확인할 수 있다. 이와 같은 디스플레이의 특성을 이용해서 본 연구의 제안 시스템인 Optical see-through display를 구현하도록 한다. 즉 가상의 오브젝트가 구현된 부



그림 6. 백색과 검은색이 표시된 투명형 디스플레이  
Fig. 6. White and Black background color displayed

분은 유색의 오브젝트로 표현하며, 사이트의 모양이나 대지의 주변 건물을 표시할 곳에는 백색을 표시함으로써 투명의 디스플레이 부분이 되어서 투과해 보이도록 한다.

### 3.2.2 건축 모델의 계획대지 구현

본 연구의 제안 시스템에 있어서 건축디자인 주변 사이트의 역할에 대해서는 다음의 두 가지 경우에 대해서 생각해 볼 수 있다. 첫째는 순수하게 건축물자체만의 평가를 위한 시스템으로의 사용이다. 이 경우에는 대지와 상관없이 다양한 증강현실의 기능을 이용해서 건축물의 디자인을 검토하는 작업이 가능해진다. 두 번째는 건축디자인의 주변사이트 및 건축물이 존재하는 경우이다. 이것은 건축설계의 진행을 위해서 사이트 및 주변 모형을 실물 Mock-up으로 제작하여 활용하는 것이다. 이를 사용하면 건축디자인과 주변 환경과의 관계성을 살펴볼 수 있는 장점이 있다. 각각의 경우에 대해서 장단점을 표2로 정리하였다.

표 2. 계획대지의 제시여부에 따른 장단점  
Table 2. Merits and demerits of Planning Site Model

계획대지의 제시여부	장점	단점
계획대지 미제시	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 건축물 자체만을 평가가능</li> <li>- 증강현실의 다양한 기능사용</li> <li>- 다양한 방향의 건축물의 디자인검토 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 주변 맥락의 이해가 어려움</li> <li>- see-through display의 기능을 제대로 사용 못함</li> </ul>
계획대지 제시	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 건축물 주변의 맥락을 이해하기 쉬움</li> <li>- see-through display의 기능을 제대로 사용함</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 건축물의 다양한 방향에서의 디자인 검토가 어려움</li> <li>- 주변 건축물과 증강현실제시 건축물과의 합치가 어려움</li> </ul>

본 제안 시스템에서는 기존의 설계과정에서 작성된 건축물이 들어갈 사이트의 모델과 주변 건물이 있다는 진체를 가지고 접근을 하도록 한다. 왜냐하면 전통적인 건축디자인 과정에서 건축설계에 아이디어를 얻기 위해서 사이트를 만들어서 작업을 진행하기 때문이다. 따라서 제안 시스템에 들어갈 수 있는 정도의 사이트 및 주변 건물은 실제적인 설계과정을 가정하여 작성하였다. 이때 본 연구에서 제안하는 프레임의 크기가 제한적이므로 제한된 공간 안에 계획대지의 모형이 들어갈 수 있도록 작성하는 것이 필요하다. 또한 계획 건축물을 다양한 방향에서 바라보며 디자인 검토 작업을 진행하기 위해서는 내부에서 계획대지의 모형이 회전할 수 있도록 고안하는 것이 필요하다.

### 3.2.3 시스템 조명의 구현

현재 제안 시스템에서는 내부를 비춰주는 조명이 밝아야 외부에서 투명 스크린을 통해서 내부의 주변 사이트 및 스크린에 제시된 증강현실의 가상오브젝트의 이미지가 인식이 가능하다. 따라서 시스템을 사용하기 위해서는 내부의 조명이 충분히 밝은 것을 사용할 필요성이 있으며, 본 연구에서는 크기는 50cm × 4cm이고, 18W 500K 백색, 2100루멘의 LED로 구성된 작업용 조명을 사용하였다. 이 조명은 외부에서 스위치를 통해 ON/OFF작동이 가능하다. 그리고 LED 작업조명을 시스템 프레임 내부의 천정에 부착하는 방식을 택하여, 증강현실 영상의 구현에 방해가 되는 않도록 하였다.

### 3.2.4 전체 시스템의 프로세스 및 관찰점 보정

전체적인 시스템의 구성방식은 그림 7에 제시된 것과 같이 카메라를 통해서 마커를 인식하여 이를 통해 실물좌표계를 컴퓨터에 입력한 후, 이를 이용해서 스크린 건너편의 실물배경에 적합한 가상이미지를 투명형 디스플레이에 제시하여 사용자가 증강현실을 체험할 수 있도록 고안하였다.

