

## BIM기반 공간증강현실(Spatial Augmented Reality, SAR) 기술을 활용한 건축설계협업



**이진강**

The Hong Kong Polytechnic University Postdoctoral Fellow, jingang.lee@polyu.edu.hk

**서준오**

The Hong Kong Polytechnic University Assistant Professor, joonoh.seo@polyu.edu.hk

### 1. 배경

BIM (Building Information Modelling)은 3D 모델을 기반으로 각 참여 주체별 정보를 통합하여 공유할 수 있게 하여 정보 전달을 효과적으로 도울 방안으로 적용됐으며, BIM 활용의 효과는 많은 프로젝트 사례와 연구를 통해 검증되었다. BIM 모델을 기반으로 건설 프로젝트 전 단계에 걸쳐 필요한 물리적 형상 정보, 관련 속성정보들을 호환 가능한 방법으로 생성하고 관리하기 때문에 효과적인 정보의 관리 및 전달을 가능케 하며, 특히 설계 단계에서 추가적인 도면 생성 작업 등을 줄이고, 간섭 체크 등의 기술을 통해 설계검토 업무에서 큰 생산성 향상을 보여 주었다. 이와 같이 컴퓨팅 기술, 디스플레이 기술의 발전과 함께 건물정보를 공유하는 방식은 2D 도면에서 3차원으로 시각화된 건물 모델을 활용하는 방식으로 건설산업 전반에 걸쳐 빠르게 바뀌어 왔으며, 최근에는 가상현실(Virtual Reality; VR), 증강현실(Augmented Reality; AR) 등의 새로운 시각화 기술이 개발되고 그 활용성이 다양한 방면으로 검토되고 있다. VR은 컴퓨터 그래픽으로 이루어진 공간을 구현하는 기술을 말하며, 그중 몰입형 가상현실 기술(Immersive VR; IVR)은 사용자가 그 속에 있는 것처럼 체험하게 하는 기술로 사용자는 가상의 공간을 다양한 각도 위치에서 공간감 있게 체험할 수 있다. 기존의 BIM 모델로 구현한 건물정보를 모니터로 확인하는 것은 비몰입형 가상현실(Non-immersive VR)이라 부를 수 있으며, CAVE (Cave Automatic Virtual Environment), HMD (Head Mounted Display) 등의 장비를 활용하는 가상현실 기술을 몰입형 가상현실(IVR)이라 부른다. VR이 이미지, 주변 배경, 객체 등 가상의 정보 전체를 그래픽으로 만들어 보여 주는

반면, AR은 현실 공간 속에 가상의 사물이나 정보를 컴퓨터 그래픽으로 합성하는 기술을 말한다. AR의 경우 일반적으로 Microsoft 사의 HoloLens 등의 HMD 또는 스마트폰 카메라 등의 장비를 활용하여 현실 공간에 구현된 가상의 객체를 마치 원래의 환경에 존재하는 사물처럼 확인할 수 있다. VR 및 AR 기술은 건설 프로젝트 참여자가 가상의 건물 정보를 보다 현실감 있게 체험할 수 있게 하여 3차원 건물 정보에 대한 정확한 이해를 도울 수 있을 것으로 기대되고 있다. 이에 건축 설계, 시공 현장관리뿐만 아니라 안전 교육, 사용자 에너지 소비패턴 분석 등 건설산업 전반에 걸쳐 VR 및 AR 기술을 활용하려는 다양한 연구가 진행되고 있으며, 해당 기술의 활용 가능성과 기대효과를 높히 평가하고 있다. 동시에 VR 및 AR 기술은 사용자 개인별로 HMD를 사용해야 하기 때문에 다수의 사용자가 동시에 공통된 정보를 공유하기 어려우며, VR/AR 기기의 그래픽 품질 문제 등의 기술적 한계점으로 실무 적용에 어려움을 겪고 있다. 이외에도 HMD 기기 착용에서 오는 멀미 증상(VIMS; Visually Induced Motion Sickness) 및 불편함 또한 개선되어야 할 부분이다.

