

# 도심 지역 GNSS 신호의 전파 추적을 위한 Google Maps 기반 3D 지도 제작

김용진, 이하림, 서지원

연세대학교

moderator0527@yonsei.ac.kr, halim.lee@yonsei.ac.kr, jiwon.seo@yonsei.ac.kr

## Urban 3D Map Generation Based on Google Maps for Ray Tracing of GNSS Signals

Yongjin Kim, Halim Lee, Jiwon Seo

Yonsei University

### 요약

GNSS(Global Navigation Satellite System)는 오늘날 가장 대표적으로 활용되고 있는 항법시스템이지만, 도심 지역에서는 건물이나 가로수에 의한 신호 전파 방해로 인해 정확도와 가용성이 떨어진다는 한계가 있다. 이에 최근에는 도심 지역 3D 지도와 전파 추적(ray tracing) 기법을 이용하여 GNSS 신호의 가시성 여부를 판단하거나, 의사거리 오차를 보정하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 그러나, 기존 연구에서 활용한 대부분의 3D 도심 지도는 가로수나 복잡한 건물 모양과 같은 정밀한 정보를 반영하지 않고, 단순화된 건물 정보만을 반영한다는 한계가 있다. 따라서 본 연구에서는 보다 정밀한 도심 지역 정보들이 반영된 Google Maps로부터 3D 지도를 추출하는 방법을 연구하였다. 또한, ray tracing 시뮬레이션을 통해, 제작된 Google Maps 기반 3D 지도가 GNSS 신호의 전파 경로를 추적하는데 활용될 수 있음을 확인하였다.

### I. 서론

미국의 GPS(Global Positioning Service)로 대표되는 GNSS(Global Navigation Satellite System)는 오늘날 가장 범용적으로 활용되고 있는 항법시스템이다.[1] GNSS는 전세계 어디든 단순한 수신기만으로도 사용자의 위치를 특정시킬 수 있다는 장점이 존재하지만, 지상에서는 신호의 세기가 매우 약하고 도심지역에서 건물이나 자연물에 의해 신호가 반사되거나 차단될 수 있다는 한계가 존재한다.

이에 도심지역에서 보다 정확한 항법을 위해서 3D 지도와 전파 추적(ray tracing)을 이용한 의사거리 오차 보정 기법이 연구된 바 있다.[2],[3] 또한, 선행연구에서는 3D 지도 기반 ray tracing을 도심 지역에서의 GNSS 측위 성능 예측[4],[5] 및 GNSS 신호의 가시성 여부 판단[6]에 활용하기도 하였다.

그러나, 기존 도심 지역 항법 관련 연구에서 활용한 3D 지도의 경우, 주로 단순화된 건물만을 포함하며, 실제 도심 지역의 다양한 특징을 반영하지는 못한다는 한계가 있다. 실제 도심 지역은 건물 뿐만 아니라 가로수, 교량, 하천과 같은 요소가 다수 존재하므로, 이러한 요소들을 모두 반영할 수 있는 3D 지도를 사용하는 것이 이상적이다. 또한, 건물의 세밀한 특징을 잘 반영한 3D 지도를 사용할수록 실제와 가까운 ray tracing 결과를 얻을 수 있다. 따라서 본 논문에서는 기존 3D 지도에 비해 더 세밀한 도시 환경이 반영된 Google Maps를 기반으로 3D 지도를 제작하는 방법을 제시하였다. 또, 추출된 3D 지도를 활용한 전파 추적 시뮬레이션을 통해 제작된 3D 지도의 유효성을 검증하였다.

을 제공하고 있으나, Google Maps 또는 Google Earth 어플리케이션 상에서만 디스플레이가 가능하며, API(Application Programming Interface) 등을 통해 외부 어플리케이션으로 3D 모델을 불러올 수 있는 기능은 지원하고 있지 않다. 따라서 본 연구에서는 Blender 3D 엔진과 RenderDoc 프로그램을 이용하여 GPU(Graphics Processing Unit) 상에 표시되는 3D 지도 이미지를 캡처하는 방식으로 3D 지도를 제작하였다. 본 연구에서 모델링 엔진 소프트웨어로 사용한 Blender 3D는 외부 모듈과 호환성이 높다는 장점이 있다.