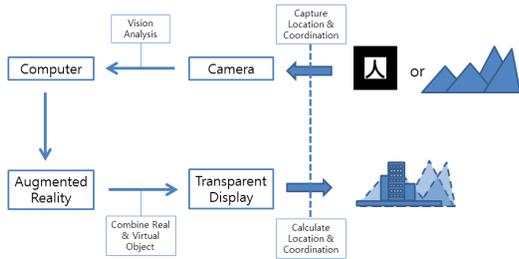


그림 7. 전체 시스템 프로세스 구성도  
Fig. 7. Whole Process of Proposed System

이때 카메라에서 캡처된 영상과 사용자가 바라보는 증강현실 이미지와의 사이에서 오차가 생기는데, 이는 기존의 개발된 증강현실 시스템의 경우에는 카메라에서 취득한 이미지를 기반으로 전체적인 디스플레이 장면을 만들어내고, 이때 카메라를 시점으로 하여 마커를 바라볼 경우의 가상의 오브젝트를 생성하여 취득 영상에 삽입하기 때문이다[4]. 하지만 본 연구의 제안 시스템의 경우에는 투명형 디스플레이를 통해서 내부의 환경을 바라보기 위해서는 카메라가 사용자의 시선 상에 위치할 수 없으며, 이 때문에 카메라에서 취득한 영상을 기반으로 해서 만들어낸 가상의 오브젝트를 사용자의 시선에서 바라보았을 때에 해당되는 이미지로 변환해주는 과정이 필요하다. 구체적으로는 캡처한 영상에서의 얻어낸 현실세계의 좌표

에서 카메라의 위치를 실질적인 사용자의 관찰점 위치로 변경하여 해주고 나서, 그에 해당하는 가상의 오브젝트를 생성해주는 작업이 필요하다. 따라서 이러한 작업은 소프트웨어에서 가상 오브젝트를 렌더링하는 작업을 수행하기 이전에 이루어질 필요가 있다.

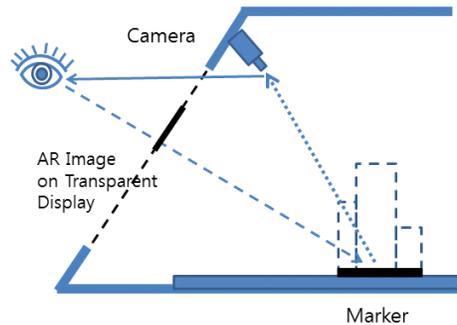


그림 9. 사용자 시점 보정  
Fig. 8. Correction of User View

본 연구에서는 ARToolKit의 관찰자 시점을 gluLookAt 기능을 이용하여, 시선을 위, 아래로 회전이 가능하고, 앞, 뒤로 이동이 가능하도록 작성하여, 그림 8에서 보는 바와 같이 기존의 카메라에서 사용자의 눈이 위치하는 곳으로 이동시킬 수 있는 기능을 만들었다. 이를 이용해서 사용자는 자신의 시점에 해당되는 증강현실 이미지를 설정하여 현실세계와 가상세계가 일치하는 영상을 감상할 수 있도록 하였다. 또한 본 시스템의 경우에는 투명형 디스플레이를 사용하는 관계로 일반적인 증강현실에서 보이는 캡처된 영상을 없애줄 필요가 있다. 따라서 캡처된 영상에서 가상의 오브젝트를 표현하기 위해서 마커의 위치 및 방향을 인식한 이후에 출력부분에서 가상의 오브젝트만을 출력하는 방식을 고안하였다. 결론적으로 위와 같이 투명형 디스플레이로 증강현실을 구현하기 위해서는 실제공간을 캡처한 영상의 제거와 카메라와 시선의 위치차이에 의한 가상 오브젝트의 보정이 필요하다. 그림 9는 왼쪽 이미지가 캡처 영상이 제거되지 않은 경우이고, 오른쪽은 이를 제거한 이미지이다. 가운데 이미지는 캡처 영상이 남아 있는 경우, 마커가 겹치는 효과를 보여주기 위해서 시선을 위로



그림 8. 마커가 투명형 디스플레이에 표시된 장면  
Fig. 9. Displayed Marker in Transparent Display

조정하여 바라본 이미지이다.