그리고 본 글에서 소개하고자 하는 공간증강현실(Spatial Augmented Reality, 이하 SAR)은 현실 공간의 물체 또는 공간에 컴퓨터 그래픽으로 구현된 정보(이미지 또는 영상)를 투사하는 증강현실(AR) 기술의 하나로, 사용자는 현실 공간 속 물체에 새로운 그래픽 정보를 부여하여 체험할 수 있다. 기본적으로 SAR 기술을 활용하기 위해서는 프로젝트, 컴퓨터, 대상 물체 모델 등의 하드웨어와 투사할 그래픽 정보를 처리하는 소프트웨어가 필요하다(그림 1). SAR은 장소만 제공될 수 있다면 사용자 개별로 HMD 기기를 착용할 필요

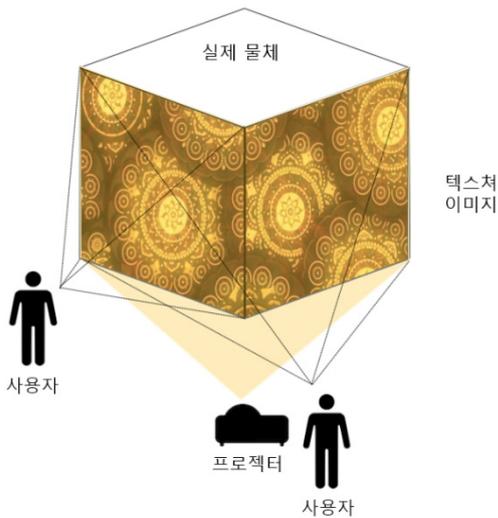


그림 1. 공간증강현실(SAR) 개념도

없이 간단한 프로젝터와 대상 물체 모델만을 사용하여 다수의 참여자가 현실 공간에서 가상의 정보를 동시에 같은 모습으로 공유할 수 있다는 점에서 앞서 설명한 VR 및 AR 기술의 한계점을 극복할 수 있는 건물 정보의 새로운 시각화 기술로 활용 가능성이 주목받고 있다.

## 2. 공간증강현실(SAR) 활용 사례

프로젝트를 활용하여 그래픽 정보를 투사한다는 점에서 건물 외벽 등의 평면에 조명을 설치하여 그래픽 정보를 보여주는 미디어 파사드(Media Façade)기술과 혼용될 수 있는데, SAR은 2차원의 평면에 3차원의 영상을 출력하는 기존의 스크린 방식이 아닌 디스플레이 방식의 3차원 특성을 확보하여 현실 공간의 3차원 물체에 그래픽 정보를 투사한다. SAR은 사용자와 기기를 분리하여 현실에 존재하는 물리적 물체에 가상의 정보를 투사하여, 사용자는 가상의 정보가 입혀진 현실의 3차원 물체를 확인할 수 있다. 가상의 그래픽 정보를 현실에서 물리적 물체와 함께 확인할 수 있기에 SAR은 다양한 분야의 제품 디자인 과정에 활용되고 있다. 그중에서도 자동차 산업에서 자동차 외부 디자인부터, 내부 인테리어 및 대시보드 인터페이스 디자인까지 SAR 기술을 많이 활용하였다(그림 2). 또한 오븐과 같은 가전제품 제조 분야에서도 물리적인 Mock-up 모델에 그래픽 정보를 투사하여 제품의 디자인 대안을 결정하는데 SAR 기술을 활용하였다. 이와 같은 사용 사례들은 SAR이 제품의 3차원 정보를 보다 쉽고 직접적으로 체험할 수 있도록 하여 제품 디자인 및 생

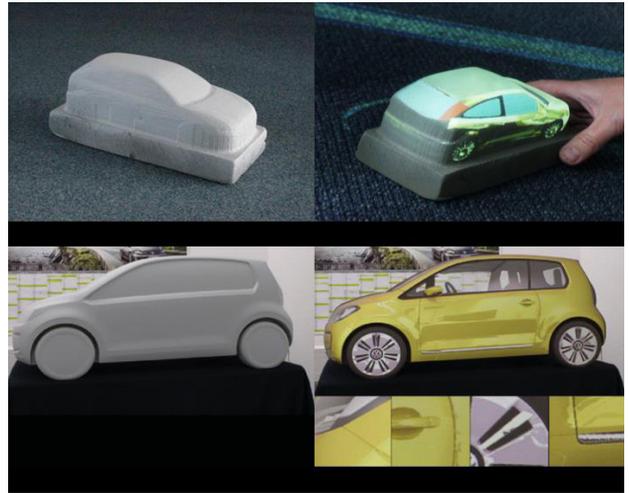


그림 2. 자동차 산업분야 공간증강현실(SAR) 적용 사례

산 과정에서 전문가가 아닌 사용자들의 적극적인 참여를 유도할 수 있다는 점을 보여주었다.

