

# LiDAR 데이터의 Quad Tree 구조 표현과 압축에 관한 연구

이효종<sup>1</sup>, 우승용<sup>1</sup>, 조기성<sup>2</sup>

전북대학교 전자정보공학부<sup>1</sup>, 전북대학교 토목공학과<sup>2</sup>

e-mail : [hlee@chonbuk.ac.kr](mailto:hlee@chonbuk.ac.kr), [psywoo@gmail.com](mailto:psywoo@gmail.com), [gscho@chonbuk.ac.kr](mailto:gscho@chonbuk.ac.kr)

## Quad Tree Representation and Compression for LiDAR Data

\*Hyo Jong Lee<sup>1</sup>, Seung Young Woo<sup>1</sup>, Ki Seong Jo<sup>2</sup>

Division of Electronic and Information Engineering<sup>1</sup>, Civil engineering<sup>2</sup>  
Chonbuk National University

### Abstract

LiDAR data are acknowledged as very useful method to represent 3-D geographical information. In this paper aquad tree has been utilized to represent the 3-D spatial information. Compression algorithm is implemented based on a given threshold. The efficiency of compress is very high with large threshold values.

특이 쉬우며 3차원 정보를 동시에 획득할 수 있으므로 최근 DEM제작에 많이 이용되고 있다. LiDAR 데이터는 고밀도 데이터인 경우 점 밀도가 3/m<sup>2</sup>이상인 자료로써 좁은 지역의 자료일지라도 그 양이 방대하다. 따라서 이 자료들을 효율적으로 처리하는 방법이 필요하다.

본 논문에서는 이와같이 고용량의 LiDAR 데이터를 Quad tree에 표현하는 방법과 데이터 트리를 압축하는 방법에 대한 연구내용과 그 결과를 기술하였다.

### I. 서론

국토를 관리하는 데에 지리 정보는 매우 중요하다. 예를 들어, 상수도 공사나 지하철 공사를 한다면 그 근처의 구조물들의 위치를 고려하여 설계를 하고 시공을 한다. 이와 같은 중요성 때문에 각국에서는 지리 정보 체계(GIS)를 구축하여 관리하고 있다. 또한 지리 정보는 도시 계획, GPS와 같이 다양한 활용분야로 확대되고 있다. GIS자료 중에서도 수치표고자료(Digital Elevation Model, DEM)는 지형 분석에서 중요한 부분을 차지하고 있다. 과거 DEM정보를 획득하는 데 주로 항공위성 사진을 활용하였으나 이 방법은 날씨에 따라 측정에 제약을 받는다는 점, 측정에 어려운 지형이 있다는 점 등이 단점이다.

이에 비해 레이저를 지표면에 주사하고 반사되어오는 정보를 기록하는 LiDAR(Light Detection And Ranging) 기술은 높은 정확도를 가지고 있고 자료 획득

### II. Quad Tree

Quad Tree는 BST(Binary Search Tree)에서 저장대상을 2차원 평면상의 점 자료로 확장시킨 것이다. 따라서 점 정보를 저장할 수 있으며 탐색이 빠른 BST의 특성을 가지고 있다.

점 정보를 표현하기 위해 두 개의 구조체를 사용하였는데, 하나는 영역을 표현할 수 있는 노드이며 다른 하나는 실제 점 정보를 표현하기 위한 구조체이다. 트리구조를 표현하는 것은 영역노드이며 이 트리에서 리프노드들이 실제 점 정보를 하나씩 가리키고 있다. 임의의 영역노드는 어느 영역을 지정하고 있고 최대 4개의 자식노드를 가질 수 있는데, 자식노드들은 영역 분할에 의해서 생긴다. 즉, 자식노드가 4개라면 자신의 영역은 4자식 노드들의 영역을 모두 합한 것이 된다. 영역분할 방법을 보자. 우선 점이 트리에 삽입될 때 그 위치에 맞는 영역을 지정하고 있는 리프노드를 찾

아 내려간다. 그 영역에 맞는 리프노드가 비어 있다면 생성한다. 리프노드들은 모두 실제 점 정보를 저장하고 있으므로, 비어있지 않는 경우라면 새로운 점을 삽입하기 위해 영역분할을 해야 한다.

