

딥러닝 알고리즘 기반 교통법규 위반 공익신고 영상 분석 시스템

최민성* · 문미경**

Analysis System for Public Interest Report Video of Traffic Law Violation based on Deep Learning Algorithms

Min-Seong Choi* · Mi-Kyeong Moon**

요 약

고화질 블랙박스의 확산과 ‘스마트 국민제보’, ‘안전신문고’ 등 모바일 애플리케이션의 도입에 따른 영향으로 교통법규 위반 공익신고가 급증하였으며, 이로 인해 이를 처리할 담당 경찰 인력은 부족한 상황이 되었다. 본 논문에서는 교통법규 위반 공익신고 영상 중, 가장 많은 비중을 차지하는 차선위반에 대해 딥러닝 알고리즘을 활용하여 자동 검출할 수 있는 시스템의 개발내용에 관해 기술한다. 본 연구에서는 YOLO 모델과 Lanenet 모델을 사용하여 차량과 실선 객체를 인식하고 deep sort 알고리즘을 사용하여 객체를 개별로 추적하는 방법, 그리고 차량 객체의 바운딩 박스와 실선 객체의 범위가 겹치는 부분을 인식하여 진로변경 위반을 검출하는 방법을 제안한다. 본 시스템을 통해 신고된 영상에 대해 교통법규 위반 여부를 자동 분석해줌으로써 담당 경찰 인력 부족난을 해소할 수 있을 것으로 기대한다.

ABSTRACT

Due to the spread of high-definition black boxes and the introduction of mobile applications such as ‘Smart Citizens Report’ and ‘Safety Report’, the number of public interest reports for violations of Traffic Law has increased rapidly, resulting in shortage of police personnel to handle them. In this paper, we describe the development of a system that can automatically detect lane violations which account for the largest proportion of public interest reporting videos for violations of traffic laws, using deep learning algorithms. In this study, a method for recognizing a vehicle and a solid line object using a YOLO model and a Lanenet model, a method for tracking an object individually using a deep sort algorithm, and a method for detecting lane change violations by recognizing the overlapping range of a vehicle object’s bounding box and a solid line object are described. Using this system, it is expected that the shortage of police personnel in charge will be resolved.

키워드

Deep Learning, Computer Vision, YOLO, Lanenet, Public Interest Report, Lane Change Violation
딥러닝, 컴퓨터 비전, YOLO, Lanenet, 공익 신고, 차선변경 위반

* 동서대학교 학부연구원(aa971020@gmail.com)

** 교신저자 : 동서대학교 소프트웨어학과

• 접수일 : 2022. 11. 14

• 수정완료일 : 2022. 12. 29

• 게재확정일 : 2023. 02. 17

• Received : Nov. 14, 2022, Revised : Dec. 29, 2022, Accepted : Feb. 17, 2023

• Corresponding Author : Mi-Kyeong Moon

Dept. Software, Dongseo University,

Email : mkmoon@dongseo.ac.kr

1. 서론

국민권익위원회에서 제공한 2021년도 공공기관 공익신고 접수, 처리 현황에 따르면 2021년 한 해 동안 공공기관에 접수된 공익신고는 총 5,417,879건으로 작년 3,318,441건에 비해 63.3%나 증가한 것으로 나타났다[1]. 이러한 급격한 증가에는 도로교통법 위반에 대한 공익신고 증가가 크게 영향을 미친 것으로 분석된다. 고성능 카메라와 고화질 블랙박스의 확산으로 증거확보가 쉬워졌고, ‘스마트 국민제보’, ‘안전신문고’ 등 모바일 애플리케이션의 도입으로 신고절차가 간단해지면서 도로교통법 위반에 대한 공익신고 건수는 매년 전체 공익신고에서 80%에 달하는 큰 비중을 차지하고 있다. 특히 코로나19 장기화에 따라 개인차량 이용이 증가하면서 교통법규 위반 관련 공익신고가 크게 증가하였는데, 경찰청에서 제공한 교통법규 위반 공익신고 건수 자료에 따르면 2019년 133.9만 건에서 2021년 290.7만 건으로 2년 만에 신고 건수가 2배 이상 증가한 것을 알 수 있다. 그러나 2021년 기준 교통법규 위반 공익신고 담당 경찰은 462명, 전담인력은 242명에 그치고 나머지 220명은 다른 업무를 겸업하고 있는 상황으로 공익신고에 대응해야 할 담당 인력이 부족한 실정이다[2].

