

차량에 부착된 회전식 레이저 스캐너 데이터를 이용한 도로면 추출기법

Road detection using vehicle-mounted rotary laser scanner

이수암*¹, 김태정¹, 정동훈², 윤덕근², 성정곤²

Sooahm Rhee, Taejung Kim,

Dong Hoon Jeong, Duk-Keun Yun, Jung Gon Sung

¹인하대학교 지리정보공학과 (hsuiyen@inha.ac.kr, tezid@inha.ac.kr)

²한국건설기술연구원 도로연구부 (gisjeong@kict.re.kr, dkyun@kict.re.kr, jusung@kict.re.kr)

차량에 부착된 회전식 레이저 스캐너는 360도로 회전하면서 데이터를 취득하기 때문에 고정식 레이저 스캐너에 비해 더 광범위하고 정확한 3차원 데이터를 획득하고 생성할 수 있다. 그러나 레이저 데이터 자료는 표적까지의 거리와 취득 당시의 스캐너의 각도로만 구성되어있기 때문에 이를 사용하기 위해서 이 데이터들을 일련의 좌표변환과정을 거쳐서 3차원 직교좌표계로 변환시킨다. 이 논문의 목적은 회전식 레이저에서 획득된 데이터를 DEM화하고, DEM영상의 밝기값, 즉 높이값을 이용하여 도로면을 주위의 사물과 분리하여 추출하는 것에 있다. 도로면은 일반적으로 주위의 사물에 비해 그 높이가 낮고 고르게 분포되어 있다고 가정한다. 그렇기 때문에 이 도로면의 높이를 대표할 수 있는 적절한 임계값을 찾을 수 있다면 도로면의 분리 또한 가능하다. 도로면의 추출을 위해 제안된 방법은 취득된 레이저 데이터를 일정 간격의 높이로 나누고 그에 대한 히스토그램을 구한 후, 가장 많은 빈도수를 나타낸 지역의 값을 임계치로 설정하는 방법과, 레이저 스캐너가 지표면을 향할 때의 각도, 즉 270도일때 취득된 거리의 값들을 수집한 후, 그 평균값을 임계치로 설정하는 방법이다. 이렇게 구해진 임계치를 이용 그 값보다 작은 지역을 도로로 인식하였으며, 실험 결과 레이저 스캐너의 각도를 이용한 방법이 더욱 효과적으로 도로를 추출할 수 있음을 확인할 수 있었다.

1. 서론

차량에 부착된 3차원 레이저 스캐너는 도로 주변의 3차원 자료를 얻는 데에 유용하게 사용되며, 레이저 스캐너가 부착된 차량은 장애물탐지, 네비게이션 시스템, 3D modeling, MMS등 다양한 분야에서 사용되고 있다. 그리고 각 용도에 따라 차량에 설치된 레이저 스

캐너는 그 종류와 작동 방식에 차이가 있다. 본 실험에서 사용된 레이저 스캐너는 차량의 후면에 장착되어 차량의 전면을 기준으로 할 때 시계방향으로 회전하여 자료를 획득하는 장치이다. 이 회전식 스캐너는 고정식 레이저 스캐너에 비해 더 광범위하고 정확한 3차원 데이터를 획득하고 생성할 수 있다. 이 실험에서는 이렇게 획득된 레이저 데이터의 처리 방

법과 처리된 도로주변의 3차원자료에서의 도로면의 추출 방법 및 그 결과를 보고하고자 한다.

2. 실험에 사용한 데이터 및 처리방법

회전식 레이저 스캐너로 획득한 레이저 데이터는 특정한 좌표계로 표현되어있지 않고 취득당시의 시간과 취득 당시의 스캐너의 각도, 그리고 스캐너에서 표적까지의 거리로만 구성되어 있다.

각도와 거리로 구성되어 있는 레이저 데이터를 3차원 Laser좌표계 상의 점으로 변환시키기 위해서는 먼저 임의의 x,y,z 좌표로 변환시켜야 한다. 이때의 레이저 좌표계는 차량 프레임에서의 IMU 좌표와 동일하게 설정하였다. 이 좌표계를 기준으로 레이저 데이터를 변환시킬 경우의 변환된 좌표값은 표 1과 같다. 이때 d는 센서에서 표적까지의 거리이며 θ 는 차량의 좌측을 0도로 했을 때 구해진 각도이다. 이 방식을 이용하여 각 취득 시간별 x, y, z 좌표값을 구할 수 있다.

