

---

저자 (Authors)	김태구, 김범준, 전용수, 임재봉, 이현욱, 백윤주 Taegu Kim, Beomjun Kim, Yongsu Jeon, Jaebong Lim, Hyunwook Lee, Yunju Baek
출처 (Source)	<a href="#">한국통신학회 학술대회논문집</a> , 2020.2, 538-539(2 pages) <a href="#">Proceedings of Symposium of the Korean Institute of communications and Information Sciences</a> , 2020.2, 538-539(2 pages)
발행처 (Publisher)	<a href="#">한국통신학회</a> Korea Institute Of Communication Sciences
URL	<a href="http://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE09346417">http://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE09346417</a>
APA Style	김태구, 김범준, 전용수, 임재봉, 이현욱, 백윤주 (2020). 실시간 운전자 행동 분석을 위한 차량 상태 인식 온-디바이스 딥 러닝 시스템의 설계 및 구현. 한국통신학회 학술대회논문집, 538-539
이용정보 (Accessed)	부산대학교 164.125.35.*** 2020/07/20 14:49 (KST)

---

### 저작권 안내

DBpia에서 제공되는 모든 저작물의 저작권은 원저작자에게 있으며, 누리미디어는 각 저작물의 내용을 보증하거나 책임을 지지 않습니다. 그리고 DBpia에서 제공되는 저작물은 DBpia와 구독계약을 체결한 기관소속 이용자 혹은 해당 저작물의 개별 구매자가 비영리적으로만 이용할 수 있습니다. 그러므로 이에 위반하여 DBpia에서 제공되는 저작물을 복제, 전송 등의 방법으로 무단 이용하는 경우 관련 법령에 따라 민, 형사상의 책임을 질 수 있습니다.

### Copyright Information

Copyright of all literary works provided by DBpia belongs to the copyright holder(s) and Nurimedia does not guarantee contents of the literary work or assume responsibility for the same. In addition, the literary works provided by DBpia may only be used by the users affiliated to the institutions which executed a subscription agreement with DBpia or the individual purchasers of the literary work(s) for non-commercial purposes. Therefore, any person who illegally uses the literary works provided by DBpia by means of reproduction or transmission shall assume civil and criminal responsibility according to applicable laws and regulations.

# 실시간 운전자 행동 분석을 위한 차량 상태 인식 온-디바이스 딥 러닝 시스템의 설계 및 구현

김태구, 김범준, 전용수, 임재봉, 이현욱, 백윤주

부산대학교

{taegu.kim, beomjun.kim, yongsu.jeon, jaebong.lim, hyunwook.lee}@eslab.re.kr \*yunju@pusan.ac.kr

## Design and Implementation of the Vehicle State Recognition On-Device Deep Learning System for Real-Time Driver Behavior Analysis

Taegu Kim, Beomjun Kim, Yongsu Jeon, Jaebong Lim, Hyunwook Lee, Yunju Baek

Pusan National University

요약

최근 과실 비율에 대한 논쟁이 증가함에 따라 작년부터 다양한 사고 상황에서 일방과실 비율을 높였다. 개정된 과실 비율 인정 기준을 찾아보면 위험 운전의 경우에서 차량 회전, 차선변경, U턴 등 사고유형에 대한 다양한 차량 상태들이 정의되어 있다. 따라서 실시간 차량 상태를 인식하면 다양한 외부 조건과 통합하여 위험 운전과 같은 운전자 행동 분석에 도움이 될 것으로 판단한다. 본 논문은 운전자의 운전 행동에 대한 위험 운전 정도를 판단하기 위해 주행 중인 차량의 실시간 상태를 인식하는 시스템을 구현하였다. 먼저 차량 상태 인식을 하려는 다양한 차량 내부정보에서 입력 데이터를 선별하였고, 인식하고자 하는 차량의 상태를 정의하였다. 실제 차량에서 수집된 정보를 입력정보로 사용하여 인식하고자 하는 차량 상태를 딥러닝 모델로 학습시켰다. 학습된 모델은 차량 내 온-디바이스 시스템으로 사용되기 위해서 딥러닝 모델을 경량화하였다. 구현된 시스템의 실제 차량에서 운전한 데이터를 가지고 학습하였고, 실시간으로 차량 상태를 인식하는 정확도 성능을 평가한다.

