

# 타일화된 항공 라이다 데이터로부터의 재귀적 건물영역 추출 기법

박창후\*, 김유성\*

\*인하대학교 정보통신공학과

e-mail:cchpl@naver.com

## A Recursive Building Area Extraction Technique for Tiled Aerial LiDAR Data

Chang-Hoo, Park\*, Yoo-Sung Kim\*

\*Dept of Information Technology, Inha University

### 요 약

타일로 분할된 항공 라이다 데이터로부터 데이터마이닝 기법을 이용한 지표면 분류 결과에 따라 건물을 포함하는 타일에 대해 적용할 건물영역 추출 기법을 제안한다. 본 기법은 재귀적 경계점 추출 알고리즘과 경계점 연결을 통해 경계선을 형성하고 경계선을 타일의 외벽과 연결해 건물영역의 외곽을 추출한다. 제안된 기법으로 추출된 건물 영역을 실제 항공사진과 비교하여 제시하고 재귀적 경계점 추출 알고리즘의 실행시간을 단축시키기 위해 사용된 지형정보 인덱스의 실행시간 단축 효과 분석이 제시된다.

### 1. 서론

자연 재해, 도시개발 등에 의한 국토의 변화를 탐지하기 위한 국토 모니터링에 필요성이 증가하고 있다. 지형의 변화탐지를 위해서는 지형 유형의 구분과 구조물의 인식이 중요하다[4]. 항공 LiDAR(Light Detection and Ranging)기술은 항공 영상에 비교해 더 적은 시간으로 더 넓은 영역을 측정할 수 있고 항공영상은 제공하지 않는 고도정보를 얻을 수 있는 장점으로 인해 지형의 변화 탐지에 그 활용도가 넓어지고 있다. 항공 LiDAR 측량은 항공기에 레이저 장비를 탑재해 지표면으로 발사한 레이저 신호에 대한 반사 신호를 분석해 측정점의 고도, 신호의 반사강도, 반사 신호의 개수 등의 정보를 취득한다[5]. 항공 LiDAR 데이터를 이용한<sup>1)</sup> 지표면 분류 및 건물-비건물의 경계선을 찾는 연구가 활발히 진행되었고 본 연구에서는 모든 점 데이터를 대상으로 지형, 비지형 여부를 판단하는 상향식 접근방법과 달리 데이터를 타일로 분할해 데이터마이닝 기법을 이용해 타일별로 분류를 수행하고 건물로 분류된 타일에 한해 건물의 외곽선을 인식하여 건물 영역을 추출하는 방법을 제안한다.

### 2. 관련연구

건물영역으로부터 경계선을 추출하는 연구가 많은 저자에 의해 진행되었다. Neidhart[4]는 여러 채의 건물을

형성하는 LiDAR 점들에 대해 Delaunay-Triangulation 기법을 이용해 점들 간의 인접관계를 정의하고 형성된 삼각형들을 대상으로 영역확장을 수행해 독립적인 건물에 해당하는 점의 집합으로 분리해 낸다. 이전 단계에 의해 경계선은 자동으로 검출되고 굴곡이 심한 경계선에 대한 Douglas-peucker[2], 그래프 기반 접근[1], RANSAC[3] 기법을 통해 단순화를 수행한다. 이 기법은 추출된 건물점 전체를 대상으로 영역확장을 통해 한 건물로 만들어 경계선을 추출하는 기법으로 점 단위 연산을 최소화 하려는 하향식 접근방법과는 거리가 있다.

