

인공지능 기반의 자동차사고 감지 시스템 적용 사례 분석

최재경*·공찬우*·임성훈*

*울산과학기술원 경영공학부

A Review of AI-based Automobile Accident Prevention Systems

Jae Gyeong Choi*·Chan Woo Kong*·Sunghoon Lim*

*School of Management Engineering, Ulsan National Institute of Science and Technology

Abstract

Artificial intelligence (AI) has been applied to most industries by enhancing automation and contributing greatly to efficient processes and high-quality production. This research analyzes the applications of AI-based automobile accident prevention systems. It deals with AI-based collision prevention systems that learn information from various sensors attached to cars and AI-based accident detection systems that automatically report accidents to the control center in the event of a collision. Based on the literature review, technological and institutional changes are taking place at the national levels, which recognize the effectiveness of the systems. In addition, start-ups at home and abroad as well as major car manufacturers are in the process of commercializing auto parts equipped with AI-based collision prevention technology.

Keywords : Automobile Accident Prevention System, Artificial Intelligence, Machine Learning, Deep Learning, e-Call Service

1. 서론

인공지능(Artificial Intelligence, AI)의 급속한 성장으로 세계는 산업과 사회를 통한 문화 변화에 직면하고 있다. 이제는 인공지능이 인간의 지적 기능도 수행할 정도로 발전하면서, 사업과 문화 전반에 걸쳐 패러다임의 변화를 일으키며 막대한 부가가치를 창출하고 일자리 변동 등 사회 변화를 유발하고 있다. 이와 같은 변화의 속도와 폭은 앞으로 더욱 빨라지고 광범위해질 것으로 예상되며, 이에 따른 범국가적 차원의 움직임이 일어남에 따라, 현 정부는 인공지능 국가전략을 발표함으로써 AI를 통한 지능화 경제효과 최대 455조원 창출 등 구체적인 실천 방안을 제시하며 변화에 대응하고 있다[1].

인공지능은 현재 국방·의료·헬스케어·생활·교육·게임·보안·안전 등 거의 모든 분야에 적용되어 자동화 수준을 높이고 효율적인 프로세스와 고품질 생산에 크게 기여하고 있다. 그 중에서도 본 연구는, 지속적으로 연구되고 있는 교통 안전 분야에 집중하여 인공지능이 자동차

사고 피해를 개선한 사례를 분석하고자 한다. 교통사고를 사전에 예방하기 위해 운전자주의경고(Driver Attention Warning, DAW), 전방충돌경보(Forward Collision Warning, FCW) 등 각종 첨단 운전자 보조 시스템(Advanced Driver Assistance System, ADAS)이 중점적으로 개발되어 왔으며, 국내에서는 주요 자동차 제조기업이 중심이 되어 해당 기술을 상용화 하고 있다. 뿐만 아니라, 한국지능형교통체계협회를 중심으로 8개의 산학연 기관이 참가하는 ‘차량 ICT기반 긴급구난체계 구축 연구’에는 이미 발생한 교통사고의 피해를 감소시키기 위한 차량 내부 장착형 e-Call(emergency-Call) 단말기와 e-Call 센터 개발을 위한 기술적·제도적 연구가 활발하게 이루어지고 있다[2].

본 연구에서는 자동차 관련 안전 분야에서 인공지능이 자동차사고 피해를 방지하고 완화된 사례를 분석하였다. 본 연구를 통해 조사된 AI 자동차 사고 피해 방지 시스템은 현재 여러 선진 국가와 자동차 회사에서 적용되고 있는 기술이며, 이를 통해 교통사고의 발생과 규모를 상당히 감

[†]이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2019R1F1A1059346).

[†]Corresponding Author : Sunghoon Lim, Management Engineering, Ulsan National Institute of Science and Technology, 50, UNIST-gil, Eonyang-eup, Ulsan-gun, Ulsan 44919, MP : 010-4591-3470, E-mail: sunghoonlim@unist.ac.kr

Received: February 15, 2020; Revision: March 19, 2020; Accepted: March 23, 2020

소시적이고 향상된 교통안전 기술을 개발하는데 유용하게 활용될 수 있을 것이다. 또한, 본 연구를 통해 파악된 AI 기술을 적용한 자동차 피해 방지 사례는 교통안전 분야의 기술 활성화를 유도할 수 있을 것으로 기대된다.

