

교통 영상 빅데이터 처리를 위한 Yolo 기반 광원 객체 탐지

강지수¹, 심세은², 조선문³, 정경용^{4*}

¹경기대학교 컴퓨터과학과 학생, ²경기대학교 컴퓨터공학부 학생, ³배재대학교 IT교육학과 교수, ⁴경기대학교 컴퓨터공학부 교수

Yolo based Light Source Object Detection for Traffic Image Big Data Processing

Ji-Soo Kang¹, Se-Eun Shim², Sun-Moon Jo³, Kyungyong Chung^{4*}

¹Student, Department of Computer Science, Kyonggi University

²Student, Division of Computer Science and Engineering, Kyonggi University

³Professor, Department of Computer Information Technology Education, Paichai University

⁴Professor, Division of Computer Science and Engineering, Kyonggi University

요약 교통안전에 대한 관심이 높아짐에 따라 교통사고의 발생률을 줄이는 자율 주행에 대한 연구가 지속적으로 진행되고 있다. 객체의 인식과 탐지는 자율 주행을 위한 필수적인 요소이다. 때문에 도로 상황을 판단하기 위하여 교통 영상 빅데이터에서 객체 인식 및 탐지에 대한 연구가 활발히 진행 중이다. 하지만 기존 연구들은 대부분 주간 데이터만 사용하기 때문에 야간 도로에서 객체 인식이 어렵다. 특히 광원 객체의 경우 빛 번짐과 백화 현상으로 인해 주간과 야간의 특징을 그대로 사용하기 어렵다. 따라서 본 연구에서는 교통 영상 빅데이터 처리를 위한 Yolo 기반 광원 객체 탐지를 제안한다. 제안하는 방법은 야간 교통 영상을 대상으로 색상 모델 변화를 적용하여 이미지 처리를 수행한다. 이미지 처리를 통해서 객체의 특징을 추출하여 객체의 후보군을 결정한다. 후보군 데이터를 활용하여 딥러닝 모델을 통해 야간 도로에서 광원 객체 탐지의 인식률을 높이는 것이 가능하다.

주제어 : 교통안전, 딥러닝, 객체 탐지, 광원 객체, 이미지 처리

Abstract As interest in traffic safety increases, research on autonomous driving, which reduces the incidence of traffic accidents, is increased. Object recognition and detection are essential for autonomous driving. Therefore, research on object recognition and detection through traffic image big data is being actively conducted to determine the road conditions. However, because most existing studies use only daytime data, it is difficult to recognize objects on night roads. Particularly, in the case of a light source object, it is difficult to use the features of the daytime as it is due to light smudging and whitening. Therefore, this study proposes Yolo based light source object detection for traffic image big data processing. The proposed method performs image processing by applying color model transitions to night traffic image. The object group is determined by extracting the characteristics of the object through image processing. It is possible to increase the recognition rate of light source object detection on a night road through a deep learning model using candidate group data.

Key Words : Traffic Safety, Deep Learning, Object Detection, Light Source Object, Image Processing

*This work is supported by the Korea Agency for Infrastructure Technology Advancement(KAIA) grant funded by the Ministry of Land, Infrastructure and Transport (Grant 20CTAP-C157011-01).

*Corresponding Author : Kyungyong Chung(dragonhci@gmail.com)

Received July 2, 2020

Revised July 28, 2020

Accepted August 20, 2020

Published August 28, 2020

1. 서론

자동차는 현대인의 삶의 많은 영향력을 끼치고 있다. 현대인들은 자동차로 인한 편리함과 교통의 발달을 통해 넓은 생활 반경을 얻었다. 이처럼 자동차는 현대인에게 긍정적인 영향을 미친다. 하지만 긍정적인 영향도 있듯이, 부정적인 영향도 존재한다. 교통사고 분석시스템의 집계된 교통사고 건수는 총 229,600건으로 전년 대비 5.7% 증가하였다[1,2]. 교통사고의 주요 원인 중 하나인 인적 관련 교통사고에서는 주간과 야간 모두 법규 위반으로 사고가 발생하였다[2]. 사고 원인 중 인적 원인이 큰 비중을 차지함에 따라 자율주행에 관한 관심이 높아지고 있다. 미국에서는 절반 이상의 주가 자율주행을 허용하고 있으며, 자율주행 자동차가 사람이 직접 운전하는 것보다 더 안전하다는 연구가 있다[3].

