

논문 2009-46SP-3-18

색상 정보와 호프변환을 이용한 3차원 점군데이터 구조물 추출 기법 연구

(Structure Extraction in 3D Cloud Points Using Color Information and Hough Transform)

김 남 운*, 노 이 주*, 정 경 훈**, 김 기 두**

(Nam-Woon Kim, Yi-Ju Roh, Kyeong-Hoon Jung, and Ki-Doo Kim)

요 약

본 논문에서는 지상 라이다에서 획득한 3차원 점군데이터로부터 인공 구조물을 추출하는 알고리즘을 제안한다. 지상 라이다 점군데이터는 항공 라이다의 경우와 달리 다양한 장애물이 존재하기 때문에 기존의 알고리즘을 그대로 적용하기가 곤란하다. 제안 방법에서는 지상 라이다 데이터가 가지고 있는 색상 정보를 이용하여 목표 구조물에 해당하는 점군데이터를 분할하고, 분할된 점군데이터의 Hough 변환을 통해 3차원 공간상에서의 구조물에 해당하는 직선 방정식을 추정한 후, 추정된 직선과 점군데이터 사이의 거리를 비교함으로써 목표 구조물을 추출한다. 제안 방법은 목표 구조물의 기준 색상을 획득하는 단계에서만 사용자의 개입이 필요하다는 점에서 효율적이며, 모의실험을 통해 제안방법의 성능을 확인하였다.

Abstract

In this paper, a new extraction algorithm for artificial structure in 3D cloud points of terrestrial LIDAR is described, considering that various obstacles in terrestrial LIDAR make it difficult to apply conventional algorithms which are designed for air-born LIDAR data. Firstly we use the R, G, B color information from the terrestrial LIDAR data to discriminate among the massive 3D cloud points. Hough transform is then applied to estimate the straight lines that correspond to the target structure. Finally, the structure is extracted by comparing the distance between the estimated line and 3D cloud points. The proposed algorithm is efficient in the sense that it requires the user interaction only when the reference colors are obtained. Computer simulation shows the performance to be quite satisfactory.

Keywords : Terrestrial LIDAR, cloud point, Hough Transform, structure extraction

I. 서 론

3차원 레이저 스캐닝 센서 기술의 발달로 실제 공간 상에 존재하는 다양한 물체의 기하학적 정보를 쉽게 취득할 수 있게 되면서 3차원적인 GIS(GIS: Geographic Information System)을 구현하고 다양한 동시정보를 모

델링하는 연구가 활발히 진행되고 있다.^[1] 특히 지상 라이다(Terristrial LIDAR)는 짧은 시간 안에 높은 해상도의 3차원 영상정보를 획득할 수 있는 측량장비로서 다양한 분야에서 중요한 기능을 담당하고 있다.^[2] 지상 라이다는 항공라이다와 달리 특정한 구조물을 대상으로 3차원 점군데이터를 획득하는 것이 일반적이며, 높은 정밀도를 가지기 때문에 데이터양이 매우 많은 특성이 있다. 지상라이다에서는 지상 기반 능동적 3차원 모델링 기법으로서 라이다의 위치를 바꾸어 가면서 여러 방향에서 거리 영상을 얻고 이를 3차원 공간상에서 정합함으로써 전역적인 3차원 모델을 획득한다. 라이다 데이터는 고도, 반사강도 등의 정보를 포함하는 점군데이

* 학생회원, ** 정회원, 국민대학교 전자공학부 (School of Electronics Eng. Kookmin University)
※ 본 연구는 국토해양부 첨단도시기술 개발사업-지능형국토정보기술혁신사업과제의 연구비지원(과제번호 07국토정보C02-2-2-03)에 의해 수행되었음
접수일자: 2008년3월27일, 수정완료일: 2009년4월21일

터로서 건물, 수목, 기타 여러 구조물의 정보를 가진다. 스캐닝 되는 모든 3차원 정보를 가지는 지상라이다 데이터의 신뢰도는 높지만 특정 구조물의 모델링을 원할 경우 주변 건물, 수목 등의 여러 장애물이 모델링 시에 자동적 알고리즘 구현을 어렵게 하고 이는 모델링 전 노이즈를 제거하는 필터링을 필요하게 한다.^[3]

3차원 데이터를 필터링하기 위한 대표적인 방법으로는 Morphological filtering^[4], Local Maxima filtering^[5], Slope based filtering^[6] 등이 있다. Morphological filtering 기법은 필터의 크기가 목표 구조물의 크기보다 커야 하기 때문에 목표 구조물에 따라 필터의 크기를 조절해야 하는 단점이 있으며, Local Maxima filtering 기법은 제거하는 장애물이 윈도우 내에 포함되어야만 하고 대상 지역의 경사도가 큰 곳에서 적용하기 어렵다. Slope based filtering 기법은 점과 점사이의 경사를 구하여 급격한 경사값을 갖는 점을 제거 하는 방법으로 점들의 경사를 계산하여 급격한 경사가 지면 변화에 의한 것인지를 판단한다. 한 구조물을 대상으로 측정하는 지상라이다의 데이터는 구조물 내의 점과 점사이의 경사가 다양하기 때문에 Slope based filtering 기법의 적용이 어렵다.