2. 조사방법

본 연구는 AI 기술 중심의 자동차사고 피해 방지 시스템에 관한 다양한 문헌을 검색하여 진행되었다. 또한, 이러한 기술이 교통안전에 실질적으로 어떻게 적용되는지 알아보기 위해 과제 현황 및 기사 검색을 통해 적용 사례의 현황을 파악하였다. 한국학술정보(Korean Studies Information Service System, KISS)와 대학 도서관을 이용해 연구논문, 학술발표회, 공공기관 보고서 등 연구 문헌에 대해 키워드로 검색해 문헌 검색을 실시했다. 문헌 검색에는 사고를 감지하는 자동차 첨단 기술과 인공지능 기술의 활용 현황을 알아보기 위해 ‘자동차 사고방지 시스템’, ‘인공지능’, ‘머신러닝’, ‘딥러닝’, ‘e-Call’의 5가지 키워드를 사용하였다.

3. 인공지능 기술현황

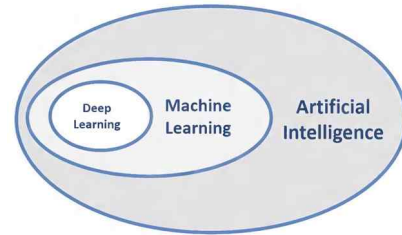
3.1 인공지능

인공지능은 인간의 지능을 컴퓨터에 구현하는 기술이다. 상황을 인식하여 합리적이고 논리적으로 판단하고 행동하며 감정적이고 창조적인 기능을 수행 하는 능력을 포함한다. 인공지능은 사고 해결 여부에 따라 약한 인공지능(Weak AI)과 강한 인공지능(Strong AI)으로 나눌 수 있다. 약한 인공지능은 문제를 실제로 생각하거나 해결하지 못하고 학습을 통해 특정한 문제를 해결하는 인공지능에 대한 연구이다. 강한 인공지능은 실제로 생각하거나 문제를 해결할 수 있으며, 컴퓨터 프로그램이 인간처럼 행동하고 생각하는 인간형 인공지능이다. 현재의 기술은 약한 인공지능 단계에 있다. 인공지능은 학습을 이용한 알고리즘을 이용해서 패턴을 파악하고, 인간이 가진 능력의 한정적인 부분을 사고함으로써 일상 업무를 자동화하는 등의 특정 영역의 임무를 수행한다.

과거 AI는 기술의 한계로 인해 침체기를 겪어왔지만, 딥러닝(deep learning)의 등장과 정보처리 능력의 향상으로 인해 새로운 전기를 맞이하였으며 각종 미래 산업의 핵심 기술이 되었다.

3.2 머신러닝(machine learning)

머신러닝은 인공지능의 하위 분야이다(Figure 1). 기계가 인간의 개입이 없이 데이터를 이용하여 알고리즘이나 모델을 학습함으로써 데이터 속의 규칙성을 찾아낸다. 충분한 데이터가 제공되면 예측 및 문제 해결 등을 학습할 수 있다. 데이터의 형태에 따라 지도학습, 비지도학습, 준지도학습, 강화학습으로 구분된다.



[Figure 1] Artificial Intelligence, Machine Learning, Deep Learning

3.2.1 지도학습(supervised learning)

지도학습은 레이블이 있는 데이터를 컴퓨터에 학습시키는 것이다. 예를 들어, 대표 알고리즘 중 하나인 서포트 벡터머신(support vector machine, SVM) [3]은 주어진 데이터를 두 분류로 구분 지을 수 있는 최적의 초평면(hyperplane)을 출력하고, 새롭게 입력된 데이터가 어떤 분류에 속하는지 판단하는 비확률적 이진 선형 분류 모델이다. 필기체 인식, 이미지 분류 등의 실생활 문제에 적용될 수 있다[4-5].

