

LaneNet 차선 인식과 Fuzzy 모터 제어를 기반으로 한 주행 시스템 연구

유호연, 홍석인¹,
¹성균관대학교 반도체시스템공학과

hoyaen441@skku.edu, seokin@skku.edu

A Study on LaneNet Lane Detection and Fuzzy Motor Control-Based Driving System

Ho-Yeon Ryu, Seokin Hong¹

¹Dept. of Semiconductor System Engineering, Sungkyunkwan University

ABSTRACT

전기차의 자율주행을 위해선 차선 인식과 모터 제어가 필요하다. 카메라로 입력된 영상에 허프 변환을 적용하고, 변환된 이진 이미지에 Enet 및 DeepLabv3+ 구조를 활용한 LaneNet 모델을 적용하여 차선을 학습시키고, Fuzzy 제어 기법을 활용하여 모터의 조향이 원활이 되도록 하였다. 기존의 Rule base 기법에 비하여 차선 인식 정확도가 월등히 향상되었으며, 주행 결과 Real-Time 주행환경 판단에 대한 여지를 남겼다.

1. INTRODUCTION

스마트카에 대한 수요가 늘어남에 따라, 자율주행 및 모터 제어를 비롯한 다양한 기술의 필요가 대두되고 있다. 기존 자율주행을 위한 차선 및 사물 인식은 Rule-Base 기법이 활용되었으며, 이는 주행 환경 변화에 대해 제대로 처리하지 못하였다. 해당 논문에선 차선 인식에 대해선 LaneNet[1] 모델을 도입하고, 모터의 안정적인 주행을 위해선 Fuzzy 제어법[2]을 사용하였다. 주행 결과 높은 차선 인식도를 보였으며, 앞으로의 개선 여지를 남겼다.

2. BACKGROUND

카메라를 이용한 차선 인식은 주로 Edge Detection 을 바탕으로, Hough Transform 을 통해 이루어졌다. 이는 이미지에 대한 기하적 처리가 필요하며, 주행 환경 및 차선 개수의 변화 등에 대해 적절히 처리하지 못한다. LaneNet 은 ENet 을 Backbone 으로 사용하여 경량화된 차선 인식 모델로, 이러한 문제점을 해결하였다[1]. Fuzzy-Control 기법은 Discrete Stage 에 기반한 조향을 Continuous Degree 에 가깝게 만든다. 차선의 위치, 기울기, 현재 조향 상태 등을 요인으로 하여 연속적인 조향 각도를 출력하며, 빠르고 정확한 조향을 만들어낸다[2].

3. Experimental Settings

후륜 가속모터 2 개, 전륜 조향모터 1 개가 Arduino MEGA 2560 에 연결되어 제어될 수 있도록 하였고, 조향 축에 가변저항을 달아 현재 조향 상태를 인식하도록 하였다. 차선 인식을 위해 카메라(APC920W) 하나를 사용하였으며, 이는 Arduino 와 함께 허브를 통해 노트북

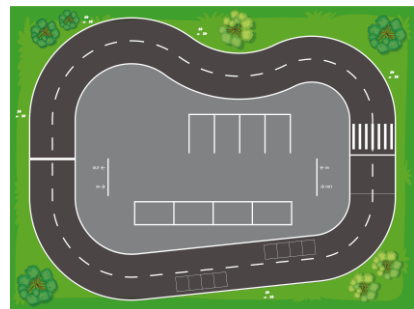
(NT950XDX-G51A)에 연결되었다.

프로그래밍은 Python 과 Arduino IDE 을 바탕으로 진행하였으며, 노트북은 (그림 1)의 전동차에 연결되었다. 전동차의 규격은 가로 50cm, 세로 100cm, 높이 60cm 이다.



(그림 1) 실험용 전동차 사진.

주행은 14.5m * 11.1m 트랙으로 하여 진행되었으며, 실제 주행환경과 유사하도록 신호등과 횡단보도 등 차선 인식에 방해되는 요소들을 추가한 상태로 진행하였다.



(그림 2) 전동차 주행용 트랙 평면도.

4. Lane Detection

4-1. LaneNet 바탕 차선 인식 및 구분

차선 인식을 위하여 LaneNet 을 사용하였다. LaneNet 은 ENet 과 DeepLabv3+를 기반으로 차선인식을 위해 변형된 모델이다[1]. 모델의 학습 데이터를 만들기 위해, 전동차에 달린 카메라로 주행 영상을 녹화하여, 500 장의 녹화 이미지 데이터를 4000 개의 학습 데이터로 증강하고 LaneNet 에 학습시켰다.

녹화 이미지는 (그림 1)의 전면 카메라 위치에서 영상 녹화 후, 초당 20 개의 이미지로 256*512 픽셀로 변환하여 LaneNet 에 입력하였다.

