

오픈소스 프레임워크 기반 3차원 객체 라벨링 자동화

은승우, 한동석*

경북대학교 대학원 전자전기공학부

sweunwave@knu.ac.kr, *dshan@knu.ac.kr

Automated 3D Object Labeling using An Open-Source Framework

Seung Woo Eun, Dong Seog Han*

School of Electronic and Electrical Engineering, Kyungpook National Univ.

요약

지도학습 기반 인공지능 모델의 성능은 학습에 사용되는 정답 데이터(라벨)의 품질에 크게 좌우되며, 이를 위해 데이터를 분류하거나 태그를 부여하는 작업을 라벨링이라 한다. 특히 3차원 LiDAR 데이터를 활용한 객체 인식 분야에서는 정밀한 라벨링이 필수적이다. 그러나 LiDAR 데이터의 수작업 라벨링은 높은 비용과 시간이 소요되며, 데이터 양이 많을수록 라벨링 품질의 일관성을 유지하는 데 어려움이 따른다. 본 연구에서는 3D 객체 검출 오픈 프레임워크인 OpenPCDet을 활용하여, LiDAR 데이터에 대한 객체 인식 결과를 라벨링 데이터로 생성하고 이를 MATLAB LiDAR Labeler에서 활용할 수 있는 파이프라인을 제안한다. 제안된 방법은 예측된 결과를 MATLAB에서 요구되는 형식의 라벨링 데이터로 변환함으로써 시각적으로 편집하거나 검증하는 작업을 가능하게 한다. 또한 다양한 최신 3D 탐지 네트워크를 MATLAB 환경에 유연하게 통합할 수 있도록 설계되어, 라벨링 자동화의 범용성과 효율성을 향상시킨다.

I. 서론

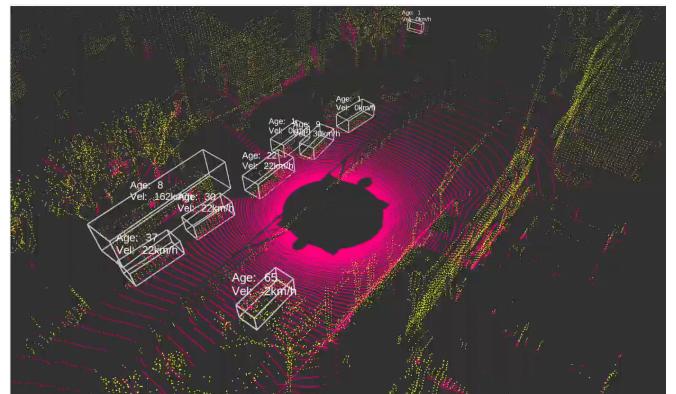
인공지능 기술이 급속도로 발전하면서, 객체 인식, 추적, 세그멘테이션 등의 다양한 분야에서 높은 성능을 달성하고 있다.[1] 특히 3차원 LiDAR(Light Detection And Ranging) 데이터를 활용한 객체 인식 기술은 자율주행, 로봇 비전 등 실시간 외부 환경 인지가 요구되는 분야에서 핵심적인 역할을 한다.[2-5] 그러나 이러한 지도학습 기반 인공지능 모델의 성능은 학습에 사용되는 정답 데이터(라벨)의 품질에 크게 의존하며, 데이터의 차원이 높아질수록 라벨링 비용과 시간 또한 증가한다.

3D LiDAR 데이터의 경우, 라벨링 단위가 단순한 2D 바운딩 박스보다 복잡하기 때문에 추가적인 수작업이 요구되는 경우가 많다. 이는 대규모 데이터셋 확보를 어렵게 만들고, 모델 성능 향상에도 제약으로 작용한다. 이에 따라, 3D 객체 인식 결과를 기반으로 자동화를 적용한 라벨링 (auto-labeling) 방식이 주목받고 있으며, 학습용 데이터 구축 비용을 절감하고 라벨 품질을 높이기 위한 다양한 연구가 진행되고 있다.[6]

MATLAB은 엔지니어링 및 산업 분야에서 널리 사용되는 소프트웨어로, LiDAR 데이터의 라벨링을 위한 LiDAR Labeler 도구를 제공하고 있다. 해당 도구는 라벨링 작업을 시각적으로 지원하며, 자동화를 위한 딥러닝 모델도 일부 탑재하고 있다. 하지만 대부분의 3차원 라벨링 프로그램에서 기본 제공하는 3D 객체 인식 모델은 성능 및 도메인 유연성 측면에서 한계가 있으며, 다양한 최신 네트워크 구조를 자유롭게 활용하기 어렵다는 단점이 있다.

