

# LIDAR 포인트 cloud에서 분리된 포인트 군집의 윤곽 포인트 추출에 관한 연구

## A study on the extraction of boundary points of point group segmented from LIDAR point cloud

한수희\*, 이정호\*, 유기윤\*\*, 김용일\*\*\*

(Soohee Han, Jeongho Lee, Kiyun Yu, Yongil Kim)

서울대학교 지구환경시스템공학부 \*박사과정, \*\*조교수, \*\*\*부교수

### 초록

본 연구에서는 LIDAR 포인트 자료로부터 분리된 포인트 군집의 윤곽 포인트 추출을 위하여, 가상격자를 이용한 검색 영역의 제한을 통한 윤곽 포인트 추출 방식을 제안하였으며 성능을 평가하기 위해 보편적으로 사용되는 TIN을 이용한 방식과 비교하였다. 실제 건물 포인트 자료에 대하여 적용한 결과 TIN을 이용한 방식보다 빠른 처리가 가능하며 시각적인 평가를 통해 결과물의 품질 면에서도 두 가지 방식이 거의 유사함을 확인할 수 있었다.

### 서론

LIDAR 포인트 자료로부터 분리된 포인트 군집은 해당 개체의 모델링을 위하여 윤곽 포인트 추출, 특징 포인트 추출을 통한 단순화, 윤곽 형태 정규화 등의 과정을 거치게 된다. 이 중 윤곽 포인트 추출을 위하여 TIN을 이용한 방식이 보편적으로 사용되고 있으나 그 처리 방식에 상당히 비효율인 연산 과정이 포함되어 있다. 이에 본 연구에서는 효율적인 윤곽 포인트 추출을 위하여, 가상격자를 이용한 검색 영역의 제한을 통한 윤곽 포인트 추출 방식을 제안하였다. 본 논문은 TIN을 이용한 방식과 본 연구에서 제시한 방식의 소개

와 실제 적용 결과 및 결론 등으로 구성되어 있다.

### 본론

#### 1. TIN을 이용한 윤곽 포인트 추출

TIN을 이용한 방식([1])은 포인트 군집의 윤곽 포인트를 추출하기 위하여 보편적으로 사용되는 방식으로서 다음과 같은 과정으로 구성된다.

- TIN 구성(그림 1)
- TIN 삼각형의 선분으로의 변환(그림 2)

- 일정 길이 이상의 선분 제거(그림 3)
- 삼각망 재구성
- 각 변의 위상 관계를 이용하여 윤곽선만을 추출(그림 4)
- 윤곽 선분으로부터 윤곽 포인트 추출