### I. 서론

최근 과실 비율 민원이 매년 꾸준히 증가하고 있어 금융위원회는 일방과실 비율을 증가시켰다.[1] 기존 차대차 사고 57개 중 9개에 불과한 과실 비율 중 일방과실 기준이 11개 변경, 22개가 신설되어 일방과실 비율이 매우 커졌다.[1] 개정된 과실 비율 인정 기준을 찾아보면 위험 운전의 경우에서 차량 회전, 차선변경, U턴 등 사고유형에 대한 다양한 차량 상태들이 정의되어 있다. 이를 참고하여 현재 동작하는 차량의 상태를 인식하는 것이 추가적인 도로 정보와 교통정보, 운전자 상태에 따라 위험 운전을 판단하는데 도움이 될 것으로 판단된다. 따라서 주행 중인 차량의 실시간 상태를 인식하는 시스템을 구현하였다. 최종적으로 차량 상태에 대한 운전자의 조작 정보를 사용하여 운전자의 안전 운전 정도와 같은 운전자 행동을 분석의 판단 기준으로 사용하려고 한다.

차선 변경과 같은 차량 상태를 인식하는 시스템에서 심층신경망을 활용하는 연구가 활발하다. 운전자의 생체정보 센서, 카메라, 차량 내부 정보 등 다양한 센서 기반의 동작 인식에는 딥러닝(Deep Learning)이 이용된다[2]. 딥러닝에서 학습 과정은 올바른 가중치를 찾기 위해서 대량의 연산을 수행하고, 추론 과정은 학습한 결과를 활용해서 답을 찾아낸다. 이러한 과정은 더 높은 정확도를 달성하기 위해 더 깊고 복잡한 네트워크를 사용하기 위해 높은 계산 성능과 비용, 큰 시스템 크기를 요구한다. 하지만 실시간으로 실제 차량에서 사용할 경우 시스템의 부피, 전력 소모, 비용 문제를 고려하면 소형 장치를 사용하여야 한다. 그러므로 적당한 성능을 유지하고 실시간으로 동작을 위한 추론 시간을 고려하여야 한다. 이러한 문제를 해결하기 위해 경량 딥러닝을 활용하여 제한된 메모리 공간과 계산 리소스에서 비교적 충분한 정확도를 나타내는 경량 딥러닝 기술을 사용하였다.

따라서 본 논문에서는 실제 차량에서 차량 내부 정보를 입력으로 받아 운전자가 수행하는 운전 상태를 실시간으로 인식하는 온-디바이스(On-device) 딥 러닝 시스템을 설계 및 구현하였다. 실험 차량에서 사용 가

능한 차량 내부 정보를 딥러닝 네트워크의 입력데이터로 사용하고, 운전에 기본이 된다고 판단한 7가지의 운전 상태 인식목표를 선별하여 각 운전 상태에 대한 실시간 정확도를 알아보려고 하였다. 실제 차량에서 실시간으로 수집한 데이터를 사용하여서 학습하고, 온-디바이스 시스템에서 차량 내부 데이터를 입력받아 경량화 모델을 사용한 결과를 정확도와 추론 시간으로 성능을 비교 및 평가하였다.

### II. 본론

#### 1. 하드웨어 구성

구현한 시스템에서 사용된 메인 프로세서는 ESPressif System사의 ESP32 MCU를 사용하였다. ESP32는 WIFI뿐만 아니라 BLE와 같은 다양한 무선 통신 수단을 지원하고 저전력으로 구현 가능하여 온-디바이스 시스템에 적합하다. 시스템의 입력으로는 자동차의 내부 정보를 사용한다. 자동차의 내부 정보는 일반적으로 OnBoard Diagnostic-II(OBD-II)인 표준 진단 정보를 사용하여 해당하는 Electronic Control Unit(ECU)에 Parameters ID(PID) 요청하여 정보를 얻는다. 다른 방법은 차량 제조사들이 자체적인 정비를 위해서 만들어진 Unified Diagnostic Services(UDS) 프로토콜을 사용하여 추출하는 정보가 있다. 마지막으로 차량 내부에서 데이터 요청 신호가 없이 지속해서 나타내는 CAN Frame 정보에서 얻을 수 있다. 먼저 자동차 내부 정보를 얻을 수 있는 CAN 패킷 수집 장치를 이전에 구현하였대[3]. 그림1은 하드웨어 구성의 간단한 플로우차트다. 추출 모드에서는 CAN 통신을 사용하여 입력데이터로 사용할 차량 내부정보를 추출하고 BLE 통신을 사용하여 학습 데이터를 스마트폰으로 수집하였다. 수집한 데이터는 PC에서 딥러닝 모델을 학습하고 모델을 경량화하였다. 경량화 모델은 ESP32에서 동작시키기 위해서 경량화하여 탑재한다. 추론 모드에서는 경량 딥러닝 모델의 차량 내부정보를 입력데이터로 사용

