

# 딥러닝을 이용한 실시간 자기차량 사행운전 검출 시스템

김동현, 강인성, 민세웅, 남해운

한양대학교

{kissw, kangis, sewoong, hnam}@hanyang.ac.kr

## Real-time Zigzag Driving Detection System of Ego-Vehicle using Deep Learning

Donghyun Kim, Insung Kang, Sewoong Min, Haewoon Nam

Hanyang Univ.

### 요약

본 논문은 딥러닝 기반 실시간 사행운전 여부를 검출하는 시스템을 제안한다. 최근 자율주행 분야에서, 주행의 안정성을 보장하고 편리성을 제공하기 위한 목적으로 딥러닝 기반의 운전자 보조 시스템 연구가 활발히 진행되고 있으며, 비정상적인 사행운전 여부를 판단하는 것은 주행의 안전성을 높이기 위해 해결해야 할 문제이다. 한편, 기존의 각속도만을 이용한 사행운전 검출은 연속 곡선 구간에서 올바른 사행운전 판단이 어려웠다. 따라서 본 논문에서는 조향 각과 카메라 이미지를 함께 딥러닝 모델의 입력으로 사용함으로써 곡선 구간에서도 사행운전 검출이 가능하도록 한다. 제안하는 방식은 곡선 구간이 포함된 테스트 트랙에서 주행을 통해 실시간으로 사행운전 판단이 가능함을 보였으며, 테스트 트랙에서 수집된 데이터셋으로 평가하였을 때 93.1%의 정확도로 사행운전을 검출하였다.

### I. 서론

최근 자율주행 분야에서 딥러닝을 이용하여 운전자를 보조하는 시스템에 대한 연구가 활발히 진행 중이다[1]. 운전자를 보조하는 시스템에는 차선유지, 가감속 제어, 차선이탈 경보 등 다양한 기능이 있으며 이러한 기술은 운전자에게 주행의 안정성과 편리성을 제공한다. 주행의 안정성을 높이기 위해서 다양한 연구가 진행되었는데, 사용자의 생체 신호를 주기적으로 측정하여 졸음운전이나 음주운전을 예방하거나, 사행운전을 검지하기 위해 차량에 부착된 각속도센서를 사용하는 연구가 진행되었다[2-4].

본 연구에서도 주행의 안정성을 증가시키는데 초점을 맞추었으며 주행 중 자기차량(ego-vehicle)에 대해 실시간으로 사행운전 여부를 판단하는 연구를 수행하였다. 이를 위해 차량의 전면부에 부착된 카메라로부터 수집되는 이미지와 차량을 제어하는 조향 각을 입력으로 하는 딥러닝 모델을 통해 실시간으로 사행운전 여부를 검출하는 시스템을 제안한다. 이후 다양한 도로 유형을 포함하는 테스트 트랙에서 사행운전 시나리오를 재현하고 실시간으로 사행운전 여부를 판단할 수 있는지 확인하였다.

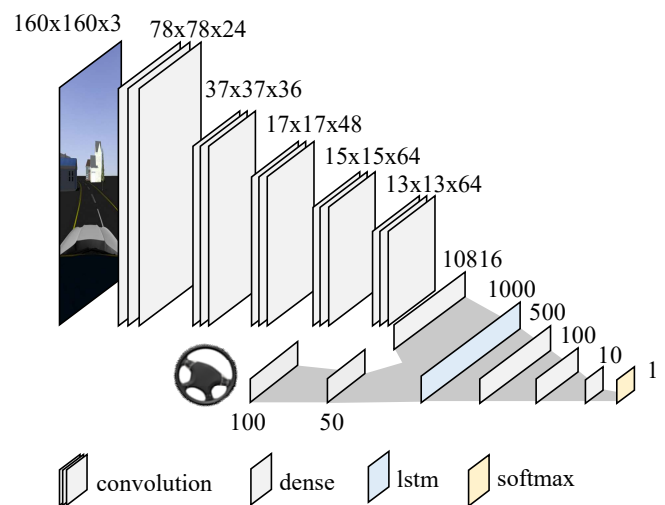


그림 1. 사행운전 검출을 위한 딥러닝 모델 구조

### II. 본론

#### 1. 시스템 구조

사행운전은 시간에 따라 차량의 궤적을 통해 판단해야하기 때문에 딥러닝 모델을 통해 사행운전을 판단하기 위해선 시간에 따라 연속적으로 수집된 시계열 정보를 사용해야 한다. 딥러닝 모델의 입력으로 조향 각만을 사용하게 되면 S자 도로와 같이 연속 곡선 구간에서 올바르게 도로를 따라 주행하더라도 사행운전으로 판단할 가능성이 있기 때문에 차량 전방 카메라로부터 수집된 이미지 또한 입력으로 사용하여 현재 주행 중인 차선의 곡률에 대한 정보도 고려하도록 해야 한다. 따라서 이미지와 조향 각을 한 쌍으로 구성하여 1초 간격으로 다섯 쌍을 수집한 뒤 딥러닝 모델에 입력 값으로 사용하였다.