3.2.2 비지도학습(unsupervised learning)

비지도학습은 레이블 되어 있지 않은 데이터에 대해 컴퓨터가 스스로 학습하는 것이며, 데이터의 구조를 밝혀내는 데 유리하다. 차원 축소, 밀도 추정, 특성 학습, 클러스터링 등에 사용된다. 대표적인 알고리즘 중 하나인 K 평균 군집화(K-means clustering)는 주어진 입력을 군집화하는 비지도학습 방법이다. 먼저 총 K 개의 군집이 있고, 각 군집은 중심(centroid)을 가진다고 가정한다. 중심과 그룹 내 데이터 객체와의 거리의 제곱합을 최소화하는 방향으로 군집을 형성한다. 예를 들어, Achanta et al. (2010)은 K 평균 군집화를 기반으로 한 이미지 분할을 통해 이미지 내 비슷한 색상과 위치에 있는 픽셀들을 하나의 부분으로 묶어 이미지를 크게 단순화 시키는 연구를 수행하였다[6].

3.2.3 준지도학습(semi-supervised learning)

준지도학습은 레이블 데이터와 비레이블 데이터 모두를 활용하는데, 일반적으로 다수의 비레이블 데이터를 약간의 레이블 데이터로 보충해서 학습하게 된다. 대표적인 알고리즘 중 하나인 멀티뷰 학습(Multi-view learning)은 데이터가 갖는 여러가지 특징을 학습하는 모델이다. 예를 들어, 멀티뷰 학습 중 트라이 학습(tri-training)은 독립적으로 훈련된 세 가지 모델을 만들어 2개 모델이 합의할 때마다 비레이블 데이터를 포함한 세 번째 모델에 레이블을 추가하여 데이터에 대한 예측의 편견을 줄이는 민주적 공동 학습이다. 이 알고리즘을 처음 제시한 Zhou et al. (2005)은 3개의 분류기를 활용하여 웹페이지 분류에서 레이블이 없는 데이터를 보다 효과적으로 활용하였다[7].

3.2.4 강화학습(reinforcement learning)

강화학습은 주어진 데이터 없이 현재 상태에 근거하여 최적의 행동을 선택하도록 학습하는 것이다. 행동에 대한 피드백 과정이 반복될수록 외부환경에서 주어진 보상을 최대화 하는 방향으로 학습이 진행되고, 알고리즘이 발전하게 된다. 예를 들어, Arel et al. (2010)은 도로 혼잡 문제를 해결을 위한 신호등 컨트롤러 설계에 강화학습을 적용하였는데, 이 모델에서 가상 시뮬레이션 환경으로만 테스트 된 방법이 기존보다 더 우수한 성능을 띄는 것을 보여주었다[8].

3.3 딥러닝(deep learning)

딥러닝은 머신러닝의 하위 개념으로, 딥러닝의 등장으로 인해 인공지능 및 머신러닝 분야의 실용성이 강조되었다. 딥러닝은 뇌의 뉴런과 유사한 인공뉴런의 입출력 층으로 이루어진 신경망을 기반으로 구축된 기술이다. 데이터를 학습할 때 정해진 판단 기준 없이 컴퓨터가 스스로 판단할 수 있으며, 현재 자연어 처리, 영상 인식, 음성 인식 등에 활용되고 있다. 일반적인 머신러닝 알고리즘을 사용할 때에는 따로 특징 추출(feature extraction)을 위한 전처리과정(pre-processing)을 거쳐야 하는 반면, 딥러닝은 전처리과정이 전체 학습 프로세스에 포함되어 있어 보다 효율적이다. 일반적인 머신러닝 알고리즘으로는 분석하기 어려운 복잡한 문서, 소리, 이미지, 영상 등의 비정형(unstructured) 데이터를 사용할 수 있으며, 그 양이 많을수록 시스템의 성능이 좋아진다.