## 3. BIM기반 SAR 활용 프레임워크

본 연구진은 3차원 모델을 공유하는 데 장점을 가진 SAR 기술의 건축 설계 협업 단계에서의 활용 가능성을 테스트하고자, 3D BIM 모델을 기반으로 SAR 기술을 활용하는 프레임워크를 개발하고 테스트하였다. 이에 본 글에서는 BIM 모델을 활용하여 SAR로 구현하는 BIM기반 SAR 프로토타이핑 과정을 설명하고자 한다. SAR 기술 구현을 위해서는 크게 두 가지 단계를 거쳐야 하는데, 이는 3D 모델(그래픽 모델 및 실제 모델)을 생성하고 이를 SAR을 위한 그래픽 정보 형식으로 변환하는 첫 번째 단계와 실제 모델과 그래픽 정보를 매칭하여 프로젝션을 하는 두 번째 단계로 나눌 수 있다(그림 3).

먼저 Revit, ArchiCAD 등의 BIM 소프트웨어를 활용하여 생성한 BIM 모델의 정보를 프로젝션할 텍스처(Texture) 정보로 변환해야 한다. 텍스처 정보는 3D 모델을 2차원 UV 좌표계로 변환하여 펼친 2차원 그래픽 정보를 뜻하며, UV Mapping 과정을 거쳐 생성된다. UV Map은 3차원 모델을 2차원으로 펴서 개별 좌표 위치에 기반해 생성된 정보를 말하며, 3차원의(X, Y, Z) 좌표를 2차원인(U, V) 좌표로 변환하기에 UV Mapping이라 부른다. BIM 모델링의 상세 수준(Level of detail)에 따라 프로젝션할 그래픽 정보의 수준이 달라지겠지만 SAR을 활용하기 위해서는 모델링한 건물 객체 표면(Surface)의 자재(Material) 등의 정보가 필요하다.

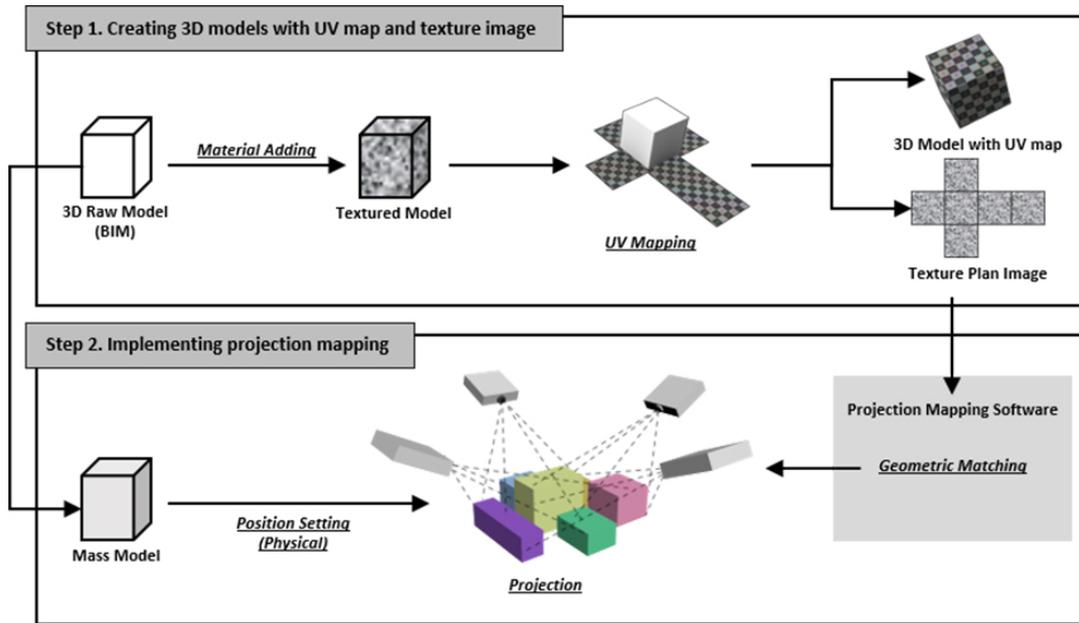


그림 3. BIM기반 공간증강현실(SAR) 활용 프레임워크

이 작업은 사용하는 BIM 소프트웨어, 3D Rendering 소프트웨어 등의 종류에 따라 Material Adding, Texture Mapping 등의 기능을 활용할 수 있다. Unity, Blender, Autodesk사의 3DS Max 등의 3D 개발 도구, 게임엔진, 컴퓨터 그래픽 소프트웨어 등에서 UV Mapping 기능을 제공한다. 3D BIM 모델을 기반으로 생성된 텍스처 정보를 포토샵(Photoshop)과 같은 그래픽 소프트웨어를 활용하여 BIM 정보에 포함되지 못한 디테일을 추가하는 등의 편집 작업 또한 가능하며 프로젝션의 현실성을 높일 수 있다.

