

레이저 스캐닝 데이터를 이용한 정밀 도로 수치표고모델 제작에 관한 연구

A study on the generation of Road DEM with high accuracy using Laser scanning data

김준철* · 박수영* · 윤여상* · 주영은** · 최종현***

Kim, Jun Chul · Park, Su Young · Yoon, Yeo Sang · Joo, Young Eun · Choi, Jong Hyun

* 이엔지정보기술(주) 연구원(E-mail: kjc@engit.com)

** 이엔지정보기술(주) 연구소장(E-mail: joo44@engit.com)

*** 이엔지정보기술(주) 대표이사(E-mail: jhchoi@engit.com)

Abstract

Digital Elevation Model(DEM) is basic spatial information used in various GIS areas such as spatial analysis, 3D modeling, etc. In particular, DEM of road inclined plane is need for the plan, design, construction and maintenance of social infrastructures such as roads and bridges in construction technology, one of GIS application. However, generating DEM of road inclined plane with high accuracy is very difficult. Therefore, the purpose of this study is to propose how to generate road DEM with high accuracy through extracting road inclined plane automatically using Laser scanning data.

1. 서 론

국가지리정보체계구축사업에 기반이 되는 지형정보는 구축하는데 많은 노력과 비용이 소요되며, 지리정보체계를 구축하기 위해서 무엇보다 우선 되어야 한다. 지형정보 중에서 공간분석, 3차원 모델링, 수리분석 등 많은 분야에서 이용되고 있는 격자형 DEM은 매우 중요하다. 특히 건설분야의 GIS활용에 있어서 도로계획수립, 도로공사, 도로사면분석, 도로현황파악 및 관리 등을 위한 지형정보로서 도로면에 대한 정밀 DEM은 필수적이나 정밀 도로 DEM의 제작은 매우 어렵다.

현재 수치표고모델(DEM, Digital Elevation Model) 제작에 있어서 격자형 DEM을 생성하는 대표적인 방안으로는 수치지형도에서 표고점 레이어를 추출하여 보간법을 이용하는 DEM 제작방법이 있으며, 선진외국에서는 수치사진영상 및 고해상도 인공위성 영상, LIDAR/SAR를 이용한 DEM 생성 등 많은 연구가 이루어지고 있다. 그러나, 수치지도를 이용한 도로 DEM의 제작방법은 표고점을 이용하여 보간법을 적용함으로써 정밀도가 떨어지며, 항공사진 및 인공위성영상을 이용한 제작시는 자동제작이 어려우며 고비용이 드는 단점이 있다. 이에 최신기술로서 레이저 계측 기술 및 GPS/INS 기술의 발전에 의해 모바일 레이저 스캐닝 데이터를 이용하여 최신의 지형정보를 획득하여 자동기법으로 정밀한 도로 DEM을 제작하는 방안이 필요하다고 사료된다.

따라서, 본 연구에서는 레이저 스캐닝 데이터를 이용하여 다양한 지형지물에서 도로면을 자동으로 추출하여 정밀한 도로 수치표고모델의 제작방안을 제시하고자 한다.

2. 대상 지역 및 자료 획득

2.1 대상 지역

본 연구의 대상 지역은 대전광역시 서구 둔산동 일대의 주요 도심도로구간으로 왕복 약 10km에 해당되는 구간이다. 이 도로구간은 복잡한 도심도로로 현대의 도시지역에 대한 도로상태 및 현황을 잘 나타내고 있어 본 연구를 위한 최적의 대상지라 할 수 있다. 레이저 스캐너를 장착한 차량을 이용하여 그림 1에서 보는바와 같은 경로로 운행하여 레이저 스캐닝 데이터를 획득하였다.

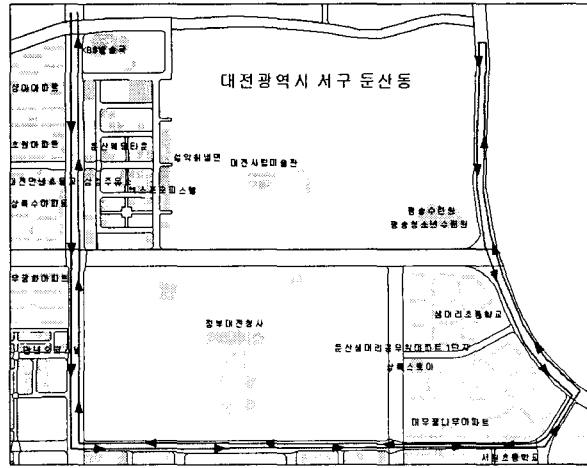


그림 1. 대상지역 및 차량이동경로

2.2 자료 획득

레이저 스캐너는 그림 2에서 보는바와 같이 차량의 뒷면에 3대를 장착하였으며 지형지물에 대해 수직 방향으로 최대 20Hz 속도로 360도를 회전하면서 스캐닝하여 자료를 획득한다. 차량의 이동속도는 양질의 데이터 획득을 위해 시속 40km 이하로 운행하면서 차량의 이동방향인 수평방향으로 대상물을 스캐닝하게 된다.

