

LiDAR 데이터 처리에서의 수목 제거 및 모델링에 관한 알고리즘 분석

Analysis of LiDAR data processing algorithms for wooded areas

김혜인¹⁾, 박은진²⁾, 박관동³⁾

Hye-In Kim, Eun-Jin Park, Kwan-Dong Park

- 1) 국민대학교 산림자원학과 석사과정, 02-910-5187, hikim@kookmin.ac.kr
- 2) 국민대학교 산림자원학과 석사과정, 02-910-5187, eunpaljji@hotmail.com
- 3) 국민대학교 산림자원학과 조교수, 02-910-4833, kdpark@kookmin.ac.kr

요약

LiDAR(Light Detection And Ranging) 데이터 처리에 있어서 건물, 자동차, 수목 등의 비지면 객체와 지면을 분류하는 필터링 과정은 DEM(Digital Elevation Model) 구축을 위해서 중요하다. 도심지역의 건물추출 등의 필터링에 관한 연구는 활발히 진행되고 있으나 국내의 경우 수목에 대한 필터링은 비교적 연구가 미흡하였다. 따라서 이 연구에서는 기존에 다루어진 몇 가지 알고리즘을 분석하고 산림지역에 활용해 봄으로써 각 필터링에 관한 장단점을 비교하였다.

1. 서론

최근 들어 LiDAR 데이터에서 건물이나 수목, 자동차 등의 비지면 객체를 분류하고 추출하는 필터링 과정에 대한 연구가 활발히 이루어졌고, 다양한 알고리즘이 개발되어왔다(Kraus and Pfeifer, 1998; Haugerud and Harding, 2001; Zhang et al., 2003). 그러나 특정지역에서만 적용할 수 있다는 한계점이 있고, 특히 수목은 제거대상일 뿐 주된 연구대상이 아니었다. 따라서 산림지역에 적용할 수 있는 필터링을 연구하고 이와 함께 분류나 추출만이 아닌 수목 개체에 대한 정보를 얻을 수 있는 알고리즘이 필요하다.

이 연구에서는 기존의 다양한 알고리즘

중에서 수목에 적용 가능한 방법을 선별하여 심층 분석하고 실제 산림지역에 적용시켜 봄으로써 장단점을 비교한다. 이를 통해 산림지역에 적합한 알고리즘을 구현하고 국내 산림조사에 활용할 필요가 있다.

이 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 각 알고리즘에 대한 설명과 방법을 기술하고, 3장에서는 각각의 장단점을 분석한 후 결론을 맺고, 향후 연구 과제를 제시한다.

2. 알고리즘 비교

2.1. 반복적인 선형 최소제곱법

Kraus and Pfeifer(1998)가 개발한 알

고리즘의 1단계에서는 주어진 모든 LiDAR 관측점에 동일한 가중치를 가정 한 뒤 최적의 접합 평면(fitting plane)을 선형 최소제곱법을 이용하여 계산한다. 이 경우 지면 점은 음수의 잔차(residual)를, 비지면 점은 양수 혹은 작은 음수의 잔차를 가진다. 각 관측점의 잔차 값에 식 (1)을 적용하여 가중치를 갱신한다.

$$p_i = \begin{cases} 1 & v_i \leq g \\ \frac{1}{1+(a(v_i-g))^b} & g < v_i \leq g+w \\ 0 & g+w < v_i \end{cases} \quad (1)$$

식 (1)에서의 v_i 는 각 관측점의 잔차이며, a, b, g, w 는 상수들이다. 식 (1)에 의해 계산된 잔차는 대략 그림 1과 같은 형태로 나타난다. 그림의 좌측 끝단은 최대 가중치 1로 놓고 우측 끝단은 최소 가중치 0으로 설정한다. 잔차의 값이 매우 작은 음수일 때는 지면 점으로, 잔차의 값이 비교적 높은 양수의 값일 때는 비지면 점으로 간주하도록 가중치를 설정하는 것이다. a 와 b 는 그림 1에서와 같이 나타나는 가중치함수의 기울기를 결정한다.

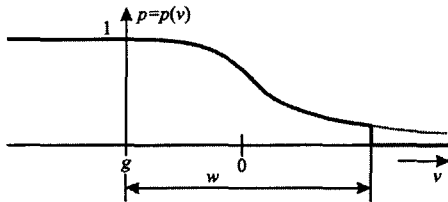


그림 1. 가중치 함수 p (Kraus and Pfeifer, 1999)

식 (1)의 매개변수 g 와 w 의 계산에는 잔차의 히스토그램(histogram)이 사용된다(Kraus and Pfeifer, 1998). 그림 2는 $g=-2, w=4$ 를 가정한 뒤 각기 다른 a, b 조합의 경우 다르게 나타나는 가중치 함수를 보여준다. 그림을 보면 a 의 값이 클수록 좌측 끝단 쪽 경사가 급하게 나타난다. 다양한 a 와 b 의 값을 사용해 본 결과

최적의 a 와 b 의 값은 각각 1과 4로 나타났다(Kraus and Pfeifer, 1998).