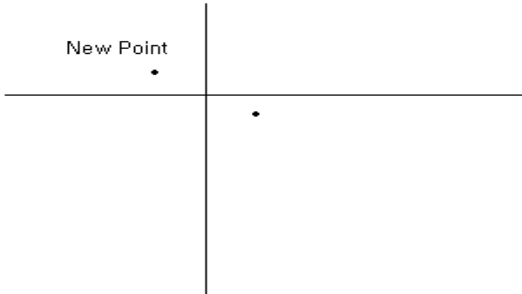


그림 1. 영역 분할 방법

영역분할을 할 때에는 그림 1과 같이 원래 저장되어 있던 점과 삽입하려는 점의 X좌표 및 Y좌표의 중간지점을 양분하여, 자식노드를 2개 생성하고 자신이 가리키고 있던 원래의 점 정보는 그 두 개의 자식 노드 중 한 노드가 가리키게 되며 새로운 점 정보 또한 다른 자식 노드가 가리키게 된다. 생성되지 않은 두 노드는 비어 있는 노드로 둔다. 물론, 검색이 가능하도록 위치에 따라 자식노드의 순서를 정해 놓았다.

LiDAR 자료의 특성상 순서대로 트리를 구성하면 트리구조가 상당히 불균형할 수가 있다. 이러한 불균형을 해결하기 위해서 데이터의 배열을 무작위로 변경하여 가급적 균형있는 트리로 구성하였다.

### III. 압축 알고리즘

두 개, 또는 그 이상의 노드가 나타내는 높이정보가 지정된 문턱값보다 낮을 경우에는 이 노드들을 합하여 압축할 수 있다. 두 개의 리프노드가 합쳐질 수 있는 조건은 다음과 같다.

1. 부모노드를 공유하는 리프 노드(점)
2. 한 변을 완벽하게 공유하는 리프 노드
3. 높이의 차가 문턱치보다 작은 경우

두 점이 압축되면 압축된 노드는 두 노드 중 한 개의 노드에 위치하고, 다른 노드는 삭제된다. 또한 두 노드들이 가리키고 있던 점 데이터의 높이 정보 및 반사율 정보는 두 점의 평균이 되고 X, Y좌표 또한 중간지점이 된다. 압축이 일어난 뒤에 압축된 노드와 다른 형제노드가 압축될 수 있는지 다시 검사하게 되고, 결과적으로 형제 노드들끼리 모두 압축되어 부모노드와 같은 영역을 가리키게 되면 모든 자식 노드는 삭제된다.

### IV. 실험 및 결과

본 실험에서는 threshold별 압축률과 압축에 따른 오차를 조사하였으며 수치적 오차는 압축하기 전의 각각의 점의 높이 값과 압축 후 그 점에 대응하는 점의 높이 값의 차이를 제공하여 모두 합한 후 제곱근을 취하여 점의 개수로 다시 나눈 것이다. 압축률은 quad tree 구조로 표현하는 데에 필요한 메모리크기의 압축률을 나타낸다. 결과는 다음과 같다.

| threshold(m) | 압축률(%) | 오차(m)    |
|--------------|--------|----------|
| 0.01         | 22.973 | 0.001814 |
| 0.02         | 22.983 | 0.001815 |
| 0.03         | 22.992 | 0.001815 |
| 0.04         | 23.006 | 0.001815 |
| 0.05         | 23.015 | 0.001815 |
| 0.06         | 23.023 | 0.001815 |
| 0.07         | 23.031 | 0.001815 |
| 0.08         | 23.043 | 0.001815 |
| 0.09         | 23.052 | 0.001815 |
| 0.1          | 23.060 | 0.001816 |
| 0.2          | 23.131 | 0.001818 |
| 0.5          | 23.253 | 0.001820 |
| 1.0          | 23.358 | 0.001823 |

표 1. threshold별 압축 결과

표1에 의하면 실질적인 오차는 주어진 문턱치보다 현저하게 낮은 값을 보여주고 있어서 압축이 양호하게 이루어진 것을 확인할 수 있다. 또한 0.01m의 문턱치가 주어졌을 경우와 1m의 문턱치가 주어졌을 경우의 압축률이 이렇게 차이가 나지 않음을 알 수 있다.

### V. 결론

Quad tree는 지형정보를 나타낼 수 있도록 영역에 기반하여 분할이 되어서 LiDAR 데이터를 나타내는데 효율적이다. 1센티와 10센티의 오차를 허용할 경우 압축률은 각각 23%와 33%로 상당히 우수하였다.

\* 이 논문은 2007년도 정부(과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (R01-2007-000-20577-0).

### 참고문헌

- [1] 김대식, 항공레이저 매핑시스템 LiDAR와 GPS 기술의 응용.
- [2] 한동엽 외, LiDAR 데이터의 점밀도에 따른 지물의 3D 모델링, 2003.
- [3] 조우석 외, LiDAR 데이터를 이용한 옥트리 분할 기반의 지붕요소 자동추출, 한국측량학회지, 2007.