자동차 관리법에 따르면 자율주행 자동차란 “운전자 또는 승객의 조작 없이 자동차 스스로 운행이 가능한 자동차”로 정의한다[4]. 자율주행의 원리는 크게 인식, 판단, 제어하는 단계로 구성되어 있다[5]. 인식 단계에서는 운전자가 운전할 때 교통상황이나 운전을 하는 주변 환경을 둘러보는 것처럼 GPS와 카메라, 레이더 등을 통해서 교통상황이나 주변 환경에 대한 정보를 빠르게 파악하는 단계이다. 인식 단계에서는 주변 상황에 대한 정보를 빠르고 정확하게 파악하여 판단 단계에 정보를 전달한다[5]. 각각의 판단, 인식, 제어 단계가 유기적으로 설계되어 서로 영향을 미친다. 하지만 첫 단계인 인식 단계에서 교통상황에 대해서 인지를 정확하고 신속하다면 교통사고 발생률을 줄이는 것이 가능하다. 인식 단계에서 도로 위의 상황이나 주변 시설물에 대한 정보를 정확하게 인지하기 위한 연구들이 진행 중이다.

교통신호 위반에 의한 교통사고와 야간 교통사고 발생률이 인적 관련 교통사고에서 두 번째로 큰 비중을 차지하고 있다[2]. 교통관련 객체를 탐지하는 기존 연구들은 주간도로상황을 대상으로 연구가 진행 중이기 때문에 야간도로상황을 판단하기 어려운 한계점이 있다. 또한 야간도로상황에서 신호등과 가로등 같은 광원 객체는 데이터에 노이즈와 간섭이 발생하여 탐지가 어렵다[6]. 따라서 본 연구에서는 교통 영상 빅데이터 처리를 위한 Yolo 기반 광원 객체 탐지를 제안한다. 제안하는 방법으로 빛 번짐 현상과 퍼짐 현상을 보정하고 최적화함으로써 야간 도로상황에서 광원 객체 탐지의 한계점을 극복한다. 야간에서 최적화된 광원 객체 탐지를

통해 신호등 교통신호관련 정보를 제공하여 큰 비중을 차지하는 교통신호 위반 사고를 줄이는 등 다양한 환경에서 적용한다.

2. 관련 연구

2.1 딥러닝을 이용한 객체 탐지 알고리즘

객체 탐지는 이미지나 영상 내의 물체를 식별하는 컴퓨터 비전 기술이다[7]. 딥러닝을 이용한 객체 탐지 알고리즘은 1-stage Detector와 2-stage Detector가 있다. Yolo는 1-stage detector로 동일한 크기의 그리드로 나누고, 동시에 하나의 이미지에서 여러 물체의 경계 박스를 찾는 알고리즘이다[8]. 입력된 이미지를 고정된 그리드 셀로 나누어 물체의 중심 위치를 찾는다. 각 그리드에 대해서 그리드 중앙을 중심으로 미리 지정된 형태의 지정 경계 박스의 개수를 예측하고 예측된 박스를 기반으로 신뢰도를 계산한다. 신뢰도가 높을수록 경계 박스는 진하게 나타난다. 얇은 경계 박스를 지우고 굵은 경계의 박스만 남기면 굵은 경계의 박스안의 객체를 탐지하는 것이 가능하다.

R-CNN(Region Based Convolutional Neural Network)은 2-stage detector 방식으로 classification과 localization이 순차적으로 일어나는 알고리즘이다[7]. R-CNN은 Region proposal, Feature extraction 과정을 통해 수행된다. R-CNN에서는 Region proposal 과정에서 선택적 검색 알고리즘을 이용하여 객체와 주변 간의 색감, 질감 차이, 다른 물체와의 경계선 등을 파악한다. R-CNN의 경우 선택적 검색에서 추출한 이미지가 모두 CNN 모델의 입력값이 되기 때문에 과도한 연산량으로 수행시간이 긴 단점이 있다. 또한 복잡한 구조를 가지고 있으며, Back Propagation의 수행이 어렵다. 단점을 해결하기 위해서 성능을 더 발전시킨 Fast R-CNN, Faster R-CNN 등으로 진행한다[7].

