

원 LiDAR 자료 구조를 이용한 LiDAR 자료의 분리에 관한 연구

A Study on the segmentation of LiDAR data using raw LiDAR data structure

한수희 (Han, Soo Hee)*, 유기윤 (Kiyun Yu)**

* 서울대학교 지구환경시스템공학부 박사과정, 02)880-7371, scivile2@snu.ac.kr

** 서울대학교 지구환경시스템공학부 조교수, 02)880-1355, kiyun@snu.ac.kr

요 약

LiDAR 자료로부터 3차원 공간 정보체계를 구축하기 위하여 LiDAR 포인트를 지면과 비지면 포인트로 분리하고 비지면 포인트를 각각의 개체(건물, 수목, 기타 인공 구조물 등)별로 분리하는 과정이 필수적이다. 그러나 LiDAR 자료는 불규칙한 분포의, 방대한 양의 포인트로 구성되어 있어 이를 처리하기 위한 특별한 형태의 자료 구조 체계의 구축이 필요하다.

본 연구에서는 유사한 고도를 갖는 인접한 포인트들로 클래스를 형성하여, 새로운 포인트에 대하여 기존 클래스 포인트들과의 인접성 및 고도 유사성을 검토함으로써 분류를 수행하였다. 이를 위하여 원 LiDAR 자료 구조를 이용하였으며 결과적으로 지면과 비지면의 분리 및 각 비지면 개체간의 분리를 동시에 수행할 수 있었다.

1. 서 론

LiDAR 자료로부터 지면 또는 비지면 개체들을 분리하는 작업은 크게 레스터 방식과 벡터 방식으로 나눌 수 있다. 레스터 방식의 경우 일반적으로 LiDAR 포인트의 표고 정보를 보간한 레스터 DSM(Digital Surface Model)이나 DTM(Digital Terrain Model)을 이용한다. 이와 같은 정규격자 형태의 레스터 자료는 특정 위치의 정보 검색이 용이하기 때문에 다양한 종류의 모폴로지 필터(morphological filter)의 적용을 통해 개체를 분리할 수 있다. 그러나 레스터 생성을 위한 보간 과정에서 일부 포인트 표고 정보의 누락 및 왜곡 현상이 발생할 수 있으며 건물 등 개체의 외곽선이 모호해지는 단점이 있을 수 있다.

벡터 방식의 경우는 LiDAR 포인트를 그대로 이용하는 방식으로서, 포인트가 불규칙적으로 분포되어 있으므로 특정 위치의 정보 검색을 위한 위상 관계를 지원하는 특

별한 자료 구조 체계로의 재편성을 필요로 한다. 최근 LiDAR 시스템이 더욱 높은 밀도의 방대한 자료를 제공하므로 보다 효율적인 자료 검색 및 처리 방식이 요구되고 있다.

기존의 여러 관련 연구들이 위의 두 가지 범주에서 수행되었으며 분리 정확도 향상을 위해 LiDAR 부가 정보, 레스터 영상, 수치지도 등을 함께 이용한 경우도 있다. 그러나 대부분의 경우, 지면과 비지면의 분리를 먼저 수행한 후 비지면 개체들간의 분리 및 레이블링(labeling) 작업을 수행하는 것이 일반적이다.

본 연구에서는 LiDAR 원 자료 구조를 이용하는 벡터 방식의 포인트 분리 방식을 제안하였다. 비록 특정 위치의 포인트 검색을 위한 자료 구조의 재편성 과정을 포함하지 않지만, 포인트 분류를 위한 쿼리(query) 과정을 효율적으로 설계하고 쿼리 범위에 제한을 둬으로써 분류 효율성을 제고하였다. 결과적으로 지면과 각각의 비지면 개체

를 일괄적으로 분리하고 레이블링할 수 있었다.

2. 본 론

가. LiDAR 원 자료의 특성

ALS(Airborne Laser Scanner)는, 비행 방향에 거의 수직으로 왕복하는 스캔 라인(scan line)을 따라 지면을 스캔하고 그 정보를 순서대로 기록한다. 따라서 LiDAR 자료 파일에 연속적으로 기록된 포인트는 실제로도 인접할 가능성이 높다(그림 1).