표 1. 변환된 레이저 데이터 좌표값

좌표	값
x	$-d\cos\theta$
y	0
z	$d\sin\theta$

이후 변환된 레이저 데이터를 주어진 초기값 등을 이용하여 IMU좌표계와 일치시키는 작업을 하고, 이를 UTM좌표계 상의 값인 Easting, Northing, 그리고 H-MSL 값으로 변환시킨다.

UTM좌표계로의 변환은 레이저 좌표계로부터 지상좌표계로의 회전이동만을 고려해 주면 된다. 이 때 주어진 회전요소에는 Roll, Pitch, Heading 이 있으며, 이는 각각 Y축, X축, Z축을 기준으로 한 회전을 의미한다. 이 회전의

순서가 Roll, Pitch, Heading의 순서로 이루어진다고 가정할 때 기준좌표계로 변환된 레이저 데이터의 좌표값 E,N,H는 다음의 식을 이용하여 구할 수 있다. 이 식에서 'H'는 Heading 값을 'P'는 Pitch 값을, 그리고 'R'은 Rolling 값을 의미할 때, 레이저 좌표계로 표현된 (x,y,z)는 지상좌표 (E,N,H)로 다음과 같은 과정으로 변화시킬 수 있다.

$$\begin{bmatrix} E \\ N \\ H \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos H & \sin H & 0 \\ -\sin H & \cos H & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos P & \sin P \\ 0 & -\sin P & \cos P \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos R & -\sin R \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin R & \cos R \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}$$

이렇게 처리된 레이저 데이터영상을 가시적으로 분석하기 위하여 DEM영상을 제작하였으며 그 예는 다음의 그림 2와 같다. 그림 2의 상단은 XY평면에 Z의 값을, 하단은 YZ평면에 X의 값을 적용시켜 만든 영상이다.

