

차량기반 멀티센서를 이용한 3차원 측량기술

3D Surveying Technology Using Mobile Multi-Sensor System



윤 홍 식 (Hong-Sik Yun)
성균관대학교 사회환경시스템 공학과 교수
yoonhs@skku.edu

강 인 구 (In-Gu Kang)	국토지리정보원 기획정책과 사무관	k777@korea.kr
김 창 우 (Chang-Woo Kim)	국토지리정보원 지리정보과 주무관	jumbo@korea.kr
위 광 재 (Gwang-Jae Wie)	성균관대학교 건설환경시스템공학과 박사과정	wkj777@naver.com
황 진 상 (Jin-Sang Hwang)	성균관대학교 건설환경시스템공학과 박사과정	gpsboy@skku.edu

I. 서론

국가기본도는 전국을 대상으로 하여 일정한 규격과 정확도로 제작한 지도로서 우리나라 모든 지도제작(내비게이션, 인터넷 포털 지도, 도시계획도 등)의 기준으로 사용된다. 기준이 되는 지도인 만큼 국가기본도 제작의 정확도 확보와 수정·갱신 주기의 일정한 유지는 매우 중요하다고 할 수 있다. 현재까지 국가기본도는 주로 항공사진측량 기술을 이용하여 제작되어 왔으며, 각종 제도과 규정을 적용하여 정확도와 품질을 유지하여 오고 있으며, 갱신주기를 광역시 이상은 2년, 기타 지역은 4년으로 하여 갱신함으로써 국토의 변화를 지속적으로 반영하고 있다.

1970년대부터 국토개발의 중요한 참고자료로 사용되어

온 국가기본도는 국가의 발전과 정보화 사회로의 전환 등 외적인 변화들로 인하여 새로운 필요에 직면하게 되었다. 즉, 수정·갱신 주기를 앞당겨 지도를 제작함으로써 변화하는 국토정보를 국민과 관련 산업분야에 신속하게 제공해야 하는 필요성이 증가한 것이다. 경제 활성화와 국가 발전에 따라서 국토의 변화속도가 가속화되어 기존의 갱신주기로는 이러한 변화를 효과적으로 반영하기가 어려워졌기 때문이다.

항공사진측량을 이용한 국가기본도 제작은 그 특성상 넓은 지역에 대한 신규 지도제작이나 전반적인 갱신작업에는 효과적이나 산발적으로 발생하는 변화들을 빠른 주기로 반영하는 것이 어렵다. 신규로 건축한 소수의 건물들을 지도에 반영하기 위하여 항공측량을 실시한다는 것

은 매우 비경제적인 일이기 때문이다. 국가기본도의 정확도를 유지하면서 적절한 비용으로 소규모의 지형·지물 변화를 지도에 반영할 수 있는 효과적인 측량기술이 필요하였으며, 이러한 필요에 맞는 측량기술로 부각된 것이 차량 MMS(Mobile Mapping System)측량 기술이다.

본 기사에서는 최근에 국토지리정보원에서 수행한 차량 MMS(Mobile Mapping System)를 이용한 지형·지물 측정 데이터를 사용하여 축척 1/5000 수치지도의 수정·갱신을 위한 연구결과를 요약하여 설명하고자 한다.

II. 차량 MMS 개요

차량 MMS는 다양한 측량센서를 차량에 탑재하고, 상호 연동되도록 구성된 이동형 측량시스템으로써 도로를 주행하면서 도로 주변에 위치한 지형·지물의 위치정보와 속성정보를 정확하게 측정할 수 있는 시스템을 말한다. 차량 MMS를 구성하는 센서는 위치와 자세측정 센서 및 지형·지물 측량센서로 구분된다. 위치와 자세측정 센서로는 GPS(Global Positioning System), INS(Inertial Navigation System) 및 DMI(Distance Measurement Instrument)로 구성된 GPS/INS 통합시스템이 사용되고, 지형·지물 측량 센서로는 디지털 카메라, 모바일 지상라이다 등이 장착된다. 이러한 다양한 센서들로 획득한 데이터와 GPS/INS 통합기술, 근접사진측량기술 및 라이다 측량기술을 사용하여 이동하는 차량 MMS 주변에 위치한 지형·지물들을 정확하게 측량할 수 있다.

차량 MMS를 이용하여 지형·지물에 대한 위치와 속성정보를 획득하는 방법을 개략적으로 살펴보면 다음과 같다.