레이저 스캐너가 한 바퀴를 회전하면서 획득되는 포인트의 개수는 600개로 지형지물에 대한 양질의 데이터를 얻을 수 있으며, 특히 도로면에 대한 현황 및 상태를 정밀하게 스캐닝하여 자료를 획득하였다. 아울러, 후처리시 Geo-referencing을 위해 차량에 장착된 GPS/IMU 장비로부터 위치 및 자세정보를 획득하였다.

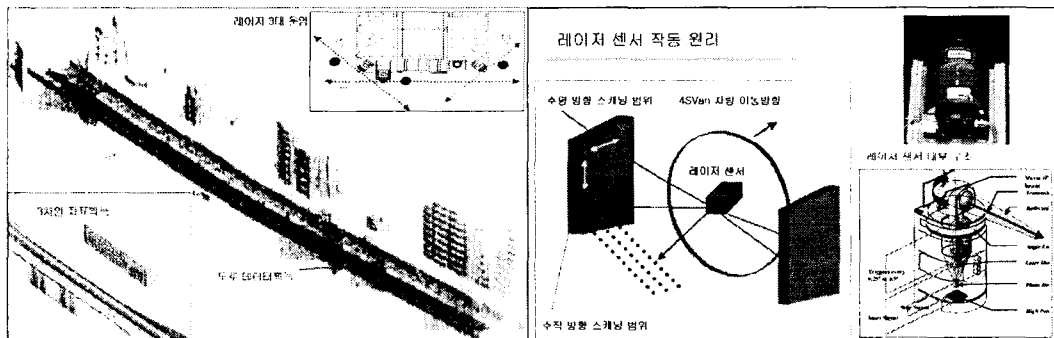


그림 2. 레이저 스캐닝 데이터 획득 및 작동원리

3. 자료의 처리 및 분석

3.1 Geo-referencing

레이저 스캐너는 LD-A 장비를 사용하였으며, 레이저 데이터를 처리하기 위해 레이저 데이터 자체의 좌표계에서 지구좌표계로의 변환이 이루어져야 한다. 레이저 센서 자체의 스캐닝 포인트 좌표 (X_l, Y_l, Z_l) 에서 지구좌표계의 포인트 좌표 (X_g, Y_g, Z_g) 로 $A = \begin{bmatrix} s^0 & M^0 & -I_{3 \times 3} \end{bmatrix}$ 변환한다(그림 3참조).

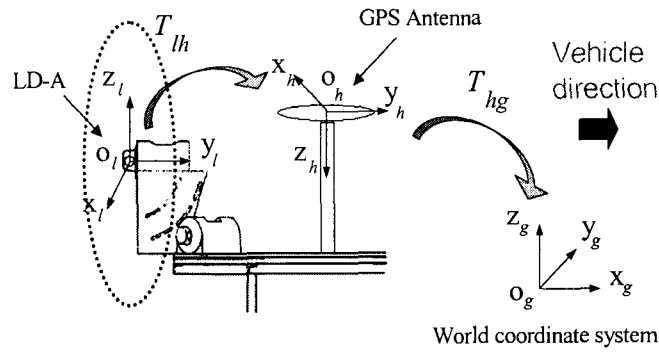


그림 3. 레이저 스캐닝 데이터의 Geo-referencing

각각의 스캐닝 라인의 항법 데이터는 GPS안테나의 중심에서 매트릭스 T_{lh} 를 이용하여 GPS가 위치한 좌표로부터 지구좌표계로 변환한다. 반면에 레이저 스캐너로부터 GPS위치의 좌표계로 변환은 매트릭스 T_{hg} 의해 계산된다.

