

LiDAR 원 자료 구조를 이용한 건물영역 분리에 관한 연구

한수희 ,유기윤

서울대학교 지구환경시스템공학부
scivile2@snu.ac.kr, kiyun@snu.ac.kr

A study on Building Area Segmentation Using Raw LiDAR Data Structure

Soo-Hee Han, Kiyun Yu

요 약

LiDAR 자료를 이용한 지형 및 공간 정보 자료를 구축하기 위해서는 LiDAR 자료의 오차 보정, 건물영역 및 지면 분리, 건물 및 지형의 재구성 등의 과정이 필요하다. 그 중에서 건물영역 분리 과정은 막대한 양의 LiDAR 자료에 대한 직, 간접적인 처리를 필요로 하며 결과물의 품질에도 큰 영향을 미친다.

본 연구에서는 LiDAR 자료로부터 건물 영역을 분리해 내기 위하여 LiDAR 원 자료를 그대로 활용하는 방식을 제안하였다. 항공레이저측량은 스캔라인을 따라 취득되는 포인트 정보를 순서대로 저장하여 제공하므로 LiDAR 자료로부터 연속적으로 입력되는 포인트들은 서로 인접할 가능성이 높다. 이와 같은 특성을 이용하여 유사한 고도 값을 갖는 인접 포인트들로 클래스를 형성하고 새로운 포인트가 속할 클래스를 검색하여 편입시킴으로써 건물영역을 분리해 낸다. 아울러 각 건물 클래스에 대한 레이블링도 자동적으로 수행하며 새로운 포인트가 편입될 클래스를 검색하는 방법에 있어서도, 클래스의 검색 순서와 클래스의 자료 구조를 효율적으로 운용함으로써 성능 향상을 도모하였다.

서 론

LiDAR 자료로부터 건물영역을 분리하는 방식은 사용하는 자료의 형식에 따라 보 간된 DSM을 이용하는 래스터 방식과 포인트를 그대로 이용하는 벡터 방식으로 나눌 수 있다. 래스터 방식의 경우 정규격자 형태의 DSM을 이용하므로 특정 위치의 특성을 검색하기가 용이하므로 모폴로지컬 필터(morphological filter)의 적용을 통한 건물영역 분리가 효과적이다. 그러나

포인트 자료를 정규격자로 보간하는 과정이 많은 연산을 필요로 하고 건물의 윤곽선이 모호해질 수 있으며 대상지 특성에 따른 필터 및 인자(parameter) 적용이 필요하다. 벡터방식은 포인트 자료의 분포가 불규칙적이므로 특정 위치의 자료 검색을 효율적으로 하기 위하여 위상관계를 지원하는 특수한 자료구조의 구축이 요구된다. 특히 최근의 고성능 LiDAR 장치에서 취득 가능한 높은 밀도의 포인트 자료는 결과물의 정확도는 향상시킬 수 있으나 자료

양의 엄청난 증가로 인해 자료 처리 및 분석상의 효율성이 더욱 절실히 요구되고 있다.

본 연구에서는 제안한 건물영역 분리 방식은 포인트 자료를 직접적으로 사용하며 LIDAR 포인트 자료의 기록 특성을 이용하여 위상관계 자료구조의 구축을 필요로 하지 않는다. 건물영역과 지면의 분리와 함께 각 건물별 분리가 자동적으로 수행되며 특수한 형태로 인해 서로 다른 개체로 오 분리된 지면 포인트나 동일 건물 포인트도 분석 과정 중에 병합된다.

본 론

1. LiDAR 자료의 기록 특성

항공레이저측량은 비행체가 이동하면서 레이저 스캐너가 일정한 각도 내에서 왕복하며 지상 포인트를 측량하여 그 정보를 측량된 순서대로 기록한다. 따라서 LiDAR 원 자료를 순차적으로 처리할 경우 새로 입력되는 포인트는 이전 포인트와 인접관계를 이루게 되며 한 포인트가 특정 개체에 속할 경우 다음 포인트도 동일 개체에 속할 가능성이 높다. 이와 같은 특성을 이용하면 각 포인트가 분류될 클래스의 검색 효율성을 증가시킬 수 있다.