2.2 기존 객체 인식 기술의 한계

기존의 객체 인식 기술은 대부분 주간 영상을 대상으로 진행되고 있으며 야간 영상에 대한 연구는 미미하다. 특히 야간 영상에서 광원 객체는 다수의 광원 객체가 가까워서 빛날 경우 간섭과 노이즈가 발생하여 탐지가 어렵다. 도로 교통 상황에서 대표적인 광원 객체는

신호등으로, 신호등의 경우 광원 객체의 특징과 더불어 색의 분류도 요구되어 탐지 난이도가 높다[6].

주간 신호등 영상이나 이미지의 경우 신호등의 합체 부분은 신호등을 검출하는데 중요한 특징 중 하나이다. 그러나 야간의 경우 신호등의 합체 부분이 어두운 배경과 같아 신호등의 합체를 검출하기 어렵다. 그림 1은 BDD100K Tracking Challenge 데이터의 주간 및 야간 신호등 객체를 나타낸다[9]. 그림 1의 (a)와 (b)는 야간 도로의 신호등 사진이다. 또한, 야간에 촬영된 신호등 영상에서는 점등 영역에 빛이 모여 흰색으로 보이는 현상인 빛 번짐 현상이 발생한다. 그림 1의 (a)와 (b)에서는 신호등의 합체 부분을 탐지하기 어렵다. 야간 사진을 보면 빛 번짐 현상으로 인해서 신호등의 점등 영역이 실제보다 크게 나타난다. 그림 1의 (b)에서는 중심의 빛이 모여서 백색을 띠는 백화 현상이 발생한다. 신호등의 점등 영역에서 빛 번짐 현상과 백화 현상이 발생하여 점등 영역의 채도가 낮아지기 때문에 색상을 추출하기 어렵다. 때문에 야간의 광원객체에 주간에서 사용되는 일반적인 특징을 그대로 적용하기 어렵다.

신호등을 탐지하고 색을 분류하기 위한 많은 연구가 진행 중이다. 대표적인 방법으로는 신호등의 후보 영역 설정과 색의 임계값을 통해 범위를 설정하는 방법이 있다. Y. Zhang et al. [10]은 지능형 차량을 위한 다중 특징 융합 기반 실시간 신호등 인식 알고리즘을 제안한다. 신호등 후보군을 생성하는 과정에서는 컬러 점수를 도입하여 신호 등의 후보 픽셀 유무를 판단한다. HIS 컬러 모델에서 색상별로 임계 범위를 설정하고, 컬러에 점수를 매김으로써 해당 픽셀이 신호등일 확률을 계산한다. 단순히 실시간으로 신호등 객체 인식뿐만 아니라

계산한 컬러 점수를 통해서 신호등의 색상을 분류한다. 때문에 실시간으로 신호등의 인식과 색상 분류를 통해 지능형 차량에 효과적으로 적용 가능하다. 하지만 주간 도로의 영상 데이터만 사용하여 야간도로에서 사용하기 어려운 한계가 있다. K. Behrendt et al. [11]은 딥러닝 방법을 이용하여 실시간 신호등을 탐지하고 추적하는 시스템을 제안했다. 딥러닝 모델은 실시간 탐지에 적합한 Yolo[8]를 기반 모델로 사용하였고, 정확도를 높이기 위해서 그리드 사이즈를 최적화하여 변경한다. 가중치 계층과 완전 합성곱 계층, 단순 합성곱 계층으로 모델을 구성하여 탐지와 추적을 수행한다. 설계된 Yolo 기반 딥러닝 모델을 사용하여 높은 정확도와 실시간 기능을 제공한다.

3. 교통 영상 빅데이터 처리를 위한 Yolo 기반 광원 객체 탐지

3.1 데이터 수집 및 전처리

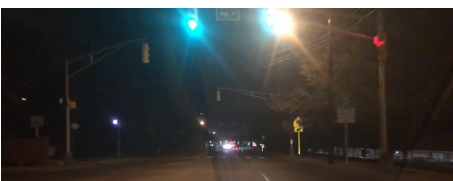
Berkely DeepDrive에서 공개한 BDD100K Tracking Challenge 데이터 셋을 사용한다[9]. BDD100K 데이터 셋의 경우 5만개의 자동차를 통해 미국 뉴욕, 샌프란시스코 해안가 등의 지역에서 촬영된 영상이다. 데이터는 날씨, 위치, 시간대로 구성된다. 날씨는 clear, partly cloudy, overcast, rainy, snowy, foggy의 값을 가지며, 위치는 residential, highway, city street, parking lot, gas stations, tunnel, 시간대는 dawn/dusk, daytime, nighttime으로 분류된다. 원시 데이터는 총 10만개의 도로 영상으로 이루어져 있으며, 영상 크기는 1280x720이다. 본 연구에서는 야간도로영상에서 대표적인 광원 객체인 신호등을 탐지하고 색상을 추적하기 때문에 시간대가 nighttime인 영상 데이터를 사용한다. 총 39986개의 야간 영상 데이터에서 훈련데이터로 적합하지 않은 흔들린 이미지나 신호등이 없는 이미지를 제거하여 훈련 데이터로 구성한다.