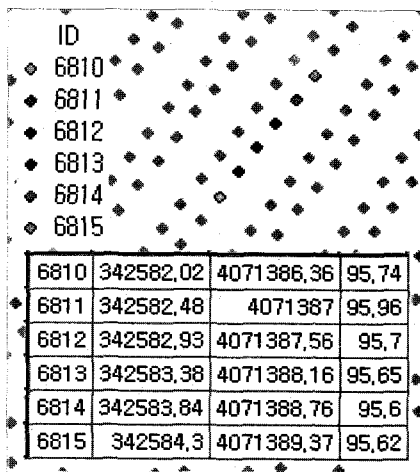


그림 1. 원 LiDAR 자료의 형태

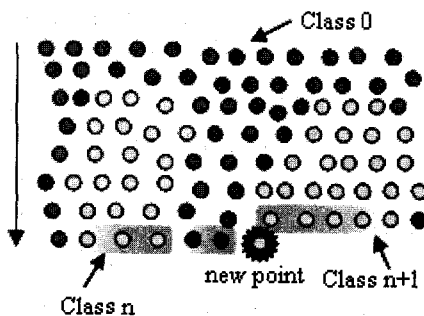


그림 2. 신규 포인트와 최근에 분류된 포인트들의 인접성

또한 파일에는 연속적으로 기록되지 않은 포인트들도 인접한 스캔 라인에 속할 경우 서로 인접할 수 있다. 이와 같은 특성으로

인하여 한 포인트가 특정 클래스로 분류될 경우 그 다음 포인트도 같은 클래스로 분류되거나 최근 포인트들이 분류된 다른 클래스로 분류될 가능성이 높다(그림 2).

나. 분류 기준

LiDAR 자료 파일로부터 첫 번째 포인트가 입력되면 첫 번째 클래스(class 0)를 생성하여 할당하고 다음 포인트는 이전 포인트와의 인접성 및 고도 유사성 검토를 통해 이전 클래스(class 0)로 분류하거나 새로운 클래스(class 1)를 생성하여 할당한다. 이후 입력되는 포인트들도 마찬가지로 기존 클래스의 멤버 포인트들과의 인접성 및 고도 유사성 검토를 통해 기존 클래스로 분류하거나, 적합한 클래스가 존재하지 않을 경우 새로운 클래스를 생성하여 할당한다(표 1, 그림 3).

표 1. 포인트 분류 조건

```

for every new point p_new
for every class n
for every point p_ni (p_ni ∈ class n)
{
if (dis(p_new, p_ni) < t_d
and alt(p_new, p_ni) < t_a)
{
allocate p_new into class n
break
}
else
{
create new class m
allocate p_new to class m
}
}
    
```

여기서, 'dis(p1, p2)'와 'alt(p1, p2)'는 각각 포인트 p1, p2간의 거리와 고도 차이를 의미하며, 't_d'와 't_a'는 각각 거리와 고도 차이 임계치를 의미한다. 거리, 고도 차이 임계치는 LiDAR 포인트 밀도와 비지면 개체의 최소 높이를 통해 정한다.

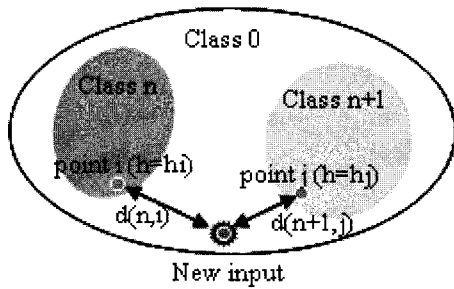


그림 3. 분류 조건의 적용 예

다. 오 분리 클래스의 인식과 병합

하나의 클래스가 내부에 존재하는 특별한 형태의 다른 클래스에 의하여 두 개 이상의 클래스로 분리되는 경우가 발생할 수 있다. (그림 4)에서와 같이 포인트 'p_a'는 클래스 A로 분류되어야 하나 스캔 방향과 클래스 B로 인하여 고립되어 새로운 클래스 C로 분류된다. 이후의 포인트들은 스캔 방향에 의하여 클래스 A나 클래스 C로 나뉘어 분류된다.

이와 같은 결점을 보완하기 위하여, 신규 포인트의 분류 적합 클래스가 검색되어도 다른 클래스에 대한 쿼리를 진행시킨다. 만약 두 개 이상의 클래스로 분류가 가능할 경우 그 클래스들을 동일한 클래스로 인식하여 병합한다(그림 4).

