

## 라이다 자료의 필터링기법에 관한 연구

### A Study on the Filtering Technique of LiDAR Data

이정호<sup>1)</sup> · 한수희<sup>2)</sup> · 유기윤<sup>3)</sup> · 변영기<sup>4)</sup>

Lee, Jeong Ho · Han, Soo Hee · Yu, Ki Yun · Byun, Young Gi

<sup>1)</sup> 서울대학교 공과대학 지구환경시스템공학부 박사과정 (ilome@hanafos.com)

<sup>2)</sup> 서울대학교 공과대학 지구환경시스템공학부 박사과정 (scivile@hanmail.net)

<sup>3)</sup> 서울대학교 공과대학 지구환경시스템공학부 조교수 (kiyun@plaza.snu.ac.kr)

<sup>4)</sup> 서울대학교 공과대학 지구환경시스템공학부 박사과정 (071-kkokko@hanmail.net)

#### 요 지 (Abstract)

LiDAR의 표고점 데이터에서 건물, 수목 등과 같이 주위보다 높은 고도값을 가지는 대상물을 제거하여 DEM을 생성하기 위한 여러 가지 필터링 기법들이 개발되고 있으며 대표적인 필터링 방법으로는 분산을 이용한 linear prediction 기법, 주변점들과의 경사관계를 이용한 slope-based 기법, morphology 필터, dual rank 필터 등이 있다. 이러한 기법들은 커널(kernel)의 크기를 대상 지역에 맞도록 사용자가 직접 지정해주어야 하고, 건물의 크기가 다양한 지역에 적용하기 위해서는 가변 크기(variable size)의 커널을 필요로 한다. 본 연구에서는 다양한 크기의 건물이 존재하는 지역에 대하여 커널의 크기를 변화시키지 않고 필터링을 수행하는 새로운 커널 연산 기법을 제안하였다. 또한 기존 필터링 기법에서는 커널에 의해 갱신된 연산값이 다음 연산에 반영되지 않으나 본 연구에서는 갱신된 값이 바로 다음 연산에 반영되도록 하였다. 건물과 수목 등을 제거하기 위하여 주변 화소와의 높이차를 이용하였으며 대상물이 제거된 부분은 주변 화소를 이용하여 보간하였다.

## 1. 서론

LiDAR(Light Detection And Ranging)는 전통적인 측량기법이나 사진측량기법에 비하여 낮은 비용으로 높은 정확도의 고도 정보를 제공하여 공간분석, DSM(Digital Surface Model)제작, 도시 모델링 등에서 많은 활용이 이루어지고 있다. LiDAR 자료는 고도, 반사강도(intensity), 멀티에코(multi-echo)등의 정보를 포함하는 점(point) 형태로 제공되며 1m<sup>2</sup>당 3~4개 이상의 점을 포함하여 지표면의 고도정보뿐만 아니라 건물, 수목, 기타 지상물들의 고도정보와 형태를 포함하게 된다. 따라서 LiDAR는 공간 모델링을 위해 필수적인 지상 대상물의 자동화된 추출 등에 크게 활용될 수 있다. 그러나 사용되는 레이저의 특성으로 인해 대상물을 투과하여 다른 대상물에 반사되거나, 반사체의 특성에 따르는 반사파의 왜곡 및 GPS/INS와 같은 부속 장비에 의한 오차 발생, 건물의 모서리나 옆면에 반사되어 잘못된 대상물 정보를 제공하는 등 다수의 오차요인을 내재하고 있다. 그러므로 오차 제거를 위한 전-후처리 기법의 적용과 정확한 DEM 및 대상물 추출을 위한 필터링 적용 등의 공정이 필수적이다.

본 연구에서는 LiDAR로부터 획득한 고도자료를 보간하여 생성한 DSM으로부터 빠르고 자동화된 방식으로 DEM을 추출하는 기법을 제안하였다.

