차량 기반 멀티센서 측량시스템을 이용한 3차원 지적정보 구축에 관한 연구

A Study on the Construction of 3D Cadastral Information by Mobile Mapping System

민관식* · 김재명** · 박병문***

Kwan Sik Min · Jae Myeong Kim · Byung Moon Park

요 약 본 논문은 차량기반 멀티센서 측량시스템 데이터를 활용하여 도로 및 주변 건물에 대한 3차원 지적정보를 효과적으로 구축하기 위한 방안을 제시하고자 하였다. 3차원 지적정보의 구축은 기존의 지적정보와 공간정보의 융합을 의미하며 토지정보와 함께 다양한 공간정보를 효율적으로 등록 관리할 수 있는 입체적 토지관리를 의미한다. 기술적으로 GPS/INS 통합기술로 계산한 지형·지물들의 위치정보, 영상 또는 라이다 스캐너에 의한 형상정보 및 속성정보는 건축물 및 지상의 객체가 포함된 3차원 입체 지적정보를 구축하는데 매우 유용하다는 것을 확인 하였다. 결과적으로 3차원 지적정보 구축을 위한 차량기반 멀티센서 측량시스템의 적용으로 토지정보의 과학화 및 고도화를 이룰 수 있을 것이다.

키워드 : 차량기반 멀티센서 측량시스템, 3차원 지적정보, 3차원 토지관리

Abstract In this paper, we suggested plan that utilize the mobile mapping system data for constructing 3D cadastral information of roads and buildings effectively. 3D cadastral information means conflation of existing cadastral information and spatial information. It also means 3D land management that can register and manage various spatial information with land information effectively. Technically, geometry information and attribute information by image or radar scanner and location information of geographic features calculated by GPS/INS integration technology are useful for constructing 3D cadastral information included in buildings and features on the ground. As a result, the application of mobile mapping system for constructing 3D cadastral information will make a scientification and enhancing of the land information.

Keywords : mobile mapping system, 3D Cadastral Information, 3D Land Management

1. 서 론

최근 인구의 증가 및 산업화에 따른 도시의 확산으로 토지에 대한 집약적·입체적 이용이 증가하고 있다. 이처럼 토지의 다목적 이용에 따라 토지관리의 정보화 측면에서 지형 및 건물에 대한 입체적 구축이 필요하다 하겠다. 토지 및 건물에 대한 입체적 정보구축은 지적정보 고도화를 통해 공간정보서비스 기반을 제공하는 것으로 앞으로 지적정보를 기반으로 하는 콘텐츠와 융합 서비스 수요에 꼭 필요한 요소이다. 다양한 분야의 공간정보서비스 창출에 필요한 토지 및 건물에 대한 3차원 정보구축은 각종 멀티 센서와 결합한 최신측량 장비 도입 및 지적도면 고도화에 따른

전산 시스템 구축으로 충분한 기반이 형성되었다. 차량 기반 멀티센서 측량시스템(MMS: mobile mapping system)의 경우 도로 주변의 지형 및 땅 위 물체에 대한 정보 획득에 적합한 측량 장비로 실시간으로 3차원 지적정보를 획득할 수 있다. MMS 측량기술은 외국의 경우 1990년대 초에 도입되어 측량용 센서를 차량에 탑재하고 현장에서 실시간으로 지형 및 땅 위 물체 데이터를 획득하고 처리하는 것으로 선진 외국을 중심으로 지리정보 구축을 위한 새로운 측량기술로 활용되고 있다[1]. 최근에는 각종 센서의 발전과 함께 GPS 수신기, CCD 카메라, Laser scanner 및 IMU 등으로 구현된 다양한 센서들을 통합하여 차량에 탑재하고 도로 주변에 있는 지형지물의 위치정보와 이미지

[†] This work was supported by the Hannam University Research Grant of 2013(2013A075)

* Kwan Sik Min, Assistant Professor, Dept. of Civil Engineering, University of Hannam. geodesy@hnu.kr

** Jae Myeong Kim, Special Resercher, Institute of Urban Sciences. jm927k@naver.com(Corresponding Author)

*** Byung Moon Park, PH.D. Candidate Dept. of Geoinformatics, University of Seoul. bmpark@uos.ac.kr

정보를 동시에 취득할 수 있도록 시스템을 구현하고 있다. 국내의 경우 관련 기술 및 연구는 아직 초기 단계이기는 하나 국토지리정보원에서는 MMS 실용화 연구를 통해 기술적·제도적 문제점 등을 보완하고 국가 기본도(1:5,000) 제작에 차량 기반 멀티센서 측량 시스템을 도입하였다.