다음의 식은 α 의 각에서 γ 만큼 떨어진 곳의 포인트의 지구좌표계로 변환하는 변환식이다.

$$(x, y, z) = T_{lh} T_{hg} (-r \sin \alpha, 0, -r \cos \alpha)$$

3.2 도로형상추출

지구좌표계로 변환된 레이저 스캐닝 데이터의 각 포인트 정보를 이용하여 지형지물분류를 통해 건물, 나무 및 도로형상으로 지형 및 지물의 분류를 위한 전처리 과정을 거친 후, 도로형상을 추출하게 된다(그림 4 참조). 전체적인 도로형상 추출을 위한 흐름도는 그림 6와 같다.

첫 번째 단계로, 레이저 스캐닝 데이터의 모든 포인트의 좌표를 비교하여 스캔 영역을 얻어내기 위해 최소 x, y 및 최대 x, y 좌표를 계산한 후, 얻어진 레이저 스캐닝 데이터의 영역의 크기를 이용하여 ZImage의 사이즈를 계산한후 생성한다. ZImage는 레이저 데이터의 (x,y,z)정보를 이용하여 각 점에 대한 고도값인 z값을 나타내는 2차원의 수직영상을 의미한다(그림 5참조).

두 번째 단계로, 도로형상으로 분류된 라인에 해당하는 레이저 데이터에 해당하는 점들에 대해 ZImage와 대응되는 점들에 대해 해당 데이터의 높이값이 지면으로부터 0.5m 이상 인지를 검사한다. 이는 형상분류된 도로데이터가 지면으로부터 너무 높이 있으면 도로형상에서 삭제하여 정확한 도로형상을 추출하기 위한 처리이다. 또한, 해당 레이저 데이터의 높이값인 Z값이 지면으로부터 밑으로 4.0m이하로 지면보다 밑에 있는 경우 Z값에 4.0으로 보간한다. 이는 높이값이 허용 오차이상인 데이터를 보정하기 위한 처리과정이다.

이때 지면의 높이는 GPS 수신기의 높이에서 차량의 높이를 제거함으로써 계산된다. 마지막 단계로, 추출된 도로형상을 저장하고 도로의 레이저 스캐닝 포인트(x,y,z)만을 추출 저장한다.