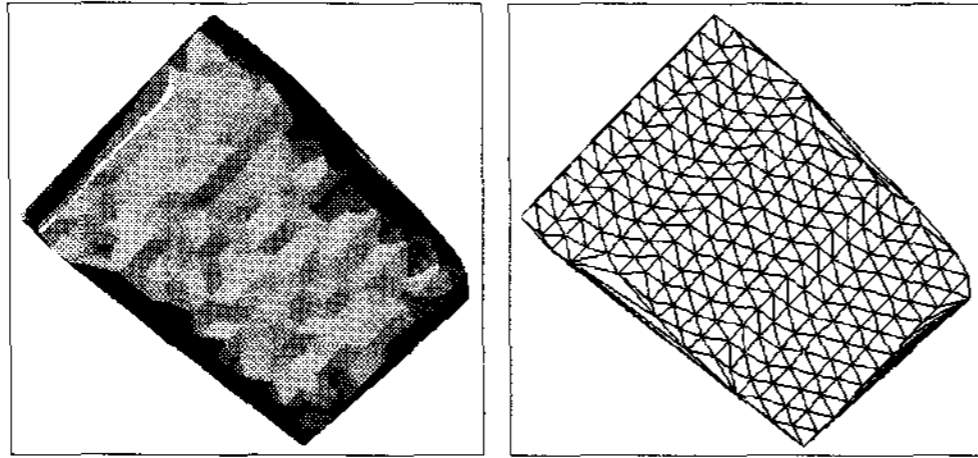


그림 1 TIN

그림 2 선분화

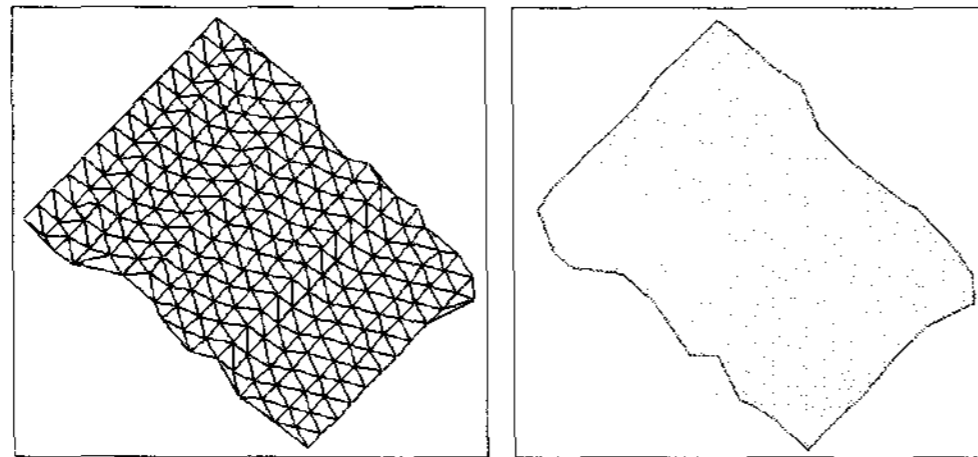


그림 3 긴 선분 제거

그림 4 위상관계를 이용한 윤곽선추출

TIN을 이용한 윤곽 포인트 추출 방식은, 결과적으로 소수의 관심 포인트를 추출하기 위하여 포인트 군집 내의 모든 포인트에 대하여 TIN을 구축하고 TIN을 구성하는 모든 선분에 대한 위상관계를 분석함으로써 상당한 비효율성을 내포하게 된다. 또한 건물 윤곽 구성 선분의 최대 길이의 결정도 체계적으로 이루어지기 어렵다.

## 2. 가상격자를 이용한 효율적인 윤곽 포인트 추출

본 연구에서는 보다 효율적으로 윤곽 포인트를 추출하기 위하여 윤곽 포인트가 존재하는 최소한의 탐색 영역을 설정하고 그 안에서 윤곽 포인트를 추출하는 방식을 제시하였다. 이를 위하여 가상 격자 상

에서 건물을 둘러싸는 외곽 셀을 검색하고 해당 셀 내에서 가장 외곽에 위치한 포인트를 추출하였다. 그 구체적인 방식은 다음과 같다.

### 가. 가상격자상의 생성

가상격자는 LIDAR 포인트 cloud와 같이 공간적으로 불규칙하게 분포된 자료를 메모리에 저장하여 빠른 검색을 지원하기 위한 방식으로 pseudo-grid 라고도 명명되었다([2]). 본 연구에서는 포인트 군집의 좌상단으로부터 우하단을 포함하는 크기의 2차원 배열을 형성하고 포인트를 각 배열에 리스트 형식으로 저장하고 검색할 수 있도록 하였다. 가상격자의 형태는 (그림 5)와 같다.

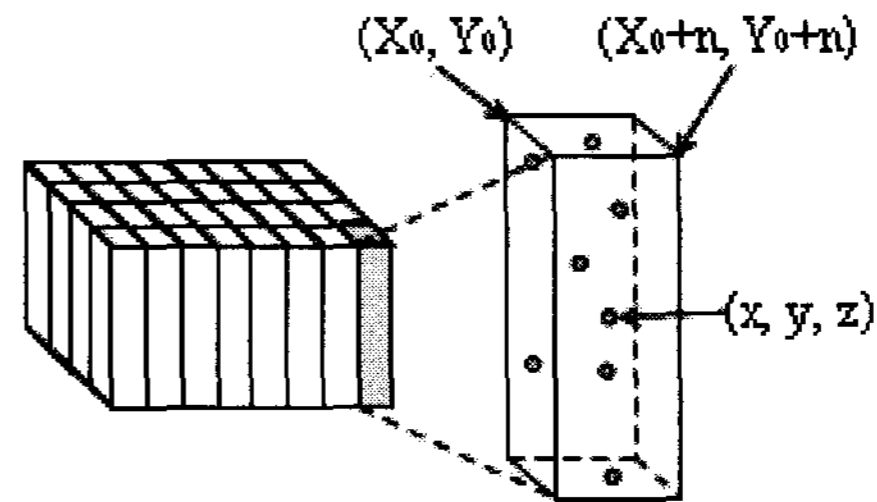


그림 5 가상격자의 형태

여기서,

$$X_0 = \text{int}(x - x_{\min}) \times n$$

$$Y_0 = \text{int}(y - y_{\min}) \times n$$

$n$  : 셀 크기,  $x_{\min}, y_{\min}$  : 포인트 군집의  $x, y$  최소 좌표

### 나. 외곽 셀의 검색

가상격자의 (0,0)으로부터 시작하여 x축으로 증가하는 방향으로 포인트를 포함하는 최초의 외곽 셀을 검색한다. 다음 외곽 셀은, 현 외곽 셀로부터 방향 index(그림 6)