## 2. 연구동향

DSM으로부터 DEM을 획득하는 필터링에 관한 많은 알고리즘이 개발되어 있으며 아직도 많은 연구

가 활발히 진행되고 있다. 대표적인 방법으로는 Morphological operation, Linear Prediction, Slope-based filtering 등이 있다. 이들 중, Morphological operation은 수축(erosion), 확장(dilation)과 같은 기본함수의 연속으로 구성되는 open 연산을 통하여 건물, 수목 등을 제거하는 기법으로 가장 많이 이용되는 필터링 기법이다. 그러나 필터의 크기가 제거하려는 개체의 크기보다 커야하므로 대상물의 크기에 따라 필터의 크기를 조절해 주어야 하고 필터의 크기가 너무 클 경우 지형의 굴곡까지도 제거되며 지하도 입구나 맨홀과 같은 저고도 대상으로 인해 큰 오차가 발생할 수 있다. Linear Prediction 기법은 대상 점과 그 주위에 위치한 점들의 상관 관계(correlation)에 기반하는 통계학적 보간 기법으로서 최소 제곱으로 계산된 방향함수를 이용하여, 임의의 대상물을 구성하는 것으로 예측되는 점들의 집합에서 방향성이 상이한 특이점을 제거함으로써 주어진 자료의 일정한 특징을 추출한다. 이러한 과정을 통해 대상물의 선형을 예측하고 좌위점 사이의 공분산을 이용하여 일정한 높이를 가지는 자료를 제거하여 DEM을 생성한다. Slope-based filtering 기법은 점간의 경사를 구하여 급격한 경사값을 갖는 점을 제거하는 방법으로서, 대상 점과 주변에 위치한 점들의 거리를 계산하여 그것이 지면의 경사도 변화에 의한 것인지 지물에 의한 것인지를 판단한다. 이 기법은 대상점 주변의 몇 개의 점을 고려할 것인지를 결정해야 하며 지물과 지표면을 구분하기 위한 적절한 경사도를 결정해줘야 한다.

위에서 언급한 기존의 필터링 방법들은 필터링 수행시에 고려할 주변 점의 개수 혹은 필터의 크기를 적절하게 결정하는 사용자의 개입이 필수적이며 사용자의 판단과 지형의 특성에 의해 결과물의 품질이 크게 좌우될 수 있다는 단점이 있다

### 3. 연구의 흐름

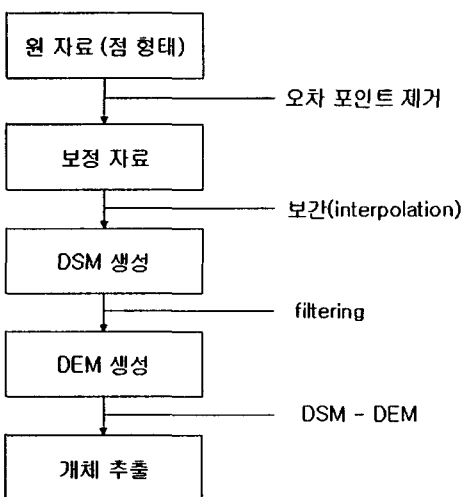


그림 1. 작업 흐름도

본 연구에서는 3X3의 고정된 크기의 커널을 이용하여 필터링을 수행하였다. 중심값을 커널 내의 주변값과 비교하여 그 차이를 가지고 중심값이 지표면을 나타내는 값인지 건물이나 수목 등을 나타내는 값인지를 결정한다. 중심값에서 주변값을 뺀 값이 임계치보다 작으면 지표면을 나타내는 것으로 간주하고 커널이 이동하여 다음 연산을 수행하며, 만일 뺀 값이 임계치보다 크면 그 지점을 제거해주기 위하여 커널 내의 값들 중 최소값으로 대체한다. 그런데 저지대와 같은 지점이 있으면 전체 지역이 낮아지는 현상이 발생할 수 있으므로 커널 내에 있는 값들중에서 전체 평균보다 일정치 이상 낮은 점들을 제외한 값들의 최소값으로 대체하는 방법을 택하였다.