딥러닝 알고리즘은 다양한 종류의 심층 신경망구조를 포함하지만, 대부분 다음의 대표적인 몇 가지 구조에서

파생된 것이다. 합성곱 신경망(convolutional neural network, CNN)은 수십, 수백 개의 계층이 데이터의 서로 다른 특징을 감지하도록 학습한다. 가중치와 통합 계층(pooling layer)을 추가로 활용하여 2차원 구조의 이미지 및 영상 분야에서 좋은 성능을 보여준다. 순환 신경망(recurrent neural network, RNN)은 신경망 내부의 메모리를 임의의 입력을 처리하기 위해 활용할 수 있어 시계열 데이터에 내재되어 있는 동적 패턴과 특성 파악에 유용하다. 메모리에 은닉층의 상태(hidden state)를 가지고 있어 과거 정보를 기억하고 새로운 정보가 들어올 때마다 약간의 수정이 발생하여 결국 시퀀스 전체를 요약한 정보를 갖게 된다. 순환 신경망은 음성 인식, 시계열 예측, 인간 행동 인식 등에 적용되고 있다[9-11].

4. 자동차사고 감지 시스템 적용 사례

4.1 충돌방지 시스템

기존 충돌방지 기술로는 첨단 운전자 보조 시스템(advanced driver assistance system, ADAS)이 대표적이다. 다양한 센서를 통해 수집된 정보를 분석하여 운전자에게 경고를 주거나 브레이크와 조향 장치 등을 직접 제어한다. 앞차와의 거리 및 속도 등의 정보 수집을 위해 레이더, 라이다(LiDAR), 초음파, 카메라 비전 센서 등의 여러 센서가 혼합하여 사용되며, 수집한 데이터를 기반으로 차량 제어를 담당하는 컨트롤 모듈은 현재 속도에서 정지까지 필요한 제동 거리 등을 계산하고 각종 운전자 보조 시스템을 작동시킨다. 충돌방지 시스템 중 효과가 가장 우수한 전방충돌 방지 보조시스템으로는 운전자에게 경고만 하는 전방충돌경보와 급박한 상황에서 제동력을 최대치로 높여주는 비상 제동력 보조장치(emergency brake assist, EBA), 운전자의 판단이 늦을 경우 조작 없이 자동으로 브레이크가 제동이 되는 자동긴급제동(autonomous emergency braking, AEB) 등이 있다.

ADAS 기술 및 여러 충돌방지 기술은 위에서 언급한 특화 센서를 확보하는 것 뿐만 아니라, 소프트웨어로 구현할 수 있는 전문가 확보 및 막대한 투자가 가능한 초대형 기업만이 구현할 수 있었다. 하지만 최근 등장하고 있는 스타트업들은 카메라, 초음파 센서 등과 같은 저가의 범용 센서를 이용한 인공지능 기반의 시각 지능으로 유사 기술을 구현해 내고 있다(Figure 2).

Comma.ai와 Drive.ai는 주로 카메라로 수집된 주행 영상 데이터를 딥러닝에 학습시켜 충돌방지를 포함한 자율주행 기술을 실현한다[12-13]. Comma.ai의 경우, 많은

양의 데이터를 필요로 하는 딥러닝의 특징을 충족시키기 위해 직접 개발한 스마트폰 어플리케이션 'chffr'을 통해 사용자들의 차량 주행 영상 및 GPS, 속도 등의 정보가 업로드 되는 방식으로 데이터를 수집하였다. AutoX는 6개의 카메라를 통해 수집한 자동차 주변 정보를 딥러닝으로 학습하여 자동차를 제어한다[14]. 에이다스원은 딥러닝 기반의 자율주행 기술을 구현하여 전방카메라와 레이더 센서를 통해 인식된 주행 상황에서 앞차와의 거리가 일정 수준 이상으로 가까워지면 운전자에게 경보음을 울리거나 운전자의 응답이 없는 경우 자동긴급제동을 실행하는 시스템을 개발했다[15].



