

자율주행 실도로 실증 시스템을 위한 영상 기반 객체 인식 및 거리 판별 알고리즘의 통합

이동환, 권성진*
한국자동차연구원 차량안전연구센터

Integration of Image-Based Object Identification and Distance Estimation Algorithm for the Application of Self-Driving FOT (Field Operational Test) System

Dong-Whan Lee, Seong-Jin Kwon*
Vehicle Safety R&D Center, Korea Automotive Technology Institute

요약 카메라 센서는 동일 사양의 타 센서 대비 단가가 낮고 사람의 눈으로 획득하는 정보와 근사한 형태의 데이터 수집이 가능하다는 장점이 있어 인지를 위한 센서로 폭넓게 활용되고 있으며, 카메라 센서를 자율주행차에 적용하기 위한 연구 또한 다수 진행되고 있다. 카메라 기반의 자율주행을 위해서는 도로 환경 상의 객체의 종류, 상대 객체와의 거리 정보 등이 포함되며, 수집 데이터의 개인정보에 대한 비식별화 작업이 요구된다. 이에 본 연구에서는 영상 기반의 객체 식별과 거리 판별이 일괄적인 딥 러닝 학습을 통해 수행가능하도록 알고리즘을 통합하였다. 차량번호판, 보행자, 차량과 같이 도로환경의 주요 객체 11종을 정의하였고, 실제 도로주행 영상 데이터를 수집하여 학습 데이터셋을 구축하였다. 실도로 환경에 적합한 인공지능 학습 결과의 검증에 위해 대구 자율주행 실증구간에서 수집한 운전자 관점 및 CCTV 관점의 영상 데이터를 활용하여 통합 알고리즘을 검증하였다. 통합 알고리즘의 검증 후 자율주행 차량 플랫폼과 자율주행 관제센터에 통합 알고리즘을 적용하기 위한 사전 검증까지 수행하였다.

Abstract Camera sensors are used widely for recognition because they have a lower unit price than other sensors of the same specifications and can collect data in a form similar to the information acquired by the human eye. Many studies have been conducted to apply camera sensors to autonomous vehicles. For camera-based self-driving, object information and distance information from a counterpart object are included, and de-identification of personal information of collected data is required. Therefore, in this study, the algorithm was integrated to perform image-based object identification and distance discrimination through one-off deep learning. Eleven major objects in the road environment, such as vehicle license plates, pedestrians, and vehicles, were defined, and a learning dataset was constructed by collecting actual road driving image data. The integrated algorithm was verified using image data from the driver's perspective and CCTV perspective collected from the Daegu FOT (Field Operational Test) section to verify the results of artificial intelligence learning suitable for the road environment. After verifying the integrated algorithm, preliminary confirmation was performed to apply the integrated algorithm to the autonomous vehicle platform and the autonomous driving control center.

Keywords : Autonomous Vehicle, Deep Learning, Camera Sensor, Vision-based Vehicle Detection, Object Identification, Distance Estimation

본 논문은 산업통상자원부와 한국산업기술진흥원이 지원하는 미래차 디지털 융합산업 실증 플랫폼 구축 과제(P0018599)의 지원을 받아 수행되었음.

*Corresponding Author : Seong-Jin Kwon(Korea Automotive Technology Institute)

email: sjkwon@katech.re.kr

Received August 29, 2022

Revised October 14, 2022

Accepted November 4, 2022

Published November 30, 2022

1. 서론

데이터 처리에 인공지능 기술이 적용되기 시작하면서 카메라(camera), 라이다(LiDAR), 레이더(radar)와 같은 자율주행 센서들의 인지 기술 또한 급격히 발전하고 있으며, 특히, 카메라 센서는 자율주행차의 인지 기능 수행을 위한 대표적인 센서로 활용되고 있다. 카메라 센서는 피사체의 색상 정보, 형태 정보 등 사람의 눈을 통해 수집하는 정보의 형태와 유사한 데이터를 수집 가능하며 동일 단가의 타 센서 대비 수집 데이터의 품질이 우수하다는 장점이 있다.