딥러닝과 컴퓨터 비전 기술의 발전으로 객체를 높은 정확도로 인식할 수 있게 됨에 따라 이를 활용하여 사람의 시각을 대체하고 보조하는 연구가 활발히 진행 중이다[3-5]. 또한 인공지능을 활용한 영상 분석 분야는 높은 정확도를 기반으로 자동화를 통해 단순 반복 업무를 줄여 업계 전반에서 근로자를 지원하고 있다[6-8]. 따라서 인력 부족 문제를 해결하기 위해서 인공지능(AI) 알고리즘을 활용하여 신고된 영상의 위법 여부를 자동으로 분석할 필요가 있다.

본 논문에서는 교통법규 위반 공익신고의 대부분을 차지하고 있는 진로변경 위반에 대해 공익신고자가 신고한 블랙박스 영상 속 차량의 위법 여부를 자동으로 분석하는 시스템의 연구 내용을 기술한다. 이 시스템에서는 딥러닝 모델과 컴퓨터 비전 알고리즘을 사용하여 차량과 실선 객체를 개별로 인식하고 차량 객체가 실선 객체를 넘어가면 진로변경 위반으로 인식한다. 영상에서 인식한 위반차량을 빨간색 bounding box로 나타내어 담당 경찰의 인식을 돕는다.

이 시스템을 통해 교통법규 위반 공익신고 담당 경찰은 영상 속 정보를 빠르게 파악해 업무의 효율을 높일 수 있다. 업무 처리시간이 줄어들면 인력 부족으로 인해 처리하지 못했던 공익신고를 줄일 수 있고, 공익신고의 빠른 처리로 교통안전 개선과 공공기관의 이미지 상승효과를 기대할 수 있다.

II. 관련 연구

2.1 좌회전 끼어들기 차량 검출을 통한 Edge AI 기반 교통단속 시스템 연구

2020년도 한국 통신학회 하계종합학술발표회에서 발표한 연구[9]에서는 본 연구와 비슷한 주제로 딥러닝 모델을 사용하여 좌회전 끼어들기 검출을 하였다. 해당연구에서는 좌회전 끼어들기 검출을 위해서 YOLO_V3-prn을 사용해서 차량 객체를 인식하고 deep sort알고리즘을 사용해서 다중 객체 추적을 한다. 그리고 해당 연구에서 제안하는 위반 장면 검출 알고리즘(TVS 알고리즘)으로 검출한 차량의 위반 장면을 서버로 전송한다. 본 연구와 같이 차량 객체의 개별 인식을 위해 YOLO(You Only Look Once)와 deep sort알고리즘을 사용한 내용이 유사하다. 관련 연구는 고정된 위치의 카메라를 사용하기 때문에 차선을 인식할 필요 없이 고정된 좌표에 가상의 루프 감지선을 그려 위반차량을 감지하고, 본 연구에서는 움직이는 차량에 부착된 블랙박스 카메라를 사용하기 때문에 차선까지 별도로 인식하여 추적하는 것이 차별된다.