에 표현된 순서대로 인접 셀을 검색함으로써 찾아낸다. 현 외곽 셀로부터의 검색 시작 방향은 다음 외곽 셀을 정확하고 효율적으로 찾기 위하여 중요하며 다음과 같이 결정된다.

$n_{start} = n_{cur} - 2$   
 if  $n_{start} < 0$  then  $n_{start} = n_{start} + 7$

여기서,  $n_{start}$ : 검색 시작 방향,  $n_{cur}$ : 현 외곽 셀이 검색된 방향

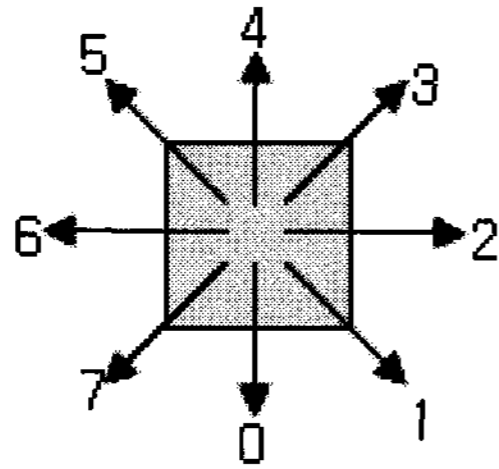


그림 6 방향 index

예를 들어 (그림 7)에서와 같이 최초의 외곽 셀 a가 검색되면  $n_{cur} = 2$ 이므로 0번 방향부터 검색을 시작하여 외곽 셀 b가 검색된다. 이어서  $n_{cur} = 0$ 이 되므로 6번 방향부터 검색을 시작하여 7번 방향으로 외곽 셀 c가 검색된다.

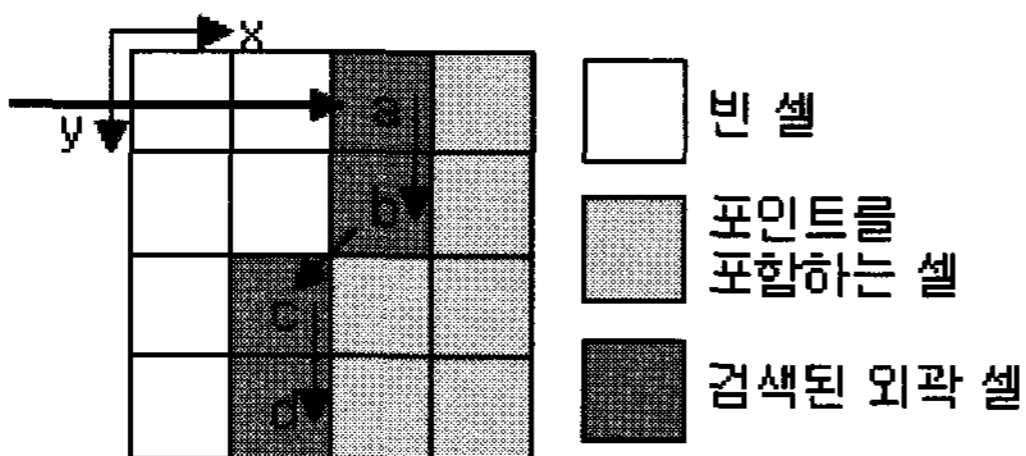


그림 7 외곽 셀의 검색

외곽 셀의 검색은 최초의 외곽 셀이 다시 검색되었을 경우 종료된다.

### 다. 윤곽 포인트의 추출

윤곽 포인트는 외곽 셀에 저장된 포인트 들만을 대상으로 검색한다. 윤곽 포인트는, 해당 외곽 셀이 검색된 방향과 다음 외곽 셀이 검색된 방향을 고려하여 예상되는 윤곽 포인트의 적정 위치에 가장 인접한 포인트로 선정한다. 몇 가지 경우를 예로 들면 (그림 8)과 같다.