SAR 기술을 구현하기 위해서는 소프트웨어 뿐만 아니라 프로젝터, 컴퓨터, 실제 모델 등의 하드웨어도 갖추어야 한다. 실제 모델의 경우는 3D BIM 모델과 같은 비율을 가진 스케일 모델로 제작하여야 한다. 간단한 매스 모델의 경우에는 수작업으로 제작이 가능하며, 3D 프린팅과 같은 기술을 모델 제작에 활용할 수도 있다. 그리고 건물 모델의 복잡성 및 프로젝터의 성능을 고려하여 프로젝터의 종류 및 대수를 선정해야 하며, 프로젝터와 관련된 전기 공급 및 배선(VGA 또는 HDMI 등) 등 또한 점검하여야 한다. 이와 같이 실제 모델 제작과 하드웨어 선정 및 점검을 마치고 실제 모델과 프로젝터의 위치를 대략적으로 조정하여 시점, 주변 조명 등을 설정해야 한다. 프로젝션 전 마지막으로 이루어지는 작업은 Geometric Matching으로 SAR 기술 구현 시 가장 중요한 작업이라 할 수 있다. 이는 가상의 그래픽 정보와 실제 모델의 기하학적 관계를 계산하여(calibration) 가상 공간의 좌표와

실제 공간의 좌표를 연계하는 작업을 말한다. 가상공간의 기하학적 요소가 실제 모델에 정확하게 연계가 되어야 정확한 프로젝션 결과를 얻을 수가 있다. 실제 모델의 모양 및 프로젝션 맵핑(Projection Mapping) 소프트웨어 기능을 고려하여 Geometric Matching 작업을 수행하여야 한다.

〈그림 4〉는 BIM 모델을 활용한 텍스처 생성부터, UV Mapping, Geometric Matching 등의 단계를 거쳐 프로젝션을 하는 테스트 과정을 보여준다. 마지막 SAR 프로젝션 결과물 사진에서 확인할 수 있듯이, 2D 스크린에서 볼 수 있는 BIM 모델과 유사한 수준의 디스플레이 품질을 현실 속 3차원 공간에서 체험할 수 있었다. 기존 AR 기기를 사용할 경우, 가상의 그래픽 정보가 현실 공간에 투명하게 투영되기 때문에 객체의 재질 정보를 현실감 있게 체험하기 어려운 반면, SAR의 경우는 객체의 재질을 현실감 있게 표현할 수 있어 사용자는 건물 객체의 재질, 재료, 마감 등의 정보를 보다 직관적으로 경험할 수 있다. 또한 앞서 설명한 바와 같이, VR 및 AR의 경우 사용자 개인별로 HMD 기기를 활용할 수 있도록 준비가 필요한 반면, SAR은 간단한 프로젝터 및 물체 모델을 활용하여 3차원 건물정보를 표현할 수 있다. 이와 같이 SAR은 다수의 프로젝트 참여자가 동시에 같은 공간에서 3차원 건물정보의 효과적으로 체험할 수 있게 하며, 건설 프로젝트 설계 협업 단계에서 BIM을 기반으로 한 SAR 기술이 활용된다면 3차원 BIM 모델 공유의 효과를 높일 것으로 기대된다.