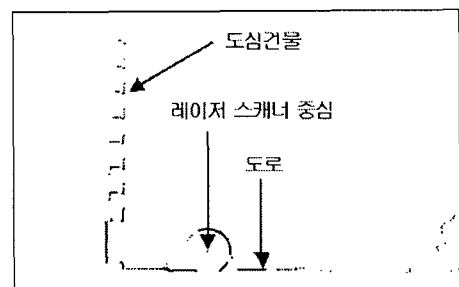


그림 4. 지형지물 스캐닝 데이터



그림 5. ZImage 영상

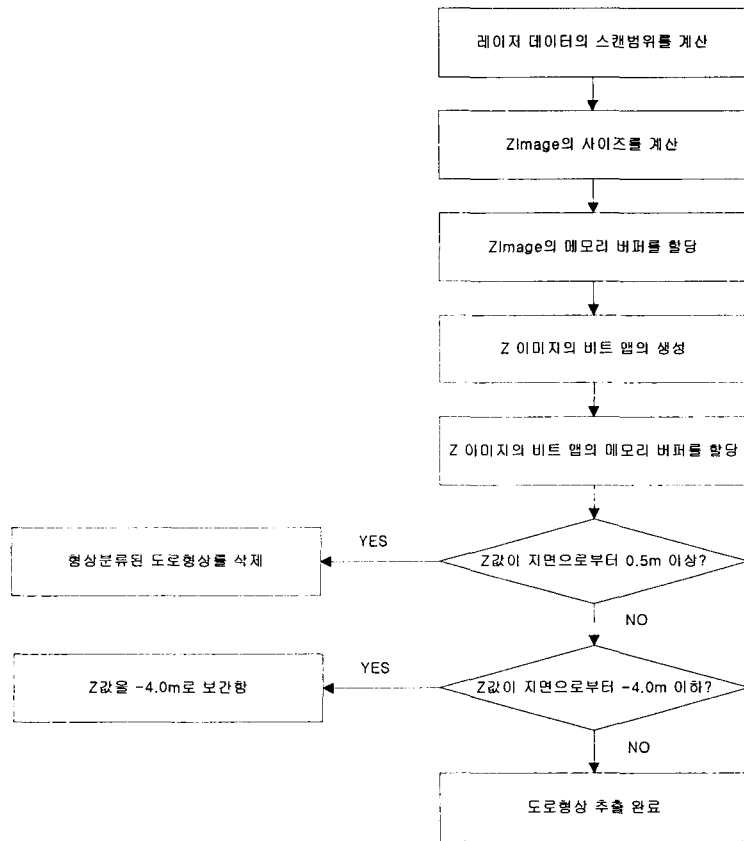


그림 6. 도로형상추출과정

4. 정밀 도로DEM 제작 결과

추출된 도로형상에 대한 레이저 스캐닝 데이터만을 이용하여 도로면에 대한 Delaunay TIN을 생성한 뒤, Linear Interpolatin(선형 보간법)을 적용하여 사용자가 원하는 해상도의 정밀 도로 DEM을 제작하게 된다. 그림 7과 8에서 보는바와 같이 도로면에 대해 스캐닝 포인트들, 즉 고도값을 지닌 점들의 분포도가 매우 이상적이며 조밀하여 도로의 경사도, 노면상태 및 굴곡 등에 대한 분석이 가능한 양질의 결과를 얻을 수 있었다.

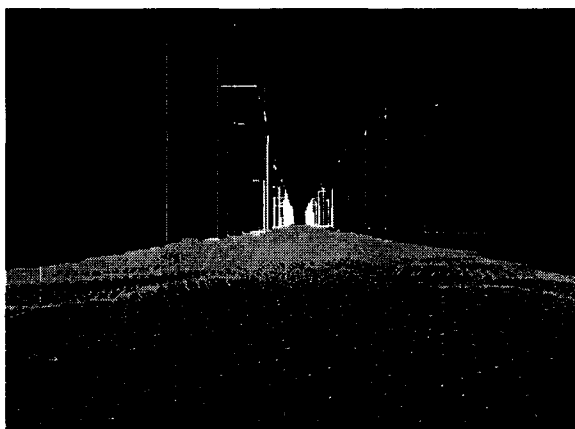


그림 7. 도로면에 대한 TIN 생성

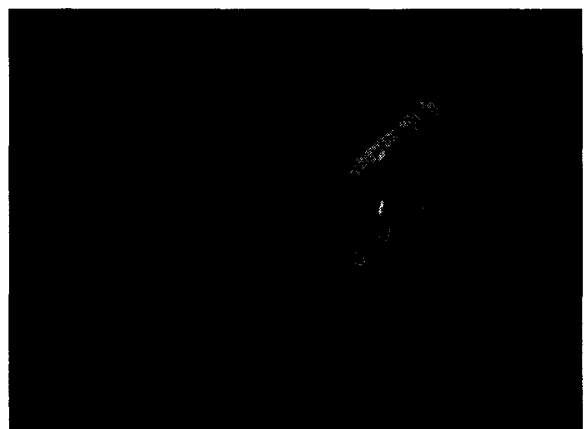


그림 8. 도로사면

기존 수치지도의 표고점을 이용하여 생성한 DEM과 레이저 스캐닝 데이터를 이용하여 제작한 정밀 도로 DEM은 그림 9에서 보는바와 같으며, 레이저 센서를 이용하여 양질의 스캐닝을 통해 얻어진 레이저 데이터의 도로면에 대한 표고점의 분포도가 매우 균일하고 및 표고점들의 조밀한 정도가 더욱 높으므로 정밀한 도로 DEM 제작에 매우 효과적임을 알 수 있다.

아울러 항공사진 및 위성영상 등을 이용한 DEM 제작방식에 비해 레이저 센서를 차량에 장착하여 운행함으로써 저비용으로 구축이 가능하며, 사용자가 원하는 가장 최신의 정밀 DEM 제작이 용이함으로 보다 효율적인 것으로 사료된다.