그림 10의 경우에는 마커를 통해서 현실세계의 좌표를 가져온 이후에 투명형 디스플레이에서 관찰점 보정 전과 보정 후의 이미지를 비교한 것이다. 왼쪽의 이미지가 카메라에서 취득한 영상을 기준으로 가상의 오브젝트를 그대로 출력한 경우로서 현실세계의 마커와 동떨어져 있는 것을 알 수 있다. 오른쪽의 이미지는 가상의 오브젝트를 출력하기 전에 사용자의 관찰점에 맞추어서 위치 및 방향을 조정한 것이다. 둘 다 비디오 캡처 영상은 제거한 상태의 경우이다.



그림 10. 증강현실 이미지의 시점보정  
(좌이미지: 무보정, 우이미지:보정)

Fig. 10. Correction of View Point in AR Image  
(Left Image : No Correction, Right Image: Correction)

그림 11에서는 투명형 디스플레이에 시선이 보정된 가상의 오브젝트를 출력할 때에도 캡처 영상을 보여주는 경우와 보여주지 않는 경우를 비교한 그림이다. 이때 왼쪽의 이미지와 같이 배경을 제거하지 않은 경우 마커가 출력되어서 전체적인 증강현실의 구현에 방해가 되는 것을 알 수 있다. 따라서 오른쪽 이미지와 같이 삭제된 캡처 영상의 영역에 흰색 배경 이미지를 출력하여, 디스플레이가 가상의 오브젝트가 표시되는 부분을 제외하고는 투명하게 해준다.

그림 12는 시스템 안의 실제공간에서 마커의 회전에 의해서 가상빌딩의 이미지가 회전하는 것을 보여주고 있다. 회전하는 마커에 맞추어서 시선의 보정이 잘 되는 것을 확인할 수 있다. 또한 그림 13은 완성된 시스템을 보여주고 있다. 마커



그림 11. 증강현실 캡처 이미지를 없앤 장면(오른쪽 이미지)  
Fig. 11. Scene without Captured Image (Right Image)

와 가상 오브젝트가 보이도록 찍은 이미지와 측면에서 찍은 이미지로 2인의 사용자가 증강현실을 체험할 수 있는 시스템이 된다.

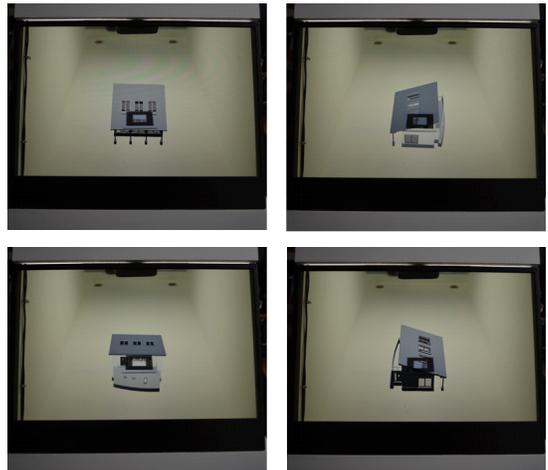


그림 12. 시점 보정된 증강현실 건물의 마커에 의한 회전  
Fig. 12. Four Side View of AR Building image of Marker



그림 13. 완성된 시스템의 투시뷰  
Fig. 13. Perspective View of AR System



그림 14. 건축 사이트 실물 모델과 증강현실된 가상건축물  
Fig. 14. Augmented Reality Building in Real Mock-up Site model

그림 14는 건축디자인 사이트를 가정하여 실물의 Mock-up을 삽입한 이미지이다. 왼쪽위의 이미지는 가상현실에서 캡처 영상을 제거하지 않은 경우로서 카메라로 취득한 사이트의 이미지가 투명 스크린에 겹치는 것을 확인할 수 있다. 이와 같은 캡처 영상을 제거하고, 본 시스템에서 고안한 카메라와 시선의 차이를 보정하면 오른쪽 위의 이미지와 같이 실물의 마커에 위치하는 것과 같이 보이게 된다. 마커의 방향을 90° 정도씩 회전시켰을 경우의 이미지를 확인해보면 증강현실과 실물의 사이트가 잘 일치하는 것을 확인할 수 있다. 다만 투명 디스플레이가 가지는 한계로 인하여 가상의 오브젝트가 표시되는 부분에 사이트의 실물 오브젝트가 비치는 것을 볼 수 있으나, 이는 투명 스크린이 향후 강한 색상을 표시할 수 있는 하드웨어적인 개선이 이루어지면 향상될 것으로 생각된다.