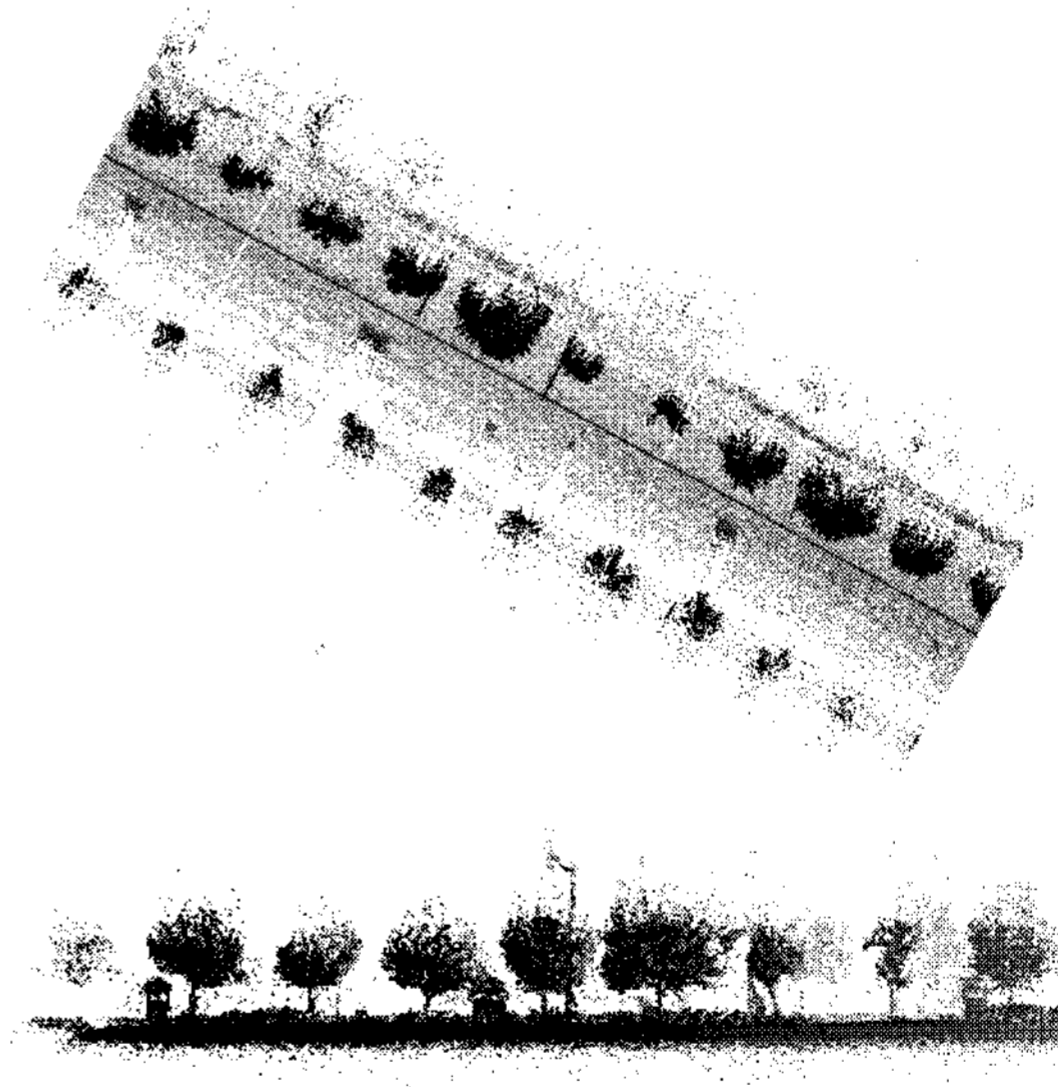


그림 2. 도로 DEM영상

3. 레이저 데이터에서 도로면 추출

Axelsson(1999)은 TIN과 고도를 이용하여 지표면을 추출하는 방식을 제안했으며, 지표면은

TIN상에서 연결성을 가진 점들로 구성되어 있고, 낮은 고도값의 데이터 값들로 구성되어 있으며, 건물등의 지형물을 무시하고 나타낼 수 있다고 설명하였다. 그래서 어느 정도의 임계치를 주어 지표면의 높이 조건에 부합하는 점들을 지표면으로 결정하는 방식을 사용하였다. 이 방식은 단순하지만 대부분의 경우에서 만족스러운 결과를 얻었다고 하며, 그림 3은 분리된 지표면의 예를 나타낸다.

이 방식은 항공에서 촬영된 데이터를 기본으로 한 것이지만 레이저 데이터에서의 지표면과 인공물의 분리라는 관점에서 보면 차량에서 획득한 레이저 데이터를 통한 도로면의 추출과 같은 맥락으로 볼 수 있으며 적용하기에 무리가 없다고 판단된다. 이 방식에서는 지표면 추출을 위한 적절한 임계치를 찾는 것이 중요하며 여기서는 개발된 방식들을 기술한다.

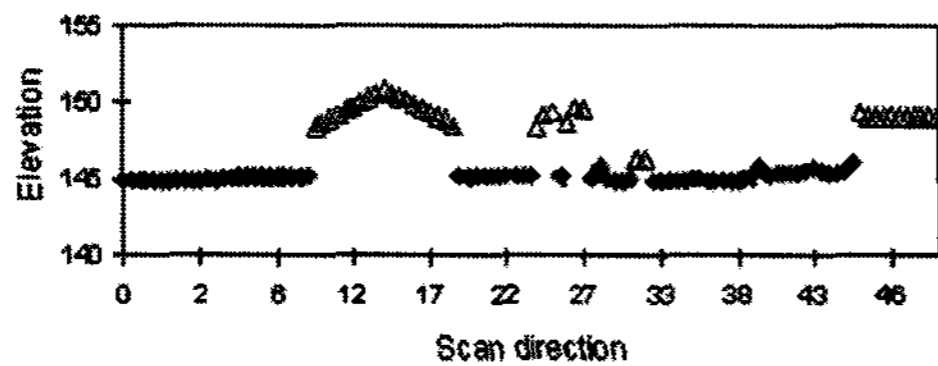


그림 3. separating ground from objects (Axelsson,1999)

3.1 히스토그램을 이용한 방법

주어진 레이저 데이터에 적용하기 위한 적절한 임계치를 구하기 위한 방법으로 히스토그램을 사용한 방법이 있다. 그 과정은 먼저 영상 데이터에서 높이값의 최대 최소값을 구한 후, 이 구간을 일정한 간격으로 분할한다. 본 실험에서는 이 간격을 1m로 설정하였다. 이렇게 하여 구역이 결정되면, 각 구역별로 포인트의 개수를 구하여 히스토그램을 작성한다. 이때의 구역 중 가장 많은 빈도수를 가진 구역의 범위를 도로면 구역으로 결정하고 어느 정도의 오차를 고려하여 그 구역의 위, 아래 일정범위 (구간간격의1/2) 만큼을 포함하여 도로

면 데이터를 제작한다.