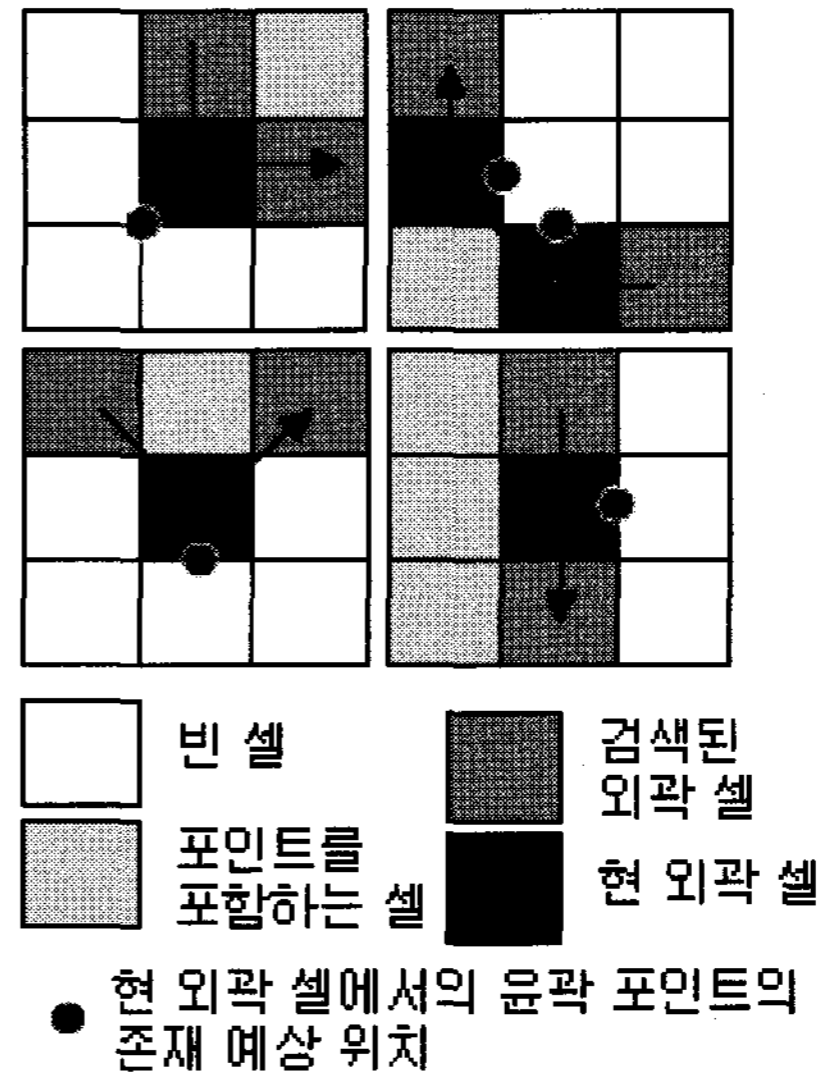


그림 8 윤곽 포인트의 존재 예상 위치의 예

(그림 8)의 윤곽 포인트의 존재 예상 위치를 방향 index와 관련하여 일반화하면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$x = Cell.x$$

$$y = Cell.y$$

$$\theta = \frac{(Cell.I_n + Cell.I_p) * \Pi}{8}$$

$$\text{if}(abs(Cell.I_n - Cell.I_p) > 4)$$

$$\text{then } \theta = \theta + \Pi$$

$$X = (x + 0.5 - \cos(\theta)) * CellSize + X_0$$

$$Y = (y + 0.5 + \sin(\theta)) * CellSize + Y_0$$

여기서,  $Cell$ : 현 외곽 셀,  $I_p, I_n$ : 현 외

곽 셀과 다음 외곽셀이 검색된 방향 index,  $X, Y$  : 윤곽 포인트의 존재 예상 실좌표,  $X_0, Y_0$  : 가상격자 (0,0)의 실좌표

### 3. 적용

본 연구에서 제시한 방식을 실제 건물의 LIDAR 포인트에 대하여 적용하였으며 TIN을 이용한 방식과 처리 속도와 결과물의 형태면에서 비교하였다. 대상 건물은 곡선과 요철이 다수 포함된 비교적 복잡한 형태의 건물이며 건물을 구성하는 LIDAR 포인트는 약 9,900개이다. 항공사진과 LIDAR 포인트의 분포 형태는 각각 (그림 9), (그림 10)과 같다.