### 3.2.5 시스템 사용자의 확장

현재 제안 시스템은 2인의 사용자를 기준으로 시범제작이 되었으나, 아래에서 제시하는 그림 15와 같이 사용자를 증가시켜 4인 등의 다수가 참여하는 디자인 협업 툴로서의 확장이 가능하다. 다만 다수 사용자를 위한 시스템의 경우에는 각각의 시점에서 바라보는 가상의 오브젝트를 생성해주는 장치가 추가로 필요하게 된다.

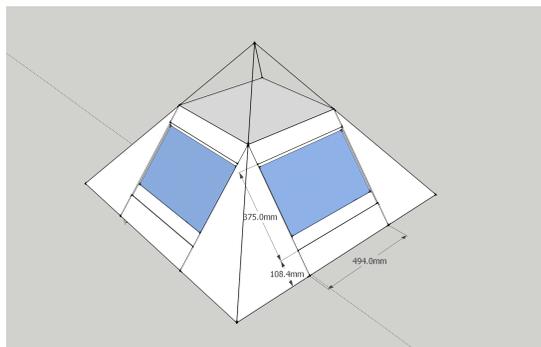


그림 15. 디자인의 작업공유를 위한 확장시스템  
Fig. 15. Expanded Proposed System for Multi-user

이때 확장 시스템의 구현을 위해 어떤 방식을 채용할 것인가가 문제인데, 현재 구현된 시스템은 그림 16과 같이 ARToolKit을 기반으로 본 연구에서 제안하는 증강현실 시스템을 구축이 되고, 각각의 사용자는 독립된 별도의 컴퓨터 및 카메라로 구동되는 증강현실을 체험하게 된다. 각각의 디스플레이는 독립적인 형태로 마커를 통해서 동기화를 이루는

방식을 선택하였다. 또 다른 방식으로는 그림 17에서 보여주는 것과 같이 컴퓨터 및 카메라는 하나씩만을 사용하여 가상세계를 인식하고 다방면의 시점에서 필요한 가상이미지를 제작하여, 전체적인 증강현실을 일치시키는 방법의 사용을 고려해 볼 수 있다. 이때에는 하나의 컴퓨터에 다수의 이미지를 만드는 작업이 집중됨으로써 고사양의 컴퓨터와 그래픽 카드가 필요할 것으로 생각된다. 본 시스템에서 제안하는 Optical see-through display의 경우에는 Video see-through display와는 다르게 배경으로 제시할 실제적인 관점에서의 캡처된 현실영상은 불필요하므로 이와 같은 시스템의 제작이 가능할 것으로 생각된다.

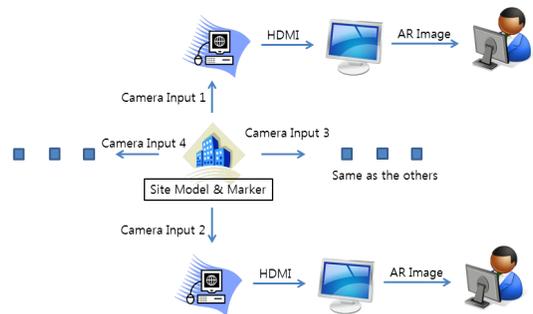


그림 16. 다수의 컴퓨터 및 카메라로 다수 사용자를 위한 확장시스템  
Fig. 16. Extended AR System of Multi-PC & Multi Camera for Multi-user

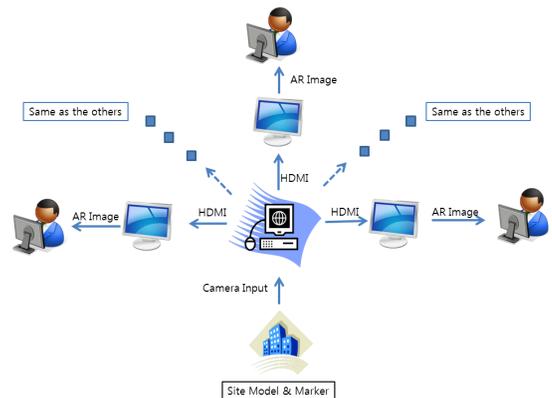


그림 17. 한 대의 컴퓨터 및 카메라로 다수 사용자를 위한 확장시스템  
Fig. 17. Extended AR System of One PC & Camera for Multi-user

### 3.3 건축 모델 콘텐츠의 활용

본 시스템을 건축디자인의 평가툴로 활용하기 위해서는 다음의 두 가지가 준비되어야 한다. 하나는 건축물의 주변을 나

타내는 실물 모형이고, 하나는 건축디자이너가 구현된 건축 디지털 모델이다.