65	65	66	67	67	67	66
65	65	65	66	66	67	65
65	66	80	81	81	80	80
60	58	80	81	81	80	80
67	65	80	81	81	80	80
66	66	80	80	81	80	80
65	66	79	80	80	80	80

표 1. 연산 1

65	65	66	67	67	67	66
65	65	65	66	66	67	65
65	66	65	81	81	80	80
60	58	80	81	81	80	80
67	65	80	81	81	80	80
66	66	80	80	81	80	80
65	66	79	80	80	80	80

표 2. 연산 2

표 1에서 80이라는 값을 가지는 (3,3) 지점이 위와 같은 과정에 의하여 65로 대체가 되었으며 그 다음 연산에서 대체 값인 65가 반영이 되어서 계산이 된다. 따라서 표 2에서 (3,4)에 해당하는 지점의 값인 81은 연산후에 65라는 값으로 대체되어지게 되며 이러한 과정을 통하여 건물이나 수목과 같은 점들이 제거가 된다.

이러한 필터링 과정을 통하여 DEM을 생성하게 되고, DSM에서 DEM을 빼주면 건물이나 수목과 같은 대상물을 추출할 수 있다.

#### 4. 적용 및 평가

실험에 사용된 LiDAR 자료의 제원은 표3과 같으며 대상지역의 항공사진은 그림2와 같다.

표 3. LIDAR 자료 제원

항목	제원
측량고도	800m
점밀도	2.8점/m <sup>2</sup>
scan rate	18Hz
높이 정확도	15cm
지상 관측폭	253m
대상지역	성남시 분당

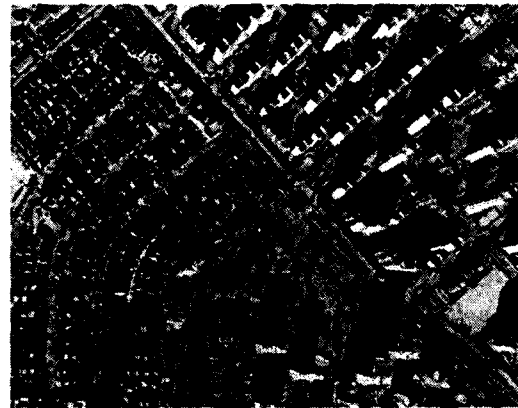


그림 2. 대상지역 항공사진 (분당)

우선 LiDAR자료에서 주위 점들에 비해 지나치게 높거나 낮은 고도를 가진 점을 오차로 판단하여 제거하는 보정작업을 하였으며 보정된 자료를 보간하여 격자형태의 DSM을 생성하였다. 보간 방법에는 IDW(Inverse Distance Weight), Spline, Kriging, NN(Natural Neighbor) 기법 등 여러 기법이 있으며 본 연구에서는 비교적 빠르고 간단한 IDW 방법을 채택하였다. 생성된 DSM은 그림3과 같다.

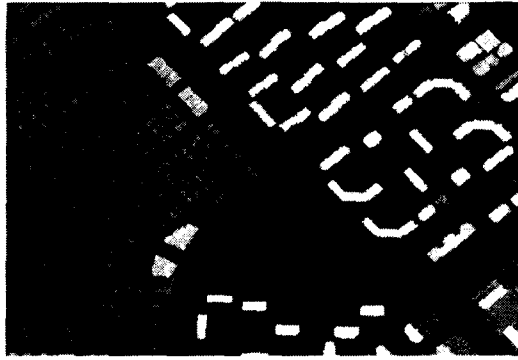


그림 3. IDW방법에 의한 DSM

본 연구에서 제안한 필터링 기법의 성능을 평가하기 위하여 가장 많이 사용되는 필터링 기법중 하나인 모폴로지 필터를 이용하여 DEM을 생성하여 정성적으로 비교하였다.