조흥범[9]은 건물로 분류된 LiDAR 데이터를 옥트리 분할을 기반으로 3차원 공간상에서 재귀적으로 분할해 패치를 구성하고 인접한 패치와의 동일 구성면 여부를 판단해 병합한다. 병합된 패치를 대상으로 인케이싱 폴리곤 제작 알고리즘을 이용해 건물지붕 구성면의 최외각점을 추출하고 순환적정점 선택기법(Integrated Refinement Method: IRM)을 이용해 추출된 윤곽점의 형상을 대표하는 특이점을 추출한다. 추출된 특이점을 대상으로 건물 구성면의 근사직선의 각도가 직각에 가까울 때 두 윤곽선을 연결해 건물의 꼭지점을 형성한다. 이 기법은 건물로 분류된 점들을 대상으로 3차원으로 패치를 형성해 유사한 성격을 갖는 패치들을 연결 후 건물 한 채의 점 전체를 포함하는 폴리곤을 형성한 후 특이점을 직각으로 근사시켰다. 이 기법 또한 건물로 분류된 점들을 대상으로 적용되고 모든 건물점에 대한 연산이 필수적이기 때문에 하향식 접근방법에 적용하기에는 적합하지 않다.

1) 본 연구는 국토해양부 첨단도시기술개발사업 지능형 국토정보 기술혁신 사업과제의 연구비지원(07국토정보C03)에 의해 수행되었습니다.

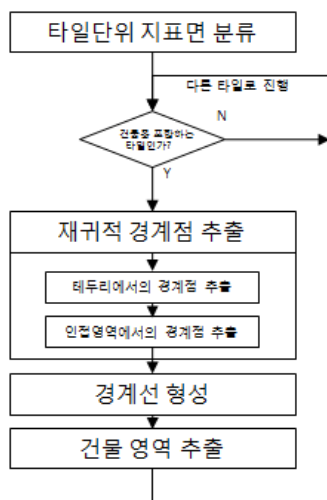
### 3. 지표면 분류

점으로부터의 연산 결과로부터 건물을 형성하고 경계선을 찾는 상향식 접근방법과 달리 하향식 접근방법은 LiDAR 데이터를 타일단위로 분할한 후 정의된 특징값들을 근거로 데이터마이닝 기법을 이용해 생성된 분류모델을 이용해 타일단위로의 분류를 수행한다[8]. 다수의 점 데이터가 들어있는 타일은 분류모델 제작단계에서 정의된 클래스로 분류된다. 이때 타일단위의 지표면 분류의 시간 효율을 높이기 위해 동적 가변 윈도우 기법이 제안되었다 [6]. 하향식 접근방법은 이처럼 모든 단계에서 필요 없는 점단위 연산을 줄이고자 설계된 방법으로 상향식 접근방법에 비해 고속처리에 중점을 둔 방법이다. 이러한 단계를 통해 항공 LiDAR 데이터는 타일화 되어 분류과정을 거쳐 타일 단위로 지형의 유형 클래스로 분류된다. 본 논문에서 제안하는 건물영역 추출 알고리즘은 지표면 분류 결과 클래스가 건물이거나 건물을 포함하고 있는 건물-도로, 건물-평지로 이루어진 경우에 선택적으로 수행되어 건물이 위치해 있지 않은 타일에서의 불필요한 연산을 피할 수 있게 한다.

### 4. 건물영역 추출

Neidhart[4], 조홍범[9]이 제시한 경계선 추출 기법의 경우 건물로 분류된 점들을 입력으로 하고 점들 간의 반복적인 연산을 통해 수행되기 때문에 하향식 접근방법에 적합하지 않다. 본 연구에서는 건물 점과 지표 점이 함께 존재하는 데이터를 입력으로 하고 점들 간의 연산을 최소화 할 수 있는 건물영역 추출 알고리즘을 제안한다.

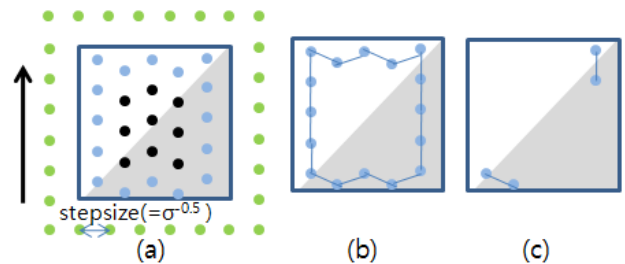
건물영역 추출은 재귀적 경계점 추출 단계와 외곽 경계선 형성, 경계면 구성 후 추출 단계로 이루어진다(그림 1).