3.2 색상모델의 변환을 이용한 이미지 처리

딥러닝 모델이 학습 과정에서 야간도로의 광원 객체의 특징을 추출하기 용이하도록 이미지를 처리해야 한다. 따라서 본 연구에서는 HSV 모델로 전처리된 입력 영상을 YCbCr 색상 모델을 이용하여 변환하여 이미지를 처리함으로써 딥러닝 학습에 적합하게 구성한다.



(a) Night Light Smudging



(b) Whitening

Fig 1. Traffic lights in daytime and nighttime

HSV 모델은 색상(Hue), 채도(Saturation), 명도(Value)의 좌표를 사용해서 특정한 색을 지정하는 방법으로 인간의 색 인식에 기반을 둔 색상 모델이다[12]. HSV 이미지에서는 H가 특정 범위를 갖는 순수한 색 정보를 가지기 때문에 RGB 이미지보다 색의 분류가 용이하여 HSV모델을 사용한다. YCbCr은 영상 시스템에서 사용하는 색 공간으로, Y는 밝기에 대한 성분 값이고, Cb와 Cr은 색차 성분을 말한다[12]. 광원의 빛 번짐 현상은 주변에서 노출되는 빛의 양과 관련이 있다. 또한 YCbCr의 Y값은 광원 단위 면적에서 단위 입체각으로 발산하는 빛의 양을 의미하기 때문에 YCbCr 모델을 이용하여 빛 번짐 현상의 보완이 가능하다. 따라서 HSV 색상 모델을 통해 색을 효과적으로 분류하고, YCbCr의 밝기와 색차 성분을 분석하여 야간도로에서 광원 객체의 빛 번짐 현상을 보정한다. 이를 통해 딥러닝 모델의 학습 과정에서 광원 객체의 특징을 추출하기 적합한 영상으로 변환하는 것이 가능하다. 그림 2는 입력 이미지 데이터를 이미지 처리 과정을 통해 딥러닝 학습에 적합하게 변환하는 과정을 나타낸다. 그림 2의 (a)는 원본 데이터로 야간에 신호등 광원 객체에서 빛 번짐 현상과 백화 현상이 관찰되어 신호등의 합체가 보이지 않는다. 그림 2의 (b)는 (a)의 원본 데이터를 HSV 색상 모델로 변환한 이미지이다. HSV 색상의 값으로 변환을 하여 색상이 단순화되고, 특징 추출이 용이한 형태로 나타난다. 그림 2의 (c)는 (b)의 HSV 색상 모델에서 YCbCr 색상으로 변환한 이미지이다. 이 이미지의 경우 (b)보다 빛 번짐 현상이 줄어든다. HSV 색상 모델로 효과적으로 분류하고, YCbCr 색상 모델의 밝기와 색차 성분을 분석하여 이미지 처리함으로써 야간도로에서 광원 객체의 빛 번짐 현상을 보정하고 광원 객체를 정확하게 탐지하기 용이하게 교통 영상을 처리한다.

