

큐브형 타겟물 기반 라이다 장착 캘리브레이션 기술 시뮬레이션

송형석, 문선빈, 유지환, 오선택, 박재은, *김영근
한동대학교 기계제어공학부

e-mail : 21300399@handong.edu, 21700242@handong.edu, youjh@handong.edu,
21834003@handong.edu, jepark@handong.edu, ykkim@handong.edu

Simulation of LiDAR Alignment Calibration Using Cube Target

HyeongSeok Song, SunBeen Moon, JiHwan You, SeonTaek Oh, JaeEun Park,
*Young-Keun Kim
School of Mechanical and Control Engineering
Handong Global University

Abstract

This paper presents simulation analysis for the LiDAR extrinsic calibration method using a cubic target object. The proposed algorithm can estimate the alignment pose of the LiDAR body from the target object and the vehicle body. Simulations were conducted to analyze the accuracy and precision of the proposed algorithm. Results showed that the proposed algorithm can estimate the LiDAR pose with a precision less than 0.1 degrees and 2mm.

I. 서론

라이다(LiDAR) 센서는 주변 환경에 대한 3차원 이미지를 생성하는 주행보조 및 자율주행 시스템의 핵심 부품이다. 그러나 정확한 주행환경 인지 및 분석을 위해서는 라이다 센서가 지정된 차량 위치에 정확히 부착되어야 한다[1]. 탑재된 라이다 센서 부착에 오차가 존재하는 경우, 차량 사고로 이어질 수 있으며 막대한 피해를 초래할 수 있다. 이에 따라 라이다 센서를 차량에 탑재한 후에는 센서 장착 검사를 필수적으로 수행해야 한다.

기존의 라이다 센서 캘리브레이션에 관한 연구들은 라이다 센서와 카메라 센서 간의 상대위치 추정에 관한 연구들[2,3]이 주를 이룬다. 또한 대부분의 라이다 외부 캘리브레이션 연구들은 다수의 평면 타겟을 여러 각도에서 스캔하는 방법들을 기반으로 한다[4].

본 연구에서는 한 대의 큐브형 타겟만을 사용하여 차량에 부착된 라이다 센서의 장착 오차를 추정하는 기법을 새롭게 제안한다. 또한, 시뮬레이션을 통해 제안한 라이다 캘리브레이션 기법의 성능을 검증한다.

II. 라이다 캘리브레이션 알고리즘

일반적인 라이다 캘리브레이션 기법들은 체커보드, 원형, 다이아몬드형 등의 2차원 평면 타겟보드를 사용한다. 하지만, 2차원 평면 타겟보드를 활용하여 라이다 캘리브레이션을 진행할 경우, 라이다의 해상도에 따라 타겟의 경계선 검출이 정확하지 않기에 큰 측정 오차를 야기한다.

3차원 타겟 물체가 평면 타겟보드보다 더 정확한 라이다와 카메라 간의 캘리브레이션이 가능하다는 연구 결과에 따라[5], 본 연구에서는 큐브형 타겟을 이용하여 라이다의 장착 캘리브레이션 기법을 설계하고자 한다.

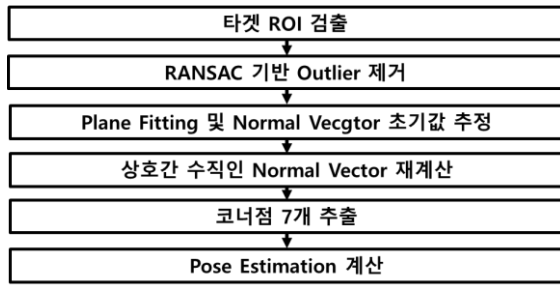


그림 1. 알고리즘 순서도

본 연구에서 제안하는 라이다 캘리브레이션 기법의 알고리즘 순서도는 그림1과 같다. 성능 검사를 위해서 우선적으로 장착 오차가 전혀 없는 기준위치(위치 : 0mm 각도 : 0°)에서 라이다 기준 데이터를 취득했다.

