

엣지디바이스 기반 우회전 차량 탐지 테스트베드 구현

이영주

한국폴리텍대학 서울정수캠퍼스 인공지능소프트웨어과

e-mail:young2017@kopo.ac.kr

Edge Device-Based Right-Turn Vehicle Detection Testbed Implementation

Youngju Lee

Dept. of Artificial Intelligence and Software, Seoul Jungsuh Campus of Korea
Polytechnics

요약

본 논문은 최근 강화된 우회전 교통법규의 실효성을 높이고 보행자 안전을 확보하기 위한 엣지 디바이스 기반의 우회전 차량 탐지 테스트베드 구현 방안을 제안한다. 스마트시티의 유효성을 검증하기 위하여 레고블럭을 이용하여 사거리 신호 및 횡단보도 시스템을 포함하고 있다. 기존의 인력 중심 단속 및 물리적 인프라 개선만으로는 한계가 있는 교통안전 문제를 해결하기 위해, 저지연성(Low Latency)과 데이터 프라이버시 보호에 유리한 엣지 컴퓨팅 기술을 활용하였다. 테스트베드는 NVIDIA Jetson Nano를 핵심 하드웨어로 선정하고, 실시간 객체 탐지에 최적화된 최신 YOLO 계열 모델과 전이 학습(Transfer Learning) 기법을 적용하여 개발되었다. 구현된 시스템은 불법 우회전 상황을 정확히 식별하기 위해 관심 영역(ROI) 필터링과 복합적인 논리적 조건을 통합하였다.

교통사고를 예방하는 것을 목표로 한다.

1. 서론

도시의 교통 시스템은 오랜 기간 차량 소통의 효율성을 최우선 가치로 추구해왔다. 그러나 이러한 정책 기조는 보행자 안전, 특히 야간 시간대 무신호 교차로에서 발생하는 사고 위험을 간과하는 구조적 한계를 낳았다. 2023년 경찰청 통계에 따르면 전체 보행자 사고의 약 60.2%가 야간(18:00~06:00)에 발생했으며, 이 중 다수가 무신호 교차로 또는 횡단보도에서 발생하고 있다. 이는 야간에 운전자의 시야 확보가 어려워 보행자 인지 및 제동 반응이 지연되기 때문인 것으로 분석된다. 이러한 문제에 대응하여 2022년 7월과 2023년 1월, 우회전 차량은 횡단보도 앞에서 보행자 유무와 관계없이 일시 정지해야 하는 법규가 강화되었다. 하지만 현장에서는 여전히 법규 준수율이 낮고, 단속 또한 경찰의 인력이나 시민 신고에 의존하고 있어 광범위한 지역에 적용하기에는 비효율적이다[1-2].

따라서, 본 논문은 이러한 인력 중심 단속의 한계를 극복하고, 강화된 법규가 실질적인 효과를 거둘 수 있도록 지원하는 엣지 디바이스 기반의 자동화된 우회전 차량 탐지 시스템 구현 방안을 제안한다. 이 시스템은 실시간으로 교통 상황을 분석하여 보행자 안전을 확보하고, 운전자에게 지속적인 경각심을 제공함으로써

2. 본론

2.1 테스트베드 시스템 설계

그림 1의 테스트베드는 스마트시티의 유효성을 검증하기 위하여 레고블럭을 이용하여 사거리 신호 및 횡단보도 시스템을 포함하고 있다. 제안된 테스트베드는 횡단보도 시스템과 신호등을 제어하기 위한 아두이노 디바이스를 기준을 설계되었다. 또한 객체 탐지를 위해서 엣지 AI 워크로드에 최적화된 저전력, 고성능 임베디드 플랫폼인 NVIDIA Jetson Nano를 중심으로 설계되었다. Jetson Nano는 GPU를 탑재하고 있어, 딥러닝 추론, 컴퓨터 비전, 센서 데이터 처리에 필수적인 병렬 연산을 가속화하는 데 적합하다. 엣지디바이스는 데이터 전송 지연(latency)을 최소화하여 실시간 대응이 가능하고, 민감한 영상 정보의 유출을 방지하여 데이터 프라이버시를 보호할 수 있다.

