

자율주행 기반 도로환경 분석 및 교통 단속 시스템 개발

김종욱, 김진성, 노호진, 박상재, 배유원
단국대학교 전자전기공학부

kind1547@gmail.com, zokj0691@gmail.com, noj7413@naver.com, qkrtkdwo76@gmail.com, dbdnjs9804@gmail.com

Development of autonomous driving-based road environment analysis and traffic enforcement system

Jong-Wook Kim, Jin-Seong Kim, Ho-Jin Roh, Sang-Jae Park, You-Won Bae
Dept. of Electronic and Electrical Engineering, Dan-Kook Univ.

요 약

본 논문에서는 자율주행에 기반하여 실시간으로 도로환경을 파악하고 순찰 기능을 하는 시스템 개발에 대한 것이다. 시스템은 카메라와 라이다 센서를 통해 얻은 정보를 바탕으로 기본적인 자율주행을 수행하고 탐지된 차량의 물리량을 계산하여 정해진 기능을 수행한다. 이를 바탕으로 현재의 단속 시스템이 가지는 한계를 개선하고 경찰의 인력난 문제를 해결할 수 있는 시스템을 개발하고자 한다.

1. 서론

자율주행기술이 발전함에 따라 자율주행을 활용한 서비스 로봇, 운반 로봇 등 다양한 분야에서 자율주행 로봇을 확인할 수 있으며, 관리 측면에서 구축된 자동화 시스템을 쉽게 찾아볼 수 있다. 하지만 도로환경을 관리해주는 시스템은 자동화 개발이 더딘 상황이며, 각종 도로 문제를 고정된 단속카메라 또는 경찰 인력에 의존하여 확인하기에 단속카메라가 없는 구간에서 교통법규가 준수되고 있는지 확인할 수 없다.

본 논문에서는 이를 개선하기 위해 자율주행을 기반으로 로봇을 운영하면서 얻는 데이터를 처리하여 도로 문제 정보를 제공 및 교통법규 단속을 목적으로 하는 시스템을 구현하고자 한다.

2. 설계

본 연구에서는 실외 도로 교통상황에서 발생하는 다양한 문제들을 해결하고, 고정형 단속카메라가 가지는 단점을 보완한 도로환경 분석 및 단속시스템 개발을 목표로 한다.

시스템은 Linux 기반 PC(Latte Panda Alpha 864s) 환경에서 동작하며, 라이다 센서와 카메라를 통한 영상처리 데이터를 바탕으로 도로환경 분석 및 단속 기능 구현을 목적으로 한다.

2.1 시스템 기능

2.1.1 차선, 신호등 검출

OpenCV(Open Computer Vision)는 다양한 영상 처리를 할 수 있는 C 라이브러리다. OpenCV의 Hough Transform을 이용하여 주행도로 위 차선을 검출하였다. 카메라 프레임에서 차선이 검출될 확률이 높은 영역에 관심영역을 설정하고 Grayscale을 통해 잡음을 줄이고자 하였다. 추출한 좌, 우측 차선의 좌표를 바탕으로 차량의 조향 값을 산출하였다.

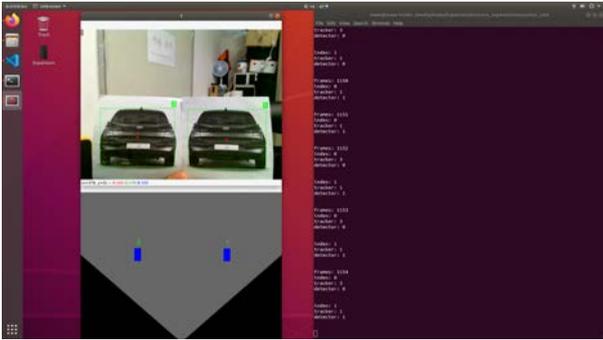
또한, OpenCV의 HoughCircles를 통해 신호등 관심영역 내에서 원을 검출하여 신호등을 검출하고 신호등 픽셀에 대한 RGB 데이터를 통해 신호등 정보를 직진, 좌회전, 정지 신호로 특정하였다.