라이다에서 생성된 포인트 클라우드 데이터로부터 큐브형 타겟물의 ROI를 구한다. 검출된 큐브 타겟물의 포인트 클라우드 데이터에 대해서, RANSAC 기법을 통해 이상치 데이터를 제거하여 관심 데이터만을 추출한다. 라이다 데이터로부터 큐브 3면에 대한 평면 모델을 plane fitting 기법으로 산출한 후에 내부영역 데이터 값들을 추정된 평면에 투영시킨다.

이렇게 도출된 평면 초기값들의 normal vector들이 상호간에 직각이 되도록, iteration 기법을 사용하여, 각 평면의 방정식을 재계산한다. 직각 오차가 최소화된 새롭게 계산된 평면에 라이다 데이터를 투영한 후에 큐브 타겟 모서리점 7개를 특징점으로 구한다. (그림 2)

추출된 특징점의 3차원 위치정보를 기준 특징점 위치정보와 비교하여 levenberg-marquardt 기법을 통해 라이다 장착 포즈 정보를 추정한다.

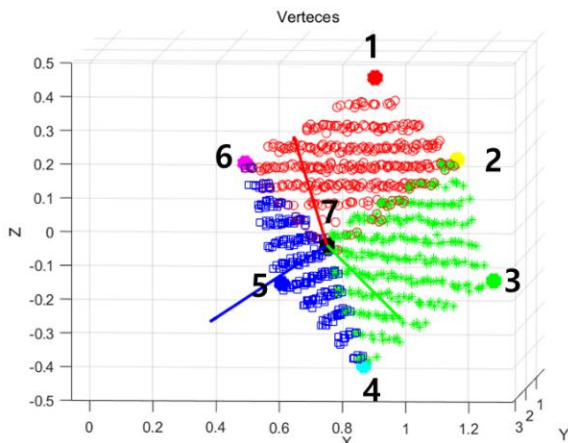


그림 2. 큐브형 타겟 모서리점 추출

III. 시뮬레이션

본 연구에서 제안하는 알고리즘의 성능 검증을 위해 Blender 소프트웨어를 활용하여 큐브형 타겟에 투영되는 라이다 포인트 클라우드 데이터를 생성했다. 한 변의 길이가 0.5m인 큐브형 타겟과 라이다간의 거리는 2.5m로 설정했다. 시뮬레이션에 사용된 라이다는 Velodyne VLP-16 모델로 360°의 수평 시야각과 10hz의 회전 속도에 따라 0.2°의 수평 해상도와 2°의 수직 해상도로 설정을 하였다.

라이다의 초기 위치는 회전 및 변위 장착 오차가 없는 조건으로 설정하였으며 초기위치의 타겟 모서리들을 기준 특징점 위치로 선정하였다. 라이다를 초기 위치에서 에이밍 각도 값을 $-3^{\circ} \sim 3^{\circ}$ 까지 0.5°씩 이동하는 실험과 x축 위치 변위를 $-30mm \sim 30mm$ 까지 5mm씩 이동하는 실험을 시뮬레이션으로 진행하였다.

그림3과 표1의 실험 결과에서 보여주는 바와 같이 에이밍 각도 변화에 따른 추정 오차의 평균은 0.01°, 최대치는 0.1°를 넘지 않는 것으로 확인됐다. 또한, 그림4와 표2의 결과와 같이 X축 위치 변화에 따른 변위 추정 오차의 평균은 0.11mm, 최대치는 0.5mm 이내로 들어오는 것이 확인됐다.