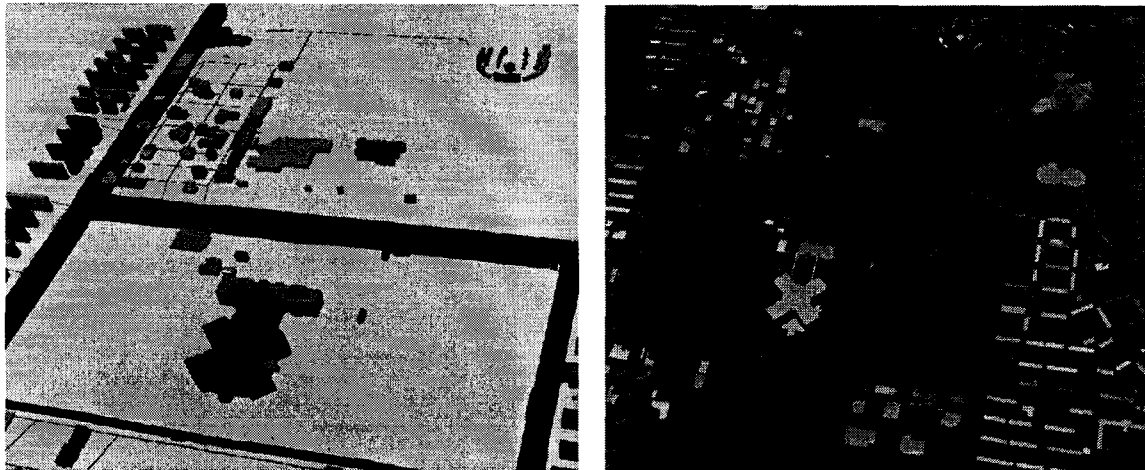


그림 9. 레이저를 이용한 DEM 제작결과(좌)와 수치지도를 이용한 DEM 제작결과(우) 비교

5. 결 론

본 연구에서는 도심지 도로구간에 대한 정밀 도로 DEM 제작을 3차원 레이저 스캐닝 데이터만을 이용하여 자동기법으로 도로면에 대한 도로형상 포인트만을 추출하였으며, 기존 방법과 비교해 더욱 정밀한 정규격자의 수치표고모델을 제작하였다. 본 연구에서 얻은 결과를 간략하게 정리하면 다음과 같다.

첫째, 레이저 스캐너를 이용하여 도로면에 대한 현황 및 상태를 정밀하게 스캐닝된 레이저 스캐닝 데이터를 사용하기 때문에 기존 표고점 획득 방법에 비해 표고점의 분포도가 매우 균일하고 및 표고점들의 조밀한 정도가 더욱 높으므로 정밀한 도로 DEM 제작에 매우 효과적인 것으로 판단된다.

둘째, 레이저 스캐닝 데이터는 단순히 점 데이터로만 이루어져 있으므로 GPS/IMU 정보를 이용하여 레이저 데이터를 처리하기 위해 레이저 데이터 자체의 좌표계에서 지구좌표계로의 변환하는 방안을 제시하였다.

셋째, 변환된 지구좌표계의 3차원 레이저 스캐닝 데이터의 각 포인트 정보를 이용하여 자동기법으로 지형지물분류를 통해 건물, 나무 및 도로형상으로 지형지물의 분류를 위한 알고리즘을 통해 자동으로 도로형상을 추출하였다. 이는 기존의 사진측량학에서 반자동으로 도화를 통해 얻는 방법과 비교하여 자동으로 데이터를 처리함으로써 최종 결과물을 자동화하여 추출할 수 있는 가능성을 제시하였다.

넷째, GIS의 지형정보는 구축하는데 많은 시간과 인력이 필요하며, 특히 최신의 정밀한 수치표고모델의 제작에 있어서 기존의 DEM 제작방법과 비교하여 데이터를 획득하고 처리하는 시간을 단축시킬 수 있는 가능성을 제시하였다.

다섯째, 항공사진 및 위성영상 등을 이용한 DEM 제작방식에 비해 레이저 센서를 차량에 장착하여 운행함으로써 저비용으로 구축이 가능하며, 사용자가 원하는 가장 최신의 정밀 DEM 제작에 매우 효율적인 것으로 판단된다.

여섯째, 본 연구의 건물추출 부분과 나무추출 부분을 좀더 향상시킨다면 DSM, DTM, DEM 각각에 대한 더욱 정밀한 고도자료를 얻을 수 있는 가능성이 있을 것이라고 사료된다.

참고문헌

- 한국전산원(1998.11), 수치지도 활용을 위한 영상데이터 구조 및 모델링에 관한 연구
- Clarke, K. C. (1990), *Analytical and Computer Cartography*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Cromley, G. C. (1992), *Digital Cartography*, Prentice Hall
- Jones C. (1997), *Geographical Information System and Computer Cartography*, Addison Wesley, Longman
- D. Manandhar, R. Shibasaki (2000), *Prototype development for vehicle based laser mapping system(VLMS)*, International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing. Vol. XXXIII, Part B2. Amsterdam
- Addison Wesley Longman (1997), *Geographical Information System and Computer Cartography*, Christopher Jones
- Marc van Kreveld Jurg Nievergelt, (1997), *Algorithmic Foundations of Geographic Information Systems*, Springer.
- C.Dana Tomlin (1990), *Geographic Information Systems and Cartographic Modeling*, Prentice Hall, Englewood Cliffs.