2.2 1인칭 영상을 이용해 교통사고를 탐지하는 비지도 학습 모델

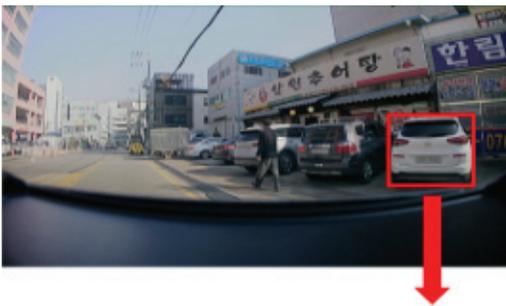
2019년도 IROS2019 학회에서 발표한 연구 [10]에서는 움직이는 차량에 부착된 블랙박스 카메라 영상에서 비지도 학습을 사용하여 교통사고와 같은 이상행동을 탐지해내는 방법에 대해서 기술하고 있다. 해당 연구에서는 손쉽게 얻을 수 있는 정상 상태의 주행 데이터를 사용해서 비지도 학습 모델을 학습하고 블랙박스 영상 내에 특정 객체를 인식할 때 객체의 바로 다음 순간 위치를 예측한다. 이 때 객체가 모델이 예측한 위치에서 크게 벗어난 위치에 있다면 이상 상황이 발

생한 것으로 구분한다. 본 연구와 같이 움직이는 차량에 부착된 블랙박스 카메라 영상을 사용하는 것과 딥러닝 모델을 통해 차량 객체를 인식하는 것이 유사하다. 관련 연구는 비지도 학습을 통해 정상 상태의 데이터를 학습했기 때문에 이상 상황이 발생하더라도 객체가 정상적인 형태의 움직임을 보이면 탐지가 어려워서 사고 상황을 탐지하는데 유리하고, 본 연구는 차량이 실선을 넘어간 행위만을 인식하여 교통법규 위반을 인식하는데 유리하다는 차별점이 있다.

III. 시스템 개발

3.1 차량 이미지 데이터 수집

딥러닝 모델을 사용하여 차량 객체를 인식하기 위해서는 차량 이미지 데이터를 수집하여야 한다. 본 연구에서는 그림 1과 같이 AI Hub에서 제공하는 ‘차량 및 사람 인지 영상’ 데이터셋을 이용한다. 본 데이터셋은 주행 중 차량 및 사람 인지를 위한 도로 주행 영상 및 이미지 데이터로 자율주행환경에서 사람, 차량 등의 객체를 인식하기 위한 목적으로 구축된 데이터셋이다. 이는 본 연구에서 분석해야하는 블랙박스 영상과 유사한 환경에서 수집된 데이터이므로 이를 사용한다. 본 데이터셋은 60시간의 영상과 120만장의 이미지와 이에 대한 라벨링 파일인 annotation파일로 구성되어 있고 annotation파일은 이미지에 존재하는 bounding box의 네 꼭짓점의 좌표와 객체의 속성을 담고 있다.



```
"id": "f9e36e1e-baa9-43f9-a827-e78c020fc222",
"type": "bbox",
"attributes": { "일반차량": "SUV/승합차" },
"points": [ [1472, 420], [1780, 420], [1780, 732], [1472, 732] ],
"label": "일반차량"
```

그림 1. 차량 이미지 데이터셋
Fig. 1 Car image dataset

3.2 YOLO custom 모델 학습

본 연구에서는 블랙박스 카메라 영상에서 차량 객체를 인식하기 위해서 다른 딥러닝 모델들에 비해 빠른 처리속도와 실시간 객체 인식에 용이한 YOLO 알고리즘을 사용한다. 특히 본 연구에서는 블랙박스 영상에서 차량의 위법행위를 판단해야하기 때문에 다양한 YOLO버전 중에서 정확도가 개선된 YOLOv4 모델을 사용한다. YOLO custom 모델을 학습시키기 위해서는 수집한 데이터셋의 annotation파일을 YOLO 학습에 필요한 라벨링 파일 형식으로 변환시키는 작업이 필요하여 기존의 라벨링 형식을 클래스 번호와 bounding box의 좌표(중심점의 x좌표, 중심점의 y좌표, 넓이, 높이)로 변환하는 작업을 수행한다. YOLOv4 모델을 학습시키기 위한 설정 값과 가중치 값은 github에서 AlexeyAB의 Darknet 오픈소스를 통해 획득한다. 학습을 진행하면서 하이퍼 파라미터 값을 수정하며 인식률이 가장 높은 가중치 파일을 사용한다.

