

다중센서를 이용한 3차원 도시모델의 구축

Generation of 3D City Models Multi-Sensors

최경아¹⁾ · 강문권²⁾ · 김성준¹⁾ · 이임평³⁾

Choi, Kyoung Ah · Kang, Moon Kwon · Kim Sung Joon · Lee, Impyeong

서울시립대학교 지적정보학과 석사과정¹⁾, 학부과정²⁾, 교수³⁾

E-mail: shale@uos.ac.kr, rkdansrnjs@uos.ac.kr, geo_ranger@uos.ac.kr, iplee@uos.ac.kr

요지

텔레메틱스, 위치정보서비스, 유비쿼터스 등의 발전과 더불어 3차원 GIS의 활용은 급격히 증가할 것으로 기대된다. 특히 도시모델은 이러한 3D GIS의 근간을 이루며, 이에 도시모델의 획득과 지속적인 수정에 대한 수요 증가도 필연적이다. 따라서 본 연구에서는 기존의 도시모델 구축방법과 달리 보다 효율적이고 정밀한 도시모델을 구축하는 방법을 제시하고 실험적으로 검증하고자 하였다. 제시된 방법은 항공사진과 라이다데이터를 이용하여 지표면모델을 생성하고, 지상사진을 이용하여 건물의 정교한 3차원 모델을 생성하는 것을 핵심으로 한다. 서울시립대학교를 실험대상지역으로 선택하여 전체 23개의 건물을 포함하는 27만 600m²면적의 영역에 대한 도시모델을 구축하였다. 생성된 모델에 대한 검사를 통해 건물과 지표면의 기하학적 구조가 정확하게 재현된 것을 알 수 있었다. 그러나 건물의 외벽 texture는 영상 촬영 시 나무 등에 의해 가려지는 문제, 주변 지물들에 의한 그림자 영향 등으로 깔끔하게 처리되지 못한 것을 볼 수 있었다. 결론적으로 3차원 모델 구축에 있어 texture 추출에 대한 알고리즘 개선이 요구되었고, 건물 내부도 모델링함으로써 더욱 다양한 활용방안도 생각해야 할 것이다.

1. 서 론

GIS에 필수적인 요소로는 데이터베이스를 들 수 있다. 현재까지 구축·활용되어 온 GIS 데이터베이스는 2차원 상에서 위치를 표현하고, 그에 따른 속성 등을 이용하여 정보를 제공해 왔다. 그러나 고밀도의 토지 이용을 하고 있는 도시지역에서는 보다 정밀하고 정확한 정보가 요구되어 실세계를 보다 잘 표현할 수 있는 3차원 GIS에 대한 연구·개발이 절실히 필요하게 되었다. 특히 고가다리, 고층건물, 지하상가 등 도시지역에 많이 분포하고 있

는 지물들에 대한 위치정보는 LBS(위치정보서비스), Telematics, Ubiquitous, 도시계획/설계, 각종 시설물 관리, 건축, 조경 등 여러 분야에 있어 중요한 자리를 차지하고 있다. 이에 따라 도시 정밀 모델링의 필요성이 점점 증가하고 있는 추세이다. 현재 대다수의 3차원 도시 모델링은 인공 위성 영상, 항공 영상, 항공 라이다를 이용한 도시 모델링이었다. 그러나 이는 원거리 측량과 넓은 지역을 한 번에 측량할 수 있다는 장점이 있으나 정밀도, 정확도, 기술의 복잡성 등 여러 문제점들을 안고 있다.

이에 따라 본 연구는 모델 구축의 효율성과 정밀도 두 부분을 고려하여 건물모델링의 경우 지상사진측량으로 정밀모델링 하였고 지표면모델링의 경우 넓은 지역을 적은 시간 내에 모델링 할 수 있도록 항공사진측량과 항공라이다데이터 획득을 통하여 진행한 후 이 둘을 결합하여 3D 도시모델을 구축하였다.