자율주행을 위해서는 차량이 주행 중인 환경 및 상황에 대한 정확한 판단을 통한 차량의 제어가 필요하다. 이를 위해서는 차량 주변의 정확한 객체 인식이 뒷받침되어야 하기 때문에, 카메라 센서 기반의 객체 식별 연구가 활발히 진행되고 있으며, YOLO(You Look Only Once), SSD(Single Shot MultiBox Detector), Faster R-CNN[1-3]과 같은 딥 러닝 네트워크들이 영상 기반의 객체 검출 및 분류를 위해 함께 활용되고 있다. Chen 등[4]은 1-Stage Detector 기반의 딥러닝 네트워크인 SSD의 알고리즘 개선을 통해 도심지, 고속도로, 주차장, 야간, 악천후 등 다양한 도로환경의 이미지로부터 차량 객체의 검출 속도를 향상하였다. Jiang 등[5]은 열 화상 센서를 카메라 센서와 함께 활용하였고, YOLO 네트워크를 기반으로 UAV 시점의 영상 데이터로부터 객체를 추출하고 분류하기 위한 연구를 진행하였다.

자율주행차는 객체의 검출 및 분류 정보 외에도 상대 객체와의 안전거리 확보를 위한 거리 정보 또한 필요로 하며, 카메라를 활용하여 객체의 거리를 판별하는 연구의 사례도 다수 있다. Kim 등[6]은 영상 데이터로부터 차량 하단의 그림자 부분과 차량 뒷바퀴 부분의 추출을 통해 차량의 위치와 크기를 추적하고, 차량의 폭과 위치를 기반으로 거리를 판별하는 연구를 수행하였다. Huang 등[7]은 입력한 영상 데이터로부터 검출한 소실점을 기준으로 ROI(Region of Interest)를 설정하고, 해당 영역 내의 차량 객체의 이미지 픽셀과 차량 거리의 상관관계 분석을 통해 실제 차량 객체의 거리 정보를 판별하였다. 이처럼 영상 데이터로부터 객체의 식별 정보 및 거리 정보 등의 획득이 가능하다.

그러나 도로 환경에서 카메라 센서가 수집하는 영상 데이터에는 보행자, 운전자 등 사람의 안면정보와 차량 번호판과 같은 유출에 민감한 개인정보가 포함되므로, 이와 같은 특정 객체를 1차적으로 식별하고 비식별화 처

리할 수 있어야 한다. Schroff 등[8]은 Triplet Loss를 활용하여 CNN에 입력된 3개의 안면 사진 중 동일인의 사진을 군집화하는 연구의 진행을 통해 안면 인식 딥 러닝 네트워크인 FaceNet을 제안하였다. 최근 COVID-19의 영향으로 전세계적으로 마스크를 착용하는 인원이 급증하였으며, 마스크 착용 인원의 안면 식별에 대한 연구 또한 진행되고 있다. Ryu 등[9]은 마스크를 착용하지 않은 상태의 안면으로부터 추출한 6개의 특징점을 기반으로 원근변환 및 마스크 합성을 수행하였고, 이를 통해 데이터 증강과 마스크 착용 상태에서의 안면 식별이 가능한 방법을 제안하였다.

이에 본 연구에서는 기존에 개별적으로 수행되던 영상 기반 객체 식별, 거리 판별, 개인정보 비식별화 기능을 하나의 알고리즘으로 통합하고 검증하였다. 자율주행차의 전면 카메라를 활용하여 국내 실도로 환경의 영상 데이터를 직접 수집하였고, 국내에서 자율주행차의 객체 인식을 위해 객체를 정의 및 분류한 표준 사례[10]의 분석을 통해 차량, 차량번호판, 사람의 안면, 정적객체 등 도로환경의 대표적인 객체의 정의를 통해 이미지 데이터셋을 구축하였다. YOLO, SSD와 같은 딥 러닝 네트워크를 활용하여 객체 식별, 거리 판별, 개인정보 비식별화 알고리즘을 학습시켰고, 실제 대구 자율주행 실증구간에서 자율주행차의 실도로 주행 및 CCTV 운용을 통해 수집한 영상 데이터를 검증 데이터셋으로 구축하였다. 이를 통해 다양한 설치환경에서의 카메라 센서의 인공지능 학습 성능을 평가하고, 자율주행차와 자율주행 관제센터 적용을 위한 사전 검증을 수행하였다.

2. 학습 데이터셋 구축

인공지능 학습을 위해서는 딥 러닝 네트워크가 학습하기 위한 객체에 대한 정의와 객체 분류 기준에 따라 가공한 영상 기반의 학습 데이터셋 구축이 필요하다.