또한 위와 같은 필터링 기법은 주로 항공 라이다 데이터에 적용하기 위한 것으로서, 목표 구조물과 레이저 센서 사이에 크기가 비슷한 다양한 장애물이 존재하는 지상라이다 데이터의 경우에 적용하면 성능이 만족스럽지 못할 뿐 아니라 여러 단계에서 사용자의 개입을 필요로 하기 때문에 알고리즘을 자동화하기도 곤란하다는 문제점이 있다. 따라서 본 논문에서는 지상라이다 점군데이터의 필터링을 위한 새로운 접근방법을 제시한다. 제안 방법에서는 지상라이다 데이터가 가지고 있는 RGB 정보를 이용하여 목표 구조물에 해당하는 점군데이터를 분할하고, 분할된 점군데이터의 Hough 변환을 통해 3차원 공간상에서의 구조물에 해당하는 직선 방정식을 추정한 후, 추정된 직선과 점군데이터 사이의 거리를 비교함으로써 목표 구조물을 추출한다.

II. 지상 라이다 점군 데이터로부터 구조물 추출 알고리즘

1. 지상라이다 점군데이터의 특성

본 논문의 실험 데이터인 3차원 점군데이터는 Trimble사의 지상 라이다로부터 획득되었다. 표 1은

표 1. Trimble GX 주요 규격
Table 1. Specification of Trimble GX.

항 목	내 용
측정범위	표준: 200m, 확장: 350m
스캔속도	최대 5,000 points per second
스캔해상도	spot size: 3mm @ 50m
스캔회전각	360° x 60° Continuous single scan

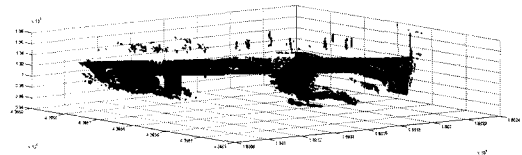


그림 1. 3차원 점군데이터의 (x,y,z) 공간정보
Fig. 1. (x,y,z) positions of 3D cloud data.

Trimble 지상라이다의 주요 규격이다.

지상라이다로부터 획득된 3차원 점군데이터는 레이저가 반사되는 물체의 공간좌표(x,y,z)를 가지고 있다. 그림 1에서는 지상라이다를 통해 얻은 3차원 점군데이터의 위치 정보를 나타내었다.

실제 지상라이다 데이터는 공간적인 위치정보와 함께 물체에서 반사되는 레이저 광선의 반사강도 그리고 카메라로부터 얻은 색상(R,G,B)정보로 이루어진다.

2. 구조물 추출 알고리즘

지상 라이다는 레이저 센서와 목표 구조물 사이에 다른 작은 구조물이나 나무 등 장애물이 있을 가능성이 높기 때

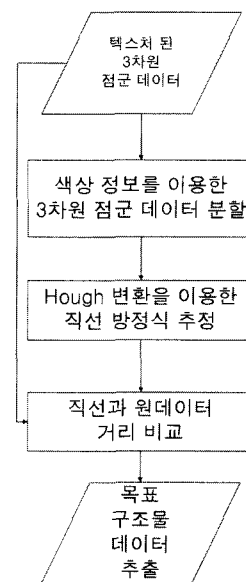


그림 2. 제안한 알고리즘 흐름도
Fig. 2. Flow chart of proposed algorithm.

문에 공간적인 위치 정보만 가지고는 목표 구조물을 효율적으로 추출하기 곤란하다. 본 논문에서는 장애물에 의한 영향을 줄이기 위해 목표 구조물의 색상 정보를 활용하는 알고리즘을 제안한다. 또한 빌딩, 다리 등 대부분의 인공적인 목표 구조물의 윤곽이 직선으로 구성되어 있다는 사실을 이용하여 공간상에서 목표 구조물에 해당하는 직선의 방정식을 추정하고 이를 기반으로 목표 구조물을 추출한다.

제안하는 알고리즘의 흐름도는 그림 2와 같다. 그림에서 보듯이 제안 알고리즘에서의 처리 단계는 크게 색상 정보를 이용한 점군데이터 분할, 분할된 점군데이터를 이용한 직선 방정식 추정, 추정된 직선과 점군데이터 사이의 거리를 이용한 목표 구조물 추출의 세 단계로 구분된다.

가. 색상 정보를 이용한 3차원 점군데이터 분할

(1) 기준 색상 정보 획득

지상라이다로부터 획득한 점군데이터는 칼라 영상과의 매핑(mapping)을 통해 RGB 색상 정보를 가지고 있다. 추출하고자 하는 목표 구조물은 일반적으로 동일한 색상을 가지기 때문에 색상은 구조물 추출을 위한 매우 유용한 정보이다.