2. 모델링 방법의 이론적 소개

본 연구에서 제안한 모델링 방법은 1) 건물모델링, 2) 지표면모델링 3) 건물모델과 지표면모델의 결합 이라는 세 가지 기본적인 단계로 구성된다(그림 1).

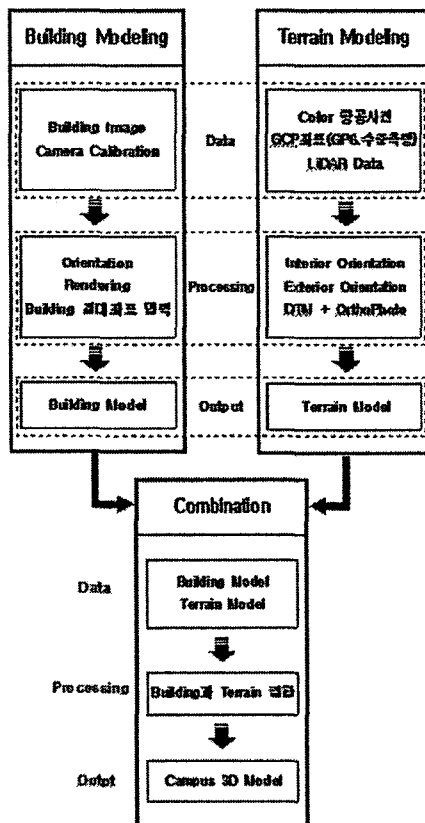


그림 1. 모델링의 작업 흐름도

2.1 건물모델링

실외에서 건물의 사진을 촬영하기 전에 촬영에 이용될 카메라의 보정을 수행한다. 보정을 위해 제작된 표적판을 적어도 8개 이상의 서로 다른 각도에 촬영하여 취득된 사진을 이용하여 카메라의 내부표정요소(주점의 위치, 초점거리, 왜곡요소 등)를 결정한다.

보정이 수행된 카메라를 이용하여 건물의 모든 벽면을 충분한 중첩을 유지하면서 촬영한다. 취득된 사진에 대한 내부표정을 수행한 후에 중첩된 사진들에 약 5개 정도의 공액점을 선택함을 통해 상호표정을 수행한다. 상호표정을 통해 건물의 모든 면을 포함하는 사진들에 대한 상대적인 기하학적 관계가 수립된다. 이를 통해 기준이 되는 한 장의 사진 좌표계로 모든 사진의 외부표정요소를 변환하여 모든 사진이 하나의 공통된 좌표계로 외부표정요소를 갖도록 한다.

상호표정이 완료된 사진들로부터 3차원 도화를 통해 건물을 구성하는 점, 선, 면을 취득한다. 형성된 면에 사진으로부터 projective 변환을 통해 자동으로 생성된 texture를 입혀 최종적인 건물모델을 완성한다.

2.2 지표면모델링

항공라이다측량을 통해 획득된 데이터로부터 DTM을 생성한다. DTM 생성을 위해 Lee 등(2004)이 제시한 Least Median Squares (LMedS) Estimation에 기반을 둔 방법을 사용하였다. Least Median Estimation의 방법은 이론적으로 50% outlier에 면역된 방법으로 예를 들어 breakline을 기준으로 고도가 현저히 다른 두 개의 영역에서 측정된 라이다데이터점

을 고려할 때 고도가 현저히 다른 영역에서 측정된 라이다데이터점들은 outlier로 취급되어져 고도값 보간에 고려되지 않는다. 이로 인해 breakline이 많이 존재하는 도시지역에 대해서도 breakline이 훼손되지 않는 상태로 DTM을 생성할 수 있다.

또한 동일한 지역에서 취득된 항공사진을 라이다데이터로부터 생성된 DTM과 지상측량을 통해 추출한 지상기준점(GCP)을 이용하여 외부표정을 수행하였다. DTM의 각각의 격자점에 대한 texture를 외부표정이 완료된 영상으로부터 공선방정식을 이용하여 추출하였다. 결국 고도값과 texture가 함께 명시된 격자형 모델 - 3차원 정사사진모델을 형성하여 지표면모델을 완성한다.