[Figure 3] The concept of e-Call services[18]



[Figure 2] Traditional method and deep learning-based method for ADAS[16]

4.2 차량 긴급구조체계 서비스

차량 긴급구조체계 서비스는 이미 교통사고가 발생한 경우 사고 피해를 감소시키기 위한 기술이다. 중증 외상의 교통사고는 생존과 치료 효과를 높이기 위해 1시간 이내에 적절하게 대처해야 하는 것으로 나타났으며, 특히 한국의 경우 교통사고 사망률은 35.2%로 높은 편이기 때문에 이에 대응할 기술의 보급이 시급하다[17]. 교통사고 발생 후 사망자 감소를 위한 해결책으로는 사고를 자동으로 인지하여 관제 센터로 정보를 송신하고 정보를 제공하여 사고를 대응하도록 지원하는 e-Call 서비스(Figure 3)가 있다.

미국 자동차 보험 회사인 AXA data innovation 연구팀은 스마트폰이 차량 내부에서 감지되는 소리로 차 사고를 감지하고, 사용자가 응답하지 않을 시 자동으로 도움을 요청하는 서비스를 제안하였다[19]. 이 시스템에서는 사고 여부가 레이블로 부착된 데이터를 활용하는 지도학습을 통해 모델을 학습시키는데, 정확한 소리 감지를 위해 소리를 시간-주파수 모델과 소리를 이미지화한 스펙트로그램 모델로 나누어 각각 전처리 과정인 특징 추출을 진행한다.

이후, 더 좋은 성능을 얻기 위하여 다수의 학습 알고리즘을 사용하는 머신러닝의 앙상블(Ensemble) 기법 중 하나인 랜덤 포레스트(Random forest) 방식을 통해 두 모델을 결합하여 사고 여부를 파악한다. 감지 결과가 사고로 확인되면 스마트폰에 해당 정보를 전송하여 e-Call 서비스를 실행한다. Amrith et al. (2019)은 차량 카메라 센서를 이용하여 데이터를 수집하고 차량 충돌시 발생하는 충격에 대한 강화학습을 시행하였다. 동시에 각각 비지도 학습과 지도학습인 K-means clustering 및 SVM 등의 머신러닝 알고리즘을 이용하여 사고의 데이터를 군집화하고 사고 여부를 판단하여 심각도를 계산한 후, 인근 병원으로 결과를 전달하는 긴급 구조 요청 시스템을 구축하였다[20].

영상을 이용한 딥러닝 기반의 사고 감지 시스템 또한 e-Call 서비스에 적용할 수 있다. Crashcatcher 프로그램은 차량 블랙박스 영상을 이용한 지도학습을 통해 사고 여부를 구분한다[21]. 사고 여부가 레이블로 부착된 영상 데이터셋은 프레임별로 분석되고, 차원수를 줄이기 위해 회색조로 변환시킨 후 크기를 1/5로 줄인다. 모든 전처리 과정이 끝나면 계층적 반복 신경 네트워크(hierarchical recurrent neural network, HRNN)를 통해 시스템을 학습시키는데, 이 알고리즘은 앞서 3장에서 설명한 RNN이 가지는 장기 의존성 문제를 보완하는 모델인 장단기 메모리(long short-term memory, LSTM)를 사용한다. 이 시스템에서 LSTM을 두 층의 신경망으로 구성하는데, 첫 번째 신경망은 각 영상 내에서 시간에 따라 변하는 순서를 분석하고, 두 번째 신경망은 첫 번째 신경망의 결과를 인코딩하고 사고 여부를 반영하여 구축된다. 학습 과정을 거친 모델은 새로 입력된 블랙박스 영상에 대해 80% 이상의 정확도로 사고 여부를 판단한다. 또한, Arceda (2018)은 CCTV 영상을 시간 정보가 담긴 일련의 이미지로 변환한 데이터셋에서 CNN을 통해 자동차를 감지한 후, Violent Flow (ViF) descriptor와 SVM을 결합한 모델로 사고 여부를 판단하는 시스템을 제안하였다[22].