그림 1과 같이 이미지는 다섯 개의 convolution 레이어를 통과한 뒤 flatten 되며, 두 개의 dense 레이어를 통과한 조향 각과 concatenate 된다. 이후 시계열 데이터를 효과적으로 학습하기 위해 long short-term memory (LSTM) 레이어에 입력되며, LSTM 레이어를 통과한 뒤 3개의 dense 레이어를 통과하고 최종적으로 softmax 함수를 통해 사행운전의 여부를 판단하게 된다.

#### 2. 환경 구성

##### 2-1. 학습 및 검증 데이터 수집

딥러닝 모델을 학습시키기 위해 차량 정면 이미지와 해당 시간대에 입력된 조향 각을 한 쌍으로 하는 많은 양의 주행 데이터가 필요하다. 해당 데이터셋을 수집하기 위해 ROS Melodic 및 Gazebo 9 시뮬레이터를 사용하여

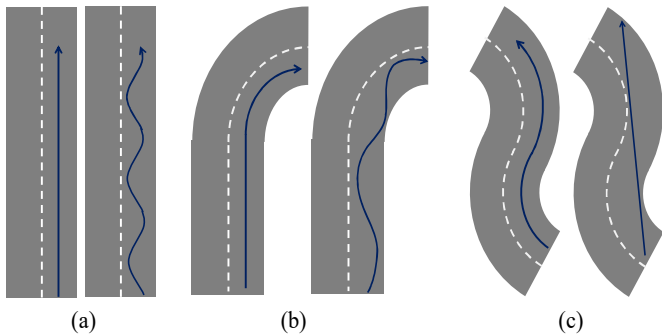


그림 2. 도로 유형별 사행운전 시나리오. (a) 직선도로 (b) 곡선도로 (c) S자 도로. (모든 시나리오에서 좌측 그림은 정상운전, 우측그림은 사행운전)

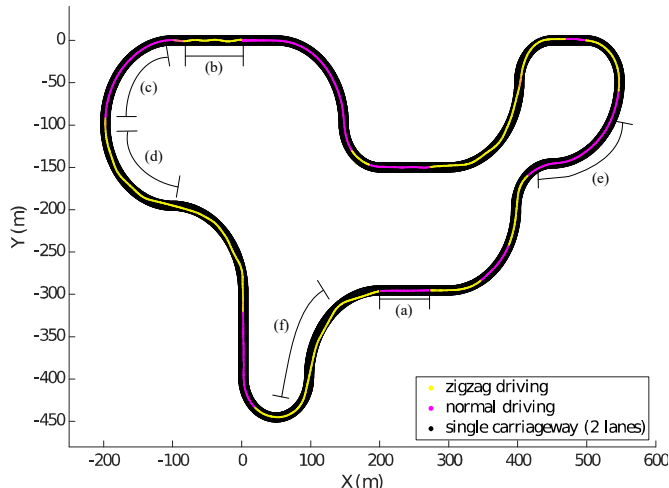


그림 3. 테스트 트랙에서 주행하여 실시간으로 사행운전 판단 결과. 검정 선은 단방향 2차선 도로, 노란색 선은 사행운전으로 판단된 주행궤적이며 자홍색 선은 정상운전으로 판단된 주행궤적을 보여줌.

가상환경에서 차량의 모델과 도로를 구현하였으며 Logitech G920 Force Racing Wheel 을 사용하여 가상환경에서 차량을 제어하며 주행 데이터셋을 수집하였다.

## 2-2. 사행운전 시나리오

학습된 딥러닝 모델이 실시간으로 자기차량의 사행운전 여부를 판단하는지 확인하기 위해 그림 2와 같이 직선 도로, 곡선 도로, S자 도로 유형에서 사행운전과 정상운전을 하는 시나리오를 구성하였다. 이러한 도로 유형을 가상환경에서 구현하고 주행 테스트를 진행하기 위해 그림 3과 같이 테스트 트랙을 제작하였으며, 테스트 트랙에서 정상운전과 사행운전을 각각 재현하였을 때 실시간으로 사행운전을 판단하는지 확인하였다.