따라서 추출하고자 하는 목표 구조물의 RGB 색상을 사용자와의 상호작용을 거쳐 획득한다. 즉 사용자가 목표 구조물의 특정 영역을 지정하면 해당 영역의 R,G,B의 평균값을 계산하여 이를 기준벡터 m_i 로 설정한다. 목표 구조물에 포함된 색상이 여러 개인 경우에는 각 영역마다 기준 색상 벡터를 설정한다. 즉 목표 구조물이 n개의 색상으로 이루어진다면 기준 색상은 (m_1, m_2, \dots, m_n) 이 된다.

(2) 점군 데이터 분할

점군 데이터 분할 시 유사성 척도는 Mahalanobis 거리를 이용한다.

Mahalanobis 거리($D(z_j, m_i)$)는 식 (1)과 같다.

$$D(z_j, m_i) = \sqrt{[(z_j - m_i)^T C_i^{-1} (z_j - m_i)]} \quad (1)$$

C_i 는 관심 영역, 즉 목표 구조물에서 획득한 RGB 값의 공분산 매트릭스이다. z_j 는 원 점군데이터 중 임의의 점데이터의 RGB 정보이며, 기준 RGB 정보(m_i)는 목표 구조물에서 선택한 영역의 RGB 정보들의 평균값이다. 데이터의 분할은 식 (2)와 같이 Mahalanobis 거

리가 일정 문턱치(T_i) 보다 작은 데이터를 가져오는 방법으로 이루어진다.

$$D(z_j, m_i) < T_i \quad (2)$$

데이터 분할에 사용되는 문턱치(T_i)는 획득한 RGB 정보를 이용하여 공분산 매트릭스 C_i 를 얻은 후 C_i 의 주 대각선이 RGB 성분의 분산들을 포함하므로 이 요소들을 추출하여 그들의 제곱근을 계산한 값이다. 여기에서 문턱치는 C_i 주대각선 성분 중에서 가장 작은 값을 취한다.

$$C_i = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & c_{13} \\ c_{21} & c_{22} & c_{23} \\ c_{31} & c_{32} & c_{33} \end{bmatrix} \quad T_i = \sqrt{\min(c_{11}, c_{22}, c_{33})} \quad (3)$$

Mahalanobis 거리를 이용한 데이터 분할은 분할의 기준이 되는 T_i 획득을 공분산 매트릭스 C_i 에서 얻기 때문에 기준 RGB 정보 획득의 사용자의 개입없이 자동적인 분할이 가능하다. 획득한 기준 RGB 정보와 점군데이터의 RGB 정보간의 Mahalanobis 거리를 계산하고 T_i 와 비교하여 영상을 분할한다.

본 연구에서는 Mahalanobis 거리를 이용한 분할을 영상이 아닌 3차원 점군데이터를 분할하기 위해 사용한다.

나. Hough 변환과 직선 방정식 추정

Hough 변환^[7]은 영상에서 선분을 찾아 연결하기 위한 접근 방법이다. 한 점(x_i, y_i)와 이점을 지나는 모든 선들은 $y_i = ax_i + b$ 의 직선 식을 만족하며 이를 매개 변수 $\rho\theta$ 의 공간에서 선들로 그릴 수 있으며, 선들의 교차하는

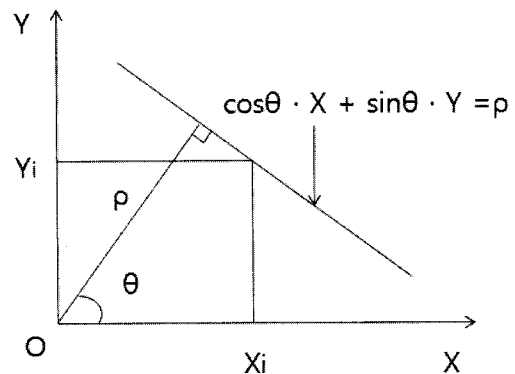


그림 3. xy평면의 선들의 $\rho\theta$ 매개변수화
Fig. 3. $\rho\theta$ Parameterization of lines in the xy-plane.

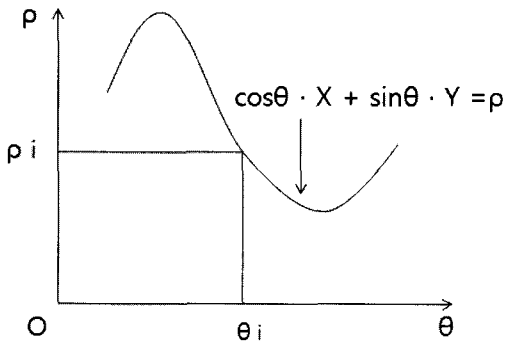


그림 4. $\rho\theta$ 평면에서 표현한 정현파 곡선
Fig. 4. Sinusoidal curves in the $\rho\theta$ -plane.

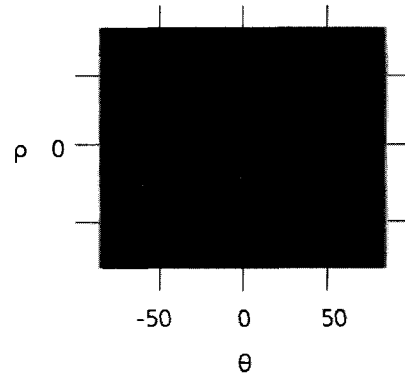


그림 7. Hough 변환 후 결과
Fig. 7. Results of Hough transform.