또한, 본 연구에서는 보다 정밀한 지도 제작을 위하여, Blender GIS Add-On을 추가로 활용하여 도심 지역의 3D 지형 지도를 추가로 제작하였다. 본 논문에서 제작한 도심 지역의 최종 3D 지도는 Google Maps의 건물, 가로수 등 3D 모델과 3D 지형 지도를 모두 포함한다.

우선, Google Maps 상의 3D 모델을 캡처하기 위하여 Maps Model Importer Add-On[7]을 활용하였다. Maps Model Importer는 프레임 캡처 모듈 프로그램인 RenderDoc을 활용하여, Python OpenCV, OpenGL, 안드로이드와 같은 외부 그래픽 환경과 Blender 3D의 연동을 가능하도록 한다. 본 연구에서는 그림 1과 같이 Maps Model Importer Add-On을 통해 Google Maps를 캡처하고, Blender 3D와 연동시켜 3D 지도를 디스플레이하였다. 그림 1은 미국 Irvine 시의 University of California, Irvine 캠퍼스 주변의 지도를 나타낸다.

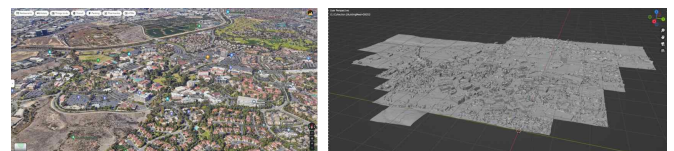


그림 1. Google Maps 상의 이미지(왼쪽)와 Blender 상의 추출된 이미지(오른쪽) 비교

### II. Google Maps 기반 3D 지도 모델 제작

현재 Google Maps에서는 일부 지역에 대해 건물, 가로수 등의 3D 모델

그러나, Maps Model Importer Add-On을 이용해 Blender 3D 상에 추출된 모델은 그림 1의 오른쪽과 같이 건물, 가로수, 지형 등이 모두 한 레이어로 이루어져 있어 서로 다른 특징 간의 분류가 어렵다. 따라서, 본 연구에서는 이를 해결하기 위하여 Blender 3D 그래픽 모듈을 활용해 해당하는 지역의 그래픽 정보를 복원하였다. 제작된 3D 지도의 그래픽 정보를 복원한 모델은 그림 2와 같다.

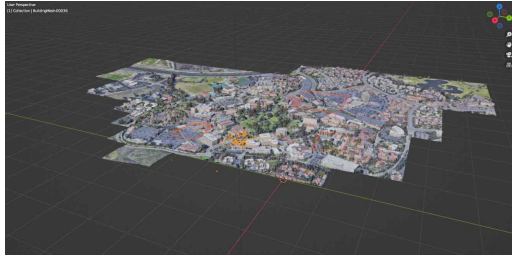


그림 2. 그래픽 정보가 복원된 모델

다음으로, 제작된 3D 지도에 지형 정보를 추가하기 위하여 Blender GIS Add-On[8]을 활용하였다. Blender GIS는 Blender 3D 내에서 Google Maps API를 연동하여, 지형 정보를 불러올 수 있는 Add-On이다. 본 논문에서는 연동할 수 있는 지형 정보 중, 교량, 도로, 하천 등의 지형 정보를 point cloud 형태로 불러와서 3D 지도로 가공하였다. 그림 3은 Blender GIS를 이용하여 제작한 3D 지도 이미지를 나타낸다.

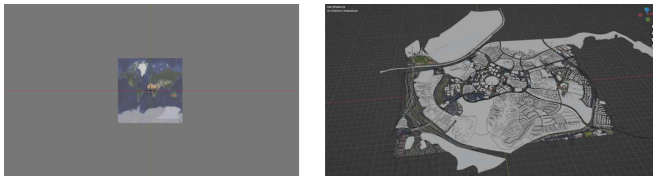


그림 3. 연동된 API 이미지(왼쪽)와 추출된 지도 이미지(오른쪽)

그림 3의 3D 지도 모델에서 불필요한 영역은 Blender 3D 상에서 모델링 툴로 직접 잘라내었다. 마지막으로 Maps Model Importer Add-On을 통해 제작한 3D 지도의 그래픽 정보와 Blender GIS Add-On을 통해 제작한 3D 지도의 레이어 정보를 병합하여 최종 3D 지도를 완성하였다.