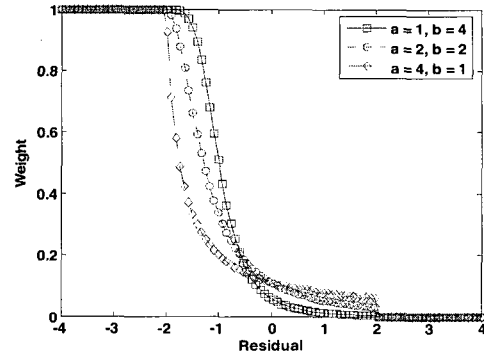


그림 2. a 와 b 의 값에 따른 가중치 함수의 변화 양상

이렇게 계산된 가중치 p_i 를 다음 반복 계산에 활용하여 접합 평면을 계산하고 또 다시 각 관측점의 가중치를 산출한다. 이 과정에서 g 도 갱신된다. 큰 음수의 잔차 값을 가지는 관측점은 최대의 가중치를, 작은 음수 혹은 다소 큰 양수의 잔차 값을 가지는 관측점은 작은 가중치를 부여받는다. 그리고 잔차가 $g+w$ 보다 큰 경우는 0의 가중치를 가지게 된다. 앞서 언급한 모든 과정은 3-4 차례 반복된다.

2.2 Despike 알고리즘

Haugerud and Harding(2001)이 제시한 Despike 알고리즘은 각 LiDAR 관측 값을 지면 점과 비지면 점으로 분류하고 심한 곡률이 일어나는 부분을 비교, 삭제함으로써 산림지역에서 수목만을 제거한다.

우선 LiDAR의 불규칙적인 데이터를 가지고 TIN(Triangulated Irregular Network)을 생성한 후 급격한 고도 차이를 나타내는 점을 수목의 정점이라 가정하고 반복적으로 제거한다. 그림 3(a)는 LiDAR의 last return으로 생성한 시애틀 지역의 DSM(Digital Surface Model)이고

그림 3(b)는 같은 지역에 Despiking 알고리즘을 적용시킨 후의 DSM이다.



(a)



(b)

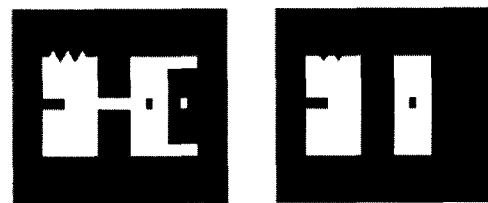
그림 3. 시애틀지역의 알고리즘 적용 전(a)과 후(b)
(Haugerud and Harding, 2001)

그림 3(b)를 보면 Despiking 알고리즘을 적용한 후, 도로나 협곡과 같은 breakline이 정확하게 나타나며 수목과 같은 작은 구조물들도 완벽하게 제거됨을 알 수 있다.

이 알고리즘은 형성된 TIN에 선형보간법을 사용하여 반복적인 실행을 함으로써 매우 효과적으로 작은 건물들과 수목, 교량들을 제거한다. 그러나 이 알고리즘은 모서리가 제거되고 negative blunders 처리에 비효율적이며 TIN 생성시간이 오래 걸리는 단점이 있다.

2.3 Progressive Morphological 필터
Zhang et al.(2003)이 제안한 Progressive Morphological 필터는 비지면 점을 제거하기 위하여 수리형태학의 필터를 사용하였다. 수리형태학의 개념은