2.1 도로환경 객체 및 분류 정의

본 연구에서는 인공지능 학습 데이터셋의 구축을 위해 도로환경 상에서 식별이 필요한 객체에 대한 정의와 분류를 수행하였으며, 자동차의 도로주행에 영향을 미치는 객체를 분석하여 차량번호판, 보행자 안면, 차량, 도로 환경 상의 정적객체와 같이 크게 4종의 객체를 정의하였다.

현재 국내 공공도로에서 식별되는 차량번호판은 한글과 아라비아 숫자의 조합으로 이루어져 있으며, 1973년

부터 2019년까지 총 다섯 번에 걸쳐 숫자/문자의 조합 및 배열 방식, 색상 구분 등이 변화되어 왔다. 본 연구에서는 현재 국내 공공도로 상에서 사용되고 있는 다양한 형식의 차량번호판을 반영할 수 있도록 정의하였다.

사람 안면의 인공지능 학습을 위한 데이터셋의 사례가 국내외에 있으나, COVID-19로 인해 급증한 마스크 착용 인원에 대한 데이터셋은 충분하지 않은 상황이다. 실제 실도로에서 수집한 영상 데이터에 적용 및 정확한 보행자의 안면 검출을 위해, 마스크 미착용 인원 외에도 마스크 착용 인원 또한 보행자의 정의에 포함하였다.

이미지 내 차량 객체의 높이는 거리 판별 알고리즘의 주요 변수이므로, 승용차, 화물차, 트럭, 버스와 같이 차량의 크기에 따라 4종의 차량 객체를 정의하였다. 그 외에도 이륜차, 표지판, 신호등, 횡단보도와 같이 도로환경 영상 중 식별되는 빈도가 높은 객체 4종을 선정하여 클래스를 정의하였다.

2.2 수집 데이터 가공

본 연구의 수행에 필요한 인공지능 학습 데이터셋은 차량 전면부의 윈드실드 위치에 설치한 카메라 센서를 활용하여 수집하였다. 사전에 정의한 객체의 분류 기준에 따라 이미지 상에 2D Bounding Box의 형태로 Fig. 1과 같이 객체의 영역을 정의하였고, YOLO와 SSD 학습을 위해 객체의 분류 정보, 2D Bounding Box의 좌표 정보를 포함한 주석파일을 함께 구축하였다. 본 연구에서 구축한 데이터셋은 총 9,815쌍의 영상 데이터와 주석파일로 구성되며, 전체 데이터셋에서 정의한 객체의 객체별 수량은 Table 1과 같다.

Table 1. The number of objects in the proposed dataset

No.	Class	Quantity	Ratio (%)
1	numberPlate	10,078	23.5
2	person	2,073	4.8
3	car	15,654	36.5
4	motorcycle	468	1.1
5	bus	785	1.8
6	bigTruck	879	2.1
7	smallTruck	1,499	3.5
8	trafficLight	2,649	6.2
9	trafficSign	4,285	10.0
10	face	3,813	8.9
11	crosswalk	693	1.6
Total		42,876	100.0

3. 알고리즘 통합 및 딥 러닝 학습

본 연구에서는 영상 기반의 객체 식별, 거리 판별, 개인정보 비식별화에 대한 일괄적인 딥 러닝 수행을 위해 각 알고리즘을 하나로 통합하였으며, 각 알고리즘은 아래와 같다.

3.1 객체 식별 알고리즘

본 연구에서는 영상 기반의 객체 인식을 위한 딥 러닝 네트워크로 YOLO와 SSD를 선정하였으며, 구현한 알고리즘의 실제 도로환경 상의 성능 확보와 활용성 향상을 위해 사전에 정의한 11종의 객체에 대한 딥 러닝을 수행하였다. 객체의 클래스 정보와 2D Bounding Box의 x_{min} , y_{min} , w_{BBBox} , h_{BBBox} 가 텍스트 파일 기반으로 구성되는 YOLO의 주석파일과는 달리, SSD의 주석파일은 2D Boudning Box의 4개 지점의 좌표값과 디렉토리, 파일명 등의 메타 정보가 XML 기반으로 구성된다. 본 연구에서 구축한 학습 데이터셋을 두 네트워크에 동일하게 학습시킬 수 있도록 각 네트워크에 적합한 형태인 주석파일을 생성하여 이미지 데이터와 함께 학습을 수행하였다.