하여 현재 차량 상태를 인식한다.

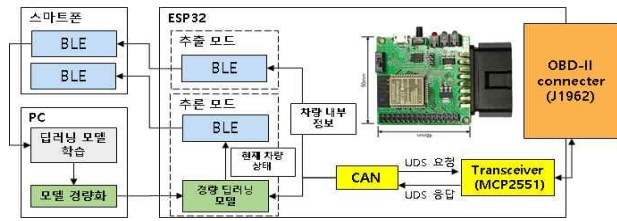


그림1 하드웨어 구성의 플로우차트

## 2. 시스템 구성

본 논문은 딥러닝 기반 차량 상태 인식하는 시스템을 구현하였다. 그림2은 구현한 시스템의 간단하게 표현한다. 시스템의 입력에 사용하는 자동차 내부 정보에서 차량 상태를 인식하는데 유효한 정보들을 탐색하였다. 인식하고자 하는 차량 상태가 동작할 때 차량이 주행하면서 나타내는 차량의 상태 정보와 운전자가 조작하는 조작정보를 중심으로 살펴보았다. 최종적으로 차량의 상태 정보는 차량의 속도, 4개의 바퀴 속도, 횡 방향 가속도, 종 방향 가속도, Yaw rate 정보를 사용하고, 운전자 조작정보는 스티어링 휠 각도, 브레이크 위치, 엑셀 페달 위치, 스로틀 포지션 정보를 사용하였다. 인식하고자 하는 차량 상태의 출력은 일반적으로 운전의 기본이 된다고 판단한 7가지의 차량 상태를 선별하였다. 우선 가장 운전의 기본이 되는 직진 차선에서의 직진 주행, 비교적 완전한 회전과, 일정한 각도를 가진 좌(우) 곡선 도로 주행상태, 교차로 회전이나 U턴과 같이 차량의 회전축 변화가 빠른 주행인 차량 좌(우)회전 주행 상태로 나타내었다. 또 직선 도로 주행 상태일 경우 차량이 차선을 변경하는 좌(우)측 차선 변경 상태를 추가하였다. 구현한 시스템은 선별한 입력 데이터를 자주 사용되는 범위에 맞춰 전처리한 후 라벨링 된 출력 데이터를 가지고 딥러닝 과정을 거쳐 학습한다. 그 후 온-디바이스 시스템에서 동작시키기 위해 딥러닝 모델을 경량화하였다.

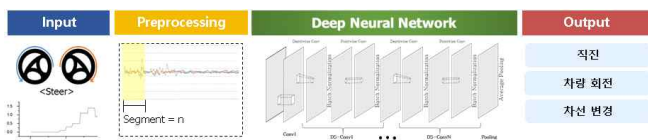


그림2 시스템 구성

## 3. 경량 딥러닝

온-디바이스 시스템을 설계 및 구현하기 위해서 경량 딥러닝 기술을 사용하였다. 경량 딥러닝 알고리즘은 가장 일반화된 합성곱 신경망(Convolutional Neural Network, CNN) 계열의 모델에서는 주로 학습 시 가장 큰 연산량을 요구하는 합성곱 연산을 감소시켰다. 본 논문은 Depthwise Separable CNN(DS-CNN)을 사용하였다. 기존의 합성곱 필터를 채널 단위로 먼저 합성곱(Depthwise Convolution)을 하고, 그 결과를 하나의 픽셀에 대하여 진행하는 합성곱(Pointwise Convolution)으로 나누었다. CNN과 비교하여 계산량 및 매개변수 수를 줄임으로써 네트워크의 성능을 유지하면서 네트워크를 경량화하였다.

