

차량용 라이다 모델링과 시뮬레이션

이규석, 천장우, 이임평*
서울시립대학교

ys96000@uos.ac.kr, khai0614@uos.ac.kr, *iplee@uos.ac.kr

Modelling and Simulation of Vehicle LIDAR Sensors

Gyuseok Lee, Jangwoo Cheon, Impyeong Lee*
University of Seoul

요약

자율주행 알고리즘에 대한 시험과 검증을 위해 자율주행 시뮬레이터가 많이 활용된다. 특히 실차 시험에 비해 다양한 주행 환경과 시나리오를 효율적으로 채용할 수 있다는 장점이 있다. 이러한 시뮬레이터 기반 시험이 유효하려면 가상환경에서 시뮬레이션을 통해 생성한 센서 데이터가 실제 센서 데이터와 최대한 유사해야 한다. 이에 실제 센서의 세부 구성 요소와 취득 과정을 정밀하게 모델링하고 이에 기반하여 시뮬레이터를 개발해야 한다. 본 연구에서는 가장 대표적인 자율주행 차량센서인 라이다 센서에 대한 정밀 모델링과 이에 기반한 시뮬레이션을 수행하였다. 라이다 센서의 구성 요소와 동작 원리를 면밀하게 분석하여 크게 기하학적 측면과 복사학적 측면에 대한 모델을 수립하였다. 수립된 모델을 바탕으로 유니티 게임 엔진을 이용하여 시뮬레이터를 개발하였다. 실제 도시에 대한 3 차원 가상환경에 다양한 주행 시나리오에 따라 실제와 같은 라이다 데이터를 효율적으로 모사할 수 있었다.

I. 서론

자율주행차는 운전자의 조작없이 자동차 스스로 인지, 판단, 제어 기능을 수행하며 주행하는 차량이다. 자율주행차에 대한 연구는 끊임없이 진행되고 있으나, 아직까지 널리 상용화가 되지 못한 이유로는 안전성의 문제가 있다. 인지, 판단, 제어의 과정에서 발생하는 문제가 인명 사고로 이어질 수 있기 때문이다. 따라서 자율주행 차량의 보급을 위해서는 다양한 주행환경과 시나리오에 따라 자율주행 알고리즘을 시험하고 평가할 필요가 있다.

하지만 실제 차량을 이용하여 주행 시험을 수행할 경우, 시험하고자 하는 다양한 주행환경과 시나리오를 재현하는 것에 한계가 있다. 예를 들어 날씨를 통제하기가 어려우며, 위험 상황 시나리오를 반복적으로 재현하기도 어렵다. 이러한 문제점을 해결하기 위한 방안으로 자율주행 시뮬레이터를 이용하는 방법이 있다.

자율주행 시뮬레이터는 가상의 3 차원 환경을 구성하고 차량의 동적 모델과 센서 모델을 이용하여 자율주행 알고리즘을 시험해볼 수 있는 프로그램이다. 가상 환경을 구성하기 때문에 주행 환경과 시나리오에 제약 없이 주행 시험을 수행할 수 있다. 자율주행 시뮬레이터에서는 가상환경에서 가상의 데이터를 수집하고 처리하여 인지, 판단, 제어를 수행한다. 따라서 취득되는 가상의 데이터가 실제로 수집되는 센서 데이터와 최대한 유사해야 시뮬레이터를 통한 주행 시험이 유효하다.[1]

실제 데이터와 유사한 시뮬레이션 데이터를 생성하기 위해서는 기본적으로 3 차원 가상환경이 현실처럼

구성되어야 하고, 데이터를 취득하는 센서와 취득 방식이 실제 센서와 유사하게 모델링되어야 한다. 가상환경이 실제와 매우 유사하게 구성되어도 취득하는 센서의 모델이 실제와 유사하지 않으면 시뮬레이션 데이터가 실제와 유사하지 않게 된다. 따라서 센서의 정밀한 모델링은 가상환경의 정밀한 모델링 못지않게 중요하다.

본 논문에서는 가상환경의 현실적인 모델링보다 센서의 정밀한 모델링과 시뮬레이션을 집중적으로 다루었다. 차량에 탑재되는 센서 중 주변 환경에 대한 즉각적인 3 차원 인지를 위해 널리 활용되는 라이다 센서에 대한 모델링과 시뮬레이션을 수행하였다.

II. 본론

(1) 기하모델링

라이다는 레이저 신호를 발사하고 반사되어 돌아오는 시간을 이용하여 거리를 측정하는 센서이다. 간단히 말하면 레이저 거리측정기라고 할 수 있다. 정의된 센서 좌표계상에서 설계된 방향으로 레이저를 발사하고 거리를 측정하면 방향과 거리를 조합하여 반사지점의 3 차원 위치를 결정할 수 있게 된다. 이러한 라이다의 기하적인 구동방식을 모델링하는 것을 라이다 기하모델링이라 한다. 기하모델링을 통해 라이다의 구성요소와 구동방식을 모사하고 3 차원 포인트 클라우드를 취득하는 과정을 시뮬레이션 할 수 있다. 그림 1은 본 논문에서 모사한 Velodyne 사의 16 채널 라이다의 구동방식을 도식화한 그림이다.

