

TeeVR: 실감 3D 실내 모델링 기술

□ 최형아*, 정효진*, 도락주*** / *TeeLabs, **고려대학교

요약

디지털 트윈, 메타버스 등의 시대적 흐름에 대응하기 위해, 1) 실사와 같은 실감성을 갖추고, 2)데이터 취득이 용이하며, 3)가벼운 데이터 저장 및 활용이 가능한 실내 공간 모델링의 필요성이 증대되고 있다. 본 기고에서는 상기 세 가지 조건을 만족하는 TeeVR이라는 기술에 대해 소개하고, 기술의 혁신을 가능하게 한 “구조 기반 접근법”에 대해 소개한다. 마지막으로 아파트에서 전시홀에 이르는 scalable한 적용 예시와 웹(web)이나 스마트 폰과 같은 제한된 환경에서도 사용자 만족도가 높은 다양한 응용 예시를 설명한다.

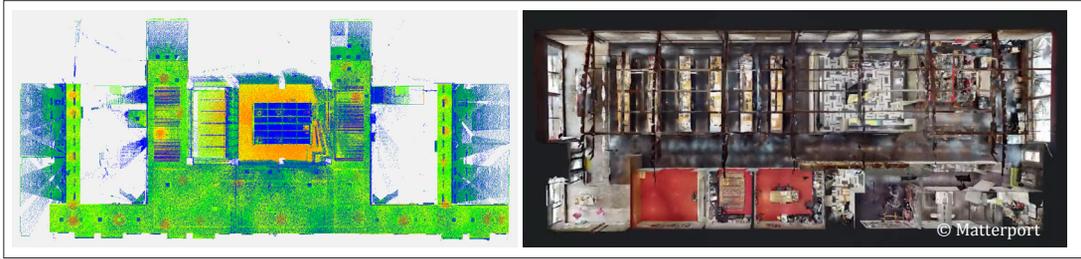
I. 서론

실내 공간의 3D 모델링은 건축 및 측량 분야에서 오랫동안 활용되어 왔다. 기존의 접근법은 라이다(LiDAR) 센서로 PCD(Point Cloud Data)를 취득하여 3D 공간을 구성하는 방식[1]이었다. 그러나 이 접근법은 실제로는 면(face)으로 구성된 실내 공간을 밀집된

점(point)으로 표현하기 때문에, 측량에는 유용할 수 있으나 메타버스 등의 가상 공간에는 사용하기 어려운 한계가 있다.

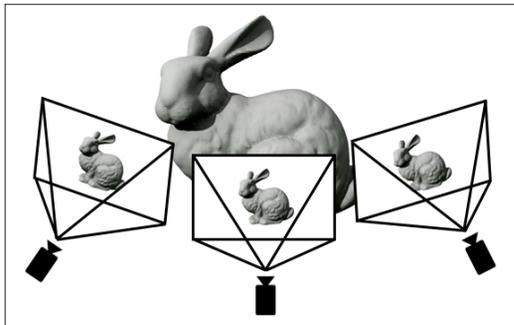
2000년대 이후부터는 ToF(Time-of-Flight) 센서를 활용하여 실내 공간을 면으로 구성하는 접근법[2]이 도입되었다. 이 방식은 surface reconstruction 등의 기술을 이용하여 PCD로부터 면을 추출한다. 그러나 PCD에 포함된 노이즈가 면 추출 과정에 악영향을 주어 낮은 품질의 결과물을 보여주므로, 현실적이고 세부적인 모델링보다는 버드 아이(bird-eye) 시점에서 공간의 전체적인 형태를 조감하는 방향으로만 활용되고 있다.

반면, 이미지 기반 렌더링(IBR:Image-based Rendering)[3]은 3D 모델과 2D 카메라로 획득한 컬러 이미지를 함께 사용한다. 이 접근법은 여러 시점에서 촬영한 컬러 이미지를 모델에 적절히 배치함으로써 실내 공간의 세부 정보를 표현할 수 있으므로 기존 기술에 비해 실내 공간 모델의 품질과 실감성을 더욱 향상시킬 수



<그림 1> (좌) point, (우) surface reconstruction 기반 공간 표현 예시

있다. 그러나 이 방법은 적용된 알고리즘에 따라 품질 차이가 크게 나타나며, 목표 품질이 높아질수록 필요한 3D 모델 및 이미지의 해상도가 더욱 커지므로 높은 품질의 모델을 표현하기 위해 고성능 하드웨어가 필요하다는 한계가 있다.