3.3 차량 객체 개별 추적

YOLO를 통해 학습한 딥러닝 모델로 영상에서 차량 객체를 인식하게 되면 객체 간의 구분없이 ‘차량’이라는 객체로만 인식하기 때문에 어떠한 차량이 진로변경 위반을 했는지 파악할 수 없다. 본 연구에서는 차량 객체를 개별로 인식하기 위해서 컴퓨터 비전 알고리즘인 deep sort 알고리즘을 사용한다. deep sort 알고리즘은 기존의 sort 알고리즘에서 IoU(Intersection over Union)를 기반으로 객체를 추적함으로써 생긴 Id Switching(원래의 타겟을 추적하지 못하고 다른 id를 배정하는 문제)을 해결하기 위해 고안된 알고리즘이다. 블랙박스 영상에서는 차량이 다른 차량에 가려지는 경우가 빈번한데 sort 알고리즘의 경우 이러한 상황에서 차량에 매번 다른 id를 배정하여 하나의 차량을 지속적으로 추적하는데 어려움이 있다. 그래서 이전에 추적된 물체의 정보를 가진 상태로 새롭게 인식된 물체와 유사도를 판단하여 장시간 가려짐 이후 동일성을 회복시키는데 유용한 deep sort 알고리즘을 사용한다.

3.4 차선 이미지 데이터 수집

딥러닝 모델을 사용하여 차선 객체를 인식하기 위

해서는 차선 이미지 데이터를 수집하여야 한다. 본 연구에서는 그림 2와 같이 AI Hub에서 제공하는 ‘차선/횡단보도 인지 영상’ 데이터셋을 이용한다. 본 데이터셋은 주행 영상에서 차선, 횡단보도, 정지선 등의 위치를 파악하고, 차선의 경우 점선/실선, 색상(백/황/청)을 파악할 수 있는 모델 학습을 목적으로 구축된 데이터셋이다. 주행환경에서 차선의 위치와 점선/실선, 색상을 파악하기 위한 목적으로 구축된 데이터셋이기 때문에 본 연구에서 분석해야하는 블랙박스 영상과 가까운 환경에서 수집된 데이터이고 국내 도로에서 수집한 데이터이기 때문에 국내 도로에 대한 실선 인식률을 높이기 위해 이를 사용한다. 본 데이터셋은 300시간 이상의 원시데이터(주행영상)에서 이미지를 추출하고 객체 라벨링 및 비식별화 작업을 수행하여 가공 이미지는 1,997,468장, 차선 객체는 10,912,912개를 포함하고 있으며, 이에 대한 라벨링 파일인 annotation파일을 포함하고 있다.



```

"class": "traffic lane",
"attributes" [ { "code": "lane_color", "value": "white" },
               { "code": "lane_type", "value": "solid" } ],
"category": "polyline",
"data": [ { "x": 389, "y": 1277 }, { "x": 986, "y": 780 } ]
    
```

그림 2. 차선 이미지 데이터셋
Fig. 2 Lane image dataset

3.5 Lanenet custom 모델 학습

블랙박스 카메라 영상에서 실선 객체를 인식하기 위해서 특징의 수가 적고 라벨링된 데이터의 수가 많을 때 용이한 End to End Learning방식의 Lanenet모델을 사용한다. 차량과 같이 YOLO알고리즘을 사용하여 학

습을 진행하는 것이 빠른 처리속도를 가질 수 있지만 실선의 경우에는 bounding box를 통한 객체 인식이 아니라서 사용하는데 한계가 있다. Lanenet custom 모델을 학습시키기 위해서는 수집한 데이터셋의 원본 이미지와 라벨링 데이터로부터 OpenCV(Open Source Computer Vision)라이브러리를 이용해 binary segmentation image와 instance segmentation image를 생성해 그림 3과 같이 학습 데이터를 구성한다.