3.3. 도로 상황에서 딥러닝 기반 광원 탐지

신호등 이미지의 경우 신호등은 보통 가로등, 전광판, 표시판 등에 의해서 부분적으로 가려지는 현상이 발생한다. 가려진 데이터 셋에서 객체를 찾는 학습을 하기 위해서 Cropping방식을 사용한다. 또한 전체 이미지에서 일부분을 의도적으로 가려 물체의 전체 구조를 보존하는 Random Erasing 방식을 사용한다. 또한, 임의로 지정된 영역의 픽셀에 값을 다시 할당하고, 가려진 부분을 통해서 이미지에 노이즈를 가하여 과적합 문제를 예방한다. 또한 배치 정규화를 사용하여 학습률을 높임으로써 속도와 정확도에 대한 성능을 향상시킨다[13]. 따라서 어느 물체에 가려질 가능성이 큰 신호등의 특성 때문에 Cropping과 Random Erasing 방식을 사용한다. 이는 학습 데이터를 조절함으로써 노이즈와 가려진 현상을 극복함으로써 다양한 상황에서 강경한 분류기를 설계하는 것이 가능하다. Yolo의 CSPDarknet 53 모델은 파라미터의 수가 많음에도 불구하고 성능이 우수하며 작은 물체까지 탐지가 가능하다[14]. 때문에 실시간으로 신호등을 탐지하고 신호등의 색상을 분류해야 한다. 또한 신호등의 색상은 전체 프레임에서 작은 부분을 차지하는 class 불균형 문제가 있다. 따라서 작은 프레임도 탐지가 가능하고, 많은 파라미터 수에도 성능을 높게 유지하는 CSPDarknet53 모델을 사용하여 신호등 탐지와 색상의 분류를 수행한다. 활성화 함수는 LeakyReLU를 사용하여 경사가 음수인 경우도 고려하기 때문에 loss를 줄인다. 그림 3은 제안하는 교통 영상 빅데이터 처리를 위한 Yolo 기반 광원 객체 탐지의 흐름도이다. 원본의 교통 도로 영상에서 RGB 픽셀 값을 추출하여 RGB 색상 모델에서 HSV 색상 모델로 변환해준다. HSV 모델로 변환된 이미지를 YCbCr 색상 모델로 변환하여 특징 추출을 원활하게 한다. YCbCr 색상 모델이 적용된 학습 데이터로부터 원 객체를 추출하여 원의 크기를 구하여 일정한

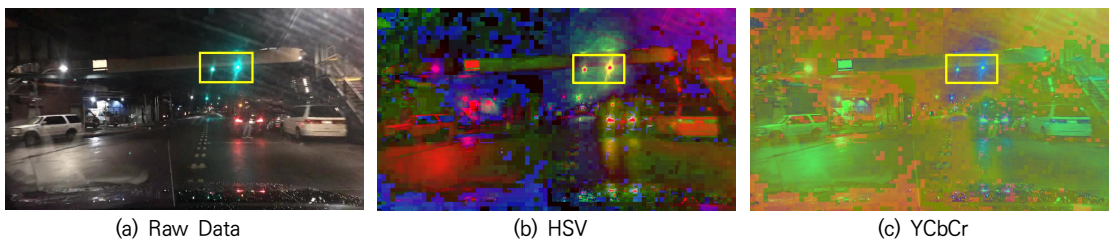


Fig 2. Image processing result of converting the input traffic image data

임계값을 넘는지 확인하는 과정을 거친다. 임계값을 넘지 못하면 신호등 후보군에서 제외된다. 이 과정에서 가로등 같은 신호등과 비슷한 특징을 가지는 광원 객체를 제외하고 신호등만 탐지한다. 임계값을 넘으면 Random Erasing 방식을 사용하여 Yolo를 학습시킨다. Yolo는 작은 객체까지 확인이 가능한 CSPDarknet 53 모델을 적용한다. Yolo 기반 딥러닝 모델을 학습시키기 위해 활성화 함수로 LeakyReLU를 사용하며 배치 정규화와 합성곱 레이어를 거쳐 광원 객체를 탐지한다.

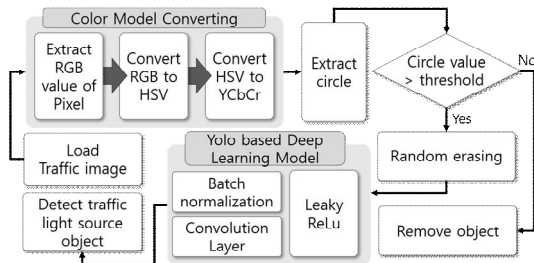


Fig 3. Process of Yolo based Light Source Object Detection for Traffic Image Big Data Processing

4. 성능평가

제한하는 색상모델 변화를 통한 딥러닝 기반의 광원 객체 탐지의 성능을 평가하기 위해 다른 색상 모델과의 인식 정확도를 비교한다. Table 1은 야간 도로 상황에서 제안하는 방법과 기존의 색상모델을 통한 광원 객체 탐지의 인식 정확도를 나타낸다.

