

비정형 주행상황에서의 라이다 센서 기반 다중 객체 검출

박병우¹, 강창원¹, 안승욱², 최준원^{3,*}

¹한양대학교, ²한화에어로스페이스 LS사업부, ^{3,*}서울대학교

{bwpark, changwonkang}@spa.hanyang.ac.kr, seunguk.ahn@hanwha.com,
junwchoi@snu.ac.kr*

Multi-object Detection with LiDAR Sensor in Unstructured Driving Situations

Byungwoo Park¹, Changwon Kang¹, Seunguk Ahn², Junwon Choi^{3,*}

¹Hanyang University, ²LS Division, Hanwha Aerospace Co., Ltd.,

^{3,*}Seoul National University

요약

본 논문은 비정형 주행환경에서 수집된 데이터의 라벨 정보가 없는 상황에서 공개 데이터셋으로 학습된 라이다 기반 3차원 다중 객체 검출기인 CenterPoint 모델을 비정형 환경에 적용하여 야지환경에 대한 적합성을 확인한다. 공개 데이터셋과 비정형 주행 환경간의 데이터 분포 차이로 인해 나무를 사람으로 잘못 인식하는 오검출 사례를 확인하였으며, 이러한 결과는 모델의 오검출 비율을 낮추기 위한 향후 연구를 진행할 필요가 있음을 시사한다.

I. 서론

최근 딥러닝 분야의 발전과 더불어 자율주행 기술에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 이러한 검출 및 추적 기술 연구는 대부분 대규모 공개 데이터셋[1,2,3]을 활용하여 이루어지고 있다. 하지만 공개 데이터셋의 경우 대부분 시가지와 같은 정제된 환경에서 학습되므로, 오프로드와 같은 복잡한 환경에 적용하기 어렵다. 또한 기존의 객체 검출 연구는 안전한 환경에서 이루어졌기 때문에 비정형 주행상황에서 객체를 지속적으로 검출할 수 있는 기술 개발이 필요하다. 본 논문에서는 비정형 주행 환경에서 수집된 데이터의 라벨 정보가 없는 상황일때 해당 환경에서 수집된 원 데이터를 활용하여 비정형 주행상황에서 객체 검출 모델의 적합성을 확인하는 연구를 진행하였다.

II. 본론

2.1 CenterPoint의 구조 및 구성요소

본 논문에서는 라이다 기반 3차원 객체 검출 분야에서 활용되는 다중 객체 검출 프레임워크인 CenterPoint[4]를 사용한다. 해당 모델의 각 구성 요소에 대한 구체적인 내용은 아래와 같다. 해당 모델은 2단계로 구성되어 있지만, 연산 시간 및 컴퓨터 자원을 고려하여, 첫번째 단계로만 구성하였다. 첫 번째 단계의 주요 목적은 물체의 대략적인 위치와 속성을 식별하는 것이다. 그림 1.에서 전반적인 프로세스를 나타내었다.

2.1.1 복셀화 단계 및 백본 네트워크

첫번째로 3차원 공간 상에서의 라이다 점군 데이터를 입력으로 사용한다. 입력 점군을 일정한 크기로 정형화된 격자 형태의 복셀로 변환한다. 변환된 복셀은 백본

네트워크인 ResBEVBackbone[5]을 통과한다. 백본 네트워크의 역할은 복셀화된 점군 데이터를 조감도 특징맵(Bird's-Eye-View)로 인코딩한다. 인코딩된 조감도 특징맵은 검출 헤드의 입력으로 사용된다.

2.1.2 키 포인트 감지기 및 센터 히트맵 헤드

백본 네트워크에서 인코딩된 조감도 특징맵을 입력으로, 키 포인트 감지기를 통해 고밀도 히트맵을 생성하여 물체의 중심이 될 가능성이 높은 지점들을 찾아낸다. 이 과정은 물체의 정확한 3차원 위치를 빠르게 파악하는 데 중요한 역할을 한다. 센터 히트맵 헤드는 생성된 고밀도 히트맵에서 피크를 감지하여 물체의 중심을 감지하고, 이를 바탕으로 3차원 크기, 방향, 속도를 추정한다. 여기서 키포인트 감지기 및 센터 히트맵 헤드는 멀티 클래스의 수만큼 존재하게 되고, 각각의 클래스 별로 병렬적으로 객체를 검출한다.

학습 단계에서는 경계 상자의 3차원 중심을 조감도에 투영하고, 이 위치에서 생성된 2차원 가우시안 값을 학습 목표로 삼는다. 해당 2차원 가우시안 값은 객체의 중심을 정확하게 탐지하고 표현하는데 중요한 역할을 한다. 2차원 가우시안 분포는 가장 높은 점에서 객체의 중심을 나타내며, 중심에서 멀어질수록 값이 감소한다. 이러한 특성을 통해 2차원 가우시안 값을 사용하는 것은 복잡하거나 중첩된 장면에서 객체의 경계가 불분명할 때 특히 효과적이다. 게다가 모델이 객체의 경계 상자가 아닌 중심 지역에 주목하여 객체의 중심을 점으로 탐지함으로써, 검출의 견고성과 정확성을 향상시키고, 계산 복잡도를 감소시키며, 회전 불변성을 학습할 수 있게 한다.