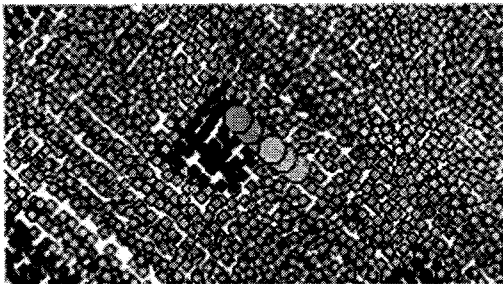


그림 1 실제로 인접한 LiDAR 포인트

3288	342038,161	4071085,989	129,13400
3289	342037,593	4071086,451	129,21500
3290	342036,348	4071087,437	129,65800
3291	342035,952	4071087,816	129,11800
3292	342035,385	4071088,281	129,14400
3293	342034,837	4071088,737	129,11200
3294	342034,265	4071089,207	129,13900
3295	342033,721	4071089,662	129,08100
3296	342033,15	4071090,127	129,15000
3297	342032,588	4071090,596	129,09600
3298	342032,024	4071091,06	129,12100
3299	342031,47	4071091,521	129,07900

그림 2 연속으로 기록된 포인트 정보

2. 건물영역 분리

2.1. 포인트의 분류 기준

유사한 고도 값을 가지는 포인트들을 병합하여 클래스를 생성하고 새로 입력되는 포인트는 기 생성된 클래스의 구성 포인트들과의 거리 및 고도 차이를 비교하여 적합한 클래스에 편입시킨다. 또한 모든 클래스 포인트와의 거리 또는 고도 차이가 임계치(threshold)를 초과하여 편입 가능한 클래스가 존재하지 않을 경우 새로운 클래스를 생성하여 편입시킨다.

```

for every n
  for every i (point i ∈ class n)
    if (d(n,i) < d_threshold
       and h(new)-h(n,i) < h_threshold)
      {
        select n
      }
    end
  }
if (none is selected for n)
  create new class
  
```

그림 3 입력 포인트의 분류 기준

여기서, d 는 새로운 포인트와 기존 클래스에 속한 포인트의 거리이며 h 는 고도이다. 포인트의 최대 거리 임계치와 고도차 임계치는 포인트 밀도와 건물과 지면의 최소 고도 차이를 통해 결정한다.

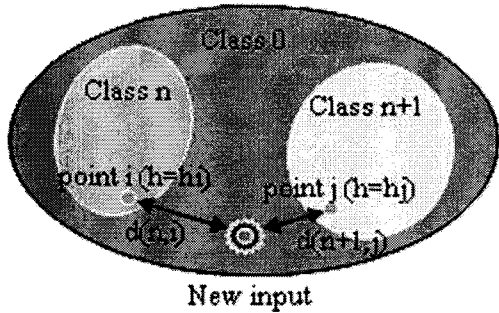


그림 4 포인트 분류의 개념도

이와 같은 연산의 결과로 각 건물을 구성하는 포인트 클래스가 생성되고 건물의 옥탑 및 나무와 같이 주위와 큰 고도 차이를 갖는 개체 및 지면, 기타 군소 클래스도 함께 생성된다.

2.2. 클래스 구조와 포인트 검색

새로 입력되는 포인트가 편입될 클래스를 결정하기 위하여 각 클래스의 구성 포인트들을 검색하는 것은 검색 방식에 따라 효율성이 크게 달라질 수 있다. 예를 들어, 한 클래스의 모든 포인트를 검색하고 다음 클래스의 모든 포인트를 검색하는 방식의 경우 실제로 편입될 클래스가 나중에 검색되면 불필요한 검색 시간을 소모하게 된다.