### 3.3.1 건축 사이트의 실물 모델

본 시스템은 증강현실 기술을 활용한 시스템으로서 실제적인 현실공간을 구현하는 오브젝트가 준비되어야 한다. 물론 전체적으로 컴퓨터 그래픽을 활용하여 전체 모델을 디지털 모델의 형태로 만들 수 있으나, 주변부에 해당되는 사이트를 실물 모델을 사용함으로써, 전체적인 체험모델의 현실감을 높이는 데 그 목적이 있다. 또한 디자인 평가에 있어서 주요 개념에 해당되는 건물의 계획안과 건물주변부의 표현을 컴퓨터 그래픽을 활용하여 표현함으로써 자주 변경되는 모델에 대한 부담감을 줄이고 Mock-up 모델을 사용할 경우의 시간 및 경비를 줄일 수 있을 것으로 생각된다.

### 3.3.2 건축물의 디지털 모델

건축물의 디지털 모델의 생성에는 다양한 방법이 있다. 먼저 일반적인 3D 모델러(3DS Max, SketchUp, Rhino)를 활용하여 건축 디지털 모델을 생성하는 것이 가능하겠으나, 최근의 새로운 경향으로는 BIM 모델링을 통해서 작성된 건축물의 디지털 모델을 활용하여 증강현실에 사용할 데이터 파일을 생성하는 것이 가능하다[12]. 이때 유의해야 할 점으로는 활용 애플리케이션 및 사용목적에 따라서 BIM 모델의 다양한 종류의 데이터 중에서 어느 데이터는 필요하고, 어느 데이터는 불필요한 경우가 발생한다. 이러한 판단은 그 당시의 상황에 맞추어서 제어할 필요가 있다. 일반적으로는 건축물의 디자인 형태에 대한 논의만을 필요로 할 경우에는 외피를 형성하는 벽체, 지붕, 창문 등의 모델 정보만으로 제한하여 Export한 후에, 본 제안 시스템인 증강현실에 사용할 수 있다.

현재 건축분야에서 가장 많이 사용되는 BIM 모델러는 Autodesk 사의 Revit과 Graphisoft사의 ArchiCAD가 가장 많이 사용되고 있으며, 현재 BIM 건축 관련 작업의 대부분을 차지하고 있다. 따라서 본 연구에서는 건축분야에서의 BIM과의 연관성을 검토하기 위해서 위의 두 가지 저작물에서의 파일변환을 통한 증강현실의 활용을 중점으로 검토한 결과를 표 3에 나타내었다. 물론 아래의 표에 나타난 증강현실 툴 이외에도 사용가능한 애플리케이션이 있을 것으로 생각되던 대표적인 것만을 선정하였다.

표 3. BIM 툴에서 증강현실을 적용을 위한 파일 변환  
Table 3. Conversion of BIM Data for AR

BIM Authoring Tool	File Format	AR Tool
REVIT	IFC	D4AR, 4DStudio
	DAE(Collada file format)	Unity3D (추가 애드온으로 변환)
	FBX	BuildAR ARmedia Plugin
ArchiCAD	IFC	D4AR, 4DStudio
	VRML	ARToolKit

본 연구에서는 제안된 시스템에서 디지털 건축 모델을 증강현실에서 구현하기 위해서 ArchiCAD를 활용하여 VRML 모델을 제작하였다. ArchiCAD를 이용하여 모델 파일 변환을 진행하는 것이 비교적 모델 및 텍스처의 활용에 있어서 용이한 편이다. 또한 ARToolKit은 기본적으로 VRML을 가상현실의 오브젝트로서 구현하는 기능을 가지고 있기 때문에 본 연구에서 제안하는 시스템을 구성함에 있어서 편리하였다. 향후 VRML 이외에도 다양한 파일포맷에 대한 증강현실의 구현에 대해서 검토할 필요가 있을 것으로 생각된다.