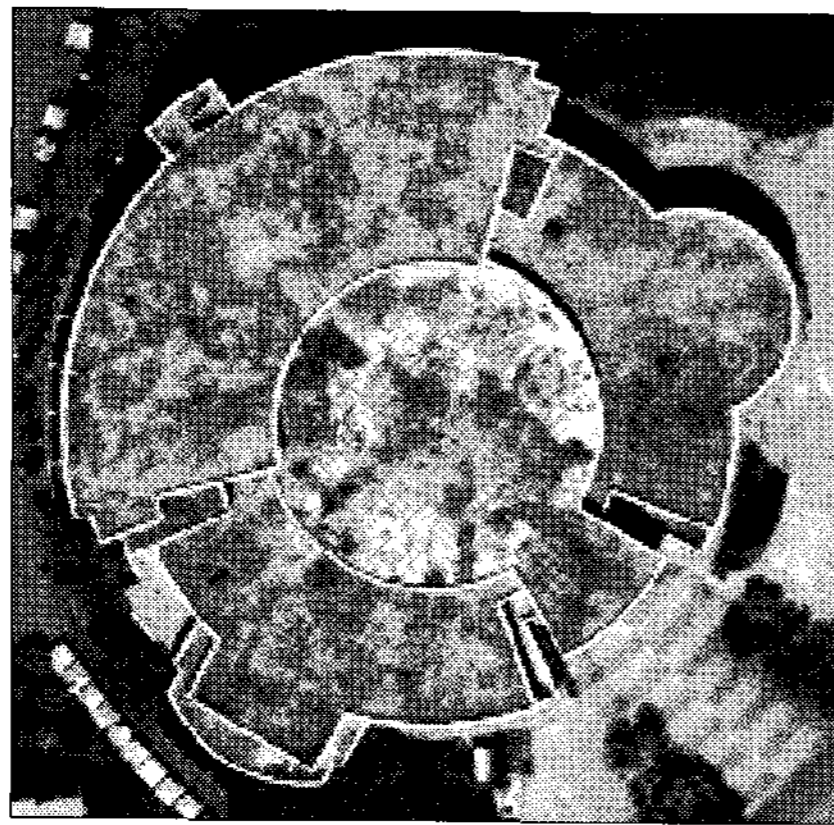


그림 9 대상 건물 항공사진

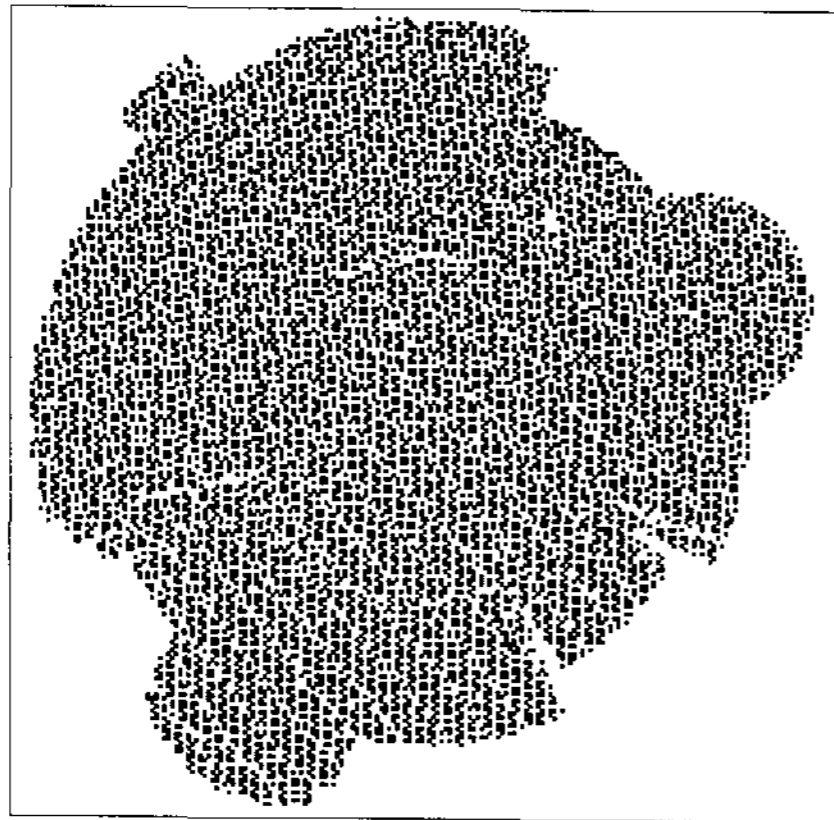


그림 10 LIDAR 포인트 자료

본 연구에서 제안한 방식은 Visual C++ 6.0을 통하여 구현하였으며 TIN을 이용한 방식은 ArcWorkstation 9.0을 통하여 구현하였다. 동일한 시스템 상에서 처리하였을 경우 본 연구에서 제안한 방식은 자료의 입력에서 출력까지 1초 미만의 시간이 소요되었으나 TIN을 이용한 방식은 '삼각망 재구성'의 과정에서만도 수 십초 이상의 시간이 소요되었다. 두 가지 방식에 의한 건물 윤곽선은 시각적으로 평가하였을 때 거의 유사한 결과를 나타내었다(그림 11). 그러나 TIN을 이용한 방식의 경우 긴 변 제거를 위해 설정된 임계치가 건물 세부 형태에 크게 영향을 끼침을 확인할 수 있었다.