2.2 비정형 주행 환경에서의 CenterPoint 적용

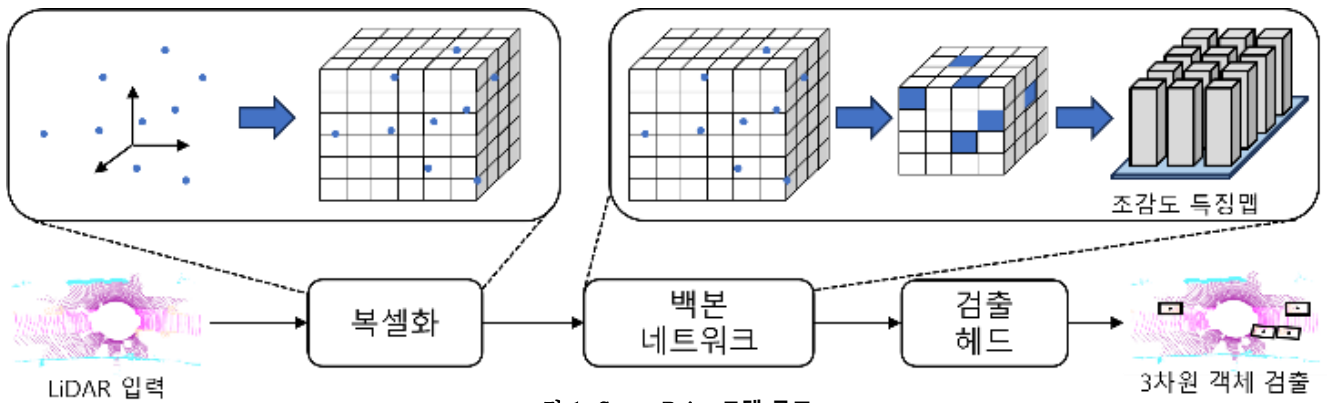


그림 1. CenterPoint 모델 구조

공개 자율주행 데이터셋으로 학습된 CenterPoint 모델이 비정형 주행 환경에 적합한지 평가하기 위해, 자체적으로 수집한 데이터셋을 사용하여 모델을 검증하였다. 공개 데이터셋은 주로 시가지 환경에서 수집되어 나무가 적은 데이터 분포를 이루는 반면, 비정형 주행 환경은 수풀 및 나무가 많아 데이터 분포가 상이하며, 이러한 데이터 분포의 차이로 인해 오검출 문제가 발생하게 된다. 비정형 주행 환경에 공개 데이터셋으로 학습된 CenterPoint 모델을 적용한 결과, 나무와 사람의 점군 형태가 유사하여 나무를 사람으로 잘못 검출하는 경우가 많음을 그림 2.를 통해 확인하였다.

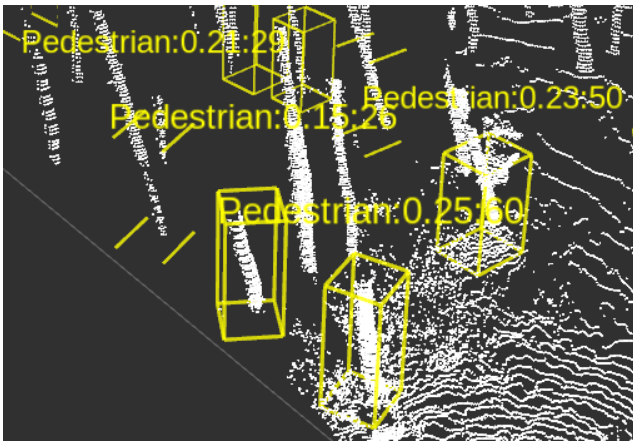


그림 2. 비정형 주행 중 나무가 많은 상황에서의 오검출

III. 결론

본 연구에서는 공개 데이터셋으로 학습된 라이다 기반 3차원 다중 객체 검출기인 CenterPoint를 비정형 환경에 적용하여 야지환경에 대한 적합성을 확인하였다. 공개 데이터와 비정형 주행환경과의 데이터 분포 차이로 인해 나무를 사람으로 인식하는 다수의 오검출이 발생하는 것을 확인하였다. 향후 연구에서는 3차원 물체 검출기에서의 오검출 비율을 낮추기 위한 연구를 진행할 예정이다.

ACKNOWLEDGMENT

본 논문은 중속주행에 강인한 야지환경 객체 추적 기술 연구의 일환으로 한화에어로스페이스의 지원과 2024년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원(No.2020-0-01373, 인공지능대학원지원(한양대학교))을 받아 수행된 연구입니다.

참고 문헌

- [1] Geiger, Andreas, Philip Lenz, and Raquel Urtasun. "Are we ready for autonomous driving? the kitti vision benchmark suite." 2012 IEEE conference on computer vision and pattern recognition. IEEE, 2012.
- [2] Caesar, Holger, et al. "nusenes: A multimodal dataset for autonomous driving." Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition. 2020.
- [3] Sun, Pei, et al. "Scalability in perception for autonomous driving: Waymo open dataset." Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition. 2020.
- [4] 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.
- [5] He, Kaiming, et al. "Deep residual learning for image recognition." Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. 2016.