(그림 1) 건물영역 형성 과정

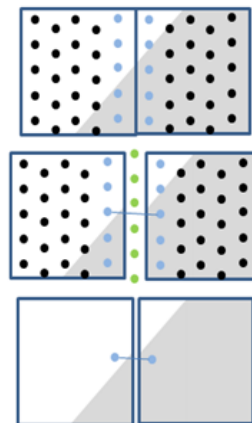
재귀적 경계점 추출은 영역의 테두리에서의 경계점 추출단계와 인접 영역간의 경계점추출단계를 한 묶음으로 영역을 사분면으로 나누어가며 재귀적으로 이루어진다.

테두리에서의 경계선 추출단계는 정사각형 영역의 테두리 점을 찾아 인접한 테두리 점 간의 고도 유사도를 비교해 유사도가 낮은 경우 두 점 사이에는 경계선이 위치한다고 정의하고 두 점으로 H-L(High-Low) 쌍을 구성한다. 테두리점은 영역의 외부에서  $stepsize(= \delta^{-0.5} \delta$ ; LiDAR 데이터의 점 밀도  $points/m^2$ ) 간격의 가상의 점으로부터 가장 가까운 점을 탐색함으로 추출한다(그림 2 (a)). 추출된 테두리점들을 대상으로 인접한 테두리점과의 비교를 수행하고(그림 2 (b)) 문턱값 이상의 고도차이가 존재하면 두 점으로 H-L 쌍을 생성한다(그림 2 (c)). 이 단계를 재귀적으로 영역을 분할해가면서 수행한다.



(그림 2) 테두리에서의 경계점 추출 단계

인접 영역간의 경계선 추출단계는 영역에 대한 분할 후 인접한 분면 사이에 stepsize간격으로 정의되는 가상의 점과 가장 가까운 점을 찾아 고도 유사도를 측정한다(그림 3).

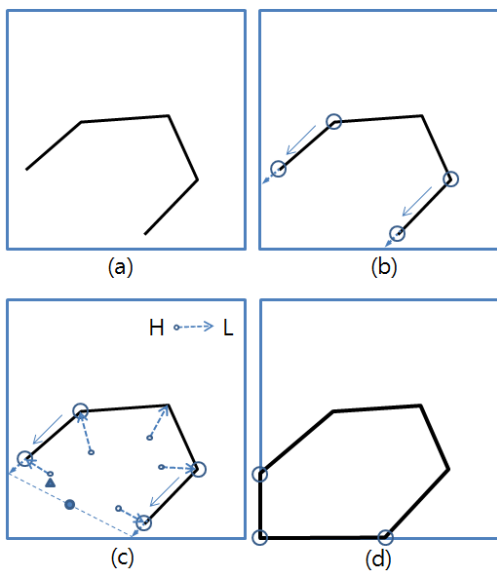


(그림 3) 인접 영역간의 경계선 추출단계

재귀적 영역 분할은 정사각형 영역 내에 점의 개수가 n개 미만이면 종료하고 추출된 경계점들을 연결해 경계선을 형성한다. 경계점의 연결은 가장 가까운 H-L 쌍의 높은점간의 고도차와 낮은점간의 고도차가 모두 일정 문턱값 이하일 경우 수행하였다.