2.1.2 객체 추적 알고리즘

YOLACT [1] 는 Instance Segmentation을 수행하기 위한 1-stage 딥러닝 모델로 기존의 2D bounding box Object Detection과 달리 detection과 동시에 객체를 segmentation 한다. 또한, 기존의 Instance Segmentation 방식보다 처리속도 면에서 이점이 있어 Real-Time에 적합하다.

SORT(Simple Online and Real time Tracking algorithm) [2] 는 kalman filter와 hungarian

algorithm으로 구현된 tracker로 object에 대한 고유 tracking id를 생성하여 객체를 추적한다.

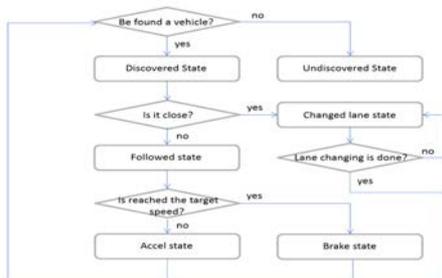


[그림1] real-time car detection and tracking

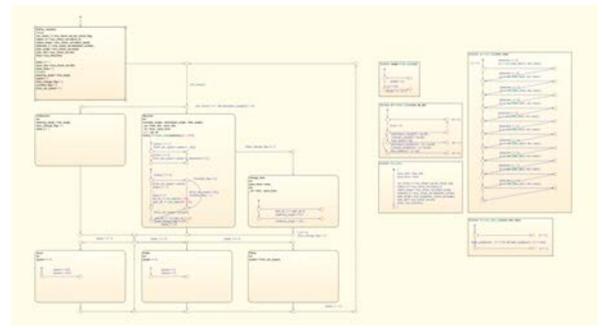
위 두 모델 YOLACT [1] 와 SORT [2] 의 결합을 통해 검출된 object에 대한 고유의 tracking id로 object를 추적하는 것을 가능하게 하였다. 이를 통한 프레임에 객체가 여러 개 검출되더라도 원하는 객체의 정보를 알 수 있으며, YOLACT [1] 모델을 통해 커스텀 학습을 진행한 차량, 파손도로에 대한 tracking id와 검출좌표, segmentation data를 추출한다. 이는 YOLO [3] 대비 검출된 객체에 대한 정확한 검출영역을 알 수 있다는 장점이 있다.

2.1.3 센서 퓨전

MATLAB/SIMULINK의 Simulink 블록 및 State flow 차트를 활용하여 시스템 내부 알고리즘을 설계하고 code generation 기능을 이용하여 구현하였다. 영상처리에서 추출된 객체와 라이다 데이터를 센서 퓨전 하여 물체에 대한 정확도를 상승시키고 카메라에 특정되지 않은 물체에 대해서도 반응할 수 있는 시스템을 구현하였다. 이후 검출된 차량에 대한 속도나 위치와 같은 도로의 물리량을 계산하여 속도 조절, 차선변경, 과속단속, 신호 위반 단속 알고리즘을 구현하였다.



[그림2] 자율주행 상태 천이도



[그림3] 자율주행 Simulink State Flow Chart

[그림3]은 [그림2]의 상태 천이도를 바탕으로 구현된 내부 알고리즘으로, Simulink Chart로 구현되었다.

2.1.4 웹

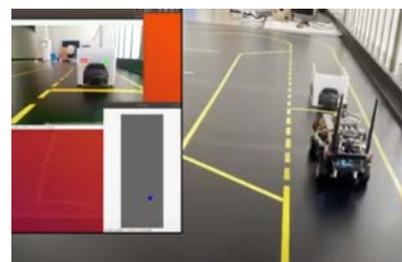
Python Flask를 이용하여 웹 서버를 구동하였다. POSIX에서 구현된 공유 메모리, 세마포어를 이용하여 차량의 카메라 데이터를 실시간 스트리밍하여 차량의 운용 현황을 파악하도록 돕고 SQLite3 프로그램을 활용하여 신호 위반, 도로 균열, 과속단속에 대한 위치, 시간 정보를 저장 및 관리하는 데이터베이스를 구성하여 이를 시각화하도록 구현하였다.

