

정보이론에 의한 LiDAR 원시자료의 건물포인트 분류기법 연구 Building Points Classification from Raw LiDAR Data by Infotmation Theory

최연웅¹⁾ · 장영운¹⁾ · 조기성²⁾

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

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

²⁾ 전북대학교 공과대학 토목공학과 교수, 공업기술연구센터 연구원

Abstract

In general, a classification process between ground data and non-ground data, which include building objects, is required prior to producing a DEM for a certain surface reconstruction from LiDAR data in which the DEM can be produced from the ground data, and certain objects like buildings can be reconstructed using non-ground data. Thus, an exact classification between ground and non-ground data from LiDAR data is the most important factor in the ground reconstruction process using LiDAR data. In particular, building objects can be largely used as digital maps, orthophotos, and urban planning regarding the object in the ground and become an essential to providing three dimensional information for certain urban areas.

In this study, an entropy theory, which has been used as a standard of disorder or uncertainty for data used in the information theory, is used to apply a more objective and generalized method in the recognition and segmentation of buildings from raw LiDAR data. In particular, a method that directly uses the raw LiDAR data, which is a type of point shape vector data, without any changes, to a type of normal lattices was proposed, and the existing algorithm that segments LiDAR data into ground and non-ground data as a binarization manner was improved. In addition, this study proposes a generalized building extraction method that excludes precedent information for buildings and topographies and subsidiary materials, which have different data sources

1. 서 론

지형복원(surface reconstruction)이란 지형의 기하학적 3차원 모델링을 수행하는 것으로, DEM(Digital Elevation Model)과 같은 원시 자료로부터 명확한 정보를 추출하고 이 정보를 건물 및 도로 등의 인공 지물이나 수계와 같은 자연지물과 같은 객체를 인식하고 해석할 수 있도록 하는 것이다.

이미 수년에 걸쳐 기존의 측량에 의한 방법 혹은 사진측량 기술을 이용하여 지형을 복원하고자 하는 연구가 계속되어 왔으며 특히 원시자료로부터 인공지물을 자동추출하고 묘사하는 기술은 사진측량이나 컴퓨터 비전, 지도학 및 사진판독과 같은 분야에서 주요 관심대상이 되어 현재 DEM의 생성과 같은 일부 지형복원의 경우 어느 정도 수준까지 자동화가 실현되어 있는 상태이다. 그러나, 인공지물 중 건물을 추출하는 경우 여전히 많은 부분에 대하여 수작업에 의존하고 있으며 이를 자동화하기 위한 연구가 다양하게 시도되고 있으나, 대부분의 경우 제한된 조건하에서 한정적인 성과를 거두고 있을 뿐 모든 종류의 지형복원에 적용 가능한 일반화된 접근방법이나 시스템에 관한 성과는 아직 미진한 상태이다.

최근, LiDAR(Light Detection And Ranging) 시스템은 레이저 펄스를 이용하여 최적의 경우 수직위치 정확도 $\pm 15\text{cm}$ 및 수평위치 정확도 $\pm 30\text{cm}$ 를 보장하면서 빠르게 3차원 포인트 자료를 수집하며 고밀도의 정밀한 DEM 제작의 완전 자동화를 가능하게 하였으며, 완전한지형복원작업을 수행할 수 있는 충분한 원시자료를 제공하고 있다.

일반적으로 LiDAR 자료로부터 지형복원을 위한 DEM을 제작하기 위해서는 지면자료(ground data)와 건물객체(building objects)와 같은 비지면자료(non-ground data)를 구분하는 과정이 선행되며, 이 과정을 통하여 지면자료로부터 DEM을 생성하고 건물과 같은 객체들은 비지면자료를 이용하여 복원하게 된다. 따라서, LiDAR 자료로부터 정확하게 지면자료와 비지면자료를 구분하는 것은 LiDAR 자료를 이용한 지형복원 과정에서 가장 중요한 과정이라고 할 수 있다. 특히, 건물객체는 지형상의 객체 중 수치지도 갱신, 정사사진 제작 및 도시계획 등 그 활용도가 방대하며 도시지역에 대한 정확한 3차원 정보를 제공하는데 필수적이라 할 수 있다.