2.3 빌딩 모델과 지표면모델의 결합

지표면모델과는 달리 빌딩 모델은 임의로 선택한 가상의 모델 공간에 수립되었다. 이러한 두 개의 모델을 결합하기 위해서 빌딩 모델이 지표면모델과 동일한 절대좌표계의 공간으로 변환되어야 한다. 빌딩 모델의 약 4개 정도의 주요 지점의 위치를 GPS로 정밀 측량하여 이를 이용하여 3차원 similarity 변환을 통해 빌딩 모델이 절대좌표를 갖도록 한다. 변환된 빌딩 모델을 위치좌표를 기반으로 지표면모델에 결합함을 통해 최종적인 3차원 도시 모델을 완성한다.

3. 모델링 방법의 실험적 검증

3.1 대상범위 선정

3차원 도시모델의 대상으로 서울시립대학교를 선택하였다. 서울시립대학교를 선택한 이유는 건물 모델링을 위한 지상사진 획득이 용이하고, 또 지표면모델링을

위한 항공영상과 라이다데이터가 이미 존재하였고 GCP획득이 용이하기 때문이다.

대상범위의 면적은 27만 600m²이고, 주요건물 19개 동과 부속 건물 4개로 총 23개의 건축물로 구성되어 있다. 이번 연구에서는 23개의 건축물 모두를 모델링 하고 교내의 지표면을 모델링 하여 이들을 결합해 서울시립대의 3차원 모델을 구축하였다.

3.2 건물모델링

3.2.1 사용 장비 및 데이터

건물의 벽면사진을 취득하기 위해 SONY DSC-F828를 사용하고, 취득된 영상을 처리하여 모델을 추출하기 위해 PhotoModeler Pro 5를 사용하였다. 본 카메라를 실내에서 보정한 후 서울시립대내의 건물들의 300장 이상의 사진을 촬영하였다.

3.2.2 실험 과정

카메라 보정을 위해 표적이 인쇄된 필름을 슬라이드를 통해 벽면에 투사한 후 촬영하였다. 초점거리를 고정한 수동촬영 방식으로 8개 이상의 각도에서 촬영하여 취득된 사진을 이용하여 보정을 수행하였다. 그림 2는 보정을 위해 취득된 사진의 예이다.

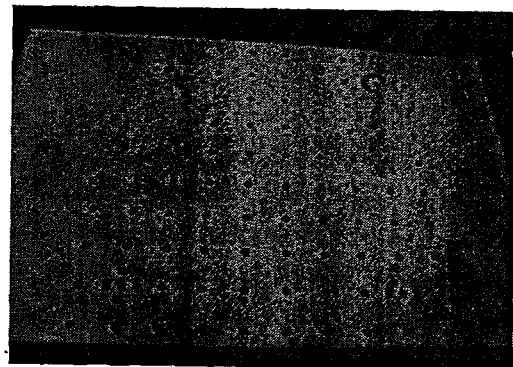


그림 2. 보정을 위해 취득한 사진

카메라 보정이 수행된 후 해당 건물들에 대한 지상사진촬영을 수행하였다. 한 기준면으로부터 45°씩 돌아가면서 촬영하여 상호표정을 위한 충분한 중첩을 갖도록 하였다. 또한, 나뭇잎과 같은 시야확보의 장애물이 적은 겨울에 진행되었다.

취득된 사진은 PhotoModeler를 이용하여 사진의 상호표정 및 모델링을 수행하였다. 상호표정은 건물에서 선정한 기준면을 중심으로 시계방향으로 두 장의 사진씩 이어가며 수행하였다. 높은 정확도를 위해 건물의 모서리와 같이 명확히 구분되는 점을 공액점으로 선택하였다.

건물의 모든 벽면을 커버하는 사진에 대한 상호표정을 수행한 후 건물모델을 형성하기 위해 점, 선, 면의 추출을 수행하였다(그림 3). 시간적 효율성을 고려하여 건물 표면으로부터 20cm 범위 이내의 요철이나 설치물 등은 평면으로 간주하였다. 먼저 상호표정된 중첩된 영상으로부터 공액점을 선택하여 3차원 점을 추출하고, 추출할 때 마다 RMS 확인으로 실수를 예방하였다. 추출된 점을 연결하여 선과 면을 형성하여 건물의 윤곽을 나타내는 3차원 다면체 기하모델을 제작하였다(그림 4).