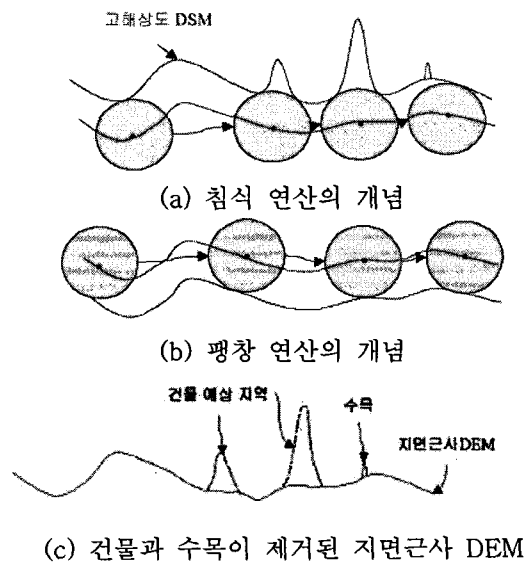
초기에 이진영상에 적용되었고, 최근에는 흑백영상에까지 확장되었다. 수리형태학의 모든 필터는 팽창 및 침식연산의 조합으로 이루어진다. 팽창연산과 침식연산의 결합은 Opening과 Closing 연산을 산출하여 LiDAR 데이터 필터링에 쓰인다. 그림 4(a)는 Opening 연산을 하기 전의 이진영상이며 그림 4(b)는 Opening 연산을 한 결과이다.



(a)

(b)

그림 4. Opening 연산 전(a)과 연산 후(b)



(c) 건물과 수목이 제거된 지면근사 DEM

그림 5. 수리형태학에 의한 건물과 수목의 추출 및 지면근사 DEM의 제작

Opening 연산은 고해상도의 DSM에서 건물, 수목 지역을 분할해내는데 주로 사용한다. 그림 5(a)는 침식 연산의 개념을

그림 5(b)는 팽창 연산의 개념을 나타내고 있다. 그림 5(c)는 침식 연산과 팽창 연산을 통해 건물과 수목이 제거된 지면에 근사한 DEM이다(김형태, 2001).

Morphological 필터를 적용할 때 보다 정확한 결과를 얻기 위해서는 window의 크기와 최적높이 임계값의 결정이 중요하다. 이 알고리즘에서는 Opening 연산을 수행하는데 있어서 window 크기를 1차 선형으로 혹은 기하급수적으로 점차 증가 시킴으로써 다양한 크기의 모든 비지면 객체들을 제거할 수 있도록 하였다. 그러나 이러한 필터링 과정은 곡률이 심한 지형의 윗부분을 잘못 제거하여 실제 지형보다 낮은 표면을 생성하는 경향이 있다. 이 문제는 지형, 빌딩, 수목의 다양한 고도 차이에 기초를 둔 최적높이 임계값을 적용함으로써 해결할 수 있다 (Zhang et. al, 2003).

Progressive Morphological 필터는 Opening 연산에서 window 크기를 증가시키고 최적높이 한계 값을 이용함으로써 LiDAR 측정치를 정확하고 효율적으로 지면과 비 지면으로 분리한다. 그러나 고도 차이가 큰 산림지역에서는 데이터 처리에 필요한 입력 변수가 비지면 객체의 제거에 큰 영향을 미치기 때문에 최적의 변수를 설정하기 위해서는 작업자가 연구 지역의 분석을 통한 사전지식을 충분히 갖추어야 한다.

3. 결론

반복적인 선형 최소제곱법은 LiDAR 투과율이 25%에 불과한 산림지역에서도 비교적 정확하게 지면과 비 지면으로 구분할 수 있는 장점이 있지만, 상세한 지형학적 특징들이 간과되는 단점이 있다. Despike 알고리즘은 반복적인 실행을 함으로써 비지면 점을 완벽하게 제거 할 수

있는 장점은 있지만, 계산 시간이 길고 빌딩이나 산림내의 건물에는 적용되지 못하는 단점이 있다. Progressive Morphological 필터는 LiDAR 측정치를 정확하고 효율적으로 지면과 비 지면으로 분리하는 반면, 고도 차이가 큰 산림지역에서는 변수의 영향이 크기 때문에 변수 결정에 대한 어려움이 있다는 단점이 있다.

앞서 살펴본 세 가지 필터링의 장점 및 단점 분석을 통하여 향후 연구에서는 산림지역에 적합한 수목 제거 및 모델링에 관한 알고리즘 개발이 필요하다.

참고문헌

1. Haugerud, R. A., and Harding, D. J., 2001, Some algorithms for virtual deforestation (VDF) of LiDAR topographic survey data, *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, XXXIV-3/W4:pp.211-217
2. Zhang, K., Chen, S.-C., Whitman, D., Shyu, M.-L., Yan, J. and Zhang, C., 2003, A progressive morphological filter for removing nonground measurements from airborne LiDAR data, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, Vol. 41, No. 4, pp872-882
3. Kraus, K., and Pfeifer, N., 1998, Determination of terrain models in wooded areas with airborne laser scanner data, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol. 53, pp.193-203
4. 김형태, 2000, GIS 건물 레이어 자동 구축을 위한 Lidar데이터와 항공사진의 융합, 박사학위논문, 서울대학교, 103pp.