본 연구에서는 정보이론 등에서 자료에 대한 무질서도 혹은 불확실성의 척도로서 활용되고 있는 엔트로피(entropy) 이론을 도입하여 LiDAR 원시자료로부터 건물을 인식하고 분할함에 있어 보다 객관적이고 일반화된 방법을 적용하고자 한다. 특히, 포인트 형태의 벡터자료인 LiDAR 원시자료를 정규격자형식으로 변형하지 않고 직접 활용하는 방법을 제시하고, 히스토그램 분석이나 주관적 관점을 통하여 일률적으로 수행되는 건물 추출과정을 객관화하고자 하였다. 또한, LiDAR 자료를 지면자료와 비지면자료로 이진화하여 분할하는 기존 알고리즘을 개선하고자 하였으며, 건물 및 지형에 대한 사전지식 및 자료원이 다른 보조자료의 활용 등을 배제한 일반화된 건물 추출기법을 제시하는데 본 연구의 궁극적인 목적이 있다.

2. 엔트로피(Entropy)이론

엔트로피는 물리학에서 기원했으며, 열역학적 엔트로피, 통계적 엔트로피 및 정보이론적 엔트로피 등의 3가지 다른 관점에서 다루어지고 있다. 본 연구에서는 3가지의 엔트로피의 개념 중에서 정보이론적 관점에서의 엔트로피 개념을 사용하였으며, 엔트로피는 정보의 부족을 측정하는 것으로서 Shannon은 다음과 같이 정의하고 있다.

$$Entropy(H) = - \sum P_i \log(P_i)$$

Shannon의 엔트로피에 관한 정의에서 엔트로피는 확률에 관한 함수로서 확률이 50%일때 최대값을 갖는 형태의 그래프를 나타낸다. 다시 말해, 표고값이 일정한 편평한 지역에서는 임의의 한점이 어떤 표고값을 갖게 되는 확률은 0 혹은 1에 가까워짐으로써 엔트로피값은 낮아지는 경향을 나타내게 된다. 또한, 건물의 경계와 같이 기복이 심한지역에서는 그 값이 어떤 값인가에 관한 불확실성이 증가함에 따라 그 확률은 0.5에 가까워짐으로써 엔트로피 값이 커지게 된다. 엔트로피를 이용한 경계추출 기법은 이러한 원리를 이용하고 있다.

3. 적용 및 고찰

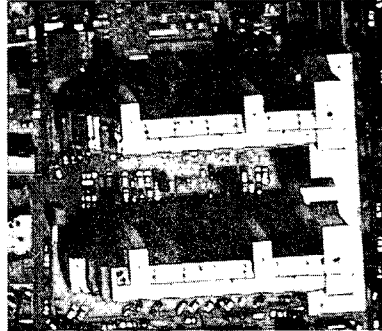
3.1 연구대상지역

본 연구의 연구대상지역은 경상남도 마산 지역으로 LiDAR 자료의 취득 면적은 약 20km²이다. 이 지역은 건물 밀집지역, 저층건물 지역, 고층건물지역 등 다양한 형태의 건물이 존재하고 있는 지역으로 캐나다 Optech사의 ALTM 3070 레이저 스캐너, Novatel사의 Millenium 2000 GPS 및 Applanix LN 200 INS를 이용하여 비행고도 1,400m에서 점밀도 3.0점/m²로 자료를 취득하였으며, 그림 1은 대상지역에 관한 항공사진으로 LiDAR 자료의 취득시 보조장비로서 사용된 CCD카메라로부터 취득된 영상이다. 특히 본 연구에서는 전체 대상지역 중 그림 1의 (a), (b) 지역에 대한 건물의 분할을 수행하였으며, 이 지역은 각각 복잡한 형태의 건물 지역, 경사지의 저층 건물 밀집지역의 특성을 나타낸다.

그림 2는 전체 대상지역중 표본지역을 확대한 영상이다.