그림 4. 모폴로지 필터에 의한 DEM

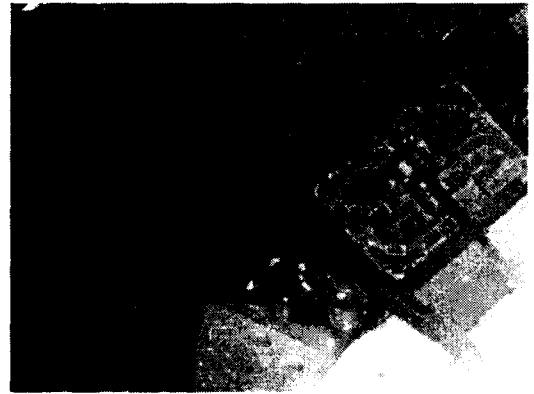


그림 5. 제안된 기법에 의한 DEM

대상 지역은 아파트와 주택이 혼재되어있는 지역이기 때문에 아파트의 크기를 고려하여 모폴로지 필터의 크기를 크게 해주어야만 하였다. 따라서 그림 4에서 표현된 것처럼 DEM이 세부적인 묘사를 하지 못하고 있음을 알 수 있다. 반면에 제안된 기법에 의하여 생성된 DEM은 보다 세부적인 묘사가 되었지만 건물 외곽 부분의 점들이 제거되지 않고 남아있었다. 이에 대한 분석과 보완이 차후에 이루어져야 할 것이다.

위에서 생성된 DEM과 DSM의 높이차이를 계산하여 건물을 추출해 보았으며 그 결과는 다음과 같다.



그림 6. 제안된 기법에 의한 개체추출



그림 7. 모폴로지 필터에 의한 개체추출

그림4와 그림5를 비교해보면 본 논문에서 제안한 방법에 의한 개체 추출 결과에서는 수목으로 생각되어 지는 개체들이 추출되지 않을 것을 알 수 있다. 이는 연산과정에서 지형과 지물의 구분을 5m의 높이차로 해주었기 때문이라고 생각되어진다.

## 5. 결론 및 향후과제

LiDAR로부터 추출된 DSM을 필터링하는 기법들은 대부분이 커널 크기나 필터 수행시 고려할 주위 점의 개수를 설정해주어야 하므로 대상물들의 크기와 같은 사전 지식이 필요하며 커널의 크기와 지형의 특성, 기타 입력 변수에 따라 결과물의 정확도가 크게 좌우된다. 본 논문에서 제시한 방법은 커널 연산에 있어서 이전 단계의 계산 결과를 바로 다음 단계의 계산에 반영함으로써 커널의 크기를 지정해주지 않고 필터링을 수행할 수 있다. 특히 모폴로지 필터에 비하여 처리속도도 빠르고 커널의 크기도 고려해 줄 필요가 없다는 장점이 있었으며 결과에서는 약간의 차이가 있었지만 추출된 건물에 있어서는 거의 차이가 없음을 확인할 수 있었다.

향후 연구과제로, 커널 연산시 이전 과정에서 발생한 오차가 전파되지 않도록 중심값을 대체하는 기법에 대한 추가 연구가 이루어져야 하고 이의 정량적인 평가를 통하여 실제 적용가능성을 확인해봐야 할 것이다.

## 참고문헌

- 이원희, 2003, "수치지도와 LiDAR 자료를 이용한 도시지역 건물 3차원 모델링에 관한 연구", 서울대학교 공학석사 학위논문
- 송정현, 2003, "3차원 도시 모델링을 위한 라이브러리 기반의 Texture Mapping 기법", 서울대학교 공학석사 학위논문
- Keqi Zhang, Shu-Ching Chen, "A Progressive Morphological Filter for Removing Nonground Measurements From Airbone LIDAR Data", IEEE Transaction on Geoscience and Remote sensing. Vol. 41. No. 4. 2003
- K. Kraus , N. Pfeifer, "Determination of terrain models in wooded areas with airborne laser scanner data", ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, vol. 53, pp. 193-203, 1998
- G. Vosselman, "Slope Based Filtering of Laser Altimetry Data", ISPRS. Vol. 23, 2000
- P. Lohman, A. Koch, and M. Schaeffer, "Approaches to the filtering of laser scanner data," Int. Arch. Photogrammetry and Remote Sensing., pt. B3, vol. 33, pp. 540-547, 2000