본 연구에서는 오픈소스 3D 객체 검출 프레임워크인 OpenPCDet을 활용하여, 모델에서 예측한 결과를 MATLAB에서 요구하는 .mat 파일 형식 및 groundTruthLidar 구조체 형태로 변환하고, 이를 MATLAB LiDAR Labeler에서 활용할 수 있는 자동화 파이프라인을 설계하였다.[7] 제안된 방법은 OpenPCDet에서 제공하는 다양한 최신 3차원 객체 인지 네트워크를 활용하여 Automated-Label 생성이 가능하다는 점에서 학습 데이터셋 구축의 초기 비용을 낮출 수 있으며, MATLAB 환경에 유연하게 연동할 수 있다는 점에서 높은 확장성과 실용성을 가진다. 본 논문에서는 해당 파이프라인의 구현 방법과 데이터 구조 변환 과정, 그리고 이를 활용

한 라벨링 자동화 결과를 제시한다.

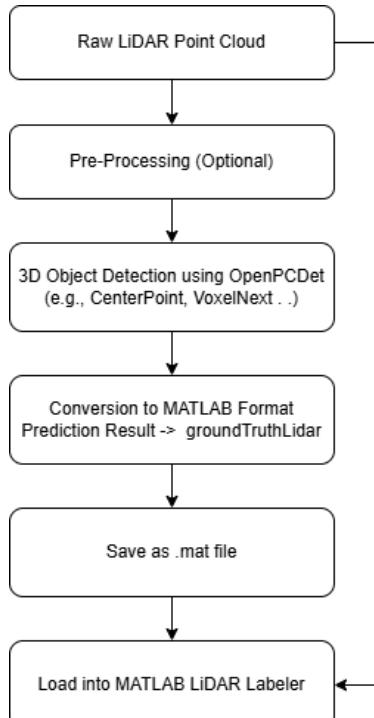


[그림 1] 3차원 LiDAR를 활용한 객체 인지

II. 본론

[그림 2]는 본 논문에서 제안하는 파이프라인의 전체 구조를 나타낸다. OpenPCDet은 다양한 3차원 객체 인지 모델(CenterPoint, VoxelNext 등)을 통해 입력된 3D LiDAR 포인트 클라우드로부터 객체를 검출하며, 각 객체에 대해 3차원 바운딩 박스와 클래스 정보를 예측한다.[8-9] 예측 결과는 PyTorch Tensor 형태로 출력되며, 중심 좌표(x, y, z), 크기 (width, length, height), 방향(heading 혹은 orientation) 정보와 신뢰 점수(confidence score), 클래스 정보를 포함한다.

다음은 예측된 정보를 MATLAB의 groundTruthLidar 클래스에서 요구하는 구조체로 변환한다. 이를 위해 바운딩 박스 정보를 Tensor에서 NumPy 배열로 변환한 뒤, 클래스 ID에 따라 객체를 분리하고, 존재하지 않는 클래스는 빈 배열로 처리하여 MATLAB Labeler에 적용할 수 있도록 설계하였다. 각 프레임별 라벨 정보는 MATLAB의 timetable 형식으로 구성되며, 시간 정보는 프레임 단위 또는 입력 데이터 형식에 따라 일정한 간격의 타임스탬프 배열로 생성된다.



[그림 2] 제안된 파이프라인의 구조

이렇게 구성된 라벨 데이터는 .mat 파일로 저장되어 MATLAB LiDAR Labeler에서 사용할 수 있으며, 시각적으로 확인하거나 필요에 따라 수동으로 편집 및 보정 작업도 가능하다. [그림 3]은 Waymo 데이터셋을 기반으로 학습된 CenterPoint 모델을 적용하여 자동 라벨링을 수행한 후, 이를 MATLAB LiDAR Labeler 상에서 시각화한 결과를 보여준다. 해당 모델은 전체 Waymo 데이터셋 중 20%만을 학습에 사용하였으며, 입력 데이터는 Ouster 사의 OS-128 센서를 이용하여 경북대학교 대구캠퍼스에서 수집한 3차원 LiDAR 데이터를 적용하였다. 라벨링 대상 클래스는 Vehicle, Pedestrian, Cyclist 총 3가지이며, 약 30m 이내에 위치한 객체에 대해서는 모두 라벨 생성이 성공적으로 이루어졌다.