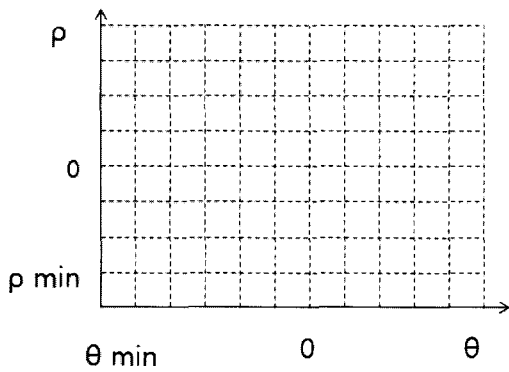


그림 5. 누적셀로 분할한 $\rho\theta$ 평면
Fig. 5. Division of the $\rho\theta$ -plane into accumulator cells.

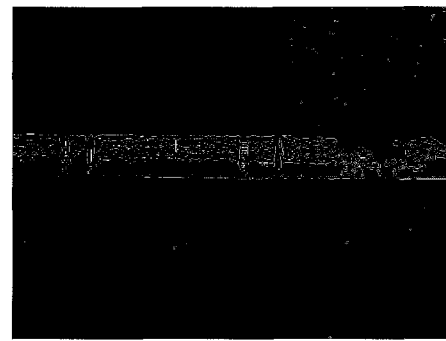


그림 8. Hough 변환을 이용하여 검출한 에지
Fig. 8. Line corresponding to the Hough transform peaks.



그림 6. 실험 영상
Fig. 6. Experimental image.

위치에 의해 영상에서 선의 식별이 가능 하다. $\rho\theta$ 공간에서 선의 정규 표현식은 다음과 같다.

$$x \cos \theta + y \sin \theta = \rho \tag{4}$$

ρ 는 원점과 (x, y) 사이의 거리이며, θ 는 $-90 \leq \theta \leq 90$ 의 범위를 갖는다.

Hough 변환은 $\rho\theta$ 매개변수 공간을 누적기 셀들로 나눔으로써 계산상 이점을 가지게 된다. 모든 점 (x_k, y_k) 을 식 (4)에 대입하여 ρ 를 구하면 $\rho\theta$ 평면에서 ρ 축 누적기 셀 값이 증가한다. 누적기 셀의 값은 이 점들이 같은 선상에 있을 정확도를 나타낸다. 누적기 셀에서 가장 큰 값을 가진 ρ, θ 와 대응되는 (x_k, y_k) 값들을 이어서 영상에서의 선을 찾을 수가 있다. 그림 6은 원 영상이며, 그림 7은 그림 6을 Canny 필터를 이용하여 에지 검출을 하고 Hough 변환을 적용한 후 $\rho\theta$ 평면에서 표현한 것이다. 그림 7의 가로는 θ 축, 세로는 ρ 축이다. 붉은 원 부분에서 가장 큰 누적 셀 값을 얻고 이와 관련된 (x_k, y_k) 을 이으면 가장 긴 직선을 검출할 수 있으며, 이는 그림 8에서 붉은 선으로 표현하였다.

본 논문에서는 직선의 기울기와 y 절편의 정확도를 높이기 위하여 2번의 Hough 변환을 한다. 첫 번째 Hough 변환의 θ 분해능은 1° 이며, 2번째는 0.01° 의 분해능을 갖는다.

Hough 변환 후 $\rho\theta$ 값을 이용하여 직선 방정식을 추정할 수 있다. 최대값을 갖는 누적기 셀로부터 획득한 θ 와 관련된 점 (x_i, y_i) 을 획득하여 식 $y_i = ax_i + b$ 에서 기울기(a)와 y 절편(b)을 얻어낼 수 있다.

다. 직선과 원데이터 거리비교를 통한 구조물 추출
본 논문에서는 Hough 변환을 통해 추정된 직선 방정식이 목표 구조물의 표면을 표현한다는 가정 하에 지상 라이더의 원 점군데이터와 추정 직선 사이의 거리(d_i)를 계산하여 식 (5)에서처럼 일정 문턱치(T_d) 이하의 점을 획득함으로써 목표 구조물을 추출한다. 그림 9는 점과 직선 사이의 거리를 계산하는 과정을 보여준다.

$$d_i(x_i, y_i) \leq T_d \quad (5)$$

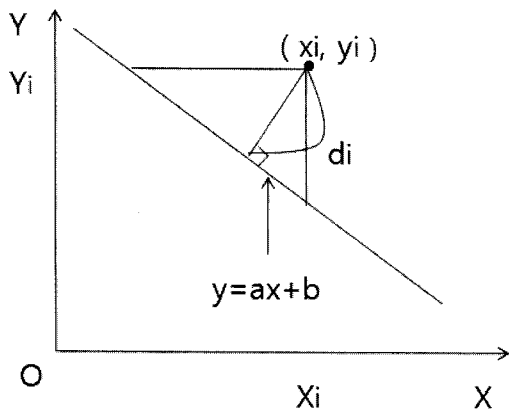


그림 9. xy 평면에서의 점과 직선사이의 거리
Fig. 9. Distance between point and linear line in xy -plane.