Table 1. Accuracy of Light Source Object Detection via Color Model in Nighttime

	RGB	HSV	YCbCr	Ours
Accuracy of Detection	0.671	0.754	0.783	0.894

인식 정확도는 딥러닝 모델이 탐지한 광원 객체와 실제 값(Ground Truth)을 비교하여 얼마나 정확하게 인식했는지를 의미한다[15,16]. 기존의 RGB 색상 모델의 경우 야간 도로에서 광원 객체가 나타내는 빛 번짐 현상과 백화 현상 때문에 인식 정확도가 가장 낮게 평가되었다. 반면 HSV 색상 모델의 경우 색상 단순화 때문에 백화 현상을 극복하여 특징 추출이 상대적으로 용

이해졌기 때문에 RGB 색상 모델보다 높게 평가되었다. 또한 YCbCr 색상 모델의 경우, 밝기와 색차 성분을 분석하여 이미지 처리함으로써 빛 번짐 현상을 그림 2의 (c)와 같이 보정하여 RGB, HSV 색상 모델보다 높은 성능을 나타낸다. 하지만 기존의 색상 모델 모두 인식 정확도가 80%보다 낮아 성능이 좋지 않다. 하지만 제안하는 모델의 경우 HSV 색상 모델과 YCbCr 색상 모델을 혼합하여 사용함으로써 기존 모델들의 한계였던 백화 현상과 빛 번짐 현상을 모두 극복한다. 때문에 0.894로 가장 높은 인식 정확도를 보였으며 야간 교통 영상에서 광원 객체인 신호등을 탐지하는 것이 가능하다.

5. 결론

야간 교통사고 발생률과 신호 위반에 의해서 교통사고가 많이 발생하고 있다. 이로 인해 안전한 주행이 가능한 자율 주행 자동차에 대한 관심이 커지고 있다. 자율 주행 자동차의 핵심은 객체 탐지이다. 이로 인해 기존 연구들은 도로 교통 상황에서 객체 탐지에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 하지만 기존 연구들은 주간 주행에 관해 연구가 진행되고 있으며 야간도로에서 광원 객체인 신호등을 탐지하는 연구는 미미하다. 야간 도로는 빛의 노출이 적고 어둡기 때문에 일반적으로 주간 도로에서 사용하는 특징을 사용하지 못한다. 또한 광원 객체는 빛 번짐과 백화 현상에 의해 특징 추출이 어렵다. 본 연구에서는 야간 광원 객체의 탐지 인식률을 높이는 방법을 개발하였다. 이는 교통 영상을 특징 추출과 분류가 용이한 HSV 색상 모델로 변환하고 YCbCr 색상 모델을 적용하여 밝기의 성분 분석을 통해 빛 번짐과 백화 현상을 보완한다. Yolo 기반 딥러닝 모델을 Random Erasing 방법을 이용하여 학습시키고 학습 속도와 성능을 향상시키기 위해서 배치 정규화를 사용한다. 작은 객체의 탐지가 가능한 CSPDarknet53 기반 모델을 이용하여 클래스 불균형 문제를 해결한다. 따라서 효율적인 교통 영상에서 광원 객체 탐지를 통해서 자율 주행의 핵심 부분인 신호등 인식 단계의 인식률을 높이고 주간 도로 상황뿐만 아니라 야간 도로상황에서도 적용이 가능하다.