## IV. 디자인 평가 시스템의 논의와 향후연구

### 4.1. 제안 시스템의 한계

이상과 같이 건축디자이너 평가를 위한 증강현실 설계지원시스템을 제안하기 위해서 하드웨어 및 소프트웨어를 구축하고, 그에 따른 디지털 건축 모델 등의 전환관계 등을 살펴보았다. 시스템의 제안에 있어서 한계점을 논해보면, 현재 시범연구로 구현된 시스템의 프레임은 전체적으로 500mm(width) × 800mm(depth) × 600mm(height) 정도의 공간을 가지고 있다. 따라서 본 시스템은 일반적인 증강현실 시스템이 가지는 카메라를 이용한 증강현실의 구현방식에 있어서 자유로운 카메라의 이동이 제한됨으로써 현실세계와 가상세계를 구성하여 생성하는 증강현실 범위가 한정된다. 즉 좌우 및 상하의 확장된 현실세계를 시각화하기에는 부족한 측면이 있다. 하지만 다른 측면에서는 디자인의 평가라는 특수한 작업에 있어서는 오히려 평가 대상물에 집중을 해야 하는 특수성이 있으므로, 전체적인 툴의 사용에 있어서는 작업의 효율성을 높일 것

으로 생각된다. 또한 시스템 프레임 안에서 마커 및 배경사이트가 회전 및 이동을 하면 다양한 시점에서의 증강현실을 구현할 수 있을 것으로 생각된다. 또한 내부 프레임의 공간이 제한된다는 것은 증강현실에서 현실공간으로 사용할 건축물의 사이트 등의 표현에서, 일정 스케일 이상을 구현하기 어렵다는 측면이 있다. 하지만 이와 같은 제한점은 전체적인 프레임 및 화면의 크기를 확대시키면 어느 정도 해소가 가능하며, 또한 증강현실에서 구현할 수 있는 다양한 인터랙션을 통해서 특정 대상물체를 확대하거나 가상의 시점을 조정할 수 있는 등의 기능을 삽입함으로써 해소될 수 있을 것으로 예상된다.

또 다른 제한점으로는 실제공간으로 사용하는 모델 사이트와 이미지가 구현되는 투명형 디스플레이 사이의 간격이 발생함으로써 사용자의 이미지의 인식이 어려워 질 수 있다는 점이다. 즉 증강현실 디스플레이에서 구현된 가상 오브젝트가 투영되는 공간은 시야에서 가까운 곳에 위치하고, 실제 오브젝트가 위치한 곳은 좀 더 먼 곳에 위치함으로써 눈의 초점끼리 서로 맞지 않는 문제가 발생한다. 이와 같은 현상은 입체 이미지를 구현함으로써 위화감을 줄일 수 있을 것으로 생각되며, 별도의 입체이미지 안경 시스템 및 3D 디스플레이를 사용하여 구현할 수 있을 것으로 생각된다. 단지 현재의 투명형 디스플레이의 기술적 한계로 구현에 제약이 있다.

또 다른 점으로는 투명 디스플레이의 맞은편의 투명 디스플레이가 인식이 되는 현상이다. 낮은 위치에서 디스플레이를 응시할 경우 반대편이 더욱더 잘 보이는 현상이 있다. 이와 같은 현상은 사용자의 응시 각도 및 위치를 일정하게 고정하는 방법으로 방지가 가능할 것으로 생각된다. 비슷한 관점에서 발생하는 문제점으로 사용자의 시점이 변경되는 경우에도 실제 오브젝트와 가상 오브젝트의 위치가 일치하지 않는 경우가 발생되는데, 현재는 사용자의 시점을 추적하는 시스템이 구현되어 있지 않은 관계로 고정된 시점에서만의 증강현실이 구현되고 있는 실정이다. 향후 사용자의 시점추적 시스템이 구현되면 어느 정도에서는 이러한 문제가 해결될 것으로 생각된다.

#### 4.2. 향후연구 방향논의

위의 본 제안 시스템의 논의에서 언급한 시스템의 한계점들이 향후 개선될 필요가 있다. 가장 먼저 개선될 것으로 생각되는 점은 입체영상을 통한 초점거리의 문제 해결이다. 3차원 입체영상의 제시가 가능한 투명형 디스플레이가 구현되면 향후 더 나은 시스템으로 발전할 가능성이 크다. 또 하나는 현재 고정된 사용자 시점의 변경 가능성이다. 즉 사용자의 시점을 추적하는 시스템을 이용해서 보다 자유로운 상태에서의

증강현실 시스템 사용이 가능할 것으로 생각된다. 현재 다양한 사용자의 위치를 추적하는 모션캡처 디바이스가 등장하고 있어서, 이것을 이용하면 효과가 클 것으로 생각된다.

