

다양한 조도에 강인한 라이다-카메라 센서 융합 기반 차선 인식 네트워크

김동인, 백동희, 선민혁, Ryan Gallagher, 공승현*
한국과학기술원

dongin.kim@kaist.ac.kr, donghee.paek@kaist.ac.kr, hyeok0809@kaist.ac.kr,
ryangallagher@kaist.ac.kr, *skong@kaist.ac.kr

Robust Lane Detection Network Based on Lidar-Camera Sensor Fusion in Various Light Conditions

Dong-In Kim, Dong-Hee Paek, Min-Hyeok Sun, Ryan Gallagher, Seung-Hyun Kong*
Korea Advanced Institute of Science and Technology

요약

라이다 기반 차선 인식은 조도에 강인한 라이다 포인트 클라우드로부터 낮, 밤 등의 다양한 조도에서 차선 정보를 추출하는 기술이다. 라이다 기반 차선 인식의 입력인 포인트 클라우드는 주변 환경의 3D 정보를 정밀하게 측정할 수 있고 다양한 조도에 강인하지만, 카메라 이미지와 달리 데이터의 밀도가 낮은 단점이 있다. 반면에 카메라 이미지는 데이터의 밀도가 높지만 정확한 3D 정보를 제공하지 않으며, 조도 변화에 민감한 단점이 있다. 본 논문에서는 라이다와 카메라의 센서 융합을 통해서, 두 센서가 가지는 각각의 단점들을 상호 보완하여 기존 라이다 기반 차선 인식 네트워크 대비 성능이 향상된 라이다-카메라 센서 융합 차선 인식 네트워크를 제안한다.

I. 서론

차선 인식 기술은 자율주행 자동차에 있어서 가장 중요한 핵심 기술 중 하나이다. 일반적으로 차선 인식 기술은 뾰족한 데이터 밀도를 가지는 카메라 이미지로부터 풍부한 특성을 추출할 수 있도록 휴리스틱 알고리즘을 활용하는 방법으로 연구가 진행되었다. 최근에는 인공지능 기술의 급격한 발전으로 인해 이미지 처리 인공지능을 활용한 카메라 이미지 기반 차선 인식 연구가 활발히 진행되고 있다. 인공지능의 도움으로 카메라 이미지 기반 차선 인식의 성능이 눈에 띄게 발전하였지만 여전히 카메라 이미지 기반 차선 인식은 야간의 조도에서 차선 인식 성능이 안정적이지 못하며 정확한 3D 정보가 없어 실제 도로에서 차선 예측을 위한 BEV 이미지로 변환 시 차선 인식 정확도가 떨어지는 단점이 있다. 따라서 최근에는 카메라 센서 대비 조도에 강인하고 정밀한 거리 측정이 가능한 라이다 센서의 포인트 클라우드를 바탕으로 차선 인식을 수행하는 연구가 제안되었다. 라이다 기반 차선 인식은 낮, 밤, 도심 그리고 고속도로 등 다양한 주행 환경에 대해 강인한 차선 인식 성능을 보여주지만, 라이다 포인트 클라우드는 카메라 이미지 대비 데이터의 밀도가 낮기 때문에 차선 인식에 필요한 충분한 특성을 추출하는데 어려움이 있다. 따라서 본 논문에서는 두 센서 데이터를 네트워크에서 융합함으로써 각 센서 데이터가 가지는 단점들을 서로 보완하여 기존 라이다 기반 차선 인식 네트워크 보다 차선 인식 성능이 향상된 라이다-카메라 센서 융합 차선 인식 네트워크를 제안하고자 한다.

II. 본론

1) 기존 라이다 기반 차선 인식 네트워크

기존의 라이다 기반 차선 인식 네트워크는 [1] 입력된 라이다 포인트 클라우드 BEV 이미지를 입력받아 컨볼루션 연산을 통해 특성 맵을 추출한 다음, 특성 맵의 각 픽셀 별로 해당 픽셀이 어느 범주(차선, 배경 등)에

속해 있는지를 예측하는 세그멘테이션 방식이다. 이와 같은 기존의 라이다 차선 인식 네트워크는 데이터의 밀도가 상대적으로 낮은 라이다 포인트 클라우드의 정보만을 활용하여 픽셀 단위 세그멘테이션을 수행하기 때문에 포인트 클라우드가 상대적으로 부족하거나 존재하지 않는 픽셀 영역 대하여 정확하게 범주를 분류할 수 없어 차선 인식 성능이 떨어지는 단점이 있다.