본 연구에서는 차량번호판과 보행자 안면에 대한 개인정보의 비식별화를 포함하며, 각각 numberPlate와 face로 객체를 분류하였다. 마스크 착용 인원에 대한 영상 데이터는 face로 분류하여, 마스크 미착용 인원의 안면 정보와 함께 비식별화 처리를 하였다.

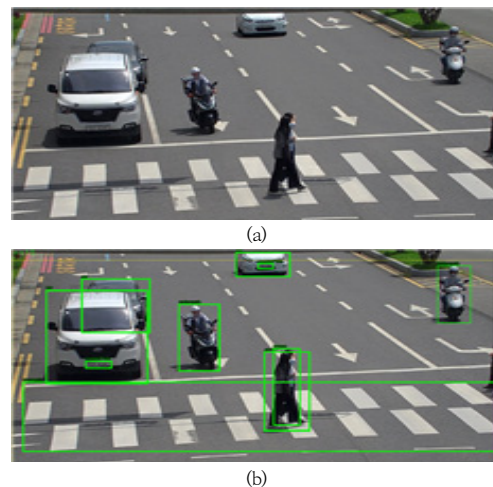


Fig. 1. Sample image before/after annotation
 (a) Raw data before annotation
 (b) Annotated data with 2D bounding boxes

3.2 거리 판별 알고리즘

카메라 센서와 영상 속 차량 객체의 거리는 영상 속 차량 객체의 높이를 기반으로 판별하였다. Fig. 2과 같이 카메라 센서와 거리 판별 대상 차량의 거리 Z 가 증가함에 따라 관측되는 실제 차량의 높이 H 는 감소하고, 이미지의 상의 차량이 차지하는 pixel 또한 이와 비례하여 감소한다. 이에 카메라 센서로부터 10m 거리 간격으로 차량을 정차하며 영상의 차량 높이(pixel)를 측정하고, 영상 속 차량의 높이(pixel)와 실제 거리(m)에 대한 수식을 도출하여 상관성을 분석하였다.

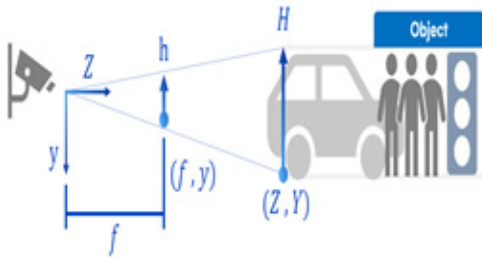


Fig. 2. Principle of the distance estimation algorithm

실험 대상 차량으로는 서로 다른 차량의 높이를 반영하기 위해 SUV와 승용차 각 1종을 선정하였으며, 영상에서 측정된 SUV와 세단의 차량 높이(pixel)와 실제 거리(m)를 Fig. 3와 같이 2차원의 그래프로 표현하였다. Fig. 3로부터 도출한 SUV와 세단 차량에 대한 거리 추정 수식은 각각 Eq. (1)과 Eq. (2)과 같으며, 영상 속의 검출된 차량 객체를 정의하는 2D Bouding Box의 세로 pixel 값을 Eq. (1), Eq. (2)의 x 에 입력했을 때 출력되는 y 는 추정된 차량의 거리를 의미한다.

$$y_{SUV} = 2196.2x^{-1.024} \quad (1)$$

Where, y denotes the distance between the camera sensor and the real SUV, h denotes the height(pixel) of the car in the image.

$$y_{Sedan} = 596.04x^{-0.777} \quad (2)$$

Where, y denotes the distance between the camera sensor and the real Sedan, h denotes the height(pixel) of the car in the image.

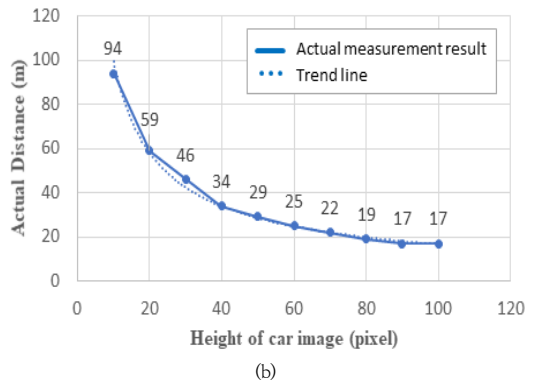
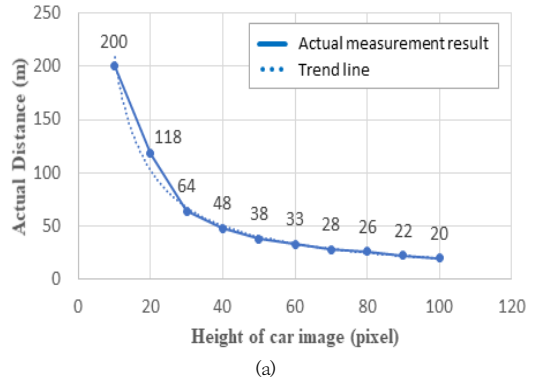