그림 1. 연구 대상지역



(a) 복잡한 형태의 높은 건물



(b) 낮은 건물 밀집지역

그림 2. 연구대상지역 내 표본 지역

3.2 연구내용

본 연구에서는 LiDAR 자료로부터 건물을 추출하기 위하여 국부지역에 대한 로컬 엔트로피를 이용하였으며, 백터형식의 포인트 자료인 LiDAR 원시 자료를 직접 활용하기 위한 알고리즘을 제시하였다. 또한, 엔트로피에 의하여 추출된 건물 포인트들의 클래스화를 통한 분할 알고리즘을 제시하였다.

3.2.1 엔트로피 산정기법

영상이나 DSM과 같은 래스터 형식의 자료에서 엔트로피 알고리즘은 다른 일반적인 경계추출과 마찬가지로 입력화소를 중심으로 3×3 혹은 그 이상의 크기를 갖는 마스크(mask)를 이용하여 주변 화소와의 연산을 통해 입력 화소의 값을 변경하는 회선(convolution)의 원리를 이용한다.

그러나, 본 연구에서는 엔트로피를 이용한 경계검출 알고리즘을 백터형식의 LiDAR 원시자료에 직접 적용하기 위하여 래스터 형식의 자료에서 사용되는 회선기법대신 임의의 LiDAR 포인트에 대하여 포인트를 중심으로 일정 반경의 버퍼링을 실시함으로써 버퍼영역 내의 다른 인접 포인트를 검색하고 검색된 포인트들의 표고값을 이용하여 엔트로피를 계산하는 알고리즘을 제시하였다. 특히 검색되는 인접 포인트의 개수가 한쪽 방향에 집중되어 엔트로피를 계산할 때 주변 표고값들의 영향을 반영할 수 없는 문제를 해결하고자 입력 포인트를 중심으로 8방향의 영역 구분하고 각각의 영역을 검색하여 각 영역에서 최소 1개 포인트를 검색하여 엔트로피 계산에 참조할 수 있도록 하여 모든 포인트에 대하여 자기 자신 포인트를 포함하여 최소 9개의 포인트를 엔트로피 계산에 활용하도록 하였다.

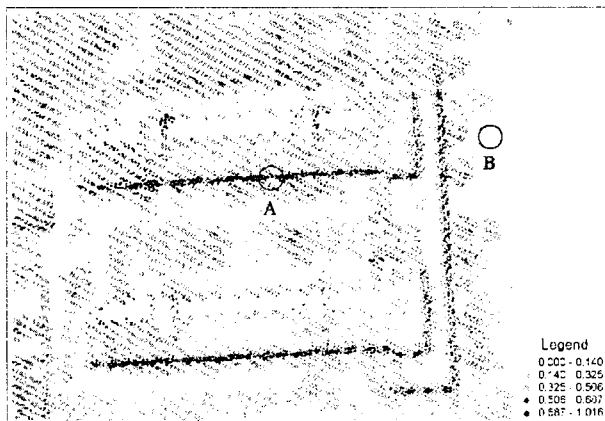


그림 3 (a)지역의 엔트로피 산정 결과



그림 4 (b)지역의 엔트로피 산정 결과

그림 7 및 그림8 은 샘플지역에 대하여 각각 local entropy를 계산한 결과이다. 그림 7에서 A지역은 엔트로피가 매우 높게 나타나고 있으며, B지역은 매우 낮은 분포를 보이고 있다. 이런 분포는 A지역 LiDAR 자료 취득시 건물 벽면에 대한 자료가 취득되어 이 부분은 건물의 하단부의 표고값과 상단부의 표고값이 혼재된 지역으로 자료에 대한 무질서도가 매우 높은 지역이며, B지역은 표고값의 변화가 크지 않은 도로 부분으로 자료에 대한 무질서도가 매우 낮은 지역이라 할 수 있어 엔트로피의 기본 원리를 정확하게 반영하고 있다. 또한, 그림 8은 (b)지역에서의 엔트로피 계산 결과로서 건물의 경계지역에서 상대적으로 높은 엔트로피 분포를 볼 수 있다. 특히, C지역에서 높은 엔트로피를 나타내고 있으며, 이 지역은 수목이 밀집되어 있는 지역으로써 수목의 경우 그 표고값이 일정하지 않고 다양한 표고값 분포를 갖게 되어 결과적으로 엔트로피가 높게 나타났다.