3.2 레이저 데이터 변환시의 값을 이용한 방법

회전식 레이저 데이터를 통하여 입수된 값은 취득 당시 회전식 레이저의 각도와 사물까지의 거리이다. 이를 전제로 레이저 스캐너가 차량을 기준으로 연직 아래방향에 있는 사물의 자료를 취득할 때 이는 지표면(도로)로 가정할 수 있다. 그러므로 레이저가 연직 아래방향의 각도일 때(270°) 취득된 값들의 평균, 혹은 최대값등을 통하여 도로 추출을 위한 적절한 임계치를 찾을 수 있다.

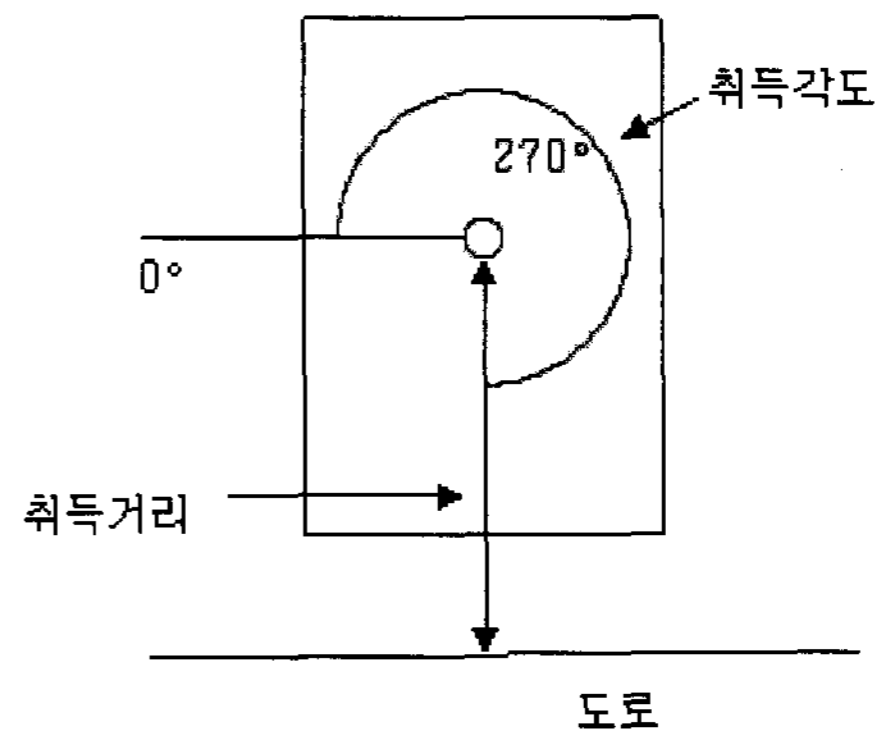


그림 4. 레이저 스캐너에서 도로까지의 거리

다음의 표 2는 테스트용 레이저 데이터에 따라 구해진 거리들의 평균을 나타내며 그 값은 -2.7m에서 -2.9m정도로 비슷한 범위 내에 있음을 확인할 수 있다.

표 2. 연직 아래쪽 사물까지의 거리의 평균

레이저 데이터	거리(m)
Laser 10	-2.80313
Laser 11	-2.73338
Laser 12	-2.77886
Laser 13	-2.74674
Laser 14	-2.82929
Laser 15	-2.90984