Fig. 3. Correlation between the distance and image height

(a) Analysis result of SUV (b) Analysis result of Sedan

4. 통합 알고리즘 검증

실제 도로환경에 적합한 알고리즘의 검증을 위해 대구 자율주행실증 구간에서 수집한 영상 데이터로 검증 데이터셋을 구축하였다. 대구국가산업단지, 달성2차 일반산업단지, 대구테크노폴리스 등의 구역으로 구성된 대구 자율주행 실증구간 중 약 35km 구간을 선정하였으며, 해당 지역의 경로는 Fig. 4와 같다. 다양한 시점에서의 알고리즘 검증을 위해 차량 운전자 관점과 교차로 CCTV 관점의 영상 데이터로 검증용 영상 클립을 구성하였다. 5개 영상 클립을 대상으로 검증한 객체 식별 알고리즘의 정확도는 Table 2와 같다. CCTV 시점의 객체 식별 정확도는 92%로 평균 정확도 95.6%와 차량 시점의 정확도 98% 대비 다소 낮은데, 이를 통해 차량 시점의 영상 기반으로 AI 학습을 수행한 통합 알고리즘을 CCTV 시점의 영상에 적용하여 성능이 떨어짐을 확인하였다.



Fig. 4. Data collection sections for verification

Table 2. Verification result of object identification

Data	Point of View	Accuracy (%) (Identified object / Total object)
clip 1	CCTV	93
clip 2	Driver	95
clip 3	Driver	99
clip 4	CCTV	91
clip 5	Driver	100
Average		95.6

사전 정의한 보행자 안면, 차량, 신호등 등 11종의 객체 정보와 거리 정보가 정상적으로 검출되었으며, 차량 번호판 정보, 보행자 안면 정보 등이 비식별화 처리됨을 확인하였다. Fig. 5는 객체 식별, 거리 판별, 개인정보 비식별화 처리가 정상 적용된 이미지이며, 거리 판별 알고

리즘의 검증을 위해 실제 차량을 배치하고 영상 속 차량의 높이를 통해 거리 정보를 추론한 결과는 Table 3과 같다. 통합 알고리즘이 추정한 거리와 실제 거리의 오차를 MSE(Mean Square Error)로 계산하였으며, 6개 케이스에 대해 평균 제곱 오차를 계산한 결과는 7.33%임을 확인하였다.

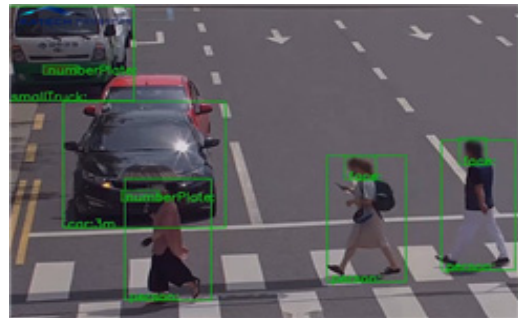


Fig. 5. Result of the proposed algorithm

Table 3. Verification result of distance estimation

Real distance (m)	Estimated distance (m)	Error (m)
3	4	+1
5	7	+2
10	12	+2
20	23	+3
30	35	+5
40	39	-1
MSE		7.33 (%)

5. 자율주행 실증 시스템 적용

자율주행차에 탑재된 카메라 센서와의 비교를 통해 통합 알고리즘의 유효성을 검증하였다. 자율주행차의 센서 구성은 Table 4와 같으며, 통합 알고리즘은 임베디드 시스템으로 구축하여 자율주행차의 카메라 센서와 동일한 위치에 설치하였다. 실차 시험 수행 결과, 자율주행차에 적용한 통합 알고리즘 임베디드 시스템이 정상적으로 객체식별 및 거리추정을 수행함을 확인하였다.