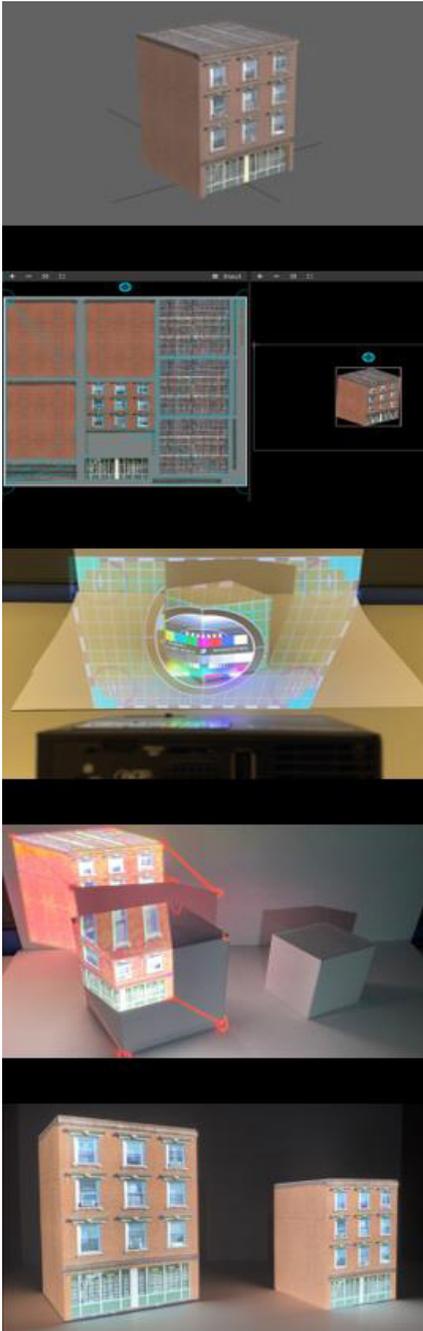


그림 4. BIM모델을 활용한 공간증강현실(SAR) 구현 과정

#### 4. 결론

앞서 소개한 BIM기반 SAR 활용기술은 기존 AR/VR 기기를 이용한 BIM 모델 시각화의 단점을 극복할 수 있는 대안으로 여겨진다. 특히 설계 초기단계에서 설계협업을 위한 도구로서 그 활용가능성이 높다. 하지만 위 기술을 실무에 활용하기 위해서는 몇가지 해결해야 할 과제들이 남아있다. 먼저 다양한 설계 대안들을 검토해야 하는 협업 과정에서 다양한

모델과 그래픽 정보를 손쉽게 바꾸어가며 SAR을 활용하기 위해서는 실제 모델 제작과 그래픽 정보 생성 과정의 자동화가 필요할 것이다. 테스트에 활용했던 직육면체, 원통과 같은 물체가 아닌 복잡한 물체의 경우 UV Mapping, Geographic Matching에 소요되는 시간과 노력이 증가할 것이므로 이에 대한 해결책이 필요하다. 그중에서도 Geographic Matching 과정에서 현실 공간에 존재하는 물체와 프로젝트 사이의 기하학적 관계를 파악하는데 수작업이 필요하여, 새로운 물체를 사용하거나, 물체가 움직이거나 회전할 상황마다 새로 Geographic Matching 작업을 해야 하는 번거로움이 있다. 이를 해결하기 위해서 현실 공간의 물체의 기하학적 위치를 카메라 또는 센서를 활용하여 자동으로 파악하고 이를 반영하여 프로젝션을 하는 기술과 관련한 연구개발이 이루어지고 있다. 동시에 사용자의 손동작 또는 음성 명령을 인식하여 SAR의 그래픽 정보를 변경하는 기술 역시 연구가 다양한 분야에서 진행 중이다. 본 연구진 또한 Computer Vision 기술을 활용하여 다양한 유형의 BIM 모델과 설계 협업 환경에 대응할 수 있는 프로젝션 방법론 개발을 위해 연구를 하고 있으며, BIM기반 SAR의 적용 분야를 다양한 건설 프로젝트 관리 분야로 확장하여 검토하고 있다.

#### 참고문헌

1. 본 원고의 내용은 연구진이 학술지에 제출한 논문에서 발췌, 요약되었음(논문 제목: BIM-based Spatial Augmented Reality (SAR) For Architectural Design Collaboration: A Proof of Concept).
2. Bimber, Oliver, and Ramesh Raskar. Spatial augmented reality: merging real and virtual worlds. CRC press, 2005.
3. Menk, Christoffer, Eduard Jundt, and Reinhard Koch. "Visualisation techniques for using spatial augmented reality in the design process of a car." Computer Graphics Forum. Vol. 30. No. 8. Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd, 2011.
4. Park, Min Ki, et al. "Spatial augmented reality for product appearance design evaluation." Journal of Computational Design and Engineering 2.1 (2015): 38-46.
5. Porter, Shane R., R. Smith, and B. Thomas. Supporting the industrial design process with spatial augmented reality. Diss. UniSA, 2010.
6. Verlinden, Jouke C., et al. "Development of a flexible augmented prototyping system." (2003).