

지적측량에 라이다 측량기술의 활용방안

Applications of LiDAR in Cadastral Surveying

강준목¹⁾·민관식²⁾·위광재³⁾·김재명⁴⁾

Kang, Joon Mook·Min, Kwan Sik·Wie, Gwang Jae·Kim, Jae Myoung

¹⁾ 충남대학교 공과대학 토목공학과 교수(E-mail:kang_jm@cnu.ac.kr)

²⁾ 충남대학교 대학원 토목공학과 박사과정(E-mail:geodesy@naver.com)

³⁾ 성균관대학교 건설환경시스템공학과 박사과정 수료(E-mail:giwe@hist.co.kr)

⁴⁾ 충남대학교 공과대학 토목공학과 석사과정(E-mail:jm927k@empal.com)

Abstract

The major purpose of the present study is to gauge the general applicability of cadastral surveying and LiDAR surveying. LiDAR survey is the method which obtains Geospatial information of the terrain. We will get a most topographic models at Digital Elevation Model(DEM) using LiDAR survey data. Also, we will consider both the surface parcel partition and volume parcel as a part of Geospatial relationship model. This study will focus on enhancing the efficiency and analysis of continual cadastral map and LiDAR DEM. I would like to close by proposing that LiDAR surveying will contribute in cadastral surveying.

1. 서 론

인류에 있어서 지적측량(cadastral surveying)의 역사는 문명의 발달에 따른 토지자원 활용의 필요성과 더불어 초기의 과세지적(fiscal cadastre)에서 권리관계에 중점을 둔 소유권지적(legal cadastre), 토지관련 정보의 종합적 기록유지에 따른 다목적지적(multi-purpose cadastre)으로 발달되었고 최근에는 각종 측량 장비의 발달에 따른 지형의 3차원구현으로 3차원지적(three dimensional cadastre)으로의 이행을 보이고 있다. 지적측량은 국토의 기본 자료인 토지 소재, 지번, 지목, 면적 및 경계등 토지에 관한 각종 정보의 수집과 물권이 미치는 한계를 밝히는 측량으로 토지에 관련된 정보들을 지적공부(토지대장, 임야대장, 공유지연명부, 대지권, 지적도, 임야도, 경계점좌표등록부)에 등록 관리함으로써 효율적인 토지 관리와 소유권의 보호에 이바지하고 있다. 또한 지적법 제 32조에 따르면 “지적측량은 토지를 지적공부에 등록하거나 지적공부에 등록된 경계점을 지상에 복원할 목적으로 소관청(시장, 구청장, 군수)이 직권 또는 이해관계인의 신청에 의하여 각 필지(parcel)의 경계 또는 좌표와 면적을 정하는 측량”

이라고 규정하고 있다. 오늘날의 지적측량은 정부의 국토계획이나 기업 및 개인의 토지활동 및 재산권 행사에 있어서 인식의 중요성이 고조되고 있는 실정으로 토지 정보의 획득에 있어 최근의 측량은 기존의 측량방식인 측판(plane surveying) 및 경위의(theodolite) 측량에서 진일보하여 토탈스테이션(total station) 및 위성측량(GPS)의 도입으로 측량성과의 정확도 향상 및 지형에 대한 3차원 정보를 제공할 수 있게 되었고 특히 수치측량 방법은 자료처리에 있어서 컴퓨터의 사용으로 경제적 효용 및 정밀도를 높일 수 있게 되었다. 일반적으로 지적측량은 위치결정의 정확도가 좋아야하고 특히 짧은 거리에서 높은 상대정확도를 필요로 하기 때문에 항공레이저 측량 적용 가능성은 상대정확도의 확보에 달려 있다고 할 수 있다. 또한, 2차원 평면 지적을 3차원으로 표현하기 위해서는 지표에 대한 지형을 3차원 좌표로 나타내고 지상의 건축물 및 객체에 대하여 3차원 모델링이 필요하다. 라이다 측량기술(LiDAR : Light Detection and Ranging)은 고품질의 3차원 지형정보가 필요한 분야에서 신속하고 정확하게 지표면에 대한 표고를 취득할 수 있는 기술로 국내에 도입되어 측량에 활발히 응용되고 있는 신