Table 4. Car systems for algorithm verification


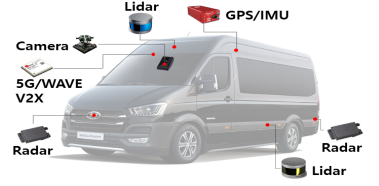

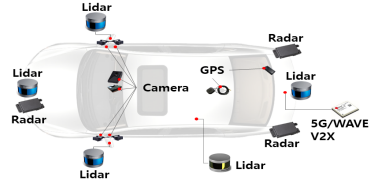

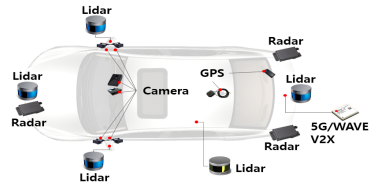
Car type	Sensor composition	
Mini Bus		<ul style="list-style-type: none"> · LiDAR (5ea) · Radar (3ea) · Camera (3ea) · IMU/GPS (1ea) · OBU (1ea)
		
compact sedan		<ul style="list-style-type: none"> · LiDAR (5ea) · Radar (3ea) · Camera (3ea) · GPS (1ea) · OBU (1ea)
		
full-size sedan		<ul style="list-style-type: none"> · LiDAR (5ea) · Radar (3ea) · Camera (3ea) · GPS (1ea) · OBU (1ea)
		

Fig. 6과 같이 대구 자율주행 실증구간에 설치된 라이다 검지기, 레이더 돌발상황 검지기, 영상 돌발상황 검지기 등의 현장 인프라 시스템으로부터 실시간으로 도로 상황 정보를 전송받아 실시간 도로 상황을 관제하는 자율주행 관제센터 또한 통합 알고리즘을 적용하여 검증하였다. 현장 CCTV의 영상 원천 데이터에 본 연구의 통합 알고리즘을 적용하여 객체의 식별, 거리 추정, 개인정보 비식별화 처리가 된 가공 데이터가 자율주행 관제센터에 표출됨을 확인하였으며, 이를 기존 영상 돌발상황 검지기의 데이터와 비교 및 검증하였다.



(a)



(b)

Fig. 6. Autonomous driving monitoring system configuration

(a) Event information and vehicle driving information
 (b) Video monitoring and statistical analysis function

6. 결론

본 연구에서는 자율주행차의 영상 기반 자율주행 인지 정보 실시간 획득을 위한 독립적인 도로환경 객체 식별, 거리 판별, 개인정보 비식별화 알고리즘을 하나로 통합하고, 실제 자율주행 실증구간으로부터 획득한 영상 데이터에 대한 통합 알고리즘 검증을 수행하였다. 본 연구를 통해 얻은 결론은 다음과 같다.

- 1) 차량, 보행자, 신호등과 같은 도로환경의 주요 객체 11종을 정의하였으며, YOLO, SSD와 같은 딥러닝 네트워크 적용을 위한 주석처리를 통해 총 10,000여 개의 인공지능 학습 이미지 데이터셋을 구축하였다.
- 2) 본 연구에서 구축한 데이터셋의 인공지능 학습 성능을 향상하기 위해 선정한 11종의 객체에 대해 YOLO와 SSD 네트워크를 최적화하였으며, 딥러

닝 수행을 통해 영상 속 객체에 대한 검출과 식별 기능을 구현하였다.

- 3) SUV와 승용차 대상의 실측을 통해 영상 속 차량 객체의 높이와 대상 차량과의 실제 거리에 대한 상관성을 분석하였고, 분석한 결과를 바탕으로 영상 속 차량 객체에 대한 거리 판별 기능을 구현하였다.
- 4) 알고리즘 검증을 위한 데이터 수집 구간은 대구 자율주행 실증구간 중 약 35km 구간을 선정하였으며, 대상 구간 내에서 직접 운용 중인 자율주행차와 도로관제용 CCTV로 수집한 영상 데이터를 활용하여 검증 데이터셋을 구축하였다. 검증 결과 객체 식별 알고리즘의 정확도는 평균 95.6%이나, 평균 정확도 98%인 차량 관점에 비해 CCTV 관점의 평균 정확도는 92%로 다소 저조함을 확인하였다.
- 5) 본 연구를 통해 통합한 알고리즘을 자율주행 실증 시스템에 적용하기 위한 사전 검증을 수행하였다. 향후 자율주행차 및 자율주행 관제센터의 통합 알고리즘 적용을 통해 실시간 자율주행 실증 환경에서의 알고리즘의 유효성을 추가적으로 검증할 계획이다.
- 6) 향후 추가적인 연구에서는 CCTV 관점의 영상 데이터를 추가적으로 보완하여, 설치 환경에 따른 객체 식별 알고리즘의 강건성을 향상할 수 있을 것으로 예상된다. 또한, 거리 판별 알고리즘에 버스, 대형화물차와 같이 다양한 높이 정보를 반영할 수 있는 차종으로 범위를 확대하고, 차량번호판을 기준으로 거리를 판별하여 거리 판별 정확도를 향상할 수 있을 것으로 기대된다.

