

LiDAR 원시자료로부터 도심지역 도로추출기법 연구

Road Extracting from Raw LiDAR Data for Urban Area

장영운¹⁾ · 최연웅¹⁾ · 조기성²⁾

Jang, Young Woon · Choi, Yun Woong · Cho, Gi Sung

¹⁾ 전북대학교 공과대학 토목공학과(E-mail:choiyun@chonbuk.ac.kr)

²⁾ 전북대학교 공과대학 토목공학과, 공업기술연구센터 연구원

1. 서 론

오늘날 사람이나 물건을 운송하기 위한 도로망에 대한 database를 구축하고, 유지 관리하는 것은 현재 생활에 보편화되어 있는 교통, 도시계획 등과 같은 많은 사회 전반 업무에서 필수적인 요소로 자리 잡고 있으며, 비상사태 대처나 재난 관리와 같은 많은 중요한 요소들이 그와 같은 자료에 바탕을 두고 있다(Xiong, 2001). 그러나 도로망 자료를 구성하고 보완하는 일에는 높은 비용이 필요하며, 대부분의 시간을 많은 인력에 의존해야 하는 것이 현실이다.

많은 선행연구들에서 항공사진, LiDAR 등과 같은 원시자료를 이용하여 도시 지역의 지형 및 객체 정보를 획득하기 위한 많은 방법이 제시되었다. 그러나, 항공영상의 경우는 객체 정보의 자료 획득에 소모되는 비용이나 시간이 적게 소요된다는 장점이 있지만, 고정밀의 모델링을 위한 고해상도 자료를 제공하기는 어렵다는 단점이 있다. 또한, 대부분의 도로추출에 관한 선행연구들에서는 촬영각, 태양광, 표면재료의 다양성, 건물 그림자에 의한 폐색지역 등의 이유로 도시지역보다는 상대적으로 제약조건이 적은 시골지역을 대상으로 수행되었으며, 완전하고 정밀한 객체 추출에 있어 만족할 만한 결과를 생성하지 못했다 (Price, 1999;Hinz and

Baumgartner, 2000).

이러한 관점에서 볼 때 LiDAR(Light Detection And Ranging) 시스템은 넓은 지역에 대한 정밀한 자료의 수집에 매우 적합하며, 특히 많은 비용과 기간이 소요되는 기존의 측량방법을 대체할 수 있는 새로운 방법이라 할 수 있다. LiDAR 시스템은 1990년대 중반부터 경제적이고 효과적인 공간정보 표현방법으로 주목 받아 왔으며 3차원 정보 획득 자료는 정확한 지형을 탐지하여, 지형분석을 통한 도시계획, 건설, 해양 분야 등 다양하게 응용되고 있다. 또한, LiDAR는 능동 센서이므로 항공사진촬영과 달리 빛, 대기상태, 온도 등의 기상조건에 제약받지 않으며 삼림이나 수목지대에서도 투과율이 높을 뿐만 아니라, 측정에서부터 자료처리까지 전산 처리 방식으로 이루어지므로 기존의 방법보다 시간적, 경제적 효율이 대단히 높다.

본 연구에서는 LiDAR 원시자료로부터 도로정보 자료기반구축을 위한 도로 포인트 추출을 위하여 LiDAR 자료의 표고정보에 대한 엔트로피를 계산함으로써 포인트들을 분류 하여 그룹화하고 분류된 그룹들의 반사강도를 이용하여 도로로 예상되는 그룹을 추출하였으며, 법령에서 규정하고 있는 각종 도로 및 시설의 특징을 이용하여 도시지역 LiDAR 원시자료로부터 도로포인트를 자동적으로 추출하기 위한 방법을 제시하였다.

2. 도로의 특징

도로들은 3차원 상에서 일반적으로 건물이나 여타 구조물들과 그 편차가 일정하게 정해져 있는 것으로 구분이 가능하다. 즉 건물들은 그 표고의 변위가 크며 도로는 그 변위가 선형으로 이루어져 있으므로 도로 추출을 위해서는 도로의 특징을 파악해야 한다.

도로는 기본적으로 도로의 구조·시설에 관한 규칙(2002.12.31 건설교통부령 345호)에서 규정하고 있는 형식을 가지고 있으며 급격한 표고의 변화를 보이는 건물과 달리 도심지등에서 최대 16%의 일정한 표고의 변화를 갖는다. 또한 도로는 건물과 같이 다양한 형태를 가질 수는 있지만 일반적으로 일정한 폭으로 이루어져 있다.