III. 실험 결과

1. 색상 정보를 이용한 3차원 점군데이터 분할

본 논문에서 사용한 실험 데이터는 표 2와 같은 특징을 가지고 있으며, 그림 10은 실험데이터를 3차원에서 표현한 것이다. 그림 10은 Trimble 사의 Pointscape를 이용하여 표현한 텍스처 매핑된 3차원 데이터이다.

실험에 사용한 점군데이터를 이루고 있는 주요 RGB 정보는 구조물의 상판, 하판 2가지로 되어 있기 때문에 그림 10에 표시된 파란 원(상부), 붉은 원(하부) 두 지점에서 $m_1, m_2, C_1, C_2, T_1, T_2$ 를 획득하였다. 획득한 파라미터는 표 3과 같다.

계산한 분할 파라미터를 이용하여 원 점군데이터로

표 2. LIDAR 데이터 사양
Table 2. Specification of LIDAR data.

항 목	내 용
점 개수	182,242pts
점밀도	약 2500pt/m ²
점 사이 간격	0.02m
평균 거리	19.76512m

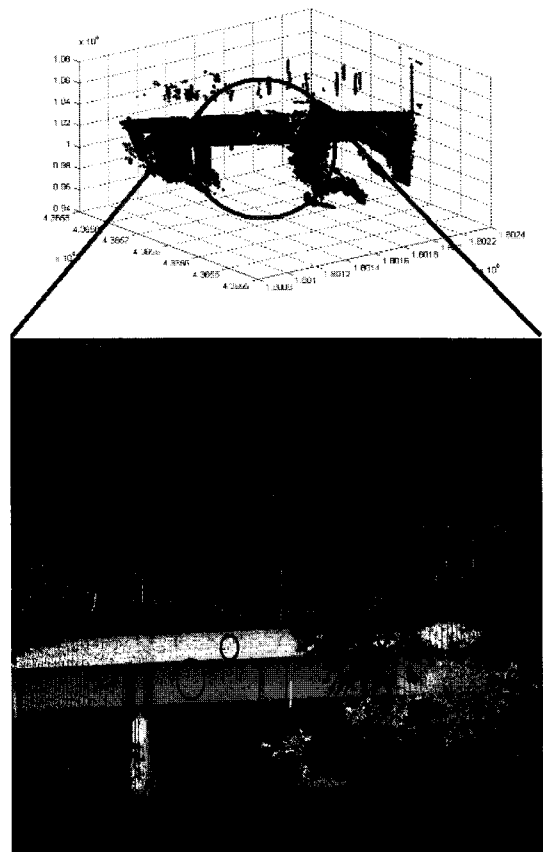
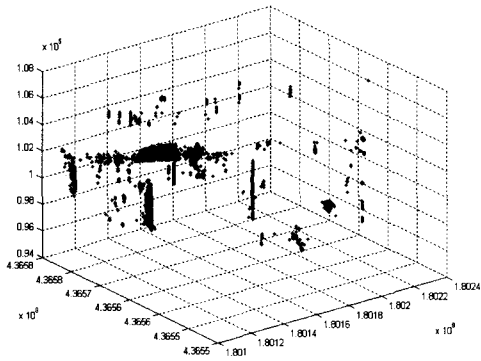


그림 10. 실험 점군데이터
Fig. 10. Experimental cloud points.

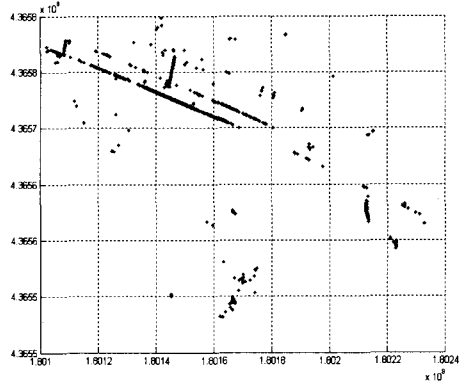
표 3. 점군데이터 분할 파라미터
Table 3. Segmentation parameters for cloud points.

	상부	하부
C_i	$\begin{bmatrix} 66.96 & 97.66 & 86.04 \\ 97.66 & 164.19 & 131.68 \\ 86.04 & 131.68 & 116.19 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 627.64 & 627.30 & 687.70 \\ 627.30 & 767.46 & 824.64 \\ 687.70 & 824.64 & 901.86 \end{bmatrix}$
R_i	240.82	122.67
G_i	235.34	171.21
B_i	222.77	134.54
T_i	8.12	22.97

부터 분할된 목표 구조물의 상부, 하부데이터는 각각 그림 11, 12 와 같다. xy 축에서 표현한 데이터는 분할



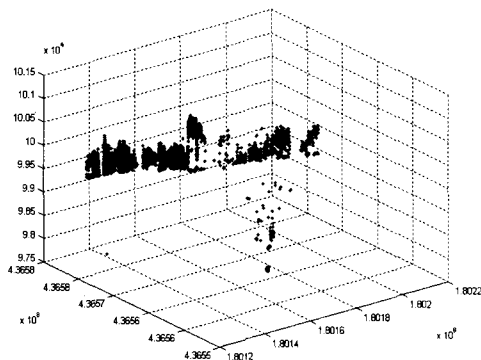
(a)