2.2 시스템 구조 설계

앞서 개발한 기능을 수행하고, 유기적인 시스템 동작을 구현하기 위하여 POSIX 스레드에 기반하여 멀티 스레딩 시스템 환경을 구축하였다. 각 스레드는 데이터 수·송신, 센서 퓨전 데이터 처리 등 목적에 맞는 기능만을 수행하도록 설계되었다. 또한 뮤텍스(Mutex) 및 조건 변수를 활용하여 임계 영역(Critical Section) 기반의 스레드 동기화를 구현하였다.

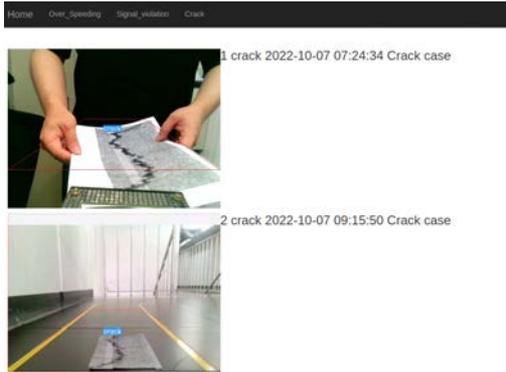
3. 구현

구현한 기능들을 병합하고, 실현 가능성을 검증하기 위해 모의 트랙에서 환경을 조성하여 실험하였다.



[그림4] 주행시 차량인식 및 판단

[그림4]는 모의 환경에서 구현한 동작 시퀀스 중 일부이다. 모형 차량은 YOLACT 및 SORT 알고리즘을 바탕으로 차량 정보(tracking id, 위치)를 가져오며, 이를 라이다 센서와 센서 퓨전하여 인식한 차량 객체의 상태를 판단한다.



[그림5] 파손도로 검출

[그림5]는 모의 환경에 구현된 파손도로의 이미지를 주행중 실시간으로 인식하여 객체에 대한 이미지, 탐지시각 등 정보를 데이터베이스에 저장한 모습이다.

4. 결론

본 논문에서는 자율주행을 기반으로 로봇을 운영하면서 얻는 데이터를 처리하여 도로 문제 정보를 제공 및 교통지도 단속을 목적으로 하는 시스템을 구현하였다.

YOLACT를 이용한 Real-Time 영상처리, SORT를 이용한 객체 추적과 라이다 센서의 센서 퓨전을 이용해 주행 차량의 속도 조절, 차선변경을 제어하고 객체차량의 과속단속, 신호 위반 여부를 판단하도록 하였다. 위 기능들과 더불어 도로의 환경을 파악하여 위치정보를 데이터베이스에 저장하고 실시간 스트리밍을 통해 도로환경 분석이 용이하도록 웹을 구성하였다.

본 논문에서 구현한 시스템은 현재 교통 관리 시스템이 가지는 문제와 경찰의 인력 문제 해결에 큰 도움이 될 것으로 기대된다. 또한, 도로환경 정보를 저장하는 데이터베이스 시스템은 교통정보에 관한 정보수집 및 활용에도 다양하게 이용할 수 있을 것이다.

- 본 논문은 과학기술정보통신부 정보통신 창의인재 양성사업의 지원을 통해 수행한 ICT멘토링 프로젝트 결과물입니다. -

참고문헌

- [1] Daniel Bolya, Chong Zhou, Fanyi Xiao, Yong JaeLee . “YOLACT: Real-time Instance Segmentation”,ICCV, 24, Oct, 2019
- [2] Alex Bewley[†], Zongyuan Ge[†], Lionel Ott, Fabio Ramos, Ben Upcroft[†] . “SORT: SIMPLE ONLINE AND REALTIME TRACKING”,ICIP, 7, Jul, 2017
- [3] Joseph Redmon, Santosh Divvalay, RossGirshick, Ali Farhadiy, “You Only Look Once:Unified, Real-Time Object Detection” The IEEEConference on Computer Vision and PatternRecognitio, Vol. 5, pp. 779-788, 2016.