한편, 사회적 관심이 집중된 토지의 이용에 있어 입체적으로 분석하여 다양화할 필요성이 있는데 이를 위해 MMS 측량시스템을 지적정보 획득에 도입할 경우 도로 주변의 토지에 대한 건축물 정보를 신속하게 3차원으로 취득할 수 있으며 속성 정보인 건물의 명칭과 층수 등을 실시간으로 획득할 수 있다. 우리나라에서 3차원 지적정보 구축에 대한 연구는 기존 도해 지적도의 2차원 평면(x, y)의 한계를 극복하고자 필지에 높이(z) 값을 추가하여 입체적으로 필지를 구성한 2.5D 차원의 도해 지적도 제작과 입체적 토지이용, 건물의 지적도 등록 및 토지와 건물의 통합 관리에 따른 3차원 지적을 논의한바 있다[3, 5].

본 연구는 새로운 측량기술인 차량 기반 멀티센서 측량시스템(MMS)을 활용하여 도로 주변의 토지 및 건물에 대한 3차원 지적정보의 효율적인 구축을 목적으로 연구 대상지를 선정하여 MMS 측량을 시행하여 토지 및 건물에 대한 위치와 속성정보를 획득하고자 하며 획득된 정보를 바탕으로 3차원 지적정보를 구축하고자 한다.

2. 입체적 지적정보

2.1 지적제도

오늘날 2차원 지적은 토지이용의 다양화 및 입체화 경향에 따라 3차원 지적으로 발전하고 있으며, 토지등록의 기본 단위인 일필지의 등록방법에 따른 지적제도는 일반적으로 2차원 지적, 3차원 지적 및 4차원 지적으로 분류하며 2차원 지적은 평면지적으로 토지의 표고를 배제한 수평면상의 투영만을 가상하여 필지 경계를 등록 공시하는 것을 말하고, 3차원 지적은 입체적 지적으로 지표, 지하 및 공중공간을 포함한 공간에 소유권의 개념을 접목한 것으로 3차원 필지로 분할 및 구획을 할 수 있다. 지적제도에서의 2차원 지적은 토지의 소재, 경계, 지번 및 지목 등 지표의 물리적 현황을 지적공부에 등록하여 공시하는 것으로 일정한 축척의 도면에 경계점과 경계점 사이를 연결하여 기하학적으로 폐합 다각형의 형태로 등록 관리하고 있으며, 3차원 지적에서도 2차원 지적인 평면지적

Figure 1. Classification of cadastral system

에서 토지의 경계 및 지목 등 지표면에 관한 물리적 현황은 물론 지하공간과 지상 공간에 설치된 시설물 및 건축물 등을 도해 혹은 수치의 형태로 등록 공시하거나 시설물의 관리를 지원하는 제도로 일명 입체지적이라고 하였으며 행정적 측면에서의 3차원 지적을 지표, 지상 및 지하 공간을 포함하는 것으로 보았다 [6]. 또한, 토지 이용에서 과거에서 현재로의 시간 개념을 추가하여 4차원 지적에 대하여 언급하였는데 이는 다목적 지적 제도로써 전산화가 선행 되어야 함을 언급 하였다. Figure 1은 지적제도를 법적, 행정적 및 기술적 측면의 유형으로 분류한 것이다.

2.2 입체 지적

차원이란 공간 내의 점을 지정하는 데 필요한 좌표의 수를 말하는 것으로 평면상의 점은 (x, y)로, 공간상의 점은 (x, y, z)로 지정하여 표현하는데 토지와 관련된 차원 해석으로는 공간상의 객체 및 지역을 x, y축으로 나눈 2차원 공간과 객체 및 영역의 확장을 통한 x, y, z축의 3차원 공간으로 정의된다. 한편, 높이 값 z이 2차원 토지정보의 지상 또는 지하의 속성값으로 저장되면 이를 2.5D 또는 2D+1D라고도 한다. 지적정보에서 토지에 관한 3차원 개념은 지표상의 필지, 지하 및 지상의 공간상의 개념과 더불어 공간에 부동산 소유권의 개념을 추가하고 공간을 나누어 3차원 필지로 구획할 수 있는 것을 의미한다. 기존의 지적도는 2차원 평면지적으로 지적 경계선 및 지번지목에 의해 필지를 포함한 도해 지적으로 각종 지적측량에 이용되었으나 오늘날에는 지적측량과 더불어 필지 정보의 통합과 입체적 관리의 필요성이 증대 되었다. 이는 곧 지적제도에서의 3차원 지적을 의미하며 건축물 및 지

Figure 2. Construction process of 3D cadastral information

상의 객체가 포함된 3차원 지적도를 구축하기 위해서는 필지의 속성정보와 더불어 지하, 지상 및 공간을 3차원 입체지적으로 표현하여야 한다. 3차원 입체지적으로 표현하기 위해서는 지형을 3차원 좌표로 나타내고 지상의 건축물 및 객체에 대하여 3차원 모델링이 필요하다. Figure 2는 3차원 지적정보의 구축과정을 나타낸 것이다[8].