<Table 1> AI Technology for automobile accident prevention systems

The types of data	The title of the article	Data	AI Technology
Sound	Crashzam: Sound-based Car Crash Detection[19]	—	random forest
Sensor	Smart Detection of Vehicle Accidents using Object Identification Sensors with Artificial Intelligent Systems[20]	—	Reinforcement learning, K-means clustering, SVM
Video	Crashcatcher [21]	Blackbox video data	HRNN, LSTM
	Fast car crash detection in video[22]	CCTV video data	CNN, SVM

5. 결론

본 연구에서는 자동차 사고 피해 방지를 위한 인공지능 기반의 시스템 적용 사례들을 살펴보았다. 조사한 바에 따르면, 이미 선행된 자동차 센서를 이용한 첨단 장치와 인공지능을 접목한 제품 개발 및 관련 연구가 활발히 진행되고 있음을 알 수 있었다. 본 연구에서는 조사된 연구 결과 중에서 각종 자동차 센서를 통해 수집된 데이터를 딥러닝으로 처리하여 사고를 예방하거나, 차량 내에서 수집된 영상 및 소리 데이터로 학습된 충돌 감지 시스템을 긴급구조체계 서비스에 연동시키는 것 등이 주요 사례로 파악되었다.

센서를 이용한 딥러닝 기반의 차량 충돌 방지 기술의 경우, 스타트업을 중심으로 상용화 단계에 있는 제품들은 After-market용 자율주행 패키지로 판매가 이루어지고 있었으며, 기존에 판매된 차량에 부착할 수 있다. 하지만 기술의 상용화가 시작단계에 머물러 있기 때문에 아직 자율주행 자동차와 같은 고급 기종에만 충돌 방지 기술이 적용되고 있다. 차량 내부에서 수집된 영상 및 소리 데이터로 충돌을 감지하여 긴급구조체계 서비스에 연동시키는 기술의 경우, 사고 감지에 대해 비교적 낮은 정확도를 보이고 있어 제품 상용화가 되기까지는 시간이 걸릴 것으로 예상된다. 기술의 실현을 위한 정확도 향상 및 충돌 방지 제품 장착에 대한 제도적 조치가 필요한 것으로 판단된다.

국내에서는 이미 발생한 교통사고의 피해를 감소시키기 위한 차량 긴급 구조 체계 서비스의 필요성을 인식하여, 2015년 다부처공동기술협력특별위원회를 통해 국토교통부와 과학기술정보통신부 중심의 관련 연구 및 개발을 추진 중에 있다. 하지만 현재까지는 자동차 제조회사를

중심으로 사고를 방지하는 기술에만 연구가 집중되고 있어, 사고 발생 후 피해를 최소화하는 기술에 대한 보다 균형 잡힌 연구가 요구되어진다.

본 연구는 인공지능 기반의 자동차 사고 피해방지를 위한 논문, 기술 현황 등을 파악 및 고찰하였다. 자동차 첨단 기술이 발전하고 인공지능의 성능이 향상됨에 따라, 향후 안전을 위한 다양한 차량 보조 장치들이 인공지능과 결합되어 자동차 사고 피해를 축소하는 방향으로 구성될 것으로 기대된다.