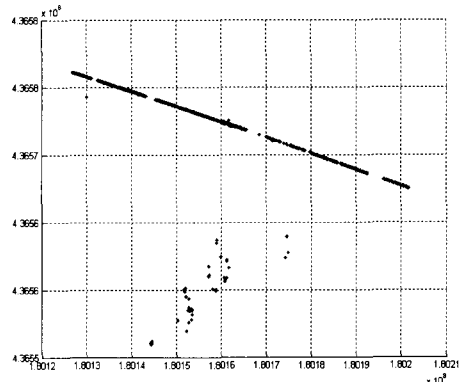
(b)

그림 11. 분할한 목표 구조물 상부 데이터
(a) xyz 축에서 표현; (b) xy 축에서 표현

Fig. 11. Segmented data corresponding to the upper part of target object.
(a) On xyz-plane; (b) On xy-plane



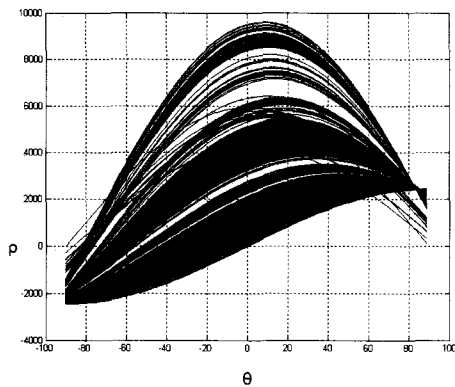
(a)



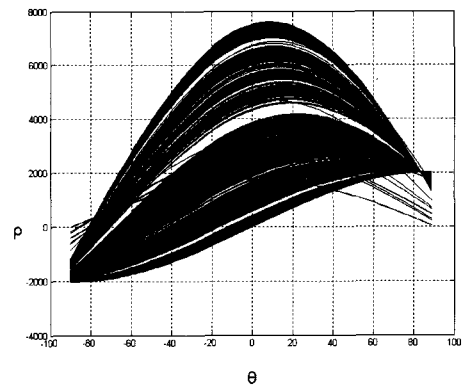
(b)

그림 12. 분할한 목표 구조물 하부 데이터
(a) xyz 축에서 표현; (b) xy 축에서 표현

Fig. 12. Segmented data corresponding to the lower part of target object.
(a) On xyz-plane; (b) On xy-plane



θ



θ

그림 13. Hough 변환한 목표 구조물 상부
Fig. 13. Result after Hough transform of upper part of an object.

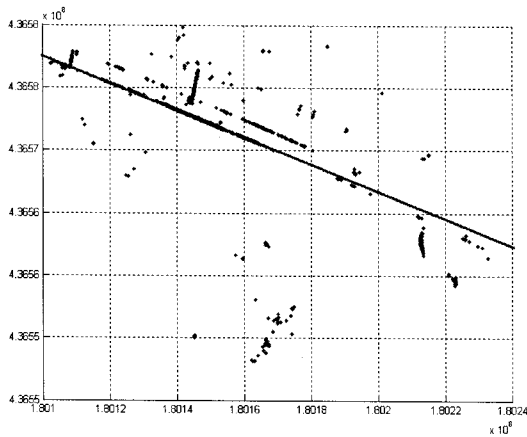
그림 14. Hough 변환한 목표 구조물 하부
Fig. 14. Result after Hough transform of lower part of an object.

한 데이터를 상공에서 관찰한 것이다. 분할한 데이터는 그림 11과 12에서 볼 수 있는 바와 같이 장애물의 데이터가 완전히 분할되지 않았다.

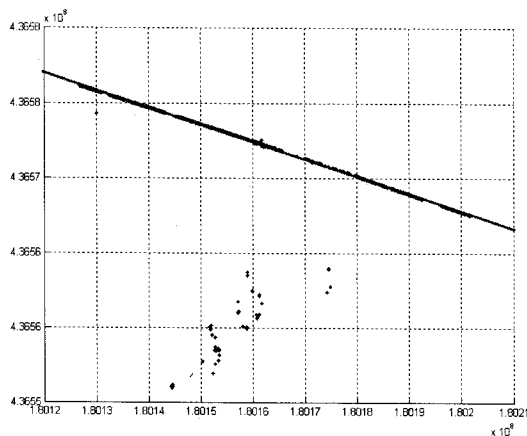
2. Hough 변환을 이용한 직선 방정식 추정

분할한 데이터는 목표 구조물의 표면에 대한 정보를 가장 많이 가지고 있으며, 구조물 표면 정보 데이터는 상공에서 봤을 때 직선성을 가지고 있기 때문에 누적셀의 최대값을 가지는 ρ 와 θ 값을 이용하여 직선 방정식의 기울기(a)와 y 절편(b)를 얻는다. Hough 변환을 이용하여 직선방정식을 구하는 것은 분할 시 제거되지 않은 장애물 데이터에 대한 고려를 배제하게 해준다.