2.3 차량기반 멀티센서 측량시스템

차량 기반 멀티센서 측량시스템(MMS)은 차량에 지상의 영상자료를 취득할 수 있는 CCD 카메라, 레이저 점군자료 취득을 위한 레이저스캐너 및 위치 자세 결정 센서인 GPS, INS(Inertial Navigation System), DMI(Distance Measurement Instrument) 등을 결합하여 구성된 이동형 측량시스템으로 취득된 원시데이터는 표준자료 처리를 위한 전처리 소프트웨어인 MMS Positioning Post Process와 세부도화 MMS-Tracer 소프트웨어를 이용하여 지형지물에 대한 세부 도화와 수정 과정을 수행한다. MMS는 고층건물이 밀집된 도심에서 GPS 신호의 차단을 고려하여 GPS/INS 통합기술 적용과 높은 정확도의 근접사진측량을 수행할 수 있는 5백만 화소의 고해상도 CCD 카메라를 사용하고 있다. 또한, 전처리 소프트웨어에 의한 절대오차 10cm 이내의 모바일 지상 레이저 측량기술 등을 근간으로 하는 통합시스템이다. Figure 3은 일본 PASCO 회사의 MMS Type X-640 장비이다.

MMS는 공간 객체 및 속성데이터의 공통정보인 지번, 면적 및 건물명에 대해 실시간으로 신속, 정확하게 주변의 지형지물에 대한 상세한 속성정보를 확

Figure 3. Mobile Mapping System (MMS Type X-640, PASCO Co.)

Figure 4. MMS positioning post process and tracer

득할 수 있으며 추가로 구축되는 디지털 영상자료 및 레이저 점군자료는 기존에 구축 활용하고 있는 지적도 및 대장정보와의 연계를 통해 공간정보의 다양한 수요를 맞출 수 있다.

기존 지적정보에 대한 지적·지형 불일치 대상 필지를 확인할 수 있으며, 건축물대장에 등록되지 않은 불완전한 건축물에 대한 자료를 획득할 수 있다. 또한, 기존의 건물통합정보 데이터 구축을 위한 건물의 3차원 위치 및 건물 경계의 정확성을 확보할 수 있어 건물통합정보에 토지특성 및 지적정보를 연계할 수 있다.

GPS/INS 통합기술로 계산한 지형 땅 위 물체들의 위치정보, 영상 또는 라이다 데이터에 의한 형상정보 및 속성정보는 건축물 및 지상의 객체가 포함된 3차원 입체 지적정보를 구축하는데 매우 유용하며 이는 토지정보의 과학화 및 고도화 기반이 된다. 또한, MMS를 활용하여 부동산정보와 관련하여 토지와 건물정보의 통합을 위한 각종 기반 자료를 획득할 수 있다. 이는 앞으로 공간정보를 기반으로 하는 콘텐츠와 융합 서비스에 대한 수요를 고려할 때 고부가가치를 창출할 수 있는 중요한 자료가 될 것이다. Figure 4는 차량

기반 멀티센서 측량시스템(MMS) 기반 지적정보 구축 과정으로 디지털 영상자료와 레이저 점군자료 중첩화면을 통하여 도로 주변 지형지물은 물론 토지의 형상 및 건물의 3차원 좌표를 취득하여 거리, 면적 및 필지 현황을 3차원으로 구축할 수 있다.

3. MMS에 의한 지적정보 구축

3.1 연구 대상 지역 및 MMS 장비

MMS에 의한 3차원 지적정보 구축을 위해 연구대상 지역의 공간적 범위로는 대전광역시 유성구 공동 일원의 주거지를 대상으로 선정하였으며 대상지는 도시계획정리 지역으로 좌·우측으로 주상복합 건물이 밀집된 지역이다. MMS의 특성상 도로 주행이 가능하고 차량에 탑재된 레이저 스캐너의 사양(유효 범위 180°, 1°간격, 75Hz)을 고려하여 선정하였다. Figure 5는 연구 대상 지역의 항공사진 및 지적도를 나타내고 있다.