4-2. Post Processing: Hough Transformation

LaneNet 의 Inference output 은 차선을 흰색, 그 외는 검은색으로 표현한 Binary Image 이다. 차선 위치 및 기울기 확인을 위해 Hough Transform 이 사용되었으며, 이는 Inference 에 비해 무시할만한 처리 시간을 갖는다.

5. Motor Control & Driving

5-1. Fuzzy 제어를 활용한 조향 단계의 가중치 적용

차선의 위치와 직진 시의 차선 기울기를 구하면, 이를 기준으로 왼쪽 조향과 오른쪽 조향에 대한 가중치를 부여한다. 가중치의 요인은 차선 위치, 기울기, 현재 조향 상태이다.

Fuzzy 제어는 가중치를 통해 조향 단계를 얼마나 바꾸어야 할지 연속적인 값으로 변환한다. 예를 들어, 직진 경로임에도 차선이 오른쪽에 치우쳤다면, 조향에서 가중치에 따라 오른쪽조향을 강조한다.

5-2. Arduino 의 Serial Monitor 를 통한 신호 전달(I/O)

위의 두 단계를 통해 설정된 조향 단계는 Serial Monitor 를 통해 Arduino 프로세서에 전달되고, Arduino 는 모터를 제어한다. Arduino 는 현재 조향 단계를 가변 저항으로 입력받아 다시 Python Process 에 전달한다. 현재 조향 단계는 다음 조향을 결정하는 가중치로 쓰인다.

6. Techniques for Performance Improvement

6-1. I/O 작업에 대한 Threading 기법 활용

카메라를 통한 이미지의 입력 및 출력, Arduino Serial Monitor Communication 은 I/O 작업이므로 Threading 을 통해 이루어졌다. 이는 CPU 의 자원을 차선 인식만을 위해 사용하도록 함으로써, 차선 인식의 신속성을 월등히 높인다.

6-2. 이미지 처리

LaneNet 은 birdview 의 적용이 차선 인식을 위해 필요치 않는다[1]. 그러나 LaneNet 에서 인식된 차선에서 기울기와 위치를 도출하기 위해, LaneNet 과 HoughTransform 사이에 BirdView 를 적용하였고, 이는 차선의 기울기 및 위치를 벡터로 변환하는데 있어 매우 큰 신뢰성을 제공하였다.

6-3. 모델 선택 및 커스터마이징

실험의 기반 모델로 사용된 LaneNet[3] 은 ENet, UNet, DeepLabv3+ 세 종류의 모델을 기반으로 설계되었다. 세 종류의 LaneNet 을 각각 테스트한 결과, ENet 의 정확도와 성능이 가장 유효함을 확인하였다. 본래의 LaneNet 은 각 차선의 Instance 를 분류하기 위해, Embedding 층과 Clustering 층을 사용한다. 전동차의 주행 성능 테스트에 대하여 차선 Instance 의 분류는 필요가 없다고 판단하여, 기존 모델에서 Embedding 과 Clustering 층을 제거하고 Hough Transform 을 활용한 차선 위치 및 기울기 인식 과정을 도입하였으며, 이는 입력 이미지에서 목표 조향 단계를 출력하는 시간을 17% 감소시켰다.

7. Conclusion

(그림 2). 에서 제공된 전동차 주행용 트랙에서 시범 주행해본 결과, 차선 인식 수행에 대해선 해당 트랙을 5 분동안 2 회 주행하며 2 번 차선을 이탈하였다. 이는 저성능 컴퓨터에서 이루어졌으며, Inference 속도가 빠른 GPU 를 사용하면 성능 향상이 있을 것으로 보인다. 차선 이탈 원인은 카메라에 입력되는 이미지의 범위가 좁은 영향으로(설치한 모형 신호등의 허용 높이가 60cm 이었다), 더욱 넓은 시야를 관찰하도록 카메라를 높은 위치, 뒤 쪽으로 설치하면 이탈 문제는 완전히 해결할 수 있을 것이다.

또한 주행 대회에서 안정적 성능을 보이기 위해 모터의 속도를 30 으로 설정하였지만, 속도를 100 으로 높였을 때, 주행 안정성에서 속도 30 으로 주행하였을 때와 큰 차이를 보이지 않았다. 정리하면, 높은 GPU 메모리와 넓은 카메라 시야가 보장되면 성능이 크게 향상될 여지가 있다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 정부(교육부-산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (P0022098, 2023 년 미래형자동차 기술융합 혁신인재양성사업)

참고문헌

- [1] D. Neven, B. D. Brabandere, S. Georgoulis, M. Proesmans and L. V. Gool, "Towards End-to-End Lane Detection: an Instance Segmentation Approach," 2018 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV), Changshu, China, 2018, pp. 286-291.
- [2] L.A. Zadeh, "Fuzzy sets", Information and Control, Volume 8, Issue 3, Pages 338-353, 1965.
- [3] <https://github.com/IrohXu/lanenet-lane-detection-pytorch>