이와 같은 비효율성을 막기 위하여 LiDAR 원 자료의 기록 방식을 활용할 수 있다. 즉, 원 자료에 인접하여 기록된 포인트들은 실제로도 인접관계를 나타내므로 새로 입력되는 포인트는 기존 클래스를 구성하

는 포인트들 중 가장 최근에 편입된 포인트와 인접할 가능성이 높다.

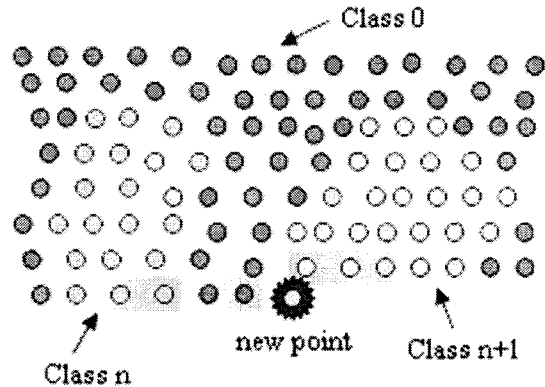


그림 5 입력 포인트와 최근 편입 포인트의 인접성

이와 같은 사실에 근거하여 각 클래스의 가장 최근 편입 포인트부터 검색을 수행한다.

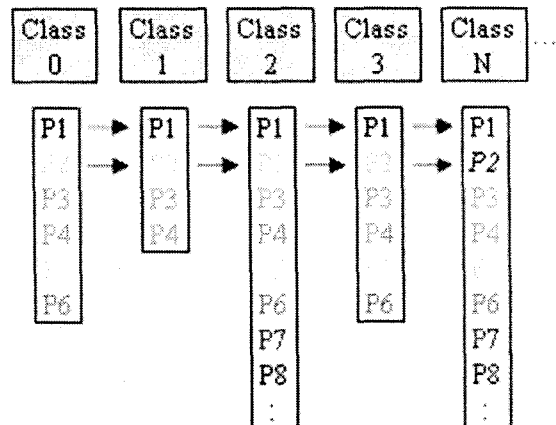


그림 6 각 클래스의 포인트 검색 순서

또한, 클래스는 자료의 효율적인 검색과 메모리 관리를 위하여 리스트(list) 구조로 구성하며 새로운 포인트가 편입될 경우 클래스의 첫 번째 검색 위치에 배치시킴으로써 최근 편입 포인트부터 검색되도록 한다.

아울러 새로운 포인트가 편입된 클래스는 다음 입력 포인트도 동 클래스에 속할 확

률이 높기 때문에 검색 순위를 높임으로써 보다 효율적으로 편입 클래스를 결정할 수 있도록 한다.

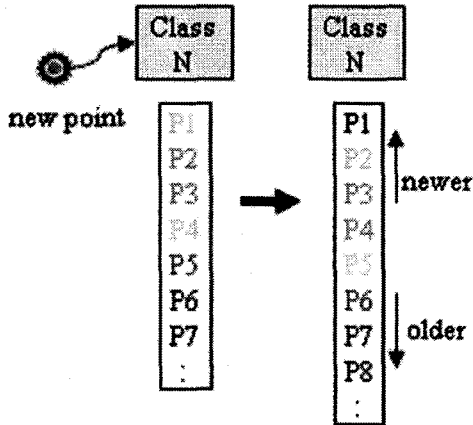


그림 7 클래스의 구조와 신규 편입 포인트의 배치

2.3. 오 분리 클래스의 병합

같은 클래스로 분류되어야 할 포인트들이 해당 개체의 형태적 특성이나 주변 포인트의 영향으로 인해 두 개 이상의 다른 클래스로 분류되며 이로 인하여 클래스가 오 분리되는 경우가 발생할 수 있다.