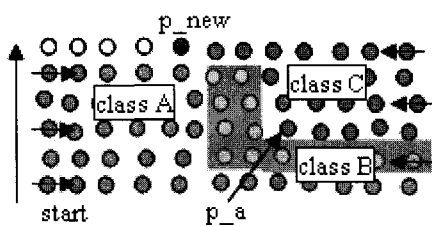


그림 4. 오 분리 클래스의 병합

라. 클래스 멤버 포인트의 쿼리 방식

각 클래스의 멤버 포인트들에 대한 쿼리 방식에 따라서 전체 분류 효율성이 크게 달라질 수 있다. 예를 들어, 한 클래스의 모든 멤버 포인트들에 대한 쿼리를 수행한 후 다음 클래스에 대하여 쿼리를 수행하는 방식은 분류 적합 클래스가 가장 나중에 검색되

는 경우 매우 비효율적인 방식이 된다.

이와 같은 비효율성을 피하기 위하여 원 LIDAR 자료의 특성 중, 신규 포인트와 최근 분류된 포인트가 인접할 가능성이 높다는 사실을 이용할 수 있다. 즉, 각 클래스마다 마지막으로 할당된 포인트들에 대하여 쿼리를 수행하고 다음으로 그 이전에 할당된 포인트들에 대하여 쿼리를 수행한다(그림 5).

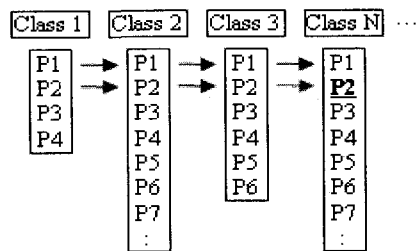


그림 5. 각 클래스 멤버 포인트의 쿼리 순서

또한, 가장 최근 포인트가 분류된 클래스를 쿼리의 처음 위치에 배치시키며, 클래스는 마지막으로 할당된 포인트에 대한 쿼리가 가장 먼저 수행될 수 있도록 스택(stack) 구조나 리스트(list) 구조로 설계한다(그림 6).

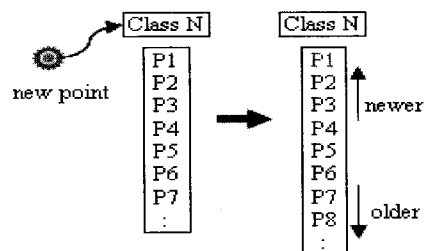


그림 6. 클래스의 구조

마. 쿼리 범위의 제한

위에서 제시한 방식에서, 쿼리는 신규 포인트의 분류 적합 클래스가 검색되기 전까지 진행된다. 만약 적합한 클래스가 없을 경우 모든 클래스의 모든 멤버 포인트에 대하여 쿼리가 수행된다. 따라서 분류된 포인

트의 수가 증가함에 따라 쿼리 대상 포인트의 수도 함께 증가하여 분류 속도가 떨어지게 된다. 이와 같은 단점은 원 LiDAR 자료로부터 구분 가능한 스캔 라인의 특성을 이용하여 쿼리 범위를 제한함으로써 해결할 수 있다. 즉, 새로운 포인트는 상당 수 이전의 스캔 라인에 속한 포인트들과 인접할 가능성이 낮으므로 일정 수의 최근 스캔 라인에 포함된 포인트들에 대해서만 쿼리를 수행한다. 따라서 쿼리 대상 포인트의 수가 크게 증가하지 않으며 분류가 진행됨에 따라 분류 속도가 저하되지 않는다.

이를 위하여 각 클래스를 쿼리 클래스(query class)와 저장 클래스(storage class)로 분리한다. 쿼리 클래스는 분류된 포인트들을 일시적으로 저장하여 다음 포인트들의 분류에 사용된다. 스캔 라인 수가 증가하여 주어진 임계치(t_{sl})에 도달하면 쿼리 클래스의 가장 오래된 스캔 라인에 속한 포인트들을 저장 클래스로 옮긴다(그림 7).

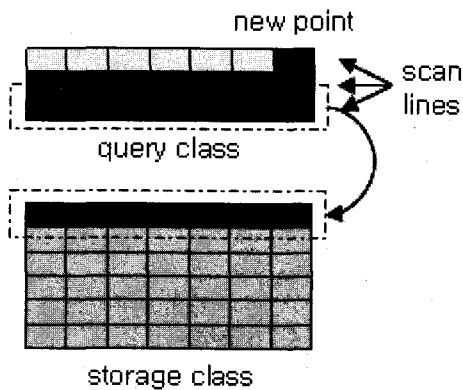


그림 7. 쿼리 클래스와 저장 클래스

3. 적용

정확한 스캔 라인을 이용한 포인트 분류를 수행하기 위하여 하나의 스트립에 대하여 적용하였으며 자료의 제원과 적용한 임계치는 (표 2)와 같다.