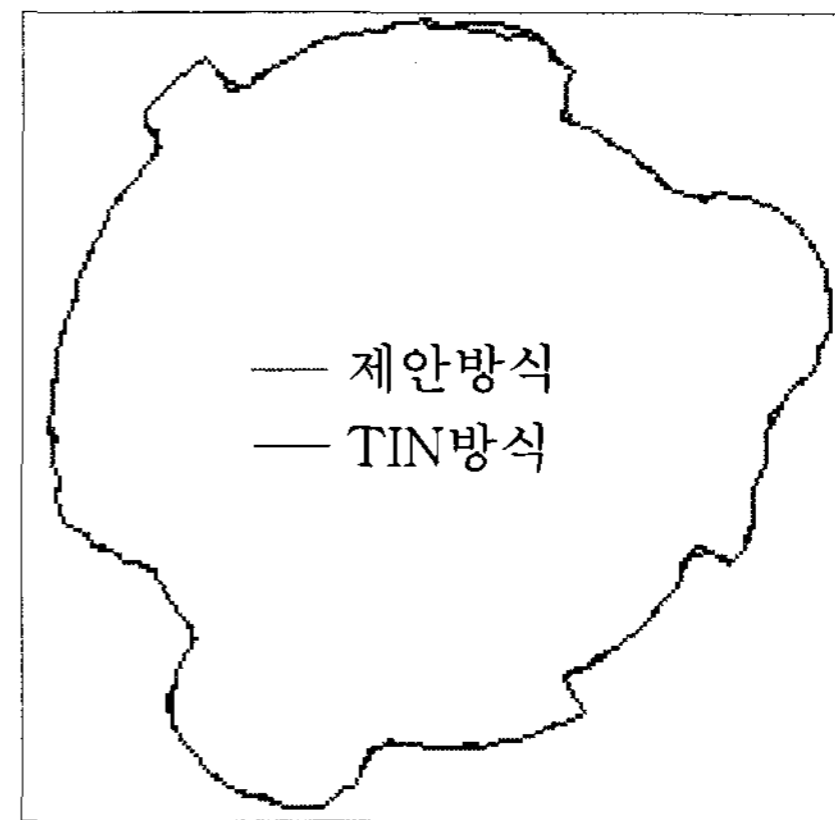


그림 11 TIN방식과 본 연구방식의 결과 비교

### 4. 결론

본 연구에서는 LIDAR 포인트 군집의 윤곽 포인트를 효율적으로 추출하기 위하여 가상격자를 이용한 외곽 셀 검색과 해당 셀 내에서의 윤곽 포인트 추출 방식을 제시하였다. 결과적으로, 보편적인 TIN을 이용한 방식보다 매우 빠른 속도로 처리

가 가능하였으며 시각적으로 평가하였을 때 결과물의 품질이 크게 차이나지 않음을 확인할 수 있었다. 따라서 도심과 같이 건물 등 대량의 개체를 포함하는 LIDAR 포인트 자료를 분리하였을 경우 빠르고 효율적인 개체 모델링 등에 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

#### 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