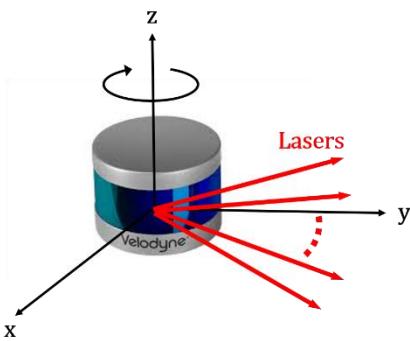


그림 1. Velodyne 라이다 구동방식

(2) 복사모델링

레이저 펄스를 발사하여 거리를 측정할 때, 반사되어 돌아온 에너지 값도 함께 저장된다. 발사된 레이저의 에너지는 돌아오기까지 여러가지 요소에 의해 감쇄된다. 이렇게 레이저가 발사되고 표면에 반사되어 탐지기에 돌아오기까지 에너지가 감쇄되는 과정을 모델링하는 것을 복사모델링이라 한다. 일반적으로 수신된 에너지값을 반사강도라 하는데, 반사강도 I 는 라이다 공식에 따라 정거리 및 반사도의 관계를 통해 결정된다. [2]

$$I \propto \frac{\rho \cos(\alpha)}{r^2}$$

ρ 는 레이저가 반사된 표면의 반사도, 입사각 α 는 발사된 레이저가 반사된 표면과 이루는 각, r 은 측정거리를 의미한다. 따라서 주변환경에 대한 3 차원 모델링과 기하모델링 선행된 후 복사모델링을 수행할 수 있다.

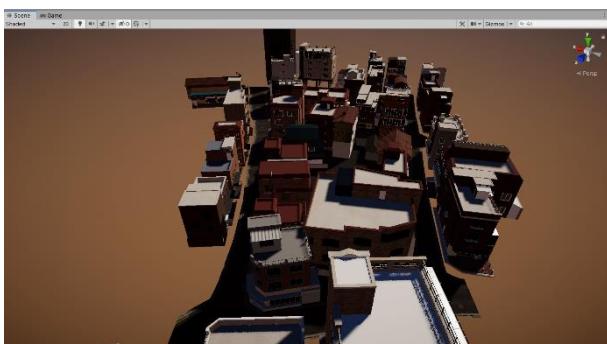


그림 2. 유니티 3D 가상 주행 환경

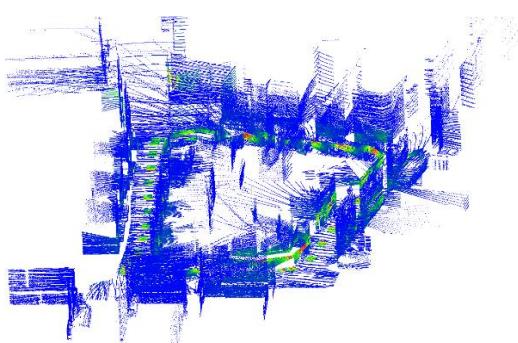


그림 3. 라이다 시뮬레이션 결과

(3) 시뮬레이션 결과

본 연구에서는 유니티 게임엔진을 이용하여 환경을 구성하고 시뮬레이션을 수행하였다. 그림 2는 유니티의 3D 가상 주행환경이다. 해당 주행환경은 서울특별시 마포구 상암동의 골목을 모델링하여 구축한 것이다. 16 채널 실측 라이다 내부의 레이저 발사각, 회전방식 및 주사율에 따라 라이다 기하모델링을 수행하였다. 그리고 라이다 공식에 따라 입사각과 거리에 대한 관계를 통해 복사모델링을 수행하였다. 위 가상 환경에서 모델링된 라이다 시뮬레이터를 구동시켰다. 차량 루프 앞부분에 퍼치각이 15 도 기울어진 상태로 탑재되었으며, 모델링된 3 차원 환경의 도로를 한바퀴 돌며 총 70frame 의 라이다 데이터를 취득하였다. 그림 3은 취득된 데이터를 매핑한 결과를 가시화한 것이다. 결과를 살펴보면, 16 채널 실측 라이다 데이터를 이용하여 매핑한 것과 유사하게 매핑된 것을 알 수 있고, 입사각과 거리에 따라 반사강도가 계산되어 나타난 것을 확인할 수 있다.

III. 결론

자율주행 차량에 탑재되는 라이다 센서의 시뮬레이션을 위해 라이다의 기하학적 설계를 모사하는 기하모델링, 에너지 감쇄 과정을 모사하는 복사모델링을 수행하였다. 모델링된 라이다 시뮬레이터를 이용하여 3 차원 가상환경에서 라이다 시뮬레이션 데이터를 생성하고 결과를 확인하였다. 이렇게 라이다 모델링을 통해 실측 라이다 데이터와 유사한 라이다 시뮬레이션 데이터를 생성하고, 생성된 데이터를 이용하여 자율주행 알고리즘을 시험해 볼 수 있다. 향후 추가적인 연구를 통해 보다 실측 데이터와 유사한 라이다 시뮬레이션 데이터를 생성하여 자율주행 알고리즘의 시험뿐만 아니라 자율주행 알고리즘의 학습을 위한 데이터셋으로도 활용할 수 있을 것이다.

ACKNOWLEDGMENT

This research was supported by the Institute of Information & Communication Technology Planning & Evaluation(IITP) funded by the Ministry of Science, ICT & Future Planning. (No. 2019-0-00399, Development of SW technology for recognition, judgement and path control algorithm verification simulation and dataset generation)

참 고 문 헌

- [1] Manivasagam, S., Wang, S., Wong, K., Zeng, W., Sazanovich, M., Tan, S., ... & Urtasun, R., "LiDARsim: Realistic LiDAR Simulation by Leveraging the Real World," In Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 11167–11176, 2020.
- [2] Khan, S., Wollherr, D., & Buss, M., "Modeling laser intensities for simultaneous localization and mapping," IEEE Robotics and Automation Letters, 1(2), pp. 692–699. 2016.