2) 제안하는 라이다-카메라 센서 융합 차선 인식 네트워크

본 논문에서 제안하는 라이다-카메라 센서 융합 차선 인식 네트워크 구조는 그림 1 과 같다. 그림 1 의 좌측 두 이미지는 라이다 포인트 클라우드 BEV 이미지와 전방 카메라 이미지를 IPM 변환한 카메라 BEV 이미지로, 위 두 이미지는 해당 네트워크의 두 입력 데이터들이다.

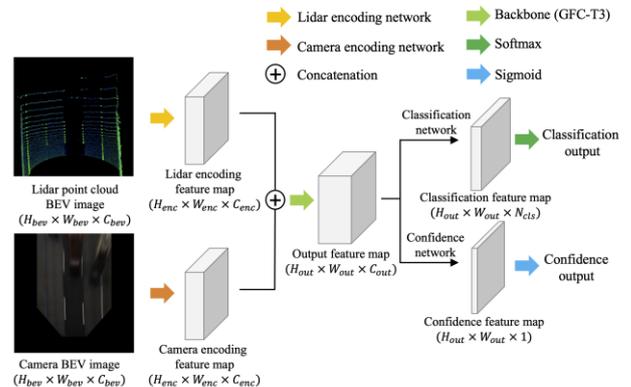


그림 1. 라이다-카메라 센서 융합 차선 인식 네트워크 구조

카메라 BEV 이미지는 그림 2 와 같이 해당 장면의 라이다 포인트 클라우드 데이터의 스케일과 위치에 맞게 변환하였다. 두 입력 데이터는 각각의 합성곱 신경망 층에 입력되어 각 센서 데이터의 특성을 가지는 두 개의

특성 맵을 추출한다. 이후 두 개의 특성 맵을 하나로 연결(concatenation)한 후 추가적인 특성 추출을 위해 합성곱 신경망 층에 입력하여 최종 차선 인식을 위한 센서 융합 특성 맵을 추출한다. 그리고 센서 융합 특성 맵은 해당 픽셀이 몇 번째 차선인지 판별하는 차선 번호 분류 네트워크(classification network)와 임계 값에 따라 해당 픽셀이 실제 차선인지 아닌지 분류하는 컨피던스 네트워크(confidence network)에 입력되고, 두 네트워크의 출력 특성 맵을 바탕으로 차선 인식이 수행된다. 제안하는 네트워크는 카메라 BEV 이미지와 라이다 포인트 클라우드에서 추출된 다양한 특성들을 네트워크에서 융합하기 때문에 조도에 민감하고 거리 정보가 없는 카메라 이미지의 단점을 조도에 강인하고 정밀한 거리 측정이 가능한 라이다 포인트 클라우드가 보완할 수 있고 데이터의 밀도가 낮은 라이다 포인트 클라우드의 단점을 데이터의 밀도가 높은 카메라 이미지가 보완할 수 있다. 이로 인해 각 센서 데이터들의 단점들을 보완할 수 있으며, 차선에 대해 더욱 풍부한 정보가 포함된 특성 맵을 활용하여 네트워크를 학습하기 때문에 차선 인식 네트워크의 성능을 개선할 수 있다.

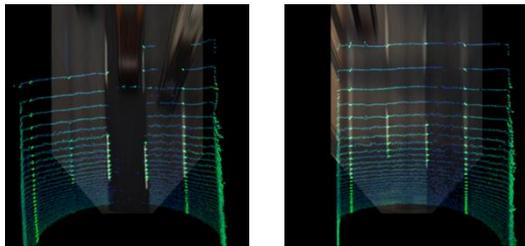


그림 2. 카메라 BEV 이미지와 라이다 포인트 클라우드 BEV 이미지 시각화 예시

3) 차선 인식 성능 비교

본 논문에서는 센서 융합 차선 인식 네트워크가 기존의 라이다 기반 차선 인식 네트워크보다 성능이 향상되었음을 증명하기 위해 낮, 밤, 도심 그리고 고속도로 등 다양한 주행 환경에서 라이다 포인트 클라우드와 정답 차선에 대한 라벨 데이터를 제공하는 차선 인식 공용 데이터 셋인 K-Lane[1]을 샘플링하여 사용하였다. 샘플링 된 데이터 셋에는 낮, 밤, 도심 그리고 고속도로의 데이터가 모두 포함되며 차선 인식 성능 비교를 위한 라이다 기반 차선 인식 네트워크로는 K-Lane의 세그먼테이션 방식 네트워크를 사용하였다. 아래의 표 1은 여러 주행 환경에서 라이다 기반 차선 인식 네트워크와 라이다-카메라 센서 융합 차선 인식 네트워크의 성능 비교 결과를 나타낸 표이며 차선 인식 성능 평가 지표로는 F1-score를 활용하였다.