- 탑재체인 차량에 장착된 위치측정 센서(GPS/INS)와 지형·지물 측량센서(CCD 카메라, 모바일 지상 라이다)를 사용하여 데이터를 획득한다.
- GPS/INS 통합기술을 이용하여 차량에 탑재한 지형·지물 측량센서들의 위치와 자세를 수 밀리초 정도의 간격으로 결정한다. GPS/INS 데이터처리는 실시간 처리방법이나 후처리 방법을 사용한다.
- GPS/INS 통합기술로 계산한 측량센서들의 표정정

보(위치와 자세 정보)와 측량센서들을 이용하여 획득한 데이터(영상데이터 또는 라이다 데이터)를 이용하여 차량 주변에 위치한 지형·지물들의 위치정보, 형상정보 및 속성정보를 획득한다.

그림 1과 그림 2는 차량 MMS의 대표적인 예를 나타낸 것이다. 그림 1에 표시한 디지털 카메라 기반의 차량 MMS는 주요 구성 센서가 GPS/INS 통합시스템과 8대의 디지털카메라이다. 차량 MMS로 이동하면서 주변의 시설물을 촬영하고, 근접사진측량기술을 이용하여 지형·지물의 위치를 측량하는 방법이다.



그림 1. 디지털 카메라 기반의 차량 MMS와 획득된 데이터

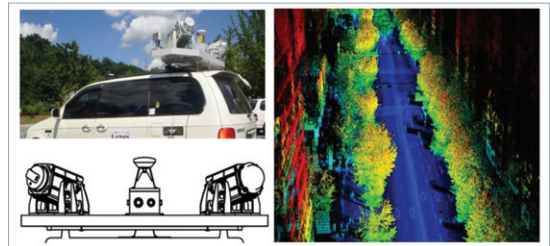


그림 2. 모바일 지상 라이다 기반의 차량 MMS와 획득된 데이터

그림 2에 표시한 모바일 지상라이다 기반의 차량 MMS는 주요 센서로 GPS/INS 통합시스템, 2대의 모바일 지상 라이다 스캐너 및 2대의 영상 획득용 디지털 카메라로 구성되어 있다. 라이다 측량기술을 이용하여 그림 2와 같이 수 많은 라이다 측정점들의 집합인 3차원 포인트 클라우드를 생성한 후에 3차원 포인트 클라우드에 나타난 지형·지물의 위치와 형상 정보를 이용하여 측량작업을 수행할 수 있다.

III. 차량 MMS의 측정 정확도

차량 MMS를 국가기본도 제작에 활용하려면 작업규정

에 정의된 국가기본도의 정확도 기준을 만족하는 수준의 정확도가 확보되어야 한다. 차량 MMS의 측정 정확도는 GPS/INS 통합계산 정확도에 많은 영향을 받는다. GPS/INS를 이용한 위치와 자세측정값의 정확도는 GPS 신호의 수신환경이 좋은 지역에는 높아지나 GPS 신호의 수신환경이 좋지 않은 지역에서는 저하되는 특성이 있다. 따라서 강남의 테헤란로와 같이 GPS 신호의 수신 환경이 좋지 않은 구간에서 장시간 지속되는 경우에는 수 미터 정도의 오차가 발생할 수 있다.

그림 3은 개활지에서 차량 MMS에 의한 측정 정확도를 평가한 결과이다. 여의도 지역에서 GPS 신호의 수신 환경이 좋은 도로를 선택하여 차량 MMS 측정을 수행하였고, 검사점을 이용하여 정확도를 평가하였다. 실험에 사용한 2종류의 차량 MMS로부터 얻을 수 있는 측정 정확도는 0.3m 정도로 나타났으며, 이러한 결과는 개활지에서 차량 MMS를 이용하여 측정할 경우에 높은 정확도를 얻을 수 있다는 것을 보여준 것이다.