기술로 지적측량에 활용 가능성을 확인해 보고자 한다. 3차원 지형측량에 대한 항공레이저 측량 연구 동향을 살펴보면, 유환희 등(2005)은 라이다 자료로부터 취득된 DTM(Digital Terrain Model)의 정확도 분석을 통하여 도심지역의 정밀 DTM 생성에 라이다 자료의 활용이 기대 된다고 하였으며, 최윤수 등(2005)은 검정장(calibration site)에서의 측량 데이터를 바탕으로 수평 정확도($\pm 15\text{cm} \sim 30\text{cm}$) 및 수직정확도($\pm 15\text{cm}$)를 평가하여 정밀 DEM(Digital Elevation Model), 등고선 제작 및 도시지역의 3차원 모델 제작 등의 활용에 충분함을 입증하였다. 일반적으로 항공레이저 측량의 장점으로는 지형 또는 표면과 관련된 형상을 해석하고 보여줄 수 있는 기능을 가지고 있어 지형 해석에 그 활용 가능성을 보여주고 있다. 본 연구에서는 이러한 LiDAR 데이터를 지적측량에 활용하여 지형에 대한 도해정보의 확장 및 속성정보의 분석에 있어서 좀 더 정밀한 DEM 만들어 지적측량에 활용 하고자 한다. 또한, 토지 관리의 정보화에 따른 2차원적인 토지의 평면적 이용에서 3차원적인 입체적 이용으로의 가능성을 확인해 보고자 한다.

2. 항공레이저측량 구성 및 데이터취득

항공레이저측량은 매우 작은 순간 시야각 IFOV (Instantaneous Field of View)을 가진 강력한 레이저를 발사하여 지상에서 반사되는 레이저가 스캐너에 도달할 때까지의 시간을(t_L) 관측하고, 그 값에 빛의 속도를 곱하여 거리(R)를 계산하여 정밀한 표고 관측을 한다(A. Wehr., U Lohr., 1999). 항공 LiDAR 시스템은 GPS, IMU(Inertial Measurement Unit), 레이저 측정 장비 및 비행기 항법장치 등으로 구성되어 있다. 일반적으로 GPS 및 IMU에 의하여 위치와 자세를 결정하는데 GPS 장비는 지상에 설치된 기준국 데이터를 이용하여 DGPS 기법에 의하여 후처리함으로써 소량의 정확도를 얻을 수 있고 IMU는 항공기 회전각(roll, pitch, yaw)의 불규칙적인 변화로 인한 레이저의 연직방향 스캔을 보정할 수 있다. 이처럼 GPS 및 IMU에 의하여 센서의 위치와 자세를 결정하고 레이저 스캐너에 의해 지표면과의 거리를 관측하여 지상에 대한 3차원 위치를 결정하는 것이 LiDAR 측량의 기본원리이다. 그림 1은 항공레이저 시스템의 구성을 보여주고 있다.

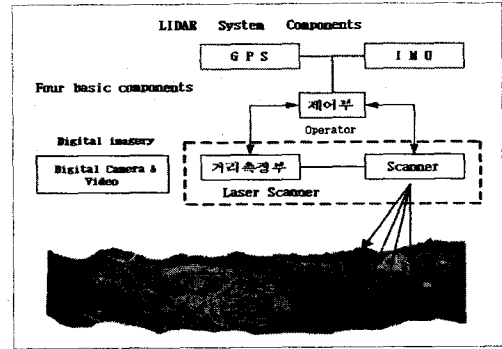


그림 1. 항공레이저 시스템 구성

레이저 스캐너의 경우 GPS와의 위치관계 및 IMU와의 회전각 관계를 알고 있을 때, 정밀 관측된 거리를 이용하여 기준좌표계에 대한 지표면의 좌표는 식(1)에 의하여 계산할 수 있다.