그림 13과 14는 각각 구조물 상부와 하부에 해당하는



(a)



(b)

그림 15. 획득한 직선

(a) 상부 분할 데이터 사용; (b) 하부 분할 데이터 사용

Fig. 15. Acquired linear equation using data of (a) upper part of an object; (b) lower part of an object.

표 4. 획득한 기울기(a)와 y 절편(b)

Table 4. Acquired parameters.(slope a and intersection b)

	a	b
상부 구조물	-0.1119	456722231.04
하부 구조물	-0.1147	4575234958.85

분할 데이터를 이용하여 Hough 변환을 적용한 후 $\rho\theta$ 영역에서 표현한 것이다. 표현한 영상의 가로축은 θ 축이며, 세로축은 ρ 축을 나타낸다. 1단계로 $\rho\theta$ 영역에서의 누적셀 중 최대값을 가진 θ 를 획득하고 2단계에서 $\theta - 1 \leq \theta \leq \theta + 1$ 의 분해능을 0.01°로 하여 θ 를 획득하였다. 획득한 θ 를 이용하여 기울기(a)를 구하고 점 (x_i, y_i) 대입하여 y 절편(b)를 구한다. 획득한 방정식은 그림 15와 같이 목표 구조물의 표면을 나타내는 직선을 나타낸다. 최대 누적셀 값에 대응하는 θ 는 83.55°이며, 획득한 θ 값과 관련된 점 (x_i, y_i) 를 이용하여 계산한 기울기(a)와 y 절편(b) 값은 표 4와 같다.

3. 직선과 원데이터 거리비교를 통한 구조물 추출

본 논문에서는 영상에서 사용되는 픽셀의 좌표가 아닌 3차원 데이터에서의 좌표를 이용하여 획득한 직선

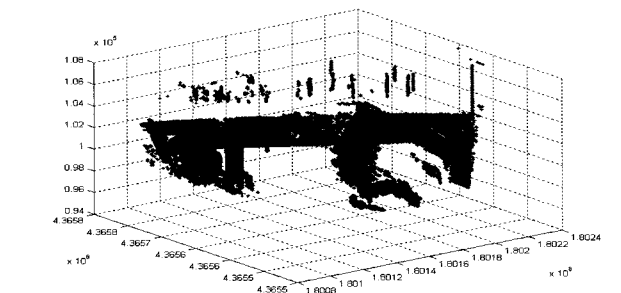
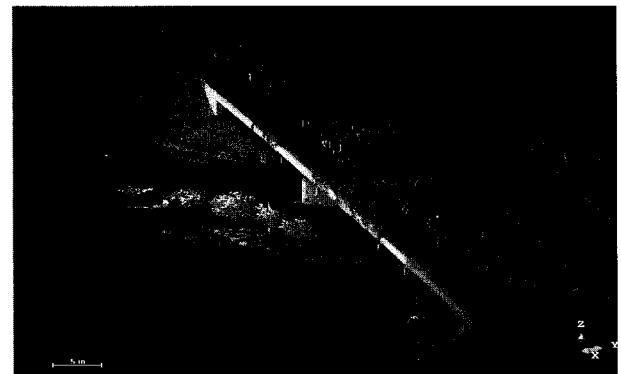


그림 16. 실험 점군데이터

Fig. 16. Experimental cloud points.

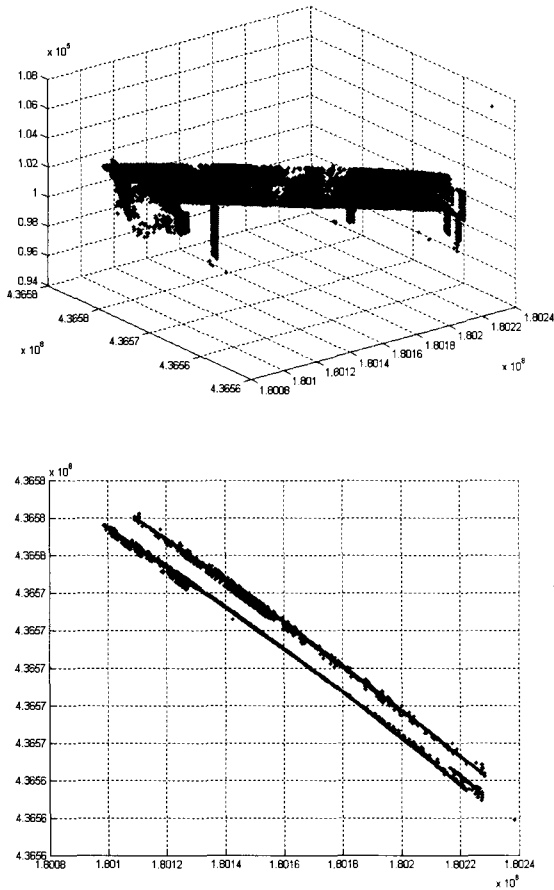


그림 17. 추출된 목표 구조물 데이터
Fig. 17. Data of extracted object.