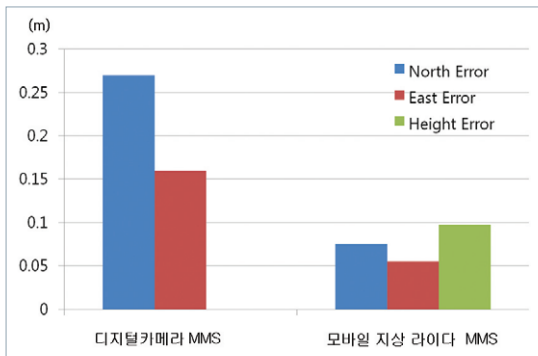


그림 3. 차량 MMS 측량의 정확도(개활지)

고층빌딩 밀집지역과 같이 GPS 신호의 수신 환경이 좋지 않은 지역에서 차량 MMS를 이용하여 측정할 경우에 정확도가 저하되는 현상은 최소한의 보정점을 사용하여 해결할 수 있다. GPS 신호의 수신 환경이 좋지 않은 지역을 대상으로 측정 정확도에 대한 평가와 보정점을 이용한 보정계산을 수행한 결과, GPS 신호의 수신 환경이 좋지 않은 곳에서는 정확도가 저하되었으나 150~250m 간격으로 보정점을 측정하여 보정함으로써 정확도를 확보할 수 있었다. 다만, 보정점 간의 간격은 차량 MMS에 장착된 INS의 성능에 따라서 다르게 나타났다.

그림 4는 GPS 신호의 수신 환경이 좋지 않은 구간에서 차량 MMS로써 측정한 위치좌표의 정확도를 분석한 결과를 표시한 것이다. GPS 신호의 수신 환경이 좋지 않은 구간은 황색 타원으로 표시하였으며, 이 구간에 위치한 검사점의 측정오차가 최대 2m 이상 발생하는 것으로 나타났다. 보정점을 조밀하게 측량할 경우에는 측정오차가 크게 감소하는 것을 알 수 있었다.

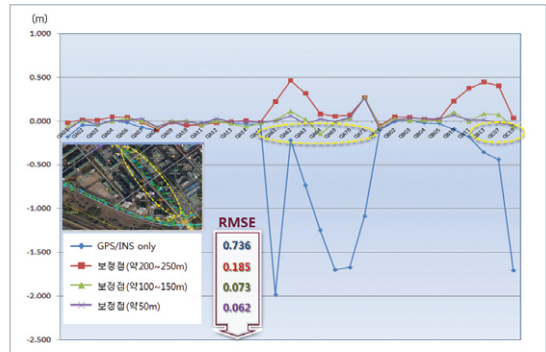


그림 4. GPS 신호의 수신 환경이 좋지 않은 구간에서의 차량 MMS 측정 정확도 평가 결과(X 좌표)

이러한 실험 결과들은 차량 MMS에 의한 측정 정확도가 국가기본도에서 필요로 하는 정확도 수준을 충분히 만족시킨다는 것을 나타낸다.

IV. 차량 MMS를 이용한 지형·지물 측량

차량 MMS를 이용한 지형·지물 측량방법은 사용하는 측량센서에 따라서 다른데, 디지털 카메라를 사용하는 차량 MMS는 그림 5에 나타난 것과 같이 좌·우 입체영상을 이용한 근접사진측량방법으로 지형·지물의 위치를 측량한다.

모바일 지상 라이다를 사용하는 차량 MMS는 그림 6에 나타난 것과 같이 3차원 포인트 클라우드를 이용하여 도로의 선형을 추출하거나 표고점을 추출하는 방법으로 지형·지물을 측량한다.

입체영상을 이용하여 측량하는 경우에는 지형·지물의 형상을 명확하게 판독할 수 있는 장점이 있지만 선형을 추출하는 시간이 많이 소요되고, 등고선 측량과 표고점 측량이 매우 어렵다는 단점을 가지고 있다. 3차원 포인트

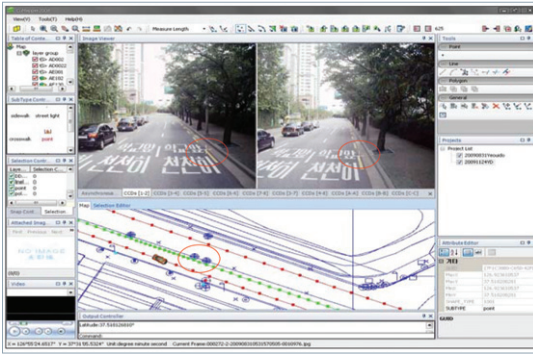


그림 5. 입체영상을 이용한 도로측량



그림 6. 3차원 포인트 클라우드 자료를 이용한 도로선형추출(위)과 표고점 측량(아래)

클라우드를 이용하여 측량하는 경우에는 대부분의 지형·지물을 측량할 수 있으나 판독성이 떨어진다는 단점이 있다. 따라서 차량 MMS를 이용한 국가기본도 수시수정 작업의 완성도가 높아지기 위해서는 두 종류의 측량센서를 혼용하여 사용해야 할 것이다.