네트워크	낮	밤	도심	고속도로	Total
라이다	77.7	74.06	74.06	76.97	76.53
센서 융합	79.26	75.35	74.55	78.62	78.0

표 1. 라이다 기반 차선 인식 네트워크와 라이다-카메라 센서 융합 차선 인식 네트워크의 차선 인식 성능 비교

표 1에서 확인할 수 있듯이, 제안하는 센서 융합 차선 인식 네트워크는 기존 라이다 기반 차선 인식 네트워크보다 모든 주행 환경에서 차선 인식 성능이 향상된 것을 확인할 수 있으며 전체 차선 인식 성능 또한 약 1.5% 포인트 정도 향상된 것을 확인할 수 있다. 본 논문은 추가적으로 차선에 해당되는 픽셀에 포인트

클라우드가 존재하지 않는 부분이 있는 장면에 대하여 센서 융합 네트워크의 차선 인식 성능이 더욱 우수함을 보이기 위해 입력 라이다 포인트 클라우드 데이터에서 각 네트워크의 차선 인식 결과를 시각화하였다. 그림 3에서 각각의 그림 및 사진은 부제와 같이 전방 카메라 이미지, 정답 차선, 라이다 기반 차선 인식 결과, 센서 융합 차선 인식 결과를 보여준다. 정답 차선과 차선 인식 결과 그림에서 나타내는 다른 색들의 선들은 서로 다른 차선들이 자기 차(ego vehicle) 기준 몇 번째 차선인지를 의미하며 자기 차선(ego lane)의 좌측은 노란색 선, 우측은 초록색 선으로 표현되어 있다. 그림 3에서 확인할 수 있듯이, 라이다 기반 차선 인식 추론 결과는 라이다 포인트 클라우드의 정보가 부족한 위치의 차선을 제대로 인식하지 못하지만 라이다-카메라 센서 융합 차선 인식 추론 결과는 같은 위치에 대하여 데이터의 밀도가 높은 카메라 이미지의 차선 정보를 추가적으로 제공하여 차선을 정확히 인식하는 것을 확인할 수 있다.

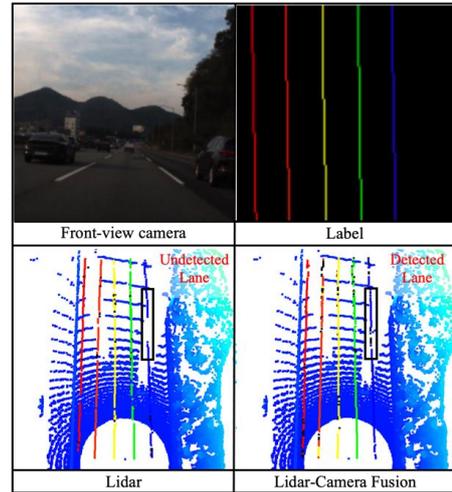


그림 3. 라이다 기반 차선 인식 네트워크와 라이다-카메라 센서 융합 차선 인식 네트워크의 차선 인식 결과 비교

III. 결론

본 논문에서는 라이다 기반 차선 인식 네트워크에 전방 카메라 BEV 이미지를 융합하여 성능이 향상된 차선 인식 네트워크를 제안하였다. 두 센서 데이터를 네트워크에서 융합하면 각 센서 데이터의 단점을 보완할 수 있어 낮, 밤, 도심, 고속도로의 모든 주행 환경에서 차선 인식 성능이 향상되는 것을 실험을 통해 증명하였다. 본 연구를 통해 센서 융합 차선 인식 기술의 발전을 마련하였으며, 향후 센서 융합 차선 인식과 관련된 추가적인 연구가 진행될 것으로 예상된다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2020년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2020-0-00440). 현실 세계에서 변화하는 상황에 따라 지속적으로 자가 개선하는 인공지능 기술 개발)

참 고 문 헌

[1] Paek, D. H., Kong, S. H., & Wijaya, K. T. (2022). K-Lane: Lidar Lane Dataset and Benchmark for Urban Roads and Highways. In Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (pp. 4450-4459).