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X_d \\ Y_d \\ Z_d \end{bmatrix} + (R_{TM}^{IMU} \cdot R_{IMU}^{LS}) \cdot \begin{bmatrix} l_x \\ l_y \\ l_z \end{bmatrix} \quad (1)$$

여기서, $(X, Y, Z)^T$ 는 레이저 반사지점의 지상 좌표를 $(X_0, Y_0, Z_0)^T$ 는 GPS 수신기에 대한 레이저 스캐너의 위치를 $(X_d, Y_d, Z_d)^T$ 는 좌표계 변환에 따른 GPS 위치의 오차를 나타내며, R_{TM}^{IMU} 는 기준좌표계와 INS간의 회전행렬을 R_{IMU}^{LS} 는 레이저 스캐너와 INS 간의 회전행렬을 $(l_x, l_y, l_z)^T$ 는 레이저 스캐너에서의 레이저 광선 벡터를 나타낸다.

3. 항공레이저 측량 활용방안

3.1 DEM 지형정보 생성

측량된 LiDAR 자료에는 하나의 지형 점에 대해 두개 이상의 표고정보가 기록될 수 있고 이를 이용하여 지형의 수목 및 지형지물을 포함하지 않은 DEM을 추출할 수 있으며, 측량된 LiDAR 데이터로부터 정밀한 DEM을 생성하기 위해서는 고밀도 스캔율, 저속의 비행, 좁은 주사각 및 지상까지 침투할 수 있는 강한 레이저 펄스를 가져야 한다. 상용 소프트웨어인 TerraModeler을 이용하여 원시 LiDAR 데이터로부터 TIN을 형성하고 B-spline 보간법을 적용하여 대상 지형이 포함된 주변의 데이터를 분류하여 DEM을 생성하여 지적측량에 활용하기 위한 지형의 3차원 모델을 형성

하였다. 그림 2는 지형에 대한 DEM을 보여주고 있다.

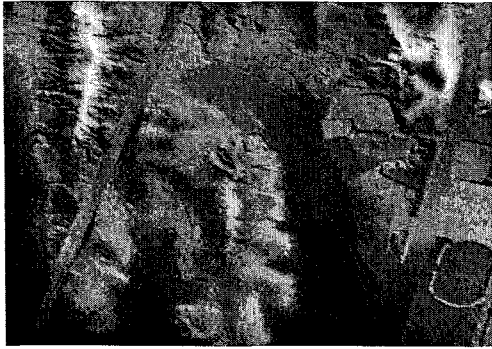


그림 2. 지형의 DEM 생성

3.2 지적도와 LiDAR 데이터의 중첩

지적도 전산화 파일 및 LiDAR 데이터의 중첩을 위해서는 먼저 이들 데이터들을 세계측지계인 GRS-80 좌표계로 변환하여 기준 좌표를 이용한 중첩이 필요하며, 현지 지상경계와 지적도상의 도상경계의 현지 부합 정도를 확인하기 위해서는 디지털 항공 정사사진을 이용한 정성적 분석 실시 및 지상현황측량을 실시하여 현황측량 성과도를 작성한 후 비교할 수 있다. 그림 3은 항공 LiDAR 측량을 실시해 취득한 원시 데이터를 상업용 소프트웨어인 TerraModeler를 이용하여 1m×1m로 만든 DEM을 생성하여 전산화된 개별 지적도와 중첩시킨 것으로 이는 토지의 입체적 분석을 의미하며 2.5차원 및 3차원 지적도의 개념으로 확장 시킬 수 있다.