그림 3의 가장 왼쪽 이미지는 원본 이미지이며 이로부터 차선을 검출한 이미지는 그림 3 중앙에 있는 binary segmentation image이다. 이 이미지로부터 각 차선이 다른 차선임을 나타내기위해 다른 색으로 구별하여 보여주고 있는 것이 그림3 오른쪽 instance segmentation image이다.

Lanenet모델을 학습시키기 위한 설정값과 가중치 값은 github에서 MaybeShewill-CV의 lanenet-lane-detection 오픈소스를 통해 획득한다. 학습을 진행하면서 하이퍼 파라미터 값을 수정하며 인식률이 가장 높은 가중치 파일을 사용한다.

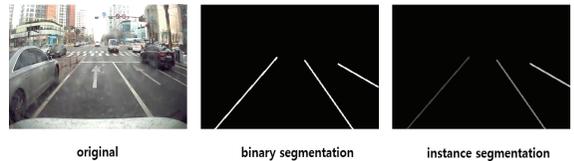


그림 3. 학습 데이터 구성
Fig. 3 Organize learning data

3.6 진로변경 위반 검출 알고리즘

블랙박스 카메라 영상의 차량 객체가 실선 객체를 넘는 행위인 진로변경 위반을 검출하기 위해서 본 연구에서는 다음과 같은 알고리즘으로 진행한다. 그림 4는 실선의 오른쪽에 위치한 차량 객체가 실선의 왼쪽으로 진로변경 위반하는 과정을 나타내고 있다.

- 1) Frame 2와 같이 차량 객체의 bounding box 하단 중앙 지점이 실선 객체와 만나면 실선을 넘고 있는 것으로 인식한다.
- 2) Frame 3과 같이 이후 영상에서 실선을 넘고 있던 차량 객체의 bounding box 하단 양 끝 점 중 하나와 실선 객체가 만나면 실선을 넘은 것으로 인식한다.

3) Frame 3에서 인식된 차량 객체의 이전 영상 프레임(Frame 1)에서 차량 객체의 bounding box 하단 반대편 점과 실선 객체가 만나면 차량이 진로변경 위반을 한 것으로 인식한다.

4) 진로변경 위반에 해당하는 차량만 빨간색 bounding box로 영상에 나타낸다.

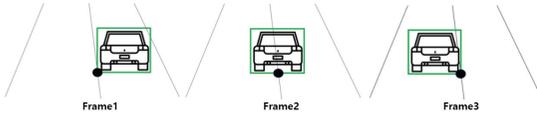


그림 4. 진로변경 위반 과정
Fig. 4 career change violation process

이와 같은 알고리즘을 통해서 차량 객체가 실선 객체를 넘었다고 판단할 때 영상의 이전 프레임에서 차량 객체의 위치를 재확인하여 그림 5와 같이 Frame 2에서 인식된 실선을 넘고 있는 차량이 다시 원래 차선으로 돌아가서 진로변경 위반에 해당하지 않는 예외를 처리할 수 있다.

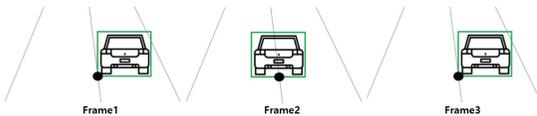


그림 5. 진로변경 위반 예외
Fig. 5 Exception of career change violation

IV. 모델 평가 및 테스트

4.1 YOLO custom 모델 정확도 평가

차량 객체를 인식하기 위해서 ‘차량’이라는 하나의 클래스를 가지는 YOLO custom 모델을 학습하고 데이터셋 중 일부를 학습 데이터가 아닌 평가 데이터로 사용하여 YOLO custom 모델의 정확도 평가에 사용한다. 본 연구에서는 Darknet 프레임워크 테스트 환경에서 정확도 평가를 진행하여 차량 클래스에 대해 97.82%의 정확도가 나왔다.