건물영역 형성 단계에서는 재귀적 경계선 추출 단계에서 형성된 경계선을 타일의 외곽선 연결해 건물영역을 형성한다. 건물영역은 경계선과 동일하게 H-L 쌍의 순서를 갖는 리스트 형태로 표현되는데 첫점과 끝점이 연결되어

다각형으로 정의된다. 면 형성 방법은 형성된 경계선(그림 4 (a))의 H-L 쌍중 끝점에 인접하는 점에서 끝점방향으로 진행되는 반직선을 정의해 타일면과의 가장 가까운 교점과 해당 끝점을 연결한다(그림 4 (b)). 생성된 경계선의 H-L 쌍의 높은점과 낮은점들 중 경계선의 양 끝점과 타일의 외곽과의 두 교점의 평균 좌표와 가장 가까운 점을 찾아 그 점이 H(High)점인지 L(Low)점인지의 여부에 따라 알맞은 방향으로 타일의 코너점들을 경계선에 연결해 건물영역을 형성한다. (그림 4 (c))의 경우 경계선의 연장선과 타일 외곽선의 두 교점의 평균 좌표와 가장 가까운 점이 삼각형으로 표시된 H점이므로 평균 좌표는 건물로 인식하고 (그림 4 (d))의 원으로 표시된 세 점을 최종적으로 경계선에 포함시켜 건물의 외곽 영역을 형성한다.



(그림 4) 외곽 경계선으로부터의 건물영역 형성

재귀적 경계선 추출의 실행속도를 높이기 위해 정적 쿼드트리(Static quad tree)를 적용하였다(그림 5). 항공 LiDAR 데이터는 비교적 균일한 분포를 갖기 때문에 동적 데이터에 적합한 기존 쿼드트리를 타일의 좌표와 점의 개수를 근거로 트리를 미리 구성하고 데이터를 제외한 부분은 고정된다. 인덱스의 사용으로 본 알고리즘의 연산단위인 영역은 정적쿼드트리의 노드가 된다.

5. 결과

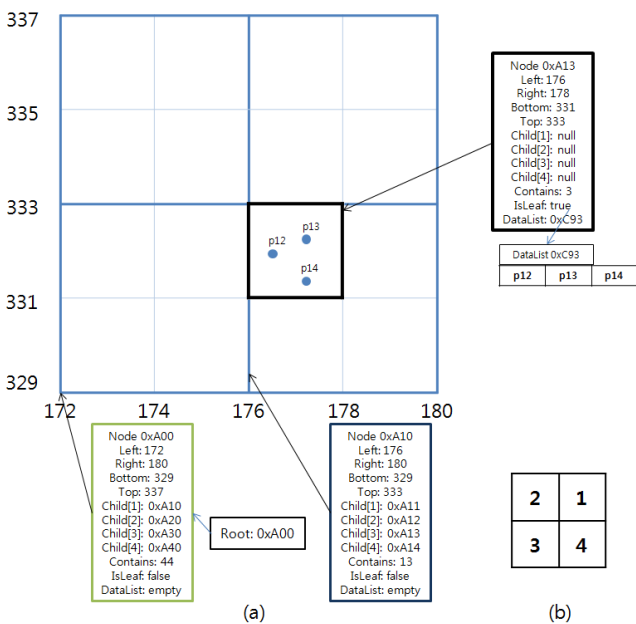
본 절에서는 재귀적 경계면 추출 기법을 이용한 건물영역 추출 결과를 제시하고 정적 쿼드트리의 시간 효율을 분석하기 위한 실험 결과를 제시한다. 실험 데이터로는 전라남도 장성지역에서 채취한 4m x 4m에서 8m x 8m 사이의 크기를 갖는 타일로 건물과 지표면이 함께 포함되어 있다. 항공LiDAR 데이터와 실험에 이용된 장비에 대한 제원은 <표 1>, <표 2>와 같다.

<표 1> 항공 LiDAR 데이터 제원

|            |                 |
|------------|-----------------|
| 항목         | 제원              |
| 지역         | 전라남도 장성지역       |
| 일시         | 2008년 11월       |
| 레이저 측정장비   | ALTM Gemini 167 |
| 기준면표고      | 200m            |
| 비행고도       | 2,100m          |
| 대지고도       | 1,900m          |
| 대지속도       | 241km/h         |
| 레이저 주사율    | 125,000Hz       |
| 주사각        | ±18도            |
| 주사폭        | 960m            |
| 스캔주기       | 40Hz            |
| 반사파 수      | 4EA             |
| 코스방향 점간격   | 0.46m           |
| 코스직각방향 점간격 | 0.53m           |
| 평균점밀도      | 5.5pts/m2       |