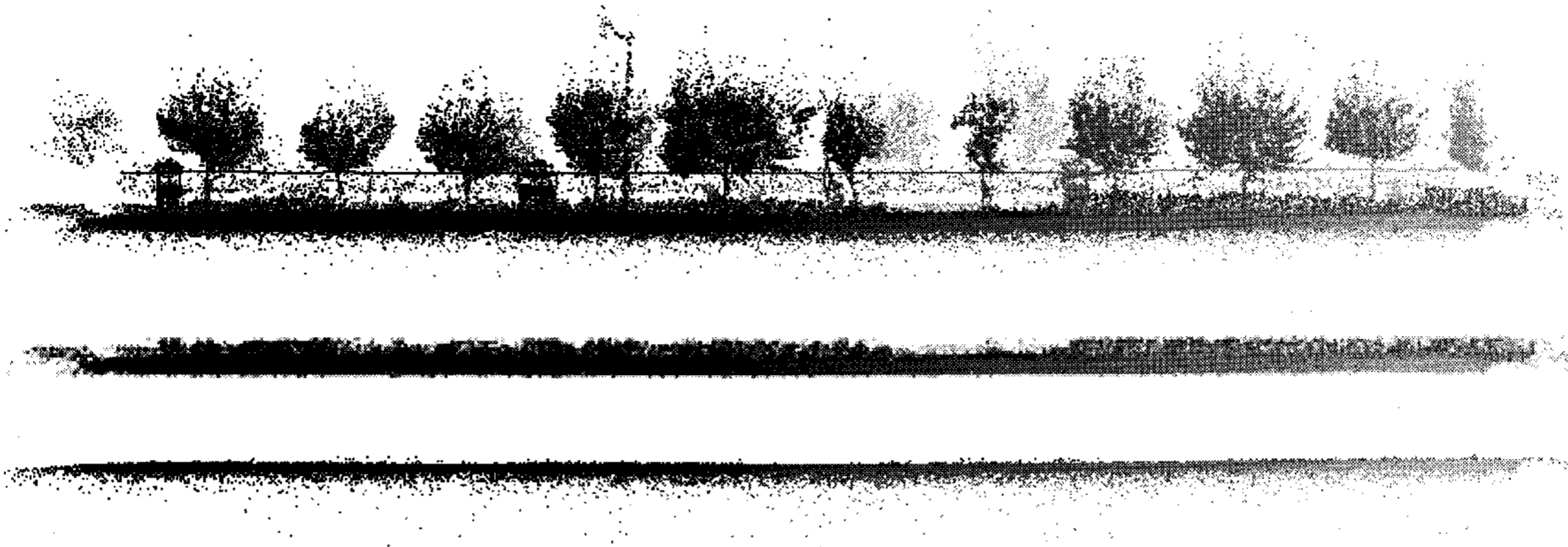


그림 5. 도로면 추출결과 (상 : 추출 전, 중 : 히스토그램, 하 : 레이저 데이터 거리이용)

4. 실험 결과

히스토그램을 이용한 방법과 레이저 데이터의 거리값을 이용한 방식의 도로추출의 정확성을 검증하기 위해 XY평면을 이용한 DEM영상을 만들어 보았으며 그 결과는 그림 5와 같다.

히스토그램을 이용한 방법의 경우 나무 및 인공구조 등이 완전히 제거되지 않았으나, 레이저 데이터의 거리를 이용하여 도로면을 추출한 영상의 경우 그 면이 육안으로 보기에 매끈하게 처리된 것을 확인할 수 있었다. 이 결과는 위의 실험 데이터 외에 다른 데이터를 적용했을 때에도 동일하게 나타났으며, 그렇기 때문에 이 방식이 히스토그램을 이용한 방법보다 더 효과적으로 도로를 추출할 수 있음을 확인할 수 있었다.

5. 결론

본 연구에서는 차량에 부착된 회전식 레이저에서 취득한 데이터를 처리하고 그 값을 이용하여 도로면을 추출하는 기법을 소개하였다. 도로면을 추출하기 위해서 히스토그램을 이용한 방법과 레이저 데이터 처리시의 거리와 각도를 이용한 방법을 제안하였으며, 데이터의 처리 결과, 특정값이 아닌 한 구간을 임계치로 결정해야하는 히스토그램 방법에 비해 레이저 데이터의 거리를 이용하여 특정 임계치를 찾

아내는 방식이 더 효과적임을 확인할 수 있었다. 이 방법에서는 과정을 단순화하기 위해 결정된 임계치보다 낮은 값을 가지고 있는 레이저 데이터를 전부 도로로 추출하였으나, 이 경우 레이저 데이터의 특성상 상당량의 노이즈를 포함하게 되는 문제가 발생한다. 그렇기 때문에 노이즈의 제거 과정이 레이저의 처리에서는 반드시 추가되어야 할 것이며, 그렇게 된다면 더욱 정확한 도로면의 추출이 가능할 것이다.

참고문헌

한국건설기술연구원, 2006, 도로 모델링을 위한 자료 처리방안 연구

정재욱., 2005, LIDAR 데이터와 디지털 항공영상을 이용한 건물의 자동추출에 관한 연구, 석사학위논문, 인하대학교

Axelsson P., 1999. Processing of laser scanner data Algorithms and Applications, ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, 54:138-147