4.2 Lanenet custom 모델 정확도 평가

실선 객체를 인식하기 위해서 ‘실선’이라는 하나의

클래스를 가지는 Lanenet custom 모델을 학습하고 데이터셋 중 일부를 학습 데이터가 아닌 평가 데이터로 사용하여 Lanenet custom 모델의 정확도 평가에 사용한다. 본 연구에서는 학습 도중 텐서보드를 통하여 학습 과정을 모니터링한 결과 최종적으로 실선 클래스에 대해 99.64%의 정확도가 나왔다.

4.3 진로변경 위반 검출 테스트

본 연구에서는 유튜브를 통해서 획득한 진로변경 위반 블랙박스 영상을 사용하여 진로변경 위반 검출 시스템을 테스트한다. 테스트에 사용된 블랙박스 영상은 낮, 초저녁(푸르스름한 환경) 및 터널 내부의 환경 조건에서 촬영된 것들이다.

1) 공익신고 영상이 접수되면 차량 객체는 번호와 bounding box의 색상으로 구분하고 실선 객체는 색상으로 구분하여 그림 6과 같이 인식한다. 그림7-10은 진로변경 위반 검출 알고리즘 1-4에 해당한다.

이와 같은 과정으로 30개 영상을 테스트하였을 때 진로변경 위반 검출에서 100%의 정확도를 보였다.

담당 경찰이 직접 신고 영상과 정보를 확인하는 기존 시스템에서는 20초의 신고 영상에서 위반차량 식별, 위반차량 법규 위반 여부 판단, 위반 일시 추출의 과정에 약 3분을 소요하여 100개의 영상을 쉬지 않고 확인하였을 때 5시간이 소요된다. 본 시스템을 통해 같은 과정을 거쳤을 때는 영상 당 결과확인을 위한 1분이 소요되며, 100개의 영상을 쉬지 않고 확인하였을 때 기존 소요 시간에서 67% 감소한 1시간 40분이 소요된다.

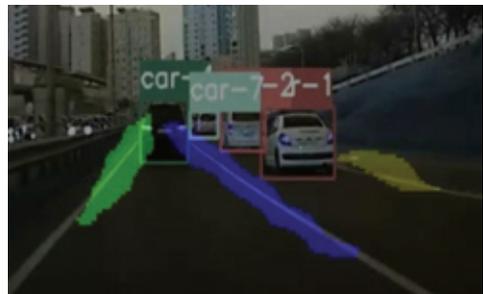


그림 6. 테스트 과정 1
Fig. 6 Test Process 1



그림 7. 테스트 과정 2
Fig. 7 Test Process 2

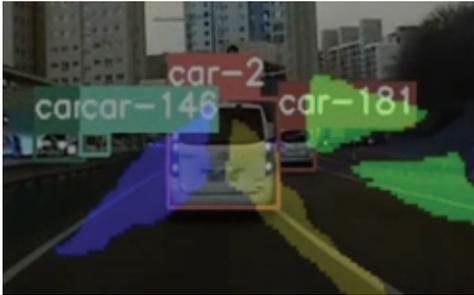


그림 8. 테스트 과정 3
Fig. 8 Test Process 3

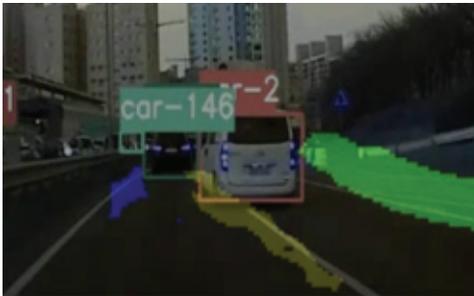


그림 9. 테스트 과정 4
Fig. 9 Test Process 4



그림 10. 테스트 과정 5
Fig. 10 Test Process 5

V. 결 론

본 논문에서는 객체 인식에 사용되는 딥러닝 모델인 YOLO와 Lanenet, 객체 추적에 사용되는 컴퓨터 비전 알고리즘 중 하나인 deep sort 알고리즘을 활용하여 차량이 실선을 넘어가는 진로변경 위반을 검출하는 시스템 개발 내용에 대해 기술하였다.