일반적으로 도심지의 2차선으로 이루어진 도로의 경우는 국지도로를 기준으로 차로 폭 3.0m×2, 길 어깨 1.0m, 측대 0.25m를 포함하여 최소 7m이상의 폭을 갖게 된다.

도로상에서 나타나는 변화 중 일반적인 예와 구분되는 것은 지하 주차장 출입구이다. 지하 주차장 출입구의 경우는 일반적인 주변 표고보다 낮게 파악되며 이 때문에 다양한 경계 검출 기법에서 여러 걸림돌로 작용된다. 지하 주차장 출입구의 일반적인 크기를 파악하기 위해서는 길이와 폭을 파악해야 하며 지하주차장의 차로기준은 주차장법 시행규칙(2004.11.29 건설교통부령 411호)에서 규정하고 있으며, 지하주차장에서의 경사도의 경우 제6조 5호에서 경사로의 종단구배는 직선부분에서는 17%를 곡선부에서는 14%를 넘어서는 안된다고 규정하고 있다.

도로의 반사강도는 대상체에서 반사되어 스캐너에 도달한 레이저 강도와 송신된 레이저 강도의 비율로써 주로 대상체의 반사도에 의해 결정된다. 따라서 반사강도는 지상물의 종류를 규명하기 위한 중요한 정보로 이용할 수 있다. LiDAR의

센서는 약 $1\pm 0.1\mu\text{m}$ 전후의 파장을 이용하여 대상체의 반사강도를 기록하게 된다.

도로는 일반적으로 아스팔트로 이루어져있기 때문에 약 17%의 반사강도를 검색하는 것으로 파악할 수 있겠지만 실제 대상물의 물질적인 구성은 일반적인 반사도보다 복잡하며 측정상의 여러 가지 오차 요인으로 인해 반사강도 값이 달라질 수 있다(한수희, 2002).

3. 적용 및 고찰

3.1 연구대상지역

본 연구의 연구대상지역은 경상남도 마산 지역으로 캐나다 Optech사의 ALTM 3070 레이저 스캐너, Novatel사의 Millenium 2000 GPS 및 Applanix LN 200 INS를 이용하여 비행고도 1,400m에서 점밀도 3.0점/m²로 취득된 자료를 활용하였다.

3.2 엔트로피에 의한 LiDAR 포인트 분류

엔트로피는 영상 내에 포함되어 있는 정보의 양을 가장 잘 나타낼 수 있다는 점에서 영상처리, 패턴인식 등의 분야에서 많은 연구가 진행되고 있으며, 상대적으로 좋은 결과를 보여주고 있다.(Ferraro, 2002) Shannon의 엔트로피는 다음과 같은 식을 이용하여 구할 수 있다.

$$H = - \sum_{i=0}^{L-1} P_i \log P_i$$

본 연구에서 사용된 엔트로피 알고리즘은 기본적으로 LiDAR 자료에서 인접 포인트 간의 높이 차이를 가지고 수행하였다. 인접한 각 포인트에서의 높이차를 이용하여 엔트로피 수치를 계산하며 한 포인트를 중심으로 일정 반경안의 포인트 중 동일한 높이를 가질 확률이 50%일 때 엔트로피의 값이 최대가 되는 점을 이용한다.



그림 1. 연구대상지역의 클래스화 결과

그림 1은 엔트로피 이론을 통해 추출된 경계선 클래스를 기초로 각 포인트들의 높이 값을 이용하여 하나 또는 다수의 클래스로 둘러싸여 있으며 유사한 표고를 가진 모든 포인트들을 하나의 클래스로 묶어주는 과정을 수행한 결과이며, 그림 2에서와 같이 차량이나 사람, 가로수 등 실제 지형지물과 관계가 적은 소수의 클래스 포인트들은 오류 포인트로 판단한다.



그림 2 오류검출 결과

3.3 도로 클래스 파악

클래스화된 LiDAR 포인트들은 모두 유사한 표고 값을 지니고 있으며 인접해 있는 특징을 가지고 있다. 이러한 클래스들 중에서 클래스의 높이 값 및 반사강도를 이용하여 도로로 분류될 수 있는 클래스들을 찾아낸 다음 모두 연결하여 도로 포인트를 최종적으로 확정하게 된다.