<그림 2> 3D 모델을 여러 시점의 2D 카메라 이미지로 렌더링하는 IBR의 원리

본 기고에서는 IBR 방식을 이용하여 높은 품질과 실감성을 확보하면서도, 고속으로 데이터 취득이 가능하고, 그 결과물 역시 100㎡ 정도 공간에 대해 이미지를 제외한 모델 데이터 1MB 이하, 고화질 이미지 포함 100MB 이하로 최적화된 TeeVR(True Eye Everywhere VR) 기술을 소개한다.

TeeVR 기술은 고속 데이터 취득이 가능하고, 3D 모델링 결과물 또한 최적화된 상태로 만들어지므로, 작은 규모의 공간뿐 아니라 수만 ㎡ 급의 광대한 공간까지 구현 가능하다는 장점이 있다. 또한, TeeVR 데이터는 상당히 가벼운 용량과 낮은 복잡도를 가지므로, 보관 및 렌더링이 용이하고, 연산 자원이 제한된 웹 환경이나 스마트폰 등 낮은 성능의 하드웨어 환경에서도 실시간 렌더링이 가능하다.

TeeVR 기술은 벽, 바닥, 천장 등 실내 공간의 뼈대를



<그림 3> TeeVR 실내 모델의 예시

이루는 구조(structure) 부분을 중심으로 모델링을 수행하고, 구조 외의 요소는 오브젝트(object)로 간주하여 구조 모델링 이후 따로 추가하는 “구조 기반 접근법”을 기반으로 하며, 이는 아래 2장에서 상세히 다루기로 한다. 3장에서는 TeeVR의 구현 과정을 스캐닝 하드웨어 구성부터 마지막 오브젝트 추가까지 단계적으로 설명하며, 4장에서는 TeeVR을 기반으로 한 다양한 응용 사례를 설명한다. 마지막으로 5장에서는 결론과 함께 향후 과제들을 제안한다.

II. 구조 기반 접근법

본사의 TeeVR 기술은 실내 환경을 모델링하는 데 구조 기반 접근법[4]을 사용한다. 구조 기반 접근법은 실내 환경에서 벽, 바닥, 천장, 기둥 등의 기초적인 건축물의 요소를 구조 템플릿(ST:Spatial Template)으로 정의하고, 이 외의 소품이나 움직이는 물체를 동적 물체(dynamic object)로 정의하여 모델링 단계에서 제외하는 방법이다. ST로 정의된 물체들은 평면, 원기둥, 각기둥, 구 등의 단순한 도형으로 치환하여 모델링 할 수 있다. 이 덕분에 구조 기반 접근법으로 만들어진 모델은 기하학적 구조가 매우 단순하고 정보량이 적어지며, 이

는 모델링 데이터의 용량과 렌더링 부하를 크게 줄여서 낮은 성능의 하드웨어를 가진 디바이스에서도 실시간 렌더링을 가능하게 한다.

III. TeeVR 구현과정

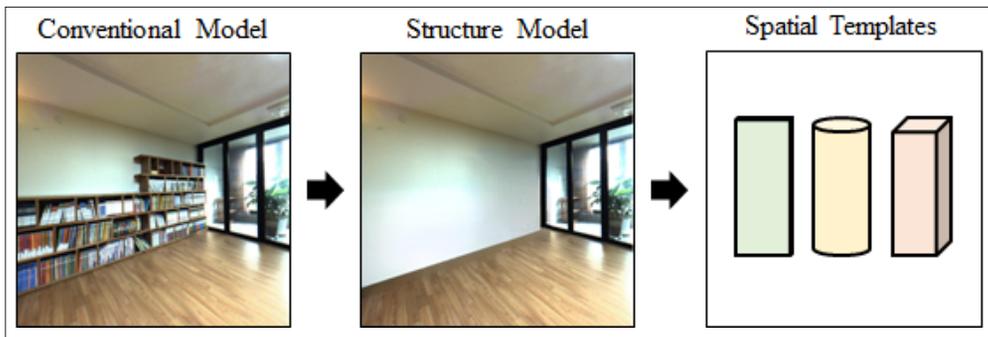
구조 기반 모델링의 단계별 과정은 다음과 같다.

1. 스캔 H/W 및 데이터 취득

스캐너는 삼차원 구조 정보 취득을 위한 라이다와 관



<그림 5> TeeVR 스캐너 - 로봇형, 착용형



<그림 4> 기존 모델을 구조 기반 접근법을 통하여 ST로 분류한 예시

성 센서 및 이미지 정보 취득을 위한 카메라, 총 세 종류의 센서로 구성된다. 공간의 특성에 따라 로봇형과 착용형 스캐너를 선택하여 사용한다. 광범위 공간의 경우 로봇형 스캐너를 통해 빠르게 데이터를 취득할 수 있다. 계단이 포함된 복층 건물과 같이 로봇 주행이 어려운 공간에서는 착용형 스캐너를 착용한 채 대상 공간을 걸어 다니며 모델링을 위한 데이터를 취득할 수 있다.