V. 차량 MMS를 이용한 국가기본도 수시수정

도로를 신설이나 택지개발 등으로 인하여 지형·지물이 변화된 경우에 차량 MMS를 사용하면 신속하고, 간단한 공정으로 해당 지역의 국가기본도를 갱신할 수 있다. 작업량을 고려하면 공사가 완료된 이후 1~2일 내에 해당

지역의 국가기본도를 갱신하는 것도 가능하다. 현재까지는 국가기본도의 수시수정에 준공도면과 지상측량기를 사용하여 현장에서 측량을 하였으나 준공도면에는 지형 변화에 대한 정보가 적고, 지상측량기를 사용할 경우에는 시간소모가 많다는 점이 단점이다. 차량 MMS를 이용하면 차량을 중심으로 3~40m 범위에 있는 지형·지물을 신속·정확하게 측정할 수 있기 때문에 수시수정작업을 효율적으로 수행할 수 있다.

그림 7은 차량 MMS를 이용하여 여의도 지역의 일부 도로를 대상으로 수시수정을 실시한 결과를 표시한 것으로서 흑색으로 표시된 부분이 수시수정을 통하여 갱신된 정보이다. 이러한 결과로부터 도로 주변의 변화된 지형·지물을 매우 정확하고 상세하게 측량할 수 있다는 사실을 보여준다.

그림 8은 차량 MMS를 이용한 수시수정을 통하여 변화된 도로에 대한 지도정보를 수정한 예를 나타낸 것이다.



그림 7. 여의도 지역에 대한 수시수정 결과



그림 8. 도로에 대한 수시수정 결과



그림 9. 항공사진측량결과와의 차이점

그림 9는 항공사진측량과 차량 MMS 측량의 차이점에 대한 예를 나타낸 것으로 항공사진측량에서는 건물 옥상의 외곽선을 측량하였으나 차량 MMS 측량에서는 건물 외벽을 측량하였기 때문에 차이가 발생한 것을 나타낸 것이다. 이러한 차이점들에 대하여서는 추가적인 연구를 수행하여 차량 MMS 측량결과를 국가기본도에 반영하기 위한 방안을 마련해야 할 것이다.

Ⅶ. 결론

차량 MMS는 다양한 측량센서를 차량에 탑재하고, 상호 연동되도록 구성한 이동형 측량시스템으로써 도로를 주행하면서 도로 주변에 위치한 지형·지물의 위치정보와 속성정보를 정확하게 측정할 수 있는 시스템이다. 이 기술은 국가기본도에서 요구하는 정확도를 얻을 수 있고,

적절한 측정비용으로 소규모의 지형·지물 변화를 조사하여 사용자들이 요구하는 최신성의 수치지도를 갱신할 수 있는 효과적인 측량기술이다.

최근까지 GPS신호의 수신환경에 따라서 차량MMS를 이용한 측정결과가 축척 1/5,000의 국가기본도에서 요구하는 수준의 위치 정확도를 얻을 수 없었기 때문에 실질적인 적용이 어려웠으나 금번 국토지리정보원에서 수행한 “차량기반 멀티센서 측량시스템 실용화 등에 관한 연구”를 통하여 위치 정확도를 향상시킬 수 있는 방안이 제시됨으로써 실용화가 가능해졌다.

이러한 연구결과를 바탕으로 국가기본도의 수시수정을 위하여 차량 MMS 측량방법을 사용하면 항공사진측량방법에 비하여 신속하고 저렴하게 지형·지물을 측량할 수 있고, 준공도면을 이용한 수시수정에 비하여 지형·지물에 대한 묘사범위가 넓기 때문에 지리정보를 필요로 하는 산업분야와 국가 행정업무에 유익한 파급효과를 줄 것으로 기대된다.

그러나 차량기반 멀티센서 측량시스템 기술은 국내 기술개발이 미흡하여 외국 기술에 의존하고 있어 하루 속히 기술과 시스템개발을 추진하여 외국기술에 의한 국내 시장이 잠식되는 일이 없도록 하여야 할 것이다. 

기획 : 김태욱 편집위원 karisma_2k@hanmail.net
오세호 편집위원 shoh2@genc.co.kr