REFERENCES

- [1] TAAS. (2020). *Traffic Accident Analysis System*. <http://taas.koroad.or.kr>
- [2] KOSIS. (2020). *KOrean Statistcal Information Service*. <http://kosis.kr>
- [3] D. J. Fagnant & K. Kockelman. (2015). Preparing a nation for autonomous vehicles: opportunities, barriers and policy recommendations. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 77, 167-181. DOI: 10.1016/j.tra.2015.04.003
- [4] Korea Ministry of Government Legislation. (2020). *Automobile Management Law*. <http://www.law.go.kr>
- [5] E. Frazzoli, M. A. Dahleh & E. Feron. (2002). Real-time motion planning for agile autonomous vehicles. *Journal of guidance, control, and dynamics*, 25(1), 116-129. DOI: 10.2514/2.4856
- [6] H. Nicolas & J. M. Pinel. (2006). Joint moving cast shadows segmentation and light source detection in video sequences. *Signal processing: Image communication*, 21(1), 22-43. DOI: 10.1016/j.image.2005.06.001
- [7] L. Liu, W. Ouyang, X. Wang, P. Fieguth, J. Chen, X. Liu & M. Pietikäinen. (2020). Deep learning for generic object detection: A survey. *International journal of computer vision*, 128(2), 261-318. DOI: 10.1007/s11263-019-01247-4
- [8] J. Redmon, S. Divvala, R. Girshick & A. Farhadi. (2016). You only look once: Unified, real-time object detection. *The IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 779-788. DOI: 10.1109/CVPR.2016.91
- [9] F. Yu, H. Chen, X. Wang, W. Xian, Y. Chen, F. Liu & T. Darrell. (2020). BDD100K: A diverse driving dataset for heterogeneous multitask learning. *In Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 2636-2645. arXiv: 1805.04687
- [10] Y. Zhang, J. Xue, G. Zhang, Y. Zhang & N. Zheng. (2014). A multi-feature fusion based traffic light recognition algorithm for intelligent vehicles. *In Proceedings of the 33rd Chinese Control Conference, IEEE*, 4924-4929. DOI: 10.1109/ChiCC.2014.6895775
- [11] K. Behrendt, L. Novak & R. Botros. (2017). A deep learning approach to traffic lights: Detection, tracking, and classification, *IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*, 1370-1377. DOI: 10.1109/ICRA.2017.7989163
- [12] S. Kolkur, D. Kalbande, P. Shimpi, C. Bapat & J. Jatakia. (2017). Human skin detection using RGB, HSV and YCbCr color models. *arXiv*, arXiv:1708.02694.
- [13] D. Shin, R. C. Park & K. Chung. (2020). Decision Boundary-based Anomaly Detection Model using Improved AnoGAN from ECG Data. *IEEE Access*, 8(1), 108664-108674. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.3000638
- [14] A. Bochkovskiy, C. Y. Wang & H. Y. M. Liao. (2020). *YOLOv4: Optimal Speed and Accuracy of Object Detection*. arXiv:2004.10934.
- [15] J. Baek & K. Chung. (2020). Context Deep Neural Network Model for Predicting Depression Risk Using Multiple Regression. *IEEE Access*, 8, 18171-18181 DOI: 10.1109/ACCESS.2020.2968393.
- [16] J. Kang, J. Baek & K. Chung. (2020). PrefixSpan based Pattern Mining using Time Sliding Weight for Streaming Data. *IEEE Access*, 8(1), 124833-124844. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.3007485

강지수(Ji-Soo Kang)

[학생회원]



- 2020년 2월 : 경기대학교 컴퓨터공학부 (공학사)
- 2020년 2월 ~ 현재 : 경기대학교 컴퓨터학과 (석사과정)
- 2017년 2월 ~ 현재 : 경기대학교 컴퓨터공학부 데이터마ining 연구실 연구원

- 관심분야 : 데이터 마이닝, 헬스케어, 빅데이터 분석, 추천 시스템, 인공지능
- E-Mail : kangjs920@gmail.com

심세은(Se-Eun Shim)

[학생회원]



- 2017년 3월 ~ 현재 : 경기대학교 컴퓨터공학부 학부생
- 2020년 6월 ~ 현재 : 경기대학교 컴퓨터공학부 데이터마ining 연구실 연구원

- 관심분야 : 데이터 마이닝, 도로 교통, 빅데이터 처리
- E-Mail : bdg04108@gmail.com

조 선 문(Sun-Moon Jo)

[정회원]



- 2001년 2월 : 인하대학교 전자계산공학과 (공학석사)
- 2007년 8월 : 인하대학교 컴퓨터정보공학과(공학박사)
- 2003년 3월 ~ 2006년 2월 : 세븐시스템 연구기획팀 팀장

- 2006년 3월 ~ 현재 : 배재대학교 교양학부 교수
- 관심분야 : XML 보안, 임베디드 시스템, 지능시스템, 빅데이터, 프로그래밍 언어, 데이터마이닝
- E-Mail : sunmoon@pcu.ac.kr

정 경 용(Kyungyong Chung)

[정회원]



- 2000년 2월 : 인하대학교 전자계산공학과 (공학사)
- 2002년 2월 : 인하대학교 전자계산공학과 (공학석사)
- 2005년 8월 : 인하대학교 컴퓨터정보공학부 (공학박사)

- 2006년 3월 ~ 2017년 2월 : 상지대학교 컴퓨터정보공학부 교수
- 2017년 3월 ~ 현재 : 경기대학교 컴퓨터공학부 교수
- 관심분야 : 데이터 마이닝, 헬스케어, 빅데이터, 지능시스템, 인공지능, HCI, 정보검색, 추천 시스템
- E-Mail : dragonhci@hanmail.net