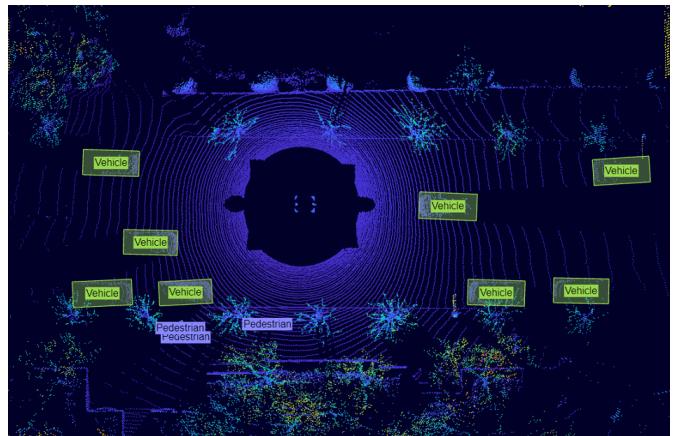
본 파이프라인은 라벨링을 위한 사전 작업을 대폭 감소시키며, 다양한 최신 객체 검출 네트워크를 3차원 라벨링 툴과 연계할 수 있다는 점에서 실용적인 확장성을 제공한다. 특히 OpenPCDet의 모듈화된 구조 덕분에, 라벨링 정확도를 개선하기 위한 다양한 모델 실험을 쉽게 적용할 수 있다.

III. 결론

본 연구에서는 3차원 LiDAR 객체 인식 프레임워크인 OpenPCDet을 활용하여, 객체 검출 결과를 MATLAB LiDAR Labeler에서 활용 가능한 형식으로 변환하여 라벨링 데이터를 생성하는 자동화 파이프라인을 제안하였다. 제안된 방법은 OpenPCDet의 다양한 최신 탐지 네트워크를 기반으로 라벨 데이터를 생성하고, 이를 MATLAB의 groundTruthLidar 클래스로 변환하여 저장한다. 이를 통해 수작업 라벨링의 초기 부담을 줄이고, 다양한 연구 및 산업 환경에서 학습 데이터를 효율적으로 확보할 수 있다. 이는 향후 자율주행 모빌리티 및 로봇 분야에서의 3차원 LiDAR 기반 인공지능 모델 개발에 효과적으로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2021년도 교육부 제원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (RS-2021-NR060127)



[그림 3] CenterPoint를 적용한 자동 라벨링 결과

참 고 문 헌

- [1] 김산민, 김영석, 전형석, 금동석, and 이기범, "자율주행 기술 동향 및 발전 방향: AI를 중심으로," 한국자동차공학회논문집, vol. 30, no. 10, pp. 819-830, 2022. (10.7467/KSAE.2022.30.10.819)
- [2] Mao, Jiageng, et al. "3D object detection for autonomous driving: A comprehensive survey." International Journal of Computer Vision 131.8 (2023): 1909-1963.
- [3] 고준호, 김재겸, 김예철, and 최준원, "딥러닝을 이용한 라이다 기반 3D 물체 검출 기법 연구 동향," 정보과학회지, vol. 37, no. 1, pp. 61-71, 2019.
- [4] 조현 and 황원준, "자율주행을 위한 LiDAR 기반 3차원 객체 검출 및 경량화 기술 동향," 전자공학회지, vol. 50, no. 3, pp. 17-25, 2023.
- [5] 정영재, 전우민, and 이성진, "자율주행을 위한 포인트 클라우드 3D 객체 인식에 관한 연구," 한국통신학회논문지, vol. 49, no. 1, pp. 31-40, 2024. (10.7840/kics.2024.49.1.31)
- [6] 석지원, 조재영, and 조기준, "정밀 시맨틱 포인트 클라우드 위치 추정을 이용한 라이다 자동 라벨링 시스템," 한국통신학회 학술대회논문집, pp. 1447-1448, 강원, 2023-02-08.
- [7] OD Team. "Openpcdet: An open-source toolbox for 3d object detection from point clouds." 2020,
- [8] Yin, Tianwei, Xingyi Zhou, and Philipp Krahenbuhl. "Center-based 3d object detection and tracking." Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition. 2021.
- [9] Chen, Yukang, et al. "Voxelnext: Fully sparse voxelnet for 3d object detection and tracking." Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. 2023.