## 3. 실험 결과

### 3-1. 정성적 평가

테스트 트랙에서 정상 및 사행운전 방식으로 도로 구간별로 다양하게 주행하였으며, 이 때 실시간으로 사행운전을 적절하게 판단하였는지 확인하기 위해 차량의 주행궤적과 딥러닝 모델로부터 예측된 사행운전 값을 분석하였다. 그림 3에서 딥러닝 모델이 사행운전으로 판단한 경우 노란색 선으로, 정상운전으로 판단한 경우 자홍색 선으로 시각화 하였다. 그림 3의 (a)-(f)는 사행운전 판단 시나리오를 재현한 구간을 나타내며 (a), (b)는 직선차로에서 정상운전과 사행운전을, (c), (d)는 곡선차로에서 정상운전과 사행운전을, (e), (f)는 연속 곡선 차로에서 정상운전과 사행운전을 재현한 구간을 의미한다. 그림 4는 그림 3 (a)-(f) 구간별로 정상 및 사행운전 시에 시간에 따른 이미지의 변화를 보여주며 이를 통해 제안하는 딥러닝 모델이 다양한 도로 유형에서 사행주행을 올바르게 판단할 수 있음을 보여준다.

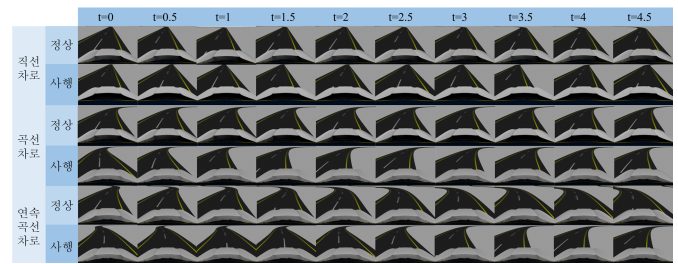


그림 4. 도로 유형별 정상운전과 사행운전 시 시간에 따른 이미지 변화

## 3-2. 정량적 평가

해당 모델의 사행운전 판단 성능을 정량적으로 평가하기 위해 운전자가 가상환경 테스트 트랙에서 차량을 주행하여 데이터셋을 수집하였고, 사행 및 정상운전 여부에 대해 라벨을 부착하여 테스트 데이터셋을 구성하였다. 테스트 데이터셋의 이미지와 조향 각을 딥러닝 모델에 입력하여 예측된 사행운전 여부와 정답을 비교하였을 때 93.1%의 정확도를 보였다.

## III. 결론

본 논문에서는 차량 주행 안정성을 높이기 위해 차량 전방 카메라로부터 수집되는 이미지와 차량을 제어하는데 사용되는 조향 각을 사용하여 실시간으로 자기차량의 사행운전을 검출하는 시스템을 제안하였다. 제안하는 시스템은 Gazebo 9 시뮬레이터를 통해 가상환경의 차량에 적용되어 사행운전 여부를 판단할 수 있었다. 또한 학습된 딥러닝 모델은 입력된 카메라 이미지와 조향 각 정보로부터 현재 도로의 곡률과 조향 각의 상관관계를 통해 사행운전 여부를 판단하도록 학습되었다. 기존의 연구에서는 직선 도로 유형에 대해서만 사행운전을 검지하였다. 그러나 본 연구에서는 다양한 도로 유형에서 사행운전을 판단할 수 있음을 시뮬레이션을 통해 보여주어 기존의 연구의 한계를 극복하였다.

## ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2022R1A2C1011862).

## 참 고 문 헌

- [1] 황선희, 최지훈, 박하선, 김종혁. “딥러닝 기반의 객체 검출 및 거리 추정을 위한 카메라 센서 구현에 관한 연구,” *한국자동차공학회논문집*, vol. 30, no. 8, pp. 659-665, 2022.
- [2] 이세환, 조동욱. “음주제어를 중심으로 한 스마트 자동차 안전 관리 시스템 개발,” *한국통신학회논문지*, vol. 37, no. 7, pp. 565-575, 2012.
- [3] 임희섭, 정은비, 오철, 강경표. “자이로센서를 이용한 사행운전 검지 및 경고정보 제공 알고리즘 개발,” *한국ITS학회 논문지*, vol. 10, no. 2, pp. 42-54, 2011.
- [4] 정선미, 김계희, 문형진, 김창근. “센서를 이용한 사행 운전 검출 시스템 설계 및 구현,” *디지털융복합연구*, vol. 14, no. 11, pp. 305-311, 2016.