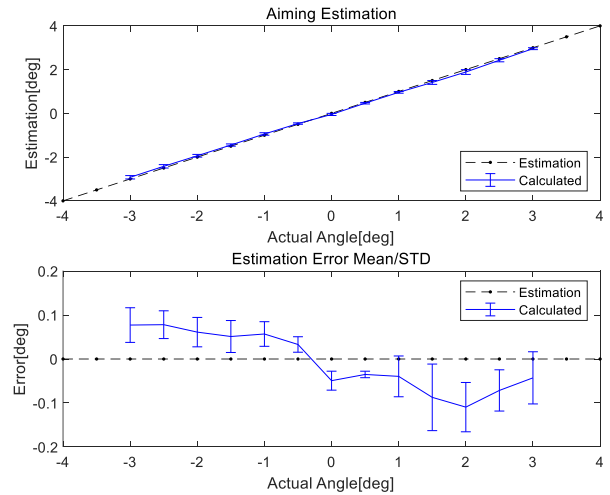


그림 3. 각도 변화에 따른 오차 값의 변화 추이

에이밍 추정 오차	전체평균	최대치
정확도	-0.01°	0.07°
정밀도	0.03°	0.07°

표 1. 각도 변위 오차 값의 평균과 분산

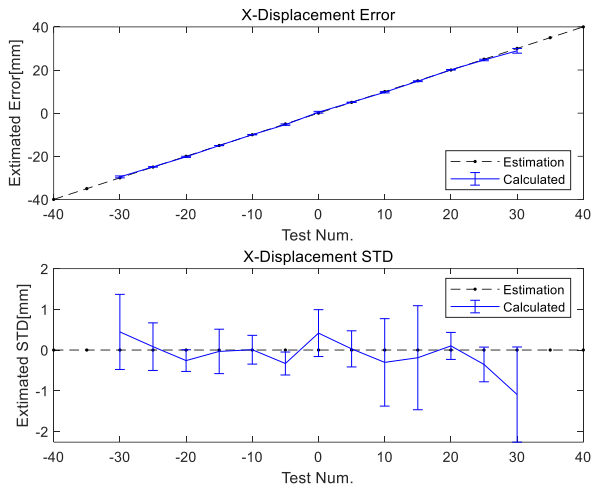


그림 4. 위치 변화에 따른 오차 값 변화 추이

변위 추정 오차	전체평균	최대치
정확도	-0.11 mm	0.44 mm
정밀도	0.63 mm	1.27 mm

표 2. 위치 변화에 따른 오차 값의 평균과 분산

IV. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 큐브 타겟의 특징점을 통해 라이다의 외부 캘리브레이션에 관한 연구를 수행했다. 제시하는 알고리즘은 자동차에 부착된 라이다의 장착 오차를 0.1도 및 2mm 정밀도로 검사가 가능한 것으로 시뮬레이션을 통해 분석을 하였다. 추후 실제 실험환경을 구축한 뒤 본 연구에서 제안한 캘리브레이션 알고리즘의 성능을 검증할 예정이다.

참고문헌

- [1] Okuda, R., Kajiwar, Y., & Terashima, K. (2014, April). A survey of technical trend of ADAS and autonomous driving. In *Technical Papers of 2014 International Symposium on VLSI Design, Automation and Test* (pp. 1-4). IEEE.
- [2] 김예함, 이예은, 황시환, 오선택, 유지환, 김영근. (2019). ADAS 카메라 및 라이다 장착 검사를 위한 센서 캘리브레이션 알고리즘 시뮬레이션 연구. 한국자동차공학회 추계학술대회 및 전시회, (), 1365-1366.
- [3] 간주원, 노미림, 김영근. (2018). ADAS 카메라 및 저해상도 3D 라이다 캘리브레이션 검사 장비 개발을 위한 기초 연구. 대한전자공학회 학술대회, (), 648-651.
- [4] E. Heinz, C. Holst, H. Kuhlmann, and L. Klingbeil, "Design and evaluation of a permanently installed plane-based calibration field for mobile laser scanning systems," *Remote Sensing*, vol. 12, no. 3, 2020.
- [5] Zoltan Pusztai and Levente Hajder, "Accurate Calibration of LiDAR-Camera Systems using Ordinary Boxes", *IEEE International Conference on Computer Vision Workshops*, 2017