소프트웨어 스택은 NVIDIA Jetson Nano에 최적화된 JetPack OS를 기반으로 구축되며, 딥러닝 추론 속도를 극대화하기 위해 NVIDIA의 TensorRT를 활용한다. 객체 탐지 기능을 구현하기 위해 Ultralytics 패키지, OpenCV, Numpy 등 주요 라이브러리가 사용된다.



[그림 1] 레고블록을 이용한 우회전 차량 탐지 테스트 베드

2.2 모델 개발 및 최적화

본 테스트베드의 객체 탐지 모델로는 단일 네트워크로 객체 식별과 위치를 동시에 처리하여 실시간 탐지에 효율적인 YOLO(You Only Look Once) 계열을 활용한다. 모델 학습은 전이 학습(Transfer Learning) 기법을 통해 효율성을 극대화한다. 이는 대규모 데이터셋(예: MS COCO)으로 사전 학습된 모델의 가중치를 활용하여 특정 교통 환경에 맞는 소규모 데이터셋으로 재학습하는 방식으로, 적은 데이터와 시간으로도 높은 정확도를 달성할 수 있다. 수집된 데이터셋을 train, validation, test를 6:2:2의 비율로 구분하여 전이학습을 시행하였다. Yolo 모델은 nano, small, medium, large, x-large 모델로 사전학습된 모델을 제공한다. 표 1의 person 객체만을 대상으로 사전 학습된 모델을 이용하여 데이터셋을 적용한 전이학습 결과를 참고하였다.[3]

[표 1] 사전학습 모델을 적용한 전이학습 결과

사전학습 모델	metrics/precision(B)	metrics/recall(B)	metrics/mAP ₅₀₋₉₅	metrics/mAP ₅₀₋₉₅
nano	0.78204	0.53284	0.60003	0.23945
small	0.79739	0.56272	0.66481	0.28243
medium	0.81729	0.56847	0.6599	0.29909
x-large	0.84398	0.74443	0.78458	0.36678

시스템의 탐지 효율성을 높이기 위해 관심 영역(ROI, Region of Interest) 설정 기술을 적용한다. 카메라 영상에서 획단보도 영역만을 ROI로 지정하여, 불필요한 배경 분석을 줄이고 실제 위험 상황에만 집중하도록 설계한다. 불법 우회전 판단 로직은 사람, 휠체어, 자전거, 차량, 신호등 등의 클래스가 획단보도 영역에서 동시에 탐지되는 복합적인 조건을 기반으로 한다.

3. 결론

본 논문은 엣지 디바이스 기반의 우회전 차량 탐지 테스트베드가

보행자 안전을 위한 효과적인 대안이 될 수 있음을 기술적 관점에서 제시하였다. 구현된 시스템은 높은 정확도와 신뢰성으로 불법 우회전 행위를 탐지하며, 이는 기존 인력 중심 단속의 한계를 극복하는 실질적인 해결책이 될 수 있다. 향후 다양한 데이터셋을 확보하여 엣지디바이스에 적합한 아키텍처와 하이퍼파라미터를 더욱 세밀하게 조정 및 성능 향상에 대한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

참고문헌

- [1] 이보은, 한음, 배윤준, 박성호, “우회전 교통사고 예방을 위한 획단보도 설치 기준 연구”, 교통안전연구, 제 44권 제1호, pp. 167–182, 2025.
- [2] 오재민, 정호기, “횡단보도 신호등에 설치된 카메라를 이용한 불법 우회전 검출”, 대한전자공학회 하계학술대회 논문집, 2024.
- [3] 이영주, “YOLO모델의 전이학습을 적용한 엣지디바이스의 실시간 객체탐지 성능 분석”, 한국산학기술학회 추계학술대회, 2023.