3차원 지적정보 구축을 위해 사용한 지상 MMS는 현재 일본 PASCO 회사의 MMS Type X-640을 사용하였다. 장비의 구성은 차량 외부의 경우 3차원 위치

Figure 5. The study area (digital image, cadastral map)

Figure 6. Hardware Configuration (MMS Type X-640, www.engit.com)

정보 획득을 위한 2주파 GPS 수신기, INS 및 DMI 센서와 도로 주변 지형, 땅 위 물체 및 건물 영상자료를 취득할 수 있는 CCD 카메라 6대, 레이저점군자료 취득을 위한 레이저스캐너 4대로 이루어져 있으며 차량 내부에는 Control PC 3대로 구성돼 있다. Figure 6은 자료취득을 위해 사용한 MMS Type X-640의 하드웨어 구성을 나타내고 있다.

자료취득을 위해 사용한 2주파 GPS, IMU 및 DMI의 경우 전처리 소프트웨어에 의한 절대오차 6cm 이내의 사양을 가지고 있으며, CCD 카메라의 경우 500만 화소로 10m 측정 범위에서 1cm 이하의 분해능을 가지고 있다. 또한, 레이저 스캐너의 경우 1초당 54,300 점군자료의 방사가 가능하며 전처리 소프트웨어에 의한 절대오차 10cm 이내의 성능을 가지고 있다.

3.2 데이터 취득 및 처리

MMS에 의한 데이터 취득은 먼저 대상 지역 항공사진을 확보하여 도상에서 2차선 이하의 도로로 확인되어 편도운행 하도록 MMS 운행계획을 확정하였으며, 전 처리를 위한 GPS 고정점 측량의 경우는 Trimble R6 수신기를 사용하여 MMS 측량 시점부에서 시행하였다. 표준자료 취득을 위한 MMS 측량은 차량 운행 계획에 따라 현지 도로 상황 및 GPS 수신환경을 고려하여 운행횟수 및 속도를 조정하였다. Figure 7은 대상 지역 주행 경로의 MMS 표준자료이다.

먼저 주행 경로 전반에 대한 편도운행을 통해 MMS 표준자료를 획득하고 주행도입 부분(A)을 포함한 교차로(B, C, D, E, F, G) 중심의 총 7점에 대한 CCD 카메라의 영상자료 및 레이저 스캐너의 점군자료를 획득하였다. 취득한 데이터는 레이더별, 지형지물 묘사 기준에 따라 점형, 선형 및 면형에 의거 세부도화를

Figure 7. MMS Standard data of Driving Directions

실시하고 CCD 영상자료를 기반으로 정위치 편집 및 구조화 편집을 시행한다. 점형 시설물의 세부도화는 가장 인접한 카메라의 영상자료 및 점군자료를 함께 이용하였으며, 선형 및 면형 시설물의 세부도화는 6개 CCD 카메라 중 상호 인접한 자료를 이용하여 도화 및 정위치 편집을 수행하였다. Figure 8은 주행도입 부분의 영상자료 및 점군데이터를 나타내고 있으며 Figure 9 ~ Figure 14는 주행 경로 중 교차로를 중심

Figure 8. Image and point cloud data of crossroads(A)

Figure 9. Image and point cloud data of crossroads(B)

Figure 10. Image and point cloud data of crossroads(C)

Figure 11. Image and point cloud data of crossroads(D)

으로 취득된 영상자료 및 점군데이터이다.

3.3 점군 자료 분석

도로 주변 지형 및 건축물에 대하여 3차원으로 상세하게 묘사하기 위해서는 레이저 점군자료의 점밀도가 중요하며 점간 평균 간격이 10cm 이하가 되어야 레이저 점군자료에서 경계를 판독하고 선형 벡터자료를 추출할 수 있다[4, 7]. 본 연구에 사용한 MMS Type X-640 레이저 스캐너는 전처리 소프트웨어에 의한 절대오차 10cm 이내의 정확도를 확보할 수 있으며 CCD 카메라에 의한 영상도 대상물의 영상좌표를 취득하기 위해서는 근접사진측량의 정확도가 30m 측정범위에서 3cm 이하 이어야 하는데 10m 측정범위에서 1cm 이하의 분해능을 확보할 수 있어 필지 경계 및 건물의

Figure 12. Image and point cloud data of crossroads(E)

Figure 13. Image and point cloud data of crossroads(F)

Figure 14. Image and point cloud data of crossroads(G)

Figure 15. Point cloud data of road

Figure 16. Point cloud data of building

Figure 17. Point cloud data of road

곽에 대한 3차원 지적정보를 구축할 수 있다. Figure 15 및 Figure 16은 도로 및 건물에 대한 레이저점군자료를 나타내고 있다.