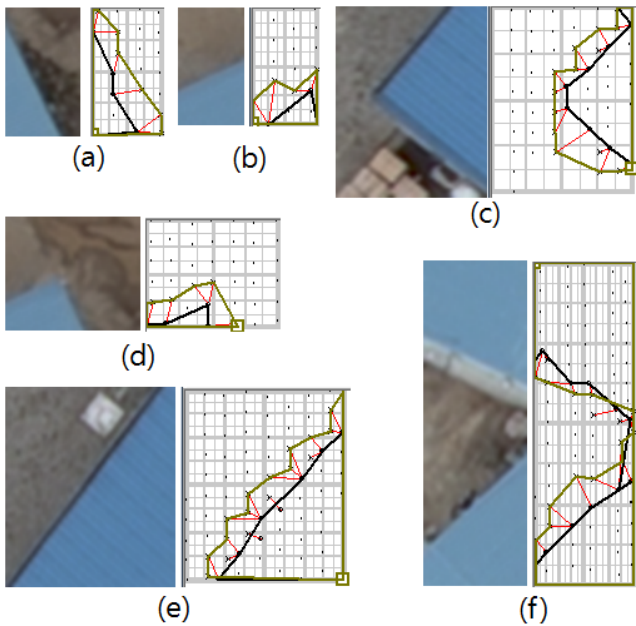
<표 2> 실험에 사용한 컴퓨터 제원

|     |                         |
|-----|-------------------------|
| 항목  | 제원                      |
| CPU | Intel Core2 Quad 2.5GHz |
| RAM | 4.0GB                   |
| OS  | Windows 7               |

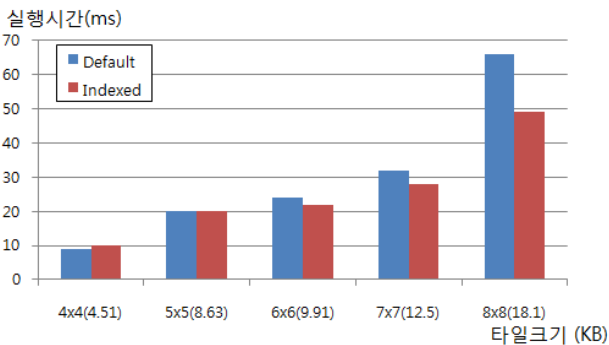


(그림 5) 정적 쿼드트리(Static quad tree)

다음은 타일화 된 LiDAR데이터에서의 건물 영역 추출 결과이다. (그림 6)의 건물 영역 추출 결과에서 검은색 선은 H-L 쌍의 높은 점을 연결한 결과이고 녹색 선은 낮은 점과 타일과의 교점을 연결해 면을 형성한 결과이다. 회색의 격자는 정적 쿼드트리의 노드분할 결과로 굵은 선 일수록 루트노드에 가까운 노드이다. (그림 6 (c))의 경우 6시 방향에 LiDAR 데이터의 공백이 있으나 문제없이 건물영역이 추출 되었고 다른 경우에도 정상적으로 경계선이 추출되어 타일 외곽선과 연결되어 건물영역을 형성한다.