### III. 3D 모델 기반 Ray Tracing 시뮬레이션

본 논문에서 제작한 3D 지도의 유효성을 검증하기 위하여 ray tracing 시뮬레이션을 진행하였다. Ray tracing 시뮬레이션 프로그램으로는 Remcom사의 상용 소프트웨어인 Wireless Insite를 사용하였다. 본 연구를 통해 제작한 3D 지도상의 임의의 위치에 GNSS 수신기 3대를 배치하였으며, 송신기로는 임의의 위치에 떠 있는 단일 위성을 가정하였다. 시뮬레이션 시 모든 건물의 재질은 콘크리트로 동일하다고 가정하였으며, 최대 2번의 신호 굴절(reflection)과 1번의 신호 회절(diffraction)을 허용하였다. 또한, ray tracing 방법은 SBR(Shooting and Bouncing Rays)로 설정하였다.

그림 4는 ray tracing 시뮬레이션 결과를 나타낸다. 시뮬레이션 결과, 본 연구를 통해 제작한 Google Maps 기반 3D 지도가 GNSS 신호의 ray tracing에 활용될 수 있음을 확인하였다.

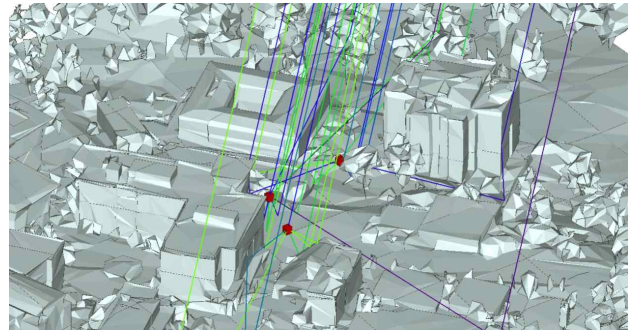


그림 4. 제작된 3D 지도를 이용한 ray tracing 시뮬레이션 결과

## IV. 결론

본 논문에서는 건물, 가로수와 같은 전파 방해 요소들이 다수 존재하는 도심 지역에서의 GNSS 항법 정밀도 향상을 위하여 Google Maps를 기반으로 한 3D 지도 추출 방법을 연구하였다. 또, ray tracing 시뮬레이션을 통해 제작된 Google Maps 기반 3D 지도의 유효성을 확인하였다.

## ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 과학기술정보통신부의 재원으로 한국연구재단, 무인이동체인 천기술개발사업단의 지원을 받아 수행되었으며 (2020M3C1C1A01086407), 2022년 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행되었고 (20200450, 지상과 통합 항법시스템 (R-Mode) 기술개발), 2022년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행되었음 (2021R1A6A3A13046688).

## 참 고 문 헌

- [1] P. Misra and P. Enge, *Global Positioning System: Signals, Measurements, and Performance*, Ganga-Jamuna Press, 2011.
- [2] L-T. Hsu *et al.*, "3D building model-based pedestrian positioning method using GPS/GLONASS/QZSS and its reliability calculation," *GPS Solutions*, vol. 20, pp. 413-428, 2016.
- [3] S. Miura *et al.*, "GPS error correction with pseudorange evaluation using three-dimensional maps," *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 16, no. 6, pp. 3104-3115, 2015.
- [4] H. Lee *et al.*, "Urban road safety prediction: A satellite navigation perspective," *IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine*, vol. 14, no. 6, pp. 94-106, 2022.
- [5] M. Jia *et al.*, "Ground vehicle navigation integrity monitoring for multi-constellation GNSS fused with cellular signals of opportunity," *Proc. ITSC*, pp. 3978-3983, Sep. 2021.
- [6] S. Kim *et al.*, "GPS multipath detection based on carrier-to-noise-density ratio measurements from a dual-polarized antenna," *Proc. ICCAS 2021*, pp. 1099-1103, Dec. 2021.
- [7] E. Michel, "Maps Model Importer [Source Code]," 2019, (<https://github.com/eliemichel/MapsModelsImporter>).
- [8] Domlysz, "Blender GIS [Source Code]," 2020, (<https://github.com/domlysz/BlenderGIS>).