2. 3D SLAM

스캐너로 취득한 데이터를 바탕으로 영상 정보가 결합된 공간에 대한 PCD를 생성하는 단계이다. Surfel 기반 자체 개발 알고리즘, 구글 카르토그래퍼 등의 SLAM(Simultaneous Localization and Mapping) 기술을 통해 스캐너의 이동 경로를 추정한다. 스캐너를 통해 얻은 깊이 정보를 추정된 위치로 정렬하여 공간에 대한 PCD를 획득한다. 이와 더불어 구조 정보와 영상 정보의 정합을 위해 카메라와 라이다 간의 위치 관계를 기반으로 각 이미지의 촬영 위치를 계산한다.

3. Mesh 제작-구조 기반 접근법

3D SLAM 결과로 획득한 PCD를 구조 mesh로 변환

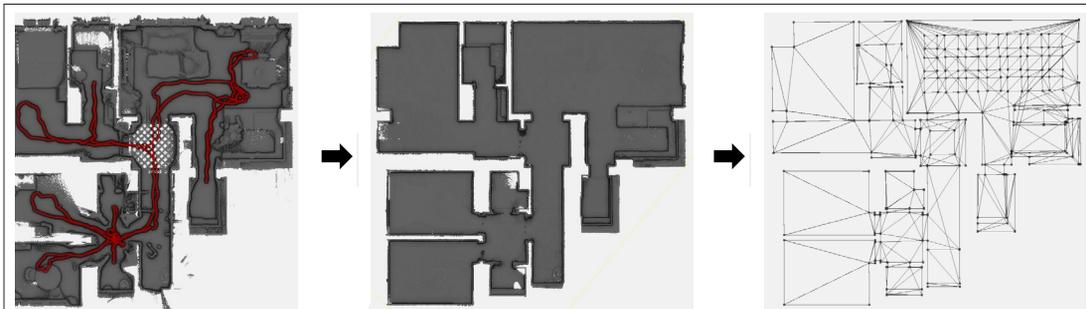
하는 단계로, 공간 PCD를 구조에 해당하는 정보, 물체에 해당하는 정보 및 노이즈로 분류한다. 분리된 구조 PCD를 바탕으로 평면, 원기둥 등의 단순 도형으로 구성된 ST 모델을 생성한다. 해당 모델을 최소한의 삼각형 평면으로 표현하여 최종 구조 mesh를 생성한다.

4. 이미지 inpainting

Mesh와 같은 영역의 정보를 가지도록 이미지에서 ST 외의 물체에 해당하는 영역을 지우는 단계이다. Mesh 제작 과정에서 기하 모델 내 ST 외의 물체는 제거되었으나, 이미지에는 제거된 물체의 정보가 남아 있는 상태이다. 따라서 이미지 내의 ST 외 물체에 해당하는 픽셀을 인식 및 제거한 후, 주변 영역의 픽셀을 이용하여 채우는 과정을 수행한다.

5. 물체 추가

마지막으로, 앞의 과정에서 제거된 물체를 표현할 필요가 있을 경우, TeeVR 공간 내에 해당 물체를 따로 추가할 수 있다. 실제 공간에 존재하던 물체를 모델링하여 추가하거나, 평면, 원기둥, 각기둥 등의 기본 물체를 원하는 형태로 모방하여 배치할 수 있다. 추가된 물체는



<그림 6> 3D SLAM 및 구조 기반 mesh 제작 예시

TeeVR 공간의 구조체에 병합되거나, 별도의 독립된 물체로서 배치되어 실내 공간을 연출할 수 있다.

IV. 응용 예시

TeeVR은 공간을 모델링하고, 해당 공간에서 실생활과 관련된 다양한 서비스들이 파생되어 응용될 수 있다. 이를 후공정의 유무에 따라 구분하자면, 모델링 이후의 결과물을 보는 것만으로 충분한 부동산, 숙소 소개 영역 등이 있고, 모델링 이후 각종 서비스를 추가 탑재하여 응용이 가능한 실감 메타버스 회의실, 박물관, 연구 개발용 모델링 등이 있다.