또한 일반적인 모델의 가중치는 부동 소수점(Floating point) 값을 가지지만, 이를 특정 비트 수로 줄이는 양자화(Quantization)를 통해 기존 딥러닝의 성능을 유지하면서 실제 모델의 저장 크기는 줄이는 방법을 사용하였다. 본 논문에서는 32bit의 Float 자료형 데이터인 파라미터 값을 16bit 정수형 자료형으로 연산을 수행하여 딥러닝 모델의 성능을 유지하고 모델의 크기를 줄였다.

## III. 실험

본 논문에서 제안하는 시스템의 성능평가를 위해서 실제 차량에서 수집한 차량 내부 정보를 사용하여 차량의 현재 상태를 실시간으로 인식하여서 정확도를 비교한다. 시스템의 입력으로 사용한 센서의 종류는 본문에 언급한 12가지의 센서를 100ms 주기로 수집 및 사용하였고 표1과 같이 전처리를 수행하였다. 온-디바이스 추론을 위한 딥러닝 네트워크는 DS-CNN을 사용하였고, 전처리한 입력과 각 레이어의 중간 입력값들을 [-32:31.75] 범위로 배치 정규화와 양자화 과정을 거쳐서 경량화하였다. 시스템의 평가를 위해 입력 데이터인 센서의 종류와 윈도우 크기를 변경하며 성능을 평가하였다.

12개의 센서를 사용하고 윈도우 크기가 30인 모델의 경우 모델을 경량화하기 전 22.83kByte의 크기인 학습 모델이 11.41kByte로 경량화되었으며 이때의 정확도는 79.69%이다. 또한 경량화 모델을 평가하기 위해서 다양한 환경에서 데이터 입력에서 차량 인식까지의 추론 시간을 비교하였다. 먼저 학습에 사용하였던 PC를 사용하였고 환경은 Intel(R) Core(TM) i5-6600 CPU @ 3.30GHz (4 CPUs), 16G RAM이다. 추가로 비교적 성능이 높은 저전력 임베디드 플랫폼인 NVIDIA의 Jetson Xavier 환경에서의 결과를 비교하였다. PC 환경에서는 추론시간이 1.99ms, Jetson Xavier 환경에서는 19.59ms, ESP32에서는 78.67ms임을 확인하였다. 제안하는 시스템의 추론 시간이 가장 길었으나, 센서를 수집하는 100ms 주기 내에 구현 가능하였다.

## IV. 결론

본 논문에서는 실제 차량에서 차량 내부 정보를 입력으로 받아 운전자가 수행하는 운전 상태를 실시간으로 인식하는 온-디바이스 딥러닝 시스템을 설계 및 구현하였다. 해당 시스템을 구현하기 위해서 입력 데이터인 센서 종류와 인식하고자 하는 차량 상태를 선정하였다. 성능 비교를 위하여 센서의 종류와 개수 및 윈도우 크기 설정하여 모델을 학습시켰다. 또한, 좁은 차량 내부에서 사용하는 것을 고려하여 온-디바이스 추론을 위해 경량 딥러닝 모델을 사용하였다. 최종적으로 차량의 상태를 인식하는 정확도와 다양한 환경에서의 추론 시간을 비교하여 사용한 경량 딥러닝 모델을 평가하였다. 최종적으로 구현한 온-디바이스 시스템을 사용하여 차량에서 실시간으로 차량 데이터를 입력받아 현재 차량 상태를 인식하였다.

## ACKNOWLEDGMENT

이 논문(또는 저서)은 2020년 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 (재)스마트 IT 융합 시스템 연구단(글로벌프런티어사업)의 지원을 받아 수행된 연구임 ((재)스마트 IT 융합시스템 연구단-2011-0031863)

## 참고 문헌

- [1] 하주식, 이창욱, 고봉중, “자동차사고 과실비율 산정의 신뢰성이 제고됩니다.” 금융위원회 금융감독원, (2019,05):
- [2] Xipeng Wang Yi Lu Murphey, “MTS-DeepNet for lane change prediction,” International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN), 2016.
- [3] 한동현, 김범준, 김태구, 백운주. “BLE 통신 기반 차량 정보 기록 및 모니터링시스템의 설계 및 구현.” 한국통신학회 학술대회논문집, (2018,8): 36-37.