다른 하나는 건축 BIM 데이터에서 증강현실 시스템까지의 모델 데이터의 전환에 관한 개선이 이루어질 것으로 생각된다. 아직까지 BIM 저작툴이 증강현실기술의 활용을 염두로 개발이 되지 않을 관계로 많은 재질 및 텍스처 맵의 지원이 부족한 상황이나 향후 보다 발전된 파일전환 프로세스의 개발로 고품질의 증강현실 건축 모델의 제작이 가능할 것으로 생각된다.

모바일 디바이스와의 결합을 통한 증강현실 기술의 건축적 활용 또한 매우 큰 활용가능성을 가지고 있다. 하지만 투명형 디스플레이를 통해서 증강현실을 구현하기 위해서는 이를 뒷받침하는 하드웨어의 개발이 필요할 것으로 생각된다. 현재에도 투명형 디스플레이를 노트북 컴퓨터와 연결하여 본 논문에서 제안한 시스템과 비슷한 형태의 이동가능한 증강현실 시스템의 구현이 가능할 것으로 생각된다. 모바일 디바이스를 통한 증강현실기술 효과의 극대화를 위해서는 지금보다 가볍고 콤팩트한 투명형 모바일 디바이스의 구현이 필요하다. 이때 모바일 디바이스의 카메라 위치 및 투명형 디스플레이에 방해가 되는 부품들을 어떻게 처리할 것인가에 대한 해결방안이 필요할 것으로 생각된다.

## V. 결론

본 연구에서는 컴퓨터 그래픽의 기술을 응용한 가상현실기술의 하나인 증강현실기술과 투명형 디스플레이를 이용해서, 건축적인 디자인의 발전단계 및 완성단계에서의 검토 및 평가를 위한 다자간 증강현실 평가시스템을 구축하였다. 기본형으로 2인형 디자인 검증 증강현실시스템 및 3인 이상의 다자간 시스템을 제안하였다. 본 시스템은 투명형 디스플레이를 이용하여 실물의 오브젝트를 배경으로 이용하고, 그 위에 가상 이미지를 증강시킴으로서 보다 효율적인 건축디자인 평가시스템을 제안하였다. 향후 연구방향으로는 시스템의 규모, 입체 이미지 구현을 통한 초점문제의 해결 및 건축 BIM 모델의 파일전환의 고급화를 들 수 있다. 또한 건축디자인 평가 작업에서 실질적인 사용자 실험을 통해서 디자인 지원시스템으로서의 성능을 평가할 필요성이 있을 것으로 생각된다.

본 연구에서 개발한 디자인 건축설계 검증을 위한 증강현실 설계지원도구의 활용을 통해, 현재의 건축 디지털 작업환경에 적합하고, 효율성 및 경제성을 증대시키는 업무개선이 가능할 것으로 생각된다.