1. 방송용 부동산 매물 모델링

<그림 7>은 MBC “구해줘! 홈즈”를 통해 방영된 공간에 대한 모델링이다. 이를 통해 부동산 매물 전체를 조

감할 수 있을 뿐 아니라, 방송용 카메라가 잡을 수 없는 다양한 촬영 각도를 설정할 수 있는 장점이 있다. 더불어 현재 360VR을 통해 제공되는 부동산 매물 소개를 보다 생동감 있게 제공할 수 있는 장점이 있다.

부동산의 또 다른 응용 예시는 디스커버리 채널과 MBC가 동시에 기획한 “빈집살래”와 관련한 모델링이다. 이는 오래된 가옥을 리모델링하여 새로운 인테리어로 공간을 재구성하는 기획이며, 관련하여 <그림 8>은 동일한 공간에 대한 인테리어 전후를 보여주고 있다. 이의 응용 예로 대규모 건축 단지에서 구옥에 대한 역사 보전을 시행하는 현재의 방식 대신 디지털을 통해 보존하는 방식도 가능할 것으로 예상된다.

2. AirBnB용 한옥 모델링

<그림 9>는 AirBnB 등 매물 중개 사이트에 적용 가능한 한옥 모델링이다. 한옥은 그 구조상 단순 평면의



<그림 7> “구해줘! 홈즈”와 관련된 TeeVR 모델의 예시



<그림 8> “빈집살래”와 관련된 TeeVR 모델의 예시



<그림 9> TeeVR 한옥 모델

조합을 넘어 다양한 임의의 건축요소들로 구성되어 있다. <그림 9>를 통해 이런 다양한 구성 요소들이 생동감 있게 표현됨을 확인할 수 있다. 더불어 이의 구현은 링크[5]를 통해 웹이나 스마트폰에 내장된 크롬 브라우저로 용이하게 활용 가능함을 확인할 수 있다.

3. 메타버스 회의용 강당 모델링

코로나 시대에 개더타운이나 ifLand 등 다양한 가상 공간에서의 회의 서비스가 각광을 받고 있다. 본 기술을 통해서도 가상 공간이 아닌 실제 공간에서의 회의 서비스도 가능하며, 일례로 고려대학교 신공학관의 강의실[6]에서 성공적으로 회의를 개최한 바 있다[7].

이는 실제 공간이 의미를 가지는 원격 회의에 다양하게 활용될 수 있으며, 현재 고품격 카페에서의 원격 미팅, 대학 강의실에서의 원격 학원 수업 등의 기획이 진

행되고 있다. 이를 통해 회의 참여자는 언젠가 가보고 싶었던 혹은 추억의 공간에서 모임을 진행할 수 있고, 공간 소유주는 물리적 공간을 메타버스 공간으로 확장하여 홍보할 수 있으며, 서비스 제공 사업주는 가상 공간 내 광고 등을 연계하여 수익을 창출할 수 있으므로, 상호 win-win이 가능한 사업 진행이 가능하다는 특징이 있다.

4. 원격 관람용 박물관 모델링

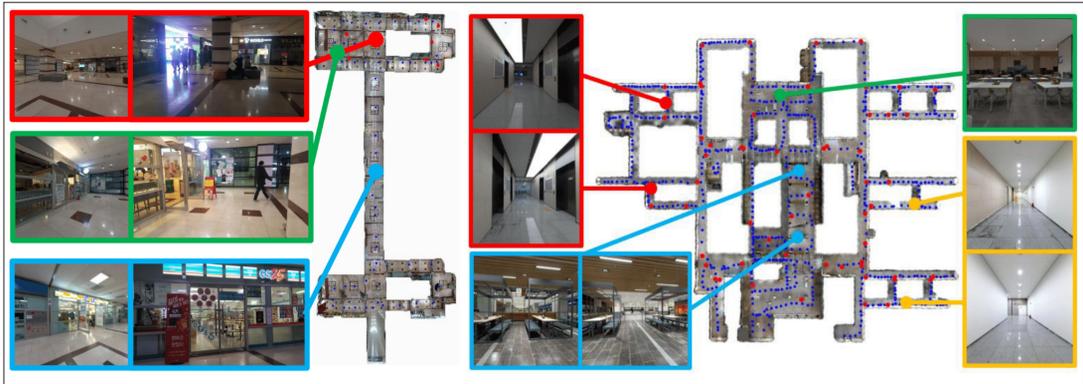
본 기술을 통한 공간 모델링은 해당 결과물에 사진, 영상 등을 자유로이 추가 탑재할 수 있을 뿐 아니라, 3D 캐릭터, 인터랙티브 게임 등 각종 디지털 에셋(asset)을 자유로이 업로드 할 수 있다. 일례로 동영상이 재생되는 과천과학관 모델과 본사 모델이 있다. 본사 모델[8]의 회의실 칠판을 클릭하면 회사 소개 영상이 재생됨을 확인할 수 있다.