도로로 예상되는 클래스를 찾기 위해 도로의 특성들을 활용한다. 우선 도로는 주변 건물에 비하여 상대적으로 낮은 평균표고를 갖는다. 그러므로 주변 클래스들에 비해 상대적으로 높은 높이를 가진 클래스들을 파악하여 우선적으로 제거한다.

또한, 대상지역에서의 도로지역 반사강도를 추정하기 위하여 3곳의 표본지역을 설정하고 LiDAR 데이터에서 그 반사강도를 추출하였다. 그 결과 6에서 21의 범위 값을 도로 클래스로 반사강도로 간주했다.

한 포인트만을 도로 반사강도와 비교할 경우 도로들 중간에 존재하는 가로수나 차량, 그리고 횡단보도를 포함한 도로상의 표시선이 문제가 될 수 있다. 기존 연구들에서는 이러한 포인트 단위의 적용으로 인해 도로가 끊긴체로 발견되는 경우가

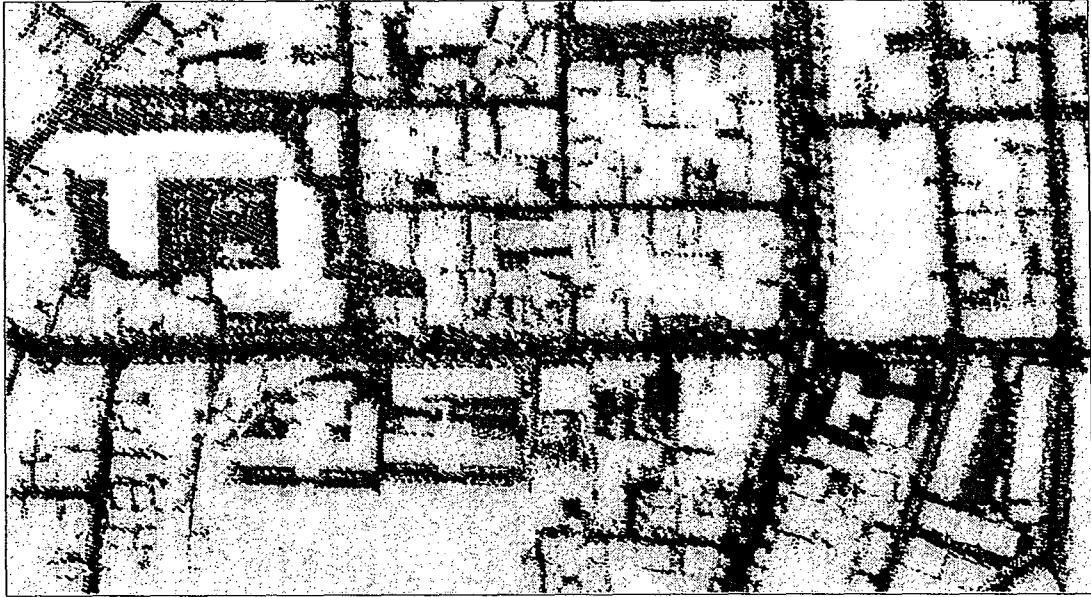


그림 3. 예상 도로 클래스 검출 결과

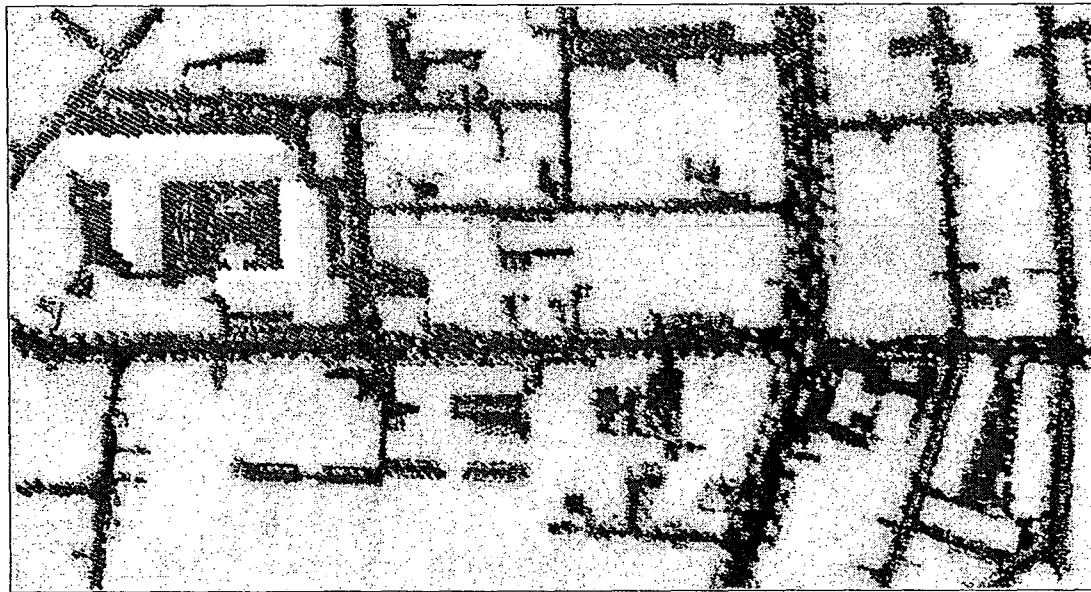


그림 4. 도로 포인트 추출 결과

대부분이었다. 본 연구의 경우 차량이나 가로수는 높이 값이 일반 도로와 다르기 때문에 엔트로피 알고리즘을 사용하여 여러 포인트로 지정하게 될 가능성이 크지만 횡단보도나 과속방지턱의 경우는 반사강도만 다를 뿐 표고는 거의 동일하기 때문에 도로가 아닌 것으로 분류될 가능성

이 크다. 이 경우 이미 동일한 클래스로 분류된 도로에서 반사강도의 통계 값을 파악하여 일반 도로의 반사강도에 가까운 값들이 많은 확률을 차지할 경우 해당 클래스를 모두 도로로 표시함으로써 오분류되는 것을 피할 수 있다. 그림 3은 예상 도로클래스 검출결과를 나타낸다.

3.4 도로 클래스 파악

예상 도로 포인트들은 도로 규정에 속하지 않는 작은 도로를 포함하고 있기 때문에 규정상의 도로만을 추출해야 할 필요가 있었다. 따라서 본 연구에서는 도로의 구조·시설에 관한 규칙(2002.12.31 건설교통부령 345호)을 기준으로 1차선 도로 폭의 기준을 최소 3m로 하고, 오차율을 포함, 2차선 기준으로 7m를 넘는 지역만을 찾는 알고리즘을 구성하였으며, 그림 4와 같은 결과를 얻었다.

4. 결론

본 연구는 LiDAR 자료로부터 도심지역 도로포인트를 자동적으로 추출하기 위한 방법을 제시하고자 하였으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. LiDAR 자료의 반사강도 및 3차원 정보에 대한 엔트로피를 이용하여 도심지역의 도로 포인트를 자동 추출하였다.
2. 대상물의 반사강도를 활용하여 도로로 예상되는 포인트들을 자동적으로 선별하는 알고리즘을 제시하였다.
3. 반사강도만으로 파악할 경우 놓칠 수 있는 도로상의 횡단보도, 중앙선, 과속방지턱 등의 지역들까지도 자동적으로 추출할 수 있는 기법을 제시하였다.

참고문헌

1. Adam Bednorz (2001), Graphical representation of the excess entropy, *Physica A* Vol. 298, pp. 400-418.