## 참고문헌

- [1] CAVE™ Virtual Reality (Mechdyne Corporation), <http://www.mechdyne.com/cave.aspx/>
- [2] C. Cruz-Neria, D.J. Sandin, T.A. DeFanti, "Surround-Screen Projection-Based Virtual Reality: The Design and Implementaion of the CAVE", SIGGRAPH '93 Proceedings of the 20th annual conference on Computer graphics and interactive techniques, pp. 135-142, Aug. 1993.
- [3] N. Shibano, P.V. Hareesh, H. Hoshino, R. Kawamura, A. Yamamoto, M. Kashiwagi, K. Sawada, "CyberDome: PC Clustered Hemi Spherical Immersive Projection Display", ICAT2003, Tokyo Japan, Sept. 2003.
- [4] R.T. Azuma, "A survey of making augmented reality", Presence, Vol. 6, No. 4, pp. 355-385, Aug. 1997.
- [5] W. Broll, I. Lindt, J. Ohlenburg, M. Wittkämper, C. Yuan, T. Novotny, A.F. Schieck, C. Mottram and A. Strothmann, "ARTHUR: a collaborative augmented environment for architectural design and urban planning", Journal of Virtual Reality and Broadcasting(JVRB), Vol. 1, No. 1, pp. 1-9, Dec. 2004.
- [6] K.J. Heo, S.K Lee, S.K. Jung, "A Study of Augmented Reality based Visualization using Shape Information of Building Information Modeling", Journal of Korea spatial information society, Vol. 20, No. 2, pp. 1-11, Apr. 2012.
- [7] J. Lertlakkhanakul, S.Y. Han, J.W. Choi, "Construction Management System Using the Mobile Augmented Reality Techniques", Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction , Vol. 22, No. 2, pp. 139-145, Feb. 2006.
- [8] S.Y. Park, J.W. Choi, "A Study on the Application of the Augmented Reality Technology for Effective Information Management in Existing Building", Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design, Vol. 21, No. 8, pp. 37-44, Aug. 2005.
- [9] J.O. Seo, H.G. Ryu, M.S. Park, H.S. Lee, "Progress Monitoring using Augmented Reality", Proceedings of Architectural Institute of Korea, Vol. 25, No. 1, pp. 253-257, Oct. 2005.
- [10] S.H. Yoon, "Design and Implementation of Commodity Information System Using LBS with Augmented Reality Based on Smart Phone", Journal of the Korea Society of Computer and Information Vol. 17, No. 12, pp. 229-239, Dec. 2012.
- [11] B.Y. Park, Y.T. Baek, S.B. Park, "Collaborative Learning System based on Augmented Reality for Enhancing Collaboration", Journal of the Korea Society of Computer and Information Vol. 19, No. 4, pp. 101-109, Apr. 2014.
- [12] C. Eastman, P. Teicholz, R. Sacks, K. Liston, (G. Lee, et al. translation), "BIM HANDBOOK", Spacetime, Sept. 2010.
- [13] Y.S. John, K.M. Song, "An Analysis on Domestic BIM Usage of Big Architectural Firms Regarding Effective Design Management", Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design, Vol. 27, No. 9, pp. 55-64, Sept. 2011.
- [14] J.H. Ryu, "A Study of the Possibility of Architectural Application using Augmented Reality technology according to the Emergency of Smart Devices & Mobile Computing", KIBIM Annual Conference, Vol. 2, No. 1, pp. 21-22, May 2012.
- [15] J.H. Ryu, D.S. Baek, E.H. Lee, "A Study on Application of Augmented Reality Technology in Presentation of Architectural Digital Model", Design convergence study, Vol. 13, No. 1, pp. 83-97, Feb. 2014.
- [16] 3DOn, Architecture App, <http://www.3don.co.uk/>
- [17] AutoCAD WS, Web & Mobile CAD, <http://usa.autodesk.com/autocad-ws/>
- [18] ARToolKit, A software library for building

Augmented Reality(AR) Application,  
<http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/>

- [19] BuildAR, Free Software for non-commercial purpose, <http://www.buildar.co.nz/>
- [20] X. Wang, M.J. Kim, P.E.D. Love, S.C. Kang, "Augmented Reality in build environment: Classification and implications for future research", Automation in Construction Vol. 32, pp. 1-13, July 2013.
- [21] D.W.F. Krevelen and R. Poelman, "A Survey of Augmented Reality Technology, Application and Limitations", The International Journal of Virtual Reality, Vol. 9, No. 2, pp. 1-20, Jan. 2010.
- [22] G. Reitmayr and D. Schmalstieg, "Mobile Collaborative Augmented Reality", Proceedings of the International Symposium on Augmented Reality, pp. 114-123, Oct. 2001.
- [23] J. Lee, A. Olwal, H. Ishii, C. Boulanger, "SpaceTop, Integrating 2D and Spatial 3D Interactions in a See-through Desktop Environment", ACM CHI 2013, pp. 189-192, Apr. 2013
- [24] K. Kiyokawa, M. Niimi, T. Ebina, H. Ohno, "MR2(MR Square): A Mixed Reality Meeting Room, Augmented Reality", IEEE and ACM International Symposium, pp. 169-170, Oct. 2001.
- [25] S. Kasahara, V. Heun, S.A. Lee, H. Ishii, "Second Surface: Multi-user Spatial Collaboration System based on Augmented Reality", SIGGRAPH Asia 2012 Emerging Technologies, Article No. 20, Nov. 2012.
- [26] O. Bimber and R. Raskar, "Spatial Augmented Reality: Merging Real and Virtual Worlds", A K Peters, Ltd., July 2005.
- [27] S.Y. Kim, "Samsung TFT-LCD MODEL: LTI220MT02", Samsung Electronics CO. Ltd., Oct. 2011.

## 저 자 소개



### 류 재 호

1997: 한양대학교 공학사.  
 1999: 한양대학교 공석사.  
 2005: 일본 동경공업대학교 공학박사  
 2010- 현재: 서울과학기술대학교  
 건축학부 교수  
 관심분야: 몰입형 가상현실시스템,  
 건축정보기술,  
 유비쿼터스 기술,  
 건축정보모델링(BIM)  
 Email: jhryu@seoultech.ac.kr