<그림 10> TeeVR 메타버스 회의용 강당 모델



<그림 11> TeeVR 과학과학관 모델



<그림 12> TeeVR 거대 공간 모델[9]

5. 연구 개발용 거대 공간 모델링

본 기술의 구조 기반 접근법은 소형 공간뿐 아니라 거대 공간까지 모델링할 수 있는 공학적 기반을 마련해 준다. 일례로 논문[9]에서 소개된 바와 같이 12,000㎡의 거대 공간이 모델링 된 바 있다. 특히 본 공간의 데이터 취득이 하루 만에 완료되었고, 데이터 취득을 위해 인원 통제 등의 조치가 없었음을 고려할 때, 본 기술의 데이터 취득이 매우 신속하고 모델링 과정이 노이즈에 매우 강인함을 확인할 수 있다.

V. 결론

본 기고에서는 고속 데이터 취득, 취득된 데이터의 실감 모델링, 최적화를 통해 매우 가벼워진 TeeVR 실내 모델링 기술을 소개하였다. 상기 세 가지 핵심 특징으로 인해, 소형 공간부터 대형 공간에 이르기까지 모델링이 가능하며, 제한된 연산 기기에서도 실시간 구현이 가능한 장점을 가지고 있다.

다만 현재의 데이터 취득 장치는 고가의 로봇으로 한정되어 있어, 사내의 엔지니어가 직접 현장을 다녀와야 하는 한계가 있다. 이에, 향후에는 기존의 다양한 스캐너의 데이터를 활용할 수 있는 방안을 모색할 뿐 아니라, 최종 사용자가 리스 형태로 구독할 수 있고 가볍게 들고 다닐 수 있는 핸드헬드형 스캐너를 개발하여 보급할 예정이다.

참고 문헌

- [1] "3D fire damaged home laser scan flythrough." FARO. <https://www.faro.com/ko-KR/Resource-Library/Video/3d-fire-damaged-home-laser-scan-flythrough> (Accessed Oct. 8, 2021)
- [2] "3D 부동산." Matterport. <https://matterport.com/ko/industries/real-estate> (Accessed Oct. 8, 2021)
- [3] M. M. Oliveira, "Image-based modeling and rendering techniques: A survey," *Rita*, vol. 9, no. 2, pp. 37-66, 2002.
- [4] N. Doh, H. Choi, B. Jang, S. Ahn, H. Jung, and S. Lee, "Teevr: spatial template-based acquisition, modeling, and rendering of large-scale indoor spaces," in *ACM SIGGRAPH 2019 Emerging Technologies*, 2019.
- [5] TeeLabs. <https://teelabs.shapespark.com/hanok/> (Accessed Oct. 8, 2021)
- [6] TeeLabs. https://teelabs.shapespark.com/metaverse_meeting/ (Accessed Oct. 8, 2021)
- [7] 성현희. "가상인테도 진짜 실감나는 행사였어요"... 주목받은 메타버스 시상식." *전자신문*. <https://www.etnews.com/20210926000039> (Accessed Oct. 8, 2021)
- [8] TeeLabs. https://teelabs.shapespark.com/teelabs_2f/ (Accessed Oct. 8, 2021)
- [9] J. Hyeon, D. Kim, B. Jang, H. Choi, D. H. Yi, K. Yoo, J. Choi, and N. Doh, "KR-Net: A dependable visual kidnap recovery network for indoor spaces," in *IROS 2020*, 2020.

필자 소개



최형아

- 2011년 : 고려대학교 전기전자전파공학부 학사
- 2019년 : 고려대학교 전기전자전파공학과 박사
- 2020년 ~ 현재 : (주)티랩스
- 주관심분야 : 3D 실감 모델링, 3D SLAM



정호진

- 2017년 : 성균관대학교 컴퓨터공학과 학사
- 2019년 : 성균관대학교 전기전자컴퓨터공학과 석사
- 2019년 ~ 현재 : (주)티랩스
- 주관심분야 : 3D 컴퓨터그래픽스, 3D 모델링



도락주

- 1998년 : POSTECH 기계공학과 학사
- 2000년 : POSTECH 기계공학과 석사
- 2005년 : POSTECH 기계공학과 박사
- 2006년 ~ 현재 : 고려대학교 교수
- 2017년 ~ 현재 : (주)티랩스 대표
- 주관심분야 : 3D 실감 모델링, 3D SLAM, 이동로봇