건물의 다면체 모델을 구성하는 면에 texture를 입힐 때는 texture를 가져올 사진을 지정해야 한다. 자동으로 지정하는 것도 가능하지만, 수동으로 면마다 일일이 해당 사진을 지정해주는 것이 보다 높은 품질의 texture가 생성되었다. 일단 수동으로 사진을 지정한 다음에는 projective 변환을 통해 자동으로 해당되는 면에 texture를 입혔다. 대상지역내에 높은 건물이 적어 각 건물들의 지붕면에 대한 texture 취득이 불가능 하여 가상의 단일 색상으로 대체하였다(그림 5).



그림 3. 건물의 외관점과 선의 생성

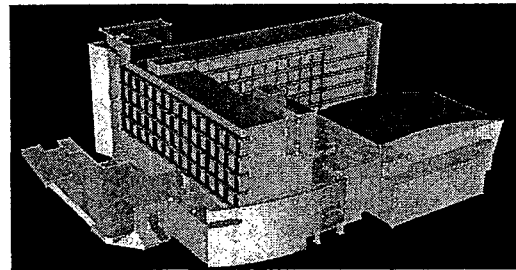


그림 4. 건물의 3차원 다면체 기하모델



그림 5. Texture 매핑된 최종적인 모델

3.3 지표면모델링

3.3.1 사용 장비 및 데이터

입력 데이터로는 캠퍼스 영역의 칼라 항공사진과 항공라이다데이터, GPS와 토탈스태이션, 레벨 등으로 취득한 GCP가 있다. 항공사진의 처리는 ERDAS Imagine 8.7, 라이다데이터의 처리는 TerraScan을 사용하였고, 라이다데이터로부터 DTM의 생성은 LMedS기반의 보간법이 구현된 자체 개발한 S/W를 사용하였다.

3.3.2 실험 과정

항공 라이다 측량으로 획득된 원시 라이다데이터에는 캠퍼스 내 지표면 부분뿐만 아니라 건물 부분까지 포함되어있다. 그러나 본 연구에서 건물 부분은 지상사진측량을 통해 정밀모형을 구축하므로 건물 영역의 라이다데이터는 삭제되어야 한다. 따라서 TerraScan 상으로 라이다데이터를 불러 건물영역의 데이터는 제거하였다. 이러한 전처리를 거친 데이터에 대해서만 Robust Least Median Estimation 알고리즘으로 구현된 C++프로그램을 돌려 DTM을 생성하였다(그림 6).

다음으로 정사사진 획득이 이루어져야 한다. 항공사진측량으로 대상지를 중첩하여 나타내는 두 장의 사진을 획득하고 촬영 카메라의 내부표정요소를 받는다. 이와 동시에 GCP를 획득하여야 한다. GCP는 영상 상에서 명확히 구분되는 도로 표지를 8점 선별하여 GPS, 토탈스테이션, 레벨을 이용하여 획득되었다.

이어 ERDAR Imagine 내의 LPS 모듈을 이용하여 두 영상으로부터 입체영상을 획득한다. 일단 각 영상의 display를 최적화시키기 위하여 이미지 피라미드를 생성한 후 초점거리, 주점좌표, 렌즈 왜곡량, fiducial mark의 좌표를 입력하여 affine transformation으로 내부표정을 한다. 내부표정이 완료된 두 영상을 GCP와 DSM을 이용하여 외부표정을 수행하였다. 외부표정요소와 라이다데이터로 생성된 DTM을 이용하여 orthorectification과정을 거쳐 정사사진을 만든다(그림 7).