딥러닝 모델과 컴퓨터 비전 알고리즘을 활용하여 차량 객체가 실선 객체를 넘어가면 영상의 이전 프레임에서 차량 객체가 현재 위치를 기준으로 실선 객체의 반대편에 위치했는지를 파악하여 진로변경 위반이 확인되면 빨간색 bounding box로 표시하는 방식을 제안하였다.

본 연구에서 제안한 시스템을 사용하여 교통법규 위반 공익신고 담당 경찰은 영상 속 정보를 빠르게 파악해 업무의 효율을 높일 수 있게 될 것이다. 향후 개선 방향으로 차량의 번호판을 인식하여 위반차량에 대한 모든 정보를 한 번에 파악할 수 있도록 할 것이며 추가 연구로 진로변경 위반 외에 위법행위에 대한 자동 검출 시스템을 연구할 예정이다.

감사의 글

이 논문은 2022년도 동서대학교“Dongseo Cluster Project”지원에 의하여 이루어진 것임 (DSU-20220002)

References

- [1] Anti-Corruption & Civil Rights Commission, “5.41 million public interest reports were received in 2021,” *press release*, July 2022.
- [2] The National Police Agency, “Traffic Violation Report Surges,” *press release*, July 2022.
- [3] D. Kim and S. Kim, “A Study on Risk Situation Awareness Using OpenCV,” *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 16, no. 2, 2021, pp. 211-218.
- [4] M. Moon and G. Lee, “Development a Meal Support System for the Visually Impaired Using YOLO Algorithm,” *J. of the Korea Institute of*

Electronic Communication Sciences, vol. 16, no. 5, 2021, pp. 1001-1010.

- [5] M. Moon, M. Kim, and C. Han, "Expiration Date Notification System Based on YOLO and OCR algorithms for Visually Impaired Person," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 16, no. 6, 2021, pp. 1329-1338.
- [6] Ministry of Science and ICT, "National Strategy for Artificial Intelligence", *press release*, Dec. 2019.
- [7] S. Kim, T. Kang, and J. Kim, "Automation for Progress Monitoring based by Vision Technology in a Modular Building Factory," *J. of the Architectural Institute of Korea*, vol. 37, no. 6, 2021, pp. 221-229.
- [8] G. Jeong and Y. Choi, "An Analysis of Blur Processing Scene Image of Event/Accident Broadcast News Using Blur Processing Automation Detection Method," In *Proc. Conf. Korean Association for Broadcasting and Telecommunication Studies (KABS)*, Jeju, South Korea, Apr. 2022, pp. 117-118.
- [9] J. Lim and S. Youn, "A Study on Traffic Violation Surveillance System Based on Edge AI-Detecting a car which cuts in left-turn waiting lines," In *Proc. Conf. Korean Institute of Communications and Information Sciences*, Pyeongchang, South Korea, Aug. 2020, pp. 1315-1316.
- [10] Y. Yao, M. Xu, Y. Wang, D. J. Crandall, and E. M. Atkins, "Unsupervised Traffic Accident Detection in First-Person Videos," In *2019 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)*, Macao, China, Nov. 2019, pp. 273-280.

저자 소개



최민성(Min-Seong Choi)

2016년~ 동서대학교 소프트웨어학과

※ 관심분야 : AI융합, 컴퓨터비전



문미경(Mi-Kyeong Moon)

1990년 이화여자대학교 전자계산학과 졸업(이학사)

1992년 이화여자대학교 대학원 전자계산학과 졸업(이학석사)

2005년 부산대학교 대학원 컴퓨터공학과 졸업(공학박사)

2008년 동서대학교 소프트웨어학과 교수

※ 관심분야 : 소프트웨어공학, AI융합기술 응용