Figure 15의 경우 점군자료에서 차도, 인도 구분 및 건물 경계를 3차원으로 추출할 수 있으며 Figure 16의 경우 필지 건물의 위치 및 형상에 대한 3차원 구축이 가능하고 건물의 사용 용도도 확인할 수 있어 필지 내 건물의 각종 속성정보를 획득할 수 있다. 본 연구에서는 연속적인 도로 주변의 건물정보를 획득하기 위해 도로 좌·우측으로 주상복합 건물이 밀집된 지역을 대상으로 편도주행을 통해 MMS 측량을 시행해 보았다. Figure 17은 MMS 연속측정 대상지를 나타내고 있으며 대상지 중 교차로를 중심으로 다시 5곳(A, B, C, D, E)을 선정하여 점군데이터에 의한 도로, 인도 및 필지별 건물에 대해 3차원 지적정보를 구축하여 보았다. 구축결과 레이저 스캐너 점군자료를 기반으

Figure 18. Point cloud data of road(A)

Figure 19. Point cloud data of road(B)

Figure 20. Point cloud data of road(C)

Figure 21. Point cloud data of road(D)

Figure 22. Point cloud data of road(E)

로 도로 주변의 건축물에 대한 3차원 정보를 획득할 수 있었으며 도로경계 및 교차로 도로 모서리 부분의 경계도 선명히 구분할 수 있었다. 취득한 레이저 점군 자료는 CCD 카메라 이미지 자료를 바탕으로 필지 경계선의 도화가 가능하고 기존 지적도와의 정합성을 통해 3차원 지적정보를 구축할 수 있다.

4. 결 론

본 연구에서는 도로 주변의 지적정보 구축을 위해 MMS에 의한 현장 실험을 통해 점군데이터를 획득하여 도로 및 인접 지상 건축물에 대한 3차원 입체시를 만들어 보았으며 연구 수행 결과 다음의 결론을 얻었다.

첫째, 기존의 2차원 평면 지적정보에서 벗어나 건축물 및 지상의 객체가 포함된 3차원 지적정보를 구축할 수 있었다. 이는 각 필지의 속성정보와 더불어 지상 및 공간을 3차원 입체지적으로 표현할 수 있어 3차원 지적도를 구축할 수 있는 기반을 마련하였다.

둘째, 점군자료 분석 결과 차도와 인도 구분 및 건물 경계를 포함하여 건축물의 3차원 모형화가 가능하고 건축물의 각종 속성정보를 획득할 수 있어 기존의 공간 및 속성정보로 개별 관리하던 건물정보를 통합 구축 및 관리도 가능할 것으로 판단된다.

셋째, 현재 국토교통부에서 진행하고 있는 GIS 기반 건물통합정보와 연계하여 MMS에 의한 최신 건물정보를 실시간으로 등록·관리할 수 있을 것으로 생각하며 활용도가 높을 것으로 기대한다.

References

- [1] Minister of Land, Infrastructure and Transport, 2010, Research on the system improvement for mobile mapping system.
- [2] Barber, D; Mills, J; Smith-Voysey, S. 2008, Geometric validation of a ground-based mobile laser scanning system, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 63(1):128-141.
- [3] Choi, K. Y; Kim, K. L. 2009, The Implementation Method of 3D Spatial Information Applicable System Using Cadastral Information, Journal of Korean Cadastra Survey Corporation, 39(1):172-186.
- [4] C. Vincent Tao, 1998, Mobile Mapping Technology for Road Network Data Acquisition, Invited paper presented at the International Symposium of Urban Multimedia/3D Mapping, June 8-9, Tokyo, Japan
- [5] Jeong, D. H; Kim, Y. H; Lee, M. S. 2013, A Study on the Criteria Establishment of 3D Cadastre and Standardization Concept, Journal of The Korean Cadastre Information Association, 15(1):157-175.
- [6] Ryu, B. C, 2006, Cadastral science, Korea cadastral research institute.
- [7] Yoo, C. H; Choi, Y. S; Kim, J. M. 2008, Analysis of Slope Fracturing using a Terrestrial LiDAR, Journal of Korea Spatial Information Society, 16(3):279-290.
- [8] Yoon, H. S; Choi, Y. S; Son, S. Y; Kim, J. M. 2011, A Study on Present Conditions and Characteristics of Cadastral Surveying Accuracy in Korea, Journal of Korea Spatial Information Society, 19(5):27-35.

논문접수 : 2014.01.07

수 정 일 : 2014.02.14

심사완료 : 2014.02.17