정사사진이 완성되고 나면 정사사진과 DTM을 결합하여 지표면모형을 완성한다. 완성된 모델은 ERDAS Imagine의 Virtual GIS 모듈에서 3차원으로 가시화해서 확인할 수 있다.(그림 8)

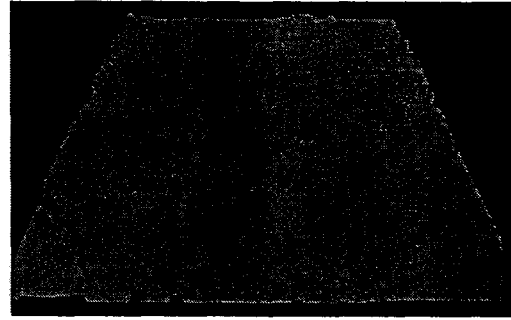


그림 6. 대상지역의 DTM



그림 7. 대상지역의 정사사진



그림 8. 3차원 지표면 모델

3.4 건물모델과 지표면모델의 결합

3.4.1 사용 장비 및 데이터

사전에 완성된 건물모델과 지표면모델이 필요하며 건물모델을 실제의 측척으로 맞춰주기 위한 건물 코너점의 GCP가 요구된다. 결합 작업을 진행시키기 위한 S/W로는 UC-win/Road를 사용하였다.

3.4.2 실험과정

가상공간 상의 건물모델을 실세계의 측척으로 바꿔주기 위해 건물 코너점 측량을 선행하였다. 이는 캠퍼스 내에 지표면 모델링을 위해 측량했던 GCP로부터 토달 스테이션을 이용해 각 건물로 끌어가면서 이루어졌다.

다음으로 3D 모델 가시화 S/W인 UC-win/Road로 입력 형식에 맞는 건물모델과 지표면모델을 불러 위에서 측량한 자료를 바탕으로 지표면모델 상에서 건물모델의 정확한 위치를 찾아내 두 모델을 결합시켰다.(그림 9) 캠퍼스 내에는 주요건물 및 부속건물 뿐만 아니라 수목, 잔디, 도로의 둔덕, 호수 등이 존재한다. 이들에 대한 정밀 모델링은 이번 실험범위 밖의 것이었으므로 시각화를 향상시키기 위하여 이들을 S/W에서 지원되는 모델로 대체하였다.(그림 10)

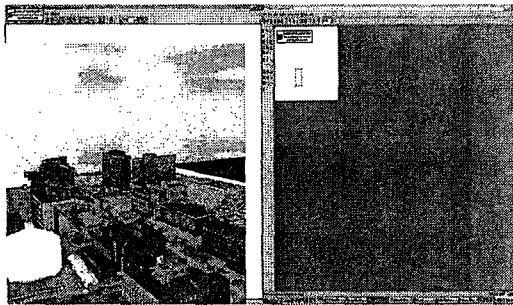


그림 9. UC-win/Road를 이용한 결합



그림 10. Campus Model

4. 결 론

본 연구에서는 항공 라이다와 항공사진, 지상사진을 융합하여 건물과 지표면모델로 구성된 도시의 3차원 모델을 생성하는 방법을 제시하고 실측데이터에 적용하여 실험적으로 검증하였다. 생성된 모델은 실제 건물과 지표면의 기하학적 구조를 정확하게 재현하고 있었다. 그러나 자동으로 입력된 건물의 외벽 texture는 영상 촬영시 나무 등에 의해 가려지는 문제, 주변 지물들에 의한 그림자 영향 등으로 깔끔하게 처리되지 못한 것을 볼 수 있다.

따라서 향후 과제로 texture 추출에 대한 보다 개선된 알고리즘의 개발이 시급하다고 생각된다. 3차원 모델의 활용분야에 따라 시간, 비용 및 정밀도를 고려하여 구축방법을 결정해야 하며, 또한 건물 내부도 모델링함으로써 모델의 활용성을 제고해야 할 것이다.

참고문헌

- Lee, I., Choi, Y. and Lee, J. (2004), Generation of high-resolution precise DEMs through airborne LIDAR surveys on huge Antarctic regions, Korean Journal of Geomatics, Vol. 3, No. 2, pp. 115-121.