(그림 6) 건물 영역 추출 결과



(그림 7) 정적 쿼드트리 적용의 실행속도 비교

정적 쿼드트리의 실행속도 단축 효과를 분석하기 위한 실험이 4m x 4m 에서 8m x 8m 크기의 타일을 대상으로 진행되었다(그림 7). 4m x 4m의 경우는 11%의 속도 감소가 발생하고, 5m x 5m의 경우는 변화가 없었다. 그러나 6m x 6m의 경우에는 8.3%, 7m x 7m와 8m x 8m의 경우 각각 12.5%와 25.8%의 속도 증가의 효과가 있었다. 작은 타일의 경우 쿼드트리의 노드를 생성하고 모든 점들을 삽입하는 초기 트리 구축비용이 불필요한 거리비교 대상 영역을 배제함으로써 얻는 탐색과정에서의 실행시간 감소 효과를 초월하기 때문에 실행시간이 오히려 증가하였다. 큰 크기를 갖는 타일의 경우 가장 가까운 점을 찾기 위한 연산의 수행 시 거리계산의 대상에서 배제되는 영역이 작은 타일에서의 배제 영역보다 크기 때문에 검색 연산의 효율이 더 높아진다. 따라서 타일의 크기가 클수록 인덱싱을 통한 실행속도의 증가 정도 또한 증가한다.

## 6. 결론 및 향후 연구

데이터 마이닝 기법을 이용한 지표면 분류 결과에 따

른 건물 영역 형성을 위한 기법을 제안하였다. 타일 화 되어있고 건물 점을 포함하고 있다고 기대되는 LiDAR 데이터를 대상으로 하였고 타일을 재귀적으로 분할해가면서 경계점을 추출한 후 거리와 높이 유사도를 기반으로 연결해 경계선을 형성하였다. 형성된 경계선을 타일 외곽선으로 연장시켜 교점과의 관계를 통해 타일과 연결시켜 면을 형성해 점으로 연결된 순환리스트 형태로 표현하였다. 본 기법을 이용해 하향식 접근방법을 통해 건물 점이 위치한 영역을 표시할 수 있고 나아가 건물의 모델링에 활용할 수 있을 것으로 기대한다. 경계점 추출과정의 실행속도를 증가시키기 위해 정적 쿼드트리가 적용되었으나 5m x 5m의 크기를 갖는 타일에서는 효과가 미미했지만 6m x 6m, 7m x 7m에 대해서는 각각 8.3%와 12.5%, 8m x 8m의 타일의 경우는 26.38%의 속도를 증가시켰다. 향후 과제인 인덱스 기법을 개선해 실행 속도를 증가시키고 하향식 접근방법에 더 적합한 실시간 건물 영역 추출을 위한 고속의 건물 영역 추출 기법을 수행할 예정이다.

## 참고문헌

[1] Chen, D., Z., et al., 2005, "Polygonal path simplification with angle constraints", Computational Geometry, Vol 32, Issue 3, pp. 173-187

[2] Douglas, D., Peucker, T., 1973, "Algorithms for the reduction of the number of points required to represent a digitized line or its caricature", The Canadian Cartographer 10(2), pp. 112-122

[3] Martin A. F., Robert C. B., 1981, "Random Sample Consensus: A Paradigm for Model Fitting with Applications to Image Analysis and Automated Cartography.

[4] Neidhart H., Sester M., 2008, "Extraction of Building Ground Plans From LiDAR Data", 21st ISPRS congress. Vol. 37, Part B2, pp. 405-410

[5] 서용철, 최윤수, 허민, 2009, "항공 레이저 측량 기초와 응용, 대한측량협회"

[6] 성철용, 이성규, 박창후, 이호준, 김유성, 2010, "항공 라이다 데이터를 이용한 동적 가변 윈도우 기반 지형 분류 기법", 한국공간정보학회, 제18권, 제5호, pp. 13-26

[7] 신휴석, 박충기, 김연미, 황선영, 박기호, 2008, "국토 공중모니터링 현황과 발전방향", 한국GIS학회지, 제16권 제2호, pp. 173-192

[8] 이성규, 이호준, 성철용, 박창후, 조우석, 김유성, 2010, "항공 라이다 데이터로부터 데이터마이닝 도구 WEKA를 이용한 지형 분류기 제작 지원 시스템", 한국측량학회지, 제 28권, 제 1호, pp. 133-142

[9] 조홍범, 조우석, 박준구, 송낙현, 2008, "항공 LiDAR 데이터를 이용한 3차원 건물모델링", 대한원격탐사학회지, 대한원격탐사학회, 제 24권, 제 2호, pp. 141-152