방정식을 이용하기 때문에 최초 획득한 점군데이터를 이용하여 구조물 추출을 가능하게 한다. 획득한 직선과 원 점군데이터 사이의 거리를 계산하여 문턱치 이내의 목표 구조물 데이터만 획득한다. 구조물 추출 시에 오차 범위를 6cm로 제한하기 위하여 직선과 점군데이터 거리의 문턱치(T_d)는 6cm로 하였다. 6cm는 대한지적공사에서 지적도 제작 시 최대 오차 허용 범위에 해당한다.

그림 16은 실험 점군데이터이며, 그림 17은 최종으로 추출한 목표 구조물 데이터이다. 그림 17에서는 각각 추출한 상부구조물과 하부 구조물을 합하였다. 녹색과 파란색은 각각 하부와 상부 구조물을 나타낸다.

IV. 결 론

본 논문의 목적은 지상 라이다로 획득한 3차원 점군 데이터로부터 목표 구조물 추출기법을 제시하는 것이

다. 기존 점군데이터 필터링은 건물의 최소 길이 또는 크기 등을 알아야만 하며 항공 데이터 기반의 필터링에 관련하여 연구되어 왔기 때문에 지상라이다 데이터에 적용하기 위한 연구가 필요하다. 본 논문에서는 색상 정보를 이용하여 구조물의 주요 데이터를 분할하였고, 분할한 데이터를 Hough변환을 이용하여 직선을 얻어내었다. 획득한 직선은 최종적인 목표 구조물 추출의 기준이 된다. 제안한 구조물 추출 기법은 기존 필터링 기법과 달리 목표 구조물의 주요 데이터를 얻어낼 시 RGB 정보 획득만이 요구되어 사용자의 개입을 최소화 하였다. 구조물 추출은 xy, xz, yz 각 평면에서 이루어지며 구조물 추출 후 구조물 모델링의 효율을 높여준다. 제안한 추출기법은 장애물이 존재하는 구조물을 지상라이다를 이용하여 측정된 데이터에서 목표 구조물 추출이 가능하여 무인 모니터링 분야에도 활용 가능하며, 상용 프로그램에 적용하여 기존 수동으로 하였던 지상라이다 데이터의 필터링을 대체할 수 있다. 추후 복잡한 구조물에 대한 연구와 구조물 윤곽선 획득에 관한 연구를 할 예정이다.

참 고 문 헌

- [1] 조홍범, 조우석, “항공 LIDAR 데이터를 이용한 3차원 건물모델링,” 대한원격탐사학회지, 제24권, 제2호, pp. 141~152, 2008년 4월.
- [2] 사석재, 이임평, “지상라이다와 디지털지상사진측량을 융합한 건축물의 3차원 정밀모델링,” 한국지적학회 추계학술대회논문집, pp. 61~68, 2004년 12월.
- [3] 이흥민, 박효선, “지상 LIDAR를 이용한 구조물의 안전성 및 사용성 모니터링을 위한 변위 및 변형형상 계측 모델 제안,” 대한건축학회논문집, 제23권, 제1호, pp. 3~10, 2007년 1월.
- [4] 이정호, 유기운, “LIDAR 데이터를 이용한 DEM 생성 기법에 관한 연구,” 한국공간정보시스템학회 학술회의 논문집, pp. 125~131, 2004년 12월.
- [5] 김형태, “GIS 건물레이어 자동구축을 위한 LIDAR 데이터와 항공사진의 융합,” 박사학위논문, 서울대학교, 2001년.
- [6] G. Vosselman, “Slope based filtering of laser altimetry data,” IAPRS, Vol XXXII, Part B3, pp 935~942, Amsterdam, The Netherlands, 2000.
- [7] F. Tarsha-Kurdi, T. Landes, and P. Grussenmeyer, “Hough-Transform and extended RANSAC algorithms for automatic detection of 3D building roof planes from LIDAR data,

"IAPRS Volume XXXVI, Part 3/ W52, Workshop
Laser scanning. Espoo, Finland, September 2007.

저 자 소 개



김 남 운(학생회원)
2008년 2월 국민대학교
전자공학과 학사 졸업.
2008년 3월~현재 국민대학교
전자공학과 석사 과정.
<주관심분야 : 디지털통신, 디지
털 신호처리>



노 이 주(학생회원)
2007년 2월 국민대학교
전자공학과 학사 졸업.
2009년 2월 국민대학교
전자공학과 석사 졸업.
<주관심분야 : 디지털통신, 디지
털 신호처리>



정 경 훈(정회원)
1987년 2월 서울대학교
전자공학과 졸업
1989년 2월 서울대학교
전자공학과 석사
1996년 2월 서울대학교
전자공학과 박사
1991년 한국 영상산업진흥원 선임 연구원
1999년~2005년 한동대학교 전산전자공학과
조교수
2005년 3월~현재 국민대학교 전자공학부 부교수
<주관심분야 : 영상통신, 디지털방송>



김 기 두(평생회원)
국민대학교 전자공학부 교수
대한전자공학회 논문지
제 44권 TC편 제7호 참조