6. References

- [1] Ministry of Culture, Sports and Tourism. <http://www.korea.kr/news/pressReleaseView.do?newsId=156366736>
- [2] Korea Agency for Infrastructure Technology Advancement. <https://www.kaia.re.kr/portal/landmark/readTskView.do?tskId=113086&yearCnt=4&cate1=&cate2=&cate3=&year=&bizName=&psnNm=&orgNm=&tskName=%EC%B0%A8%EB%9F%89%20ICT%EA%B8%B0%EB%B0%98%20EA%B8%B4%EA%B8%89%EA%B5%AC%EB%82%9C%EC%B2%B4%EA%B3%84%20EA%B5%AC%EC%B6%95%20EC%97%B0%EA%B5%AC&sort=&pageIndex=1&menuNo=200060#none>
- [3] C. Cortes, V. Vapnik(1995), "Support-vector networks." *Machine Learning*, 20(3):273-297.
- [4] D. Decoste, B. Schölkopf(2002), "Training invariant support vector machines." *Machine Learning*, 46: 161-190.
- [5] S. Pradhan, W. Ward, K. Hacioglu, J. H. Martin, D. Jurafsky(2004), "Shallow semantic parsing using support vector machines." In *Proceedings of the Human Language Technology Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: HLT-NAACL 2004*, pp. 233-240.
- [6] Achanta, Radhakrishna, Appu Shaji, Kevin Smith, Aurelien Lucchi, Pascal Fua, and Sabine Slsstrunk. Slic superpixels. No. REP_WORK. 2010.
- [7] Z. H. Zhou, M. Li(2005), "Tri-training: Exploiting unlabeled data using three classifiers." *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*,

- 17(11):1529-1541.
- [8] I. Arel, C. Liu, T. Urbanik, A. G. Kohls(2005), "Reinforcement learning-based multi-agent system for network traffic signal control." IET Intelligent Transport Systems, 4(2):128-135.
- [9] A. Graves, A. Mohamed, G. Hinton(2013), "Speech recognition with deep recurrent neural networks." In 2013 IEEE international conference on acoustics, speech and signal processing, pp. 6645-6649.
- [10] H. Hewamalage, C. Bergmeir, K. Bandara(2019), "Recurrent neural networks for time series forecasting: Current status and future directions." arXiv preprint, arXiv:1909.00590
- [11] M. Baccouche, F. Mamalet, C. Wolf, C. Garcia, A. Baskurt(2011), "Sequential deep learning for human action recognition." In International workshop on human behavior understanding, pp. 29-39. Springer, Berlin, Heidelberg.
- [12] Comma.ai, <https://comma.ai/>
- [13] Drive.ai, <http://www.drive.ai/>
- [14] Autox, <https://www.autox.ai/>
- [15] ADAS One, <http://adasone.com/>
- [16] LG Economic Research Institute. http://www.lgeri.com/uploadFiles/ko/pdf/busi/LG_ERL_Report_20171122_20170322130355595.pdf
- [17] National Emergency Medical Center. https://www.e-gen.or.kr/nemc/investigation_view.do?brdctsn=142&upperfixyn=N¤tPageNum=3&brdclscd=&searchTarget=ALL&searchKeyword=&searchDatayear=
- [18] Korea Agency for Infrastructure Technology Advancement. <https://www.kaia.re.kr/portal/landmark/readTskView.do?menuNo=200060&tskId=113086&yearCnt=1>.
- [19] M. Sammarco, M. Detyniecki(2018), "Crashzam: Sound-based Car Crash Detection." In VEHITS, pp. 27-35.
- [20] P. Amrith, E. Umamaheswari, R. U. Anitha, D. Mani, D. M. Ajay(2019), Smart Detection of Vehicle Accidents using Object Identification Sensors with Artificial Intelligent Systems.
- [21] CrashCather. <https://github.com/rwk506/CrashCatcher>
- [22] V. E. M. Arceda, E. L. Riveros(2018), "Fast car crash detection in video." In 2018 XLIV Latin American Computer Conference (CLEI), pp. 632-637.

저자 소개



최재경

울산과학기술원 디자인및인간공학부 학사 취득. 현재 울산과학기술원 대학원 경영공학부 석사 과정 중.
관심분야 : Deep Learning, Machine Learning, Industrial Artificial Intelligence 등



공찬우

울산과학기술원 자연과학부 학사 취득. 현재 울산과학기술원 경영공학부 연구원 재직 중.
관심분야 : Deep Learning, Machine Learning, Industrial Artificial Intelligence 등



임성훈

KAIST 산업공학과 학사, 석사 취득. The Pennsylvania State University 산업 및 제조공학 박사 취득. 현재 울산과학기술원 경영공학부 조교수 재직 중.
관심분야 : Deep Learning, Machine Learning, Industrial Artificial Intelligence 등