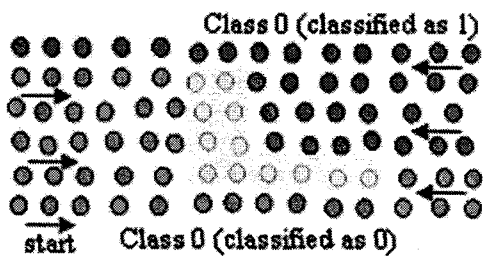


그림 8 클래스의 오 분리 예

이와 같은 현상을 수정하기 위하여, 새로운 포인트가 편입 가능한 두 개 이상의 클래스를 검색하여 오 분리된 클래스를 확인한다. 즉, 편입 가능한 클래스가 검색

된 이후로도 그 외의 편입 가능한 클래스를 검색하여 하나 이상의 클래스에 추가로 편입이 가능할 경우 해당 클래스들 모두 분리된 동일 클래스로 확인하고 이들을 병합한다.

```

if (new point can be classified
    to class 0 and class1, ...)
{
    merge class 0 and class 1, ...
}
    
```

그림 9 오 분리 클래스의 병합 조건

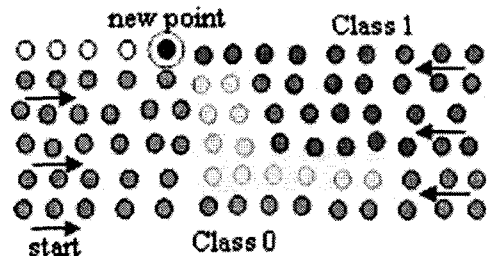


그림 10 오 분리 클래스의 병합 예

2.4. 군소 클래스의 제거

항공레이저측량 자료에 본 방식을 적용할 경우 자료의 특성상 오차 포인트가 산재하여 새로운 클래스를 형성하거나 추출 대상이 아닌 작은 지물이 군소 클래스를 형성하여 필요 없는 클래스가 크게 증가하는 현상이 발생할 수 있다. 이와 같은 현상을 완화하기 위하여 구성 포인트의 개수가 매우 적은 클래스(예를 들어 1~10개, 포인트 밀도에 따라 다르게 적용)를 제거해야 한다. 또한 군소 클래스가 과도하게 발생하는 지역에 대해서는 거리 및 고도 임계치를 보다 크게 설정하여 이들의 발생을 감소시킬 수 있다.

3. 적용

본 연구에서 제안한 건물 영역 분리 방식을 실제 항공레이저측량 자료에 대하여 적용하였다. 사용된 항공레이저측량장비의 일반 제원과 대상 지역은 다음과 같다.

항목		제원
측량 장비	기종	ALTM 3070
	제조사	Optech 社, Canada
	최대운영고도	3,000m
	최대레이저반복율	70,000Hz
	수평정확도	15cm
대상 지역		충청남도 천안 일대
대상 영역 크기		약 70m by 50m

표 1 사용된 LiDAR 자료의 제원

본 연구에서는 LiDAR 원 자료의 특성을 최대한으로 이용하고 클래스 수의 증가를 방지하기 위하여 하나의 스트립에 대해서만 적용하였다. 10개 미만의 포인트를 포함하는 클래스는 소형 개체나 오차 포인트 클래스로 가정하여 제거하였으며 적용한 포인트 최대 거리 임계치 및 고도차 임계치, 결과로 추출된 클래스 특성은 다음과 같다.

항목	제원
최대 거리 임계치	1.5m
고도차 임계치	0.5m
초기 추출된 클래스	111개
포인트 10개 이상 클래스	20개
지면 영역	1,7번 클래스

표 2 사용된 LiDAR 자료의 제원

대상지역에 어느 정도의 지형 기복이 존재하고 다양한 형태의 건물이 존재하나 결과적으로 지면영역과 거의 모든 건물영역이 분리되었으며 각 건물은 서로 다른

클래스로 분리되었다.

다만, 일부 지역의 경우 고도 차이에 의하여 동일 클래스의 일부가 다른 클래스로 분리되는 경우가 발생하였으며, 일부 건물은 소수의 유사 고도 포인트에 의해 인접하는 개체와 연결되는 문제도 발생하였다.