2. Aparajithan Sampath, Jie Shan (2003), Building segmentation from raw Lidar data, CD-ROM, Proceeding of ASPRS Annual Conference, May 5-9, Anchorage, Alaska, USA.
3. Baltsavias E. P. (1999), Airborne laser scanning-basic relations and formulas, *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing* Vol. 54, pp. 199-214.
4. Baltsavias, E. P. (1999), Airborne laser scanning : existing systems and firms and other resources, *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, Vol. 54, pp. 164-198.
5. Baltsavias E. P. (1999), A comparison between photogrammetry and laser scanning, *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing* Vol. 57, pp. 83-94.
6. Budi Kusnoto, Carla A. Evans (2002), Reliability of a 3D surface laser scanner for orthodontic applications, *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* Vol. 122, No. 4, pp. 342-348.
7. C. E. Shannon (1948), A mathematical theory of communication, *The Bell System Technical Journal* Vol. 27, pp. 379-423, 623-656.
8. C. F. Sin, C. K. Leung (2001), Image segmentation by edge pixel classification with maximum entropy, *Proceeding of 2001 International Symposium on Intelligent Multimedia. Video and Speech Processing*, May 2-4, Hong Kong.
9. Carla Nardinocchi, Marco Scaioni, Gianfranco Forlani (2001), Building extraction from LIDAR data, *IEEE/ISPRS Joint Workshop on Remote Sensing and Data Fusion over Urban Areas*.