3.2.2 건물포인트 분류기법

그림 9 및 그림 10은 표본지역(a), (b)에 대한 건물 추출결과이다. 도로와 건물이 구분되어 있고 건물 밀집지역에서 좁은 도로들이 구분되어 있으며, 건물의 지붕위에 존재 하는 다른 건물에 대한 분류 등 전반적으로 매우 양호한 결과를 보여주고 있으며, 특히, 표본지역(a)의 좁은 계단 형식의 건물 한쪽 벽의 특징을 그대로 반영하고 있다.

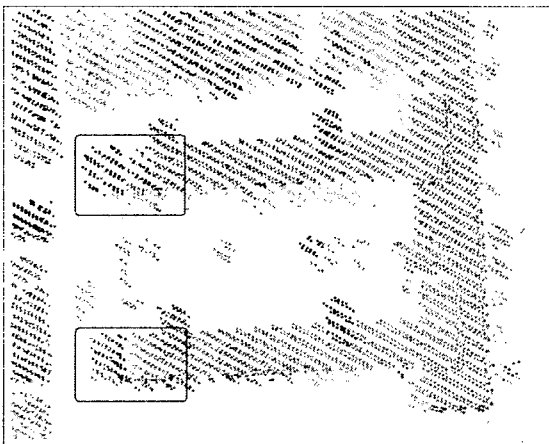
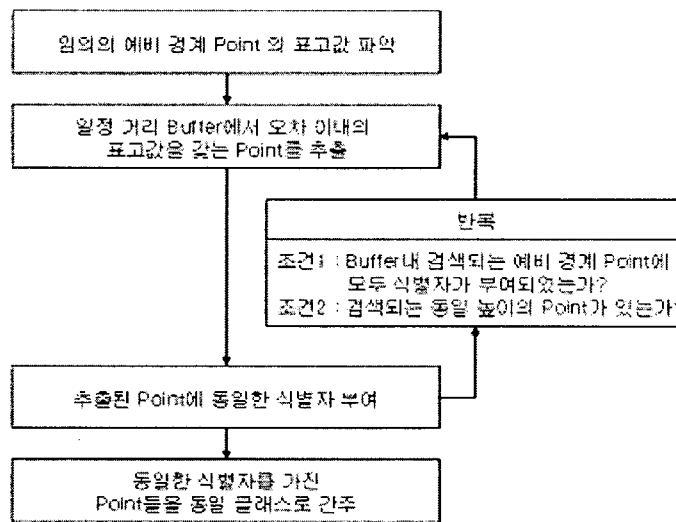


그림 6. 표본지역(a) 건물 포인트 추출결과



그림 7. 표본지역(b) 건물 포인트 추출결과

4. 결론

본 연구는 정보이론에 근거한 엔트로피 이론을 적용함으로써 LiDAR 원시자료로부터 건물을 분할함에 있어 보다 개선된 방법을 제시하고자 하였다. 특히, 건물에 대한 사전지식이나 제약조건 없이 원시 LiDAR 자료로부터 건물 포인트를 추출하였으며, 엔트로피 이론을 포인트 형태의 벡터자료인 LiDAR 자료에 직접 적용하는 방법을 제시하였다. 또한, 버퍼크기 결정과정을 객관화하기 위하여 자료의 분포특성에 따라 버퍼크기를 자동 설정하는 알고리즘과 포인트의 표고값 및 포인트들간의 인접성을 고려하여 포인트를 클래스화하는 기법을 제시하였다. 마지막으로, 건물을 이진화하여 분할함으로써 건물여부의 판단만이 가능하던 기존의 건물 분할 알고리즘을 개선하여 동일한 건물위에 옥탑과 같은 부속건물이 존재하거나 계단식의 벽면을 갖는 등의 복잡한 건물 형태의 특징들을 추출할 수 있었다.

감사의 글

이 논문은 2004년도 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었음. (KRF-2004-042-D0019)

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*.
10. David R. Wolf (1999), A Bayesian reflection on surface, *Entropy* 1999 Vol. 1, pp. 69-98.
11. Dimitris N. Politis (1993), On the maximum entropy problem with autocorrelations specified on a lattice, *IEEE Transactions on Signal Processing* Vol. 41, No. 4, pp. 1715-1716.