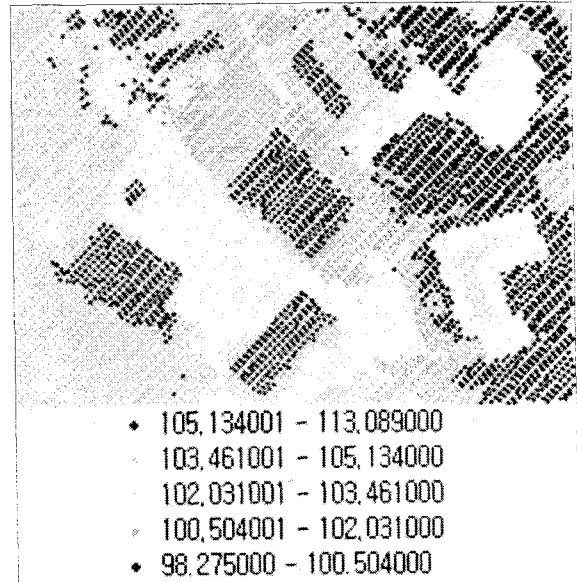


그림 11 대상 영역 (index : 고도, m)

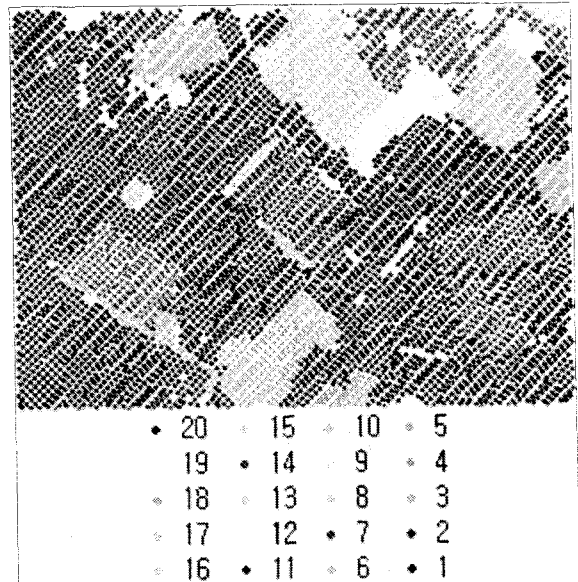


그림 12 분리 결과 (index : 클래스)

결 론

본 연구에서는 LiDAR 자료의 특성을 이용하여 효과적으로 건물 영역을 추출할 수 있는 방식을 제시하였다. 보간을 통한 래스터 DSM의 생성이나 포인트 자료의 자료 구조 재구성 없이 LiDAR 원 자료를 그대로 사용함으로써 자료 처리의 효율성과 결과물의 품질을 향상시킬 수 있을 것으로 보인다.

지형 기복과 다양한 형태의 건물이 존재하는 대상 지역의 LiDAR 자료에 적용한 결과, 지면 영역과 대부분의 건물영역이 분리되었으며 각 건물은 서로 다른 클래스로 분리되어 레이블링 작업을 필요로 하지 않음을 확인하였다.

본 연구에서 제시한 방식으로, 건물의 옥탑이나 굴뚝과 같이 건물 경계내부에 존재하는 개체, 수목, 기타 복잡한 형태의 개체도 분리가 가능할 것으로 보이며 이와 같은 상세 개체 추출에 관한 연구도 진행시키고자 한다.

또한, 다중 스트립 및 높은 포인트 밀도의 광역 공간에 적용하기 위하여 클래스 검색 범위를 제한함으로써 효율성을 향상시키고, 동일 개체를 스트립마다 개별적으로 추출함으로써 스트립 보정 등의 자료로 활용하는 연구를 추가적으로 수행하고자 한다.

참고문헌

[1] 김형태, 2001, "GIS 건물레이어 자동 구축을 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 Briesse, "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.