표 2. 자료의 제원과 적용 조건

대상지역	천안 일부	
ALS	Optech ALTM 3070 부속 디지털 카메라	
점밀도	1.56 포인트/㎡	
임계치	t_d	1.5m
	t_a	0.5m
	t_{sl}	10

분리된 클래스의 수와 각 클래스에 포함된 포인트의 개수는 (표 3)과 같다. 분리된 클래스의 수는 실제 대상 영역에 존재 가능한 개체수보다 훨씬 많음을 알 수 있다. 그러나 분리된 클래스의 74% 정도는 1~5개의 포인트를 가진 군소 클래스로서 이들에 포함된 총 포인트 수는 전체의 4%에 불과하다. 따라서 이와 같은 군소 클래스를 무시하더라도 각 클래스 개체의 형태적 정확도는 크게 영향을 받지 않을 것으로 보인다.

표 3. 분리된 클래스와 각 클래스에 속한 포인트 개수

포함된 포인트 개수	클래스 수	총 포인트 수
1~5	714	1225
6~10	59	436
11~50	124	2794
51~100	23	1617
101~500	39	7301
501~1000	6	3318
1001~	4	18949
합계	969	35640

(그림 8, 9)는 일부 건물에 대한 포인트 분리 결과를 보여준다. 지면과 건물의 분리 및 각 건물간의 분리가 비교적 정확하게 수행되었다. 또한 건물의 옥탑 또는 엘리베이터실로 추정되는 부속체 역시 분리되었다. 그러나 일부 클래스의 오 분리 현상과 인접한 클래스간의 병합 현상도 발생함을 확인할 수 있었다.



그림 8. 대상 영역 일부 항공사진



• 422	• 597	• 710	• 792	• 863
• 501	• 603	• 730	• 857	
• 511	• 649	• 777	• 861	

그림 9. 분리된 개체

4. 결론과 향후 연구 과제

본 연구에서는 원 LiDAR 자료 구조를 이용한 새로운 LiDAR 포인트 분리 방식을 제안하였다. 레스터 자료로의 보간이나 특별한 자료 구조 체계로의 재편성 과정을 거치지 않고 원 자료를 직접적으로 분류하는 방식을 채택하였다. 아울러 원 LiDAR 자료 구조를 이용하여 분류를 위한 쿼리의 범위를 제한함으로써 분류의 효율성을 향상시킬 수 있었다.

결과적으로 지면 클래스와 각각의 비지면 개체 클래스들이 분리되었으며 옥탑과 같은 부속 개체 역시 개별 클래스로 분리 가능성을 확인할 수 있었다.

향후 연구 과제로, 각 클래스간의 포함 관계를 규명하는 과정을 통해 모(母)개체와 부속 개체를 구분하여 표현하는 연구를 진행하고자 하며, 스트립별로 분류를 수행하여 비지면 개체를 추출함으로써 LiDAR 자료의 정확도 향상을 위한 자료로 활용하는 연구를 수행하고자 한다.

참고논문

1. 김형태, 2001, "GIS 건물레이어 자동구축을 위한 LiDAR 데이터와 항공사진의 융합", 박사학위논문, 서울대학교
2. 좌윤석, 2003, "항공 레이저 스캐닝 데이터를 이용한 건물 자동 추출에 관한 연구", 석사학위논문, 인하대학교
3. Franz Rottensteiner and Christian Bries, "A New Method for Building Extraction in Urban Areas from High-Resolution Lidar Data", Symposium der ISPRS-Comm. III, Graz, 9 - 13 September 2002.
4. Tim Haithcoat, Mr. Wenbo Song, James Hipple, "Automated Building Extraction and Reconstruction from LiDAR Data", LiDAR R&D Program for NASA/ICREST Studies Project Report 09/16/01.
5. Michel Morgan, Ayman Habib, "Interpolation of LiDAR data and automatic building extraction", ACSM-ASPRS 2002 Annual Conference Proceedings.