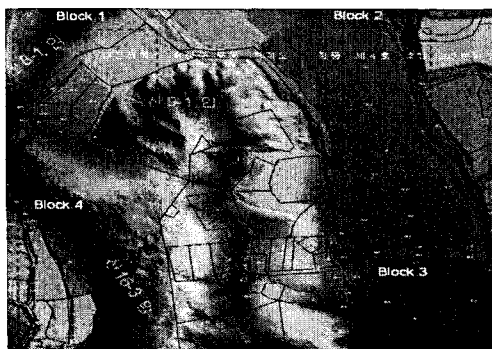


그림 3. DEM+지적도

3.3 2.5D 지적도

우리나라에 근대적 지적제도가 도입되어 오늘에 이르기까지 도해지적인 지적도의 경우 일필지에 대한 지적측량 및 관리가 2차원 평면지적에 한정되어 있어 아쉬운 감이 있다. 오늘날 선진 각국에

서는 토지 이용의 입체화에 따른 체계적 관리를 위하여 3차원 지적제도의 도입 및 연구를 활발히 진행하고 있다. 3차원 지적제도로 나아가기 위해서는 토지의 입체화를 따른 높이 정보가 있어야 하는데 우리나라의 경우 평면에 대한 정보만 수록된 지적도로 한계를 가지고 있다. 이런 한계를 극복하기 위한 방법으로 높이 데이터의 획득에 있어 항공 LiDAR 측량의 활용이 필요하며, 항공 LiDAR 측량을 실시하여 지형의 3차원 정보를 취득하고 DEM을 구축한 3차원 지형 모델이 필요하다. 구축된 DEM과 개별 및 연속지적도를 중첩을 하여 2.5D 지적도를 완성할 수 있었다. 그림 4는 지형의 DEM과 연속지적도의 중첩에 의한 2.5D 지적도를 보여주고 있다.

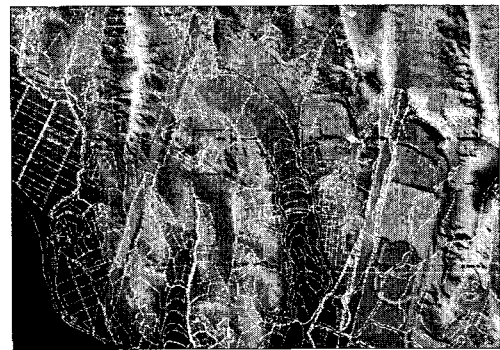


그림 4. 2.5차원 지적도(DEM과 연속지적도)

3.4 3D 지적도

기존의 지적도는 2차원 평면지적으로 지적 경계선 및 지번·지목에 의해 필지를 포함한 도해지적으로 각종 지적측량에 이용 되었으나 오늘날에는 지적측량과 더불어 필지정보의 통합과 입체적 관리의 필요성이 증대 되었다. 이는 곧 지적제도에서의 3차원 지적을 의미하며 건축물 및 지상의 객체가 포함된 3차원 지적도를 구축하기 위해서는 필지의 속성정보와 더불어 지하, 지상 및 공간을 3차원 입체지적으로 표현 하여야 한다. 3차원 입체지적으로 표현하기 위해서는 지형을 3차원 좌표로 나타내고 지상의 건축물 및 객체에 대하여 3차원 모델링이 필요하다. 지상의 3차원 좌표의 획득 및 건축물 모델링을 위해 항공 LiDAR 측량을 통해 획득된 데이터를 이용하여 지형의 3차원 구현 및 건축물의 모델링을 실시하였다. 우선 원시 LiDAR 데이터로부터 건축물 등록을 위한 건물분류 및 모델링을 통하여 건축물을 우선 추출 하였으며, 동시에 LiDAR 데이터로부터 해당

지역의 DEM을 생성하여 연속지적도와 중첩을 실시하여 지형의 2.5D 지적도를 구축 하였다. 생성된 지형의 2.5D 지적도와 분류된 건축물의 중첩을 통해 3차원 지적모형을 형성하여 3차원 지적도를 구축하였다. 그림 5 및 6은 항공 LiDAR 데이터를 이용한 건물 추출과정 및 추출된 3차원 건물을 그림 7은 3차원 지적도를 보여주고 있다.