References

- [1] J. Redmon, S. Divvala, R. Girshich, A. Farhadi, "You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection", *arXiv*, 2015.
DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1506.02640>
- [2] W. Liu, D. Anguelov, D. Erhan, C. Szegedy, S. Reed, C. Fu, A. C. Berg, "SSD: Single Shot MultiBox Detector", *arXiv*, 2015.
DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1512.02325>
- [3] S. Ren, K. He, R. Girshich, J. Sun, "Faster R-CNN: Towards Real-Time Object Detection with Region Proposal Networks", *arXiv*, 2015.
DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1506.01497>
- [4] Z. Chen, H. Guo, J. Yang, H. Jiao, Z. Feng, L. Chen, T. Gao, "Fast vehicle detection algorithm in traffic

scene based on improved SSD", *Measurement*, Vol.201, 2022.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2022.111655>

- [5] C. Jiang, H. Ren, X. Ye, J. Zhu, H. Zeng, Y. Nan, M. Sun, X. Ren, H. Huo, "Object detection from UAV thermal infrared images and videos using YOLO models", *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, Vol.112, 2022.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jag.2022.102912>
- [6] G. S. Kim, J. S. Cho, "Vision-based Vehicle Detection and Inter-Vehicle Distance Estimation", *2012 12th International Conference on Control, Automation and Systems*, IEEE, Jeju, Korea, pp.625-629, Oct, 2012.
- [7] D. Huang, C. Chen, T. Chen, W. Hu, K. Feng, "Vehicle detection and inter-vehicle distance estimation using single-lens video camera on urban/suburb roads", *Journal of Visual Communication and Image Representation*, Vol.46, pp.250-259, 2017.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jvcir.2017.04.006>
- [8] F. Schroff, D. Kalenichenko, J. Philbin, "Mask Face Augmentation and Mask Face Verification using K-face data", *2015 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, IEEE, MA, USA, pp. 815-823.
DOI: <https://doi.org/10.1109/CVPR.2015.7298682>
- [9] J. H. Ryu, E. J. Jeong, Y. M. Kim, "Mask Face Augmentation and Mask Face Verification using K-face data", *Proceedings of the 47thKIISE Winter Conference*, 2020, pp.1322-1324, 2020.
- [10] Y. G. Lee, Object Classification System of On-road Data required for Object Recognition Technology of Autonomous Vehicle, TTA standards, Telecommunications Technology Association, Korea, pp.1-22.

이 동 환(Dong-Whan Lee)

[정회원]



- 2017년 2월 : 동아대학교 기계공학과 (공학사)
- 2019년 2월 : 동아대학교 기계공학과 (공학석사)
- 2019년 3월 ~ 2020년 8월 : 한국산업데이터표준협회 연구원
- 2021년 10월 ~ 현재 : 한국자동차연구원 차량안전연구센터 연구원

<관심분야>

자율주행, 지능형교통시스템, V2X통신, 차량동역학

권 성 진(Seong-Jin Kwon)

[정회원]



- 2000년 2월 : 성균관대학교 기계공학부 (공학사)
- 2002년 2월 : 성균관대학교 기계공학과 (공학석사)
- 2005년 8월 : 성균관대학교 기계설계학과 (공학박사)
- 2005년 9월 ~ 2006년 3월 : 성균관대학교 Post-Doctor
- 2006년 4월 ~ 현재 : 한국자동차연구원 수석연구원/센터장

<관심분야>

차량동역학 및 제어, 자율주행차량 및 실도로 실증