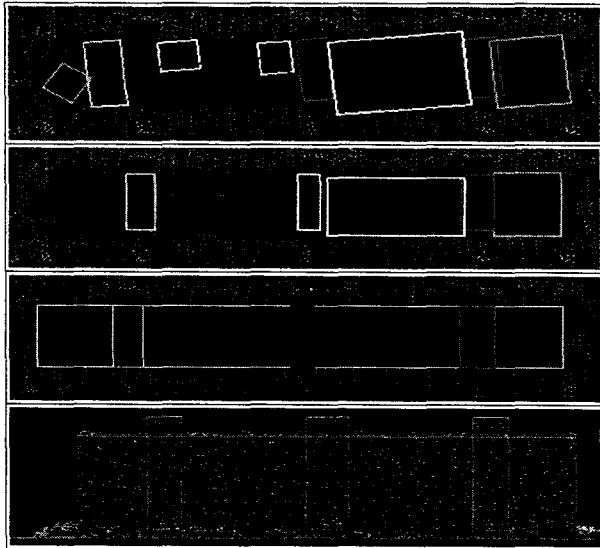


그림 5. 항공 LiDAR 데이터를 이용한 건물 추출



그림 6. 3차원 건물



그림 7. 3차원 지적도

4. 결 론

본 연구는 측량 신기술인 항공레이저 측량기술인 LiDAR를 지적측량에 활용하고자 원시 LiDAR 데이터를 상업용 소프트웨어인 TerraModeler을 이용하여 지형의 DEM을 생성하여 전산화된 개별 및 연속지적도와와의 중첩을 통해 2.5D 지적도를 만들어 보았으며, 지상의 건물을 포함한 3차원 지적도를 구축하기 위해 필지내의 건축물을 원시 라이다 자료를 통해 추출하고 2.5D 지적도와 중첩을 통해 3D 지적도를 구현하여 보았다. 연구결과 3D 지적도의 도입에 있어 라이다 측량 기술의 활용 가능성을 확인해 볼 수 있었으며 원시 라이다 데이터로부터 건물을 추출하여 지적도에 등록하고 관련 속성정보의 획득도 가능하여 입체적 지적시스템의 구축도 가능 할 것으로 판단된다. LiDAR 측량을 활용하여 필지의 정성 및 정량화 분석을 실시 할 수 있었으며 이는 필지의 도면정보 및 속성정보와 더불어 3차원 형상을 파악할 수 있어 향후 3차원 지적도를 구축하는데 있어 라이다 측량기술을 효율적으로 이용 할 수 있을 것으로 판단된다. 한편 연속지적도 및 라이다 데이터의 중첩에 있어서 정확한 3차원 위치의 결정과 확인을 위한 노력이 필요하고 다른 지형공간 정보와의 연계 및 통합적인 구축에 대해서도 연구가 좀 더 필요할 것으로 보인다.

참고문헌

- 유환희, 김성삼, 정동기, 홍재민, (2005), LiDAR 자료를 이용한 DTM 생성 정확도 평가, 한국측량학회지, 제23권, 제3호, pp. 261-272.
- 최윤수, 강인구, 이강원, (2005), 항공LiDAR 시스템 검정 및 정확도 평가 연구, 한국측량학회지, 제23권, 제4호, pp. 359-366.
- 박형표, 최용규, 강태석 (2001), 지적학개론, 형설출판사, pp. 307-319.
- Wehr, A. and Lohr, U. (1999), Airborne Laser Scanning—an introduction and overview. ISPRS Photogrammetry & Remote Sensing, Vol. 54 (NOS. 2-3), pp. 68-82.
- Yong Hu and C. Vincent Tao. (2005), Hierarchical Recovery of Digital Terrain Models from Single and Multiple Return Lidar Data. ASPRS Photogrammetry, Vol. 71, No 4, April, pp. 425-434.