

우회전 차량 사고 예방을 위한 객체 탐지 및 경고 모델 연구

조상준¹, 신성욱², 노명재^{3*}

¹한국공학대학교 나노반도체 공학과, ²한국공학대학교 IT반도체융합공학과, ³메타틱스

A Study on Object Detection and Warning Model for the Prevention of Right Turn Car Accidents

Sang-Joon Cho¹, Seong-uk Shin², Myeong-Jae Noh^{3*}

¹Student, Department of Nano Semi-Conductor Engineering, Tech University of Korea

²Student, Department of IT Convergence Semi-Conductor Engineering, Tech University of Korea

³Research Director, Metatics

요약 교차로에서의 우회전 교통사고가 지속적으로 발생하면서 우회전 교통사고에 대한 대책 마련이 촉구되고 있다. 이에 우회전 지역의 CCTV 영상에서의 객체 탐지를 통해 보행자의 유무를 탐지하고 이를 디스플레이에 경고 문구를 출력해 운전자에게 알리는 기술을 개발하였다. 객체 탐지 모델 중 하나인 YOLO(You Only Look Once) 모델을 이용하여 객체 탐지의 성능평가를 확인하고, 추가적인 후처리 알고리즘을 통해 오인식 문제 해결 및 보행자 확인 시 경고 문구를 출력하는 알고리즘을 개발 하였다. 보행자 혹은 객체를 인식하여 경고 문구를 출력하는 정확도는 82% 수준으로 측정되었으며 이를 통해 우회전 사고 예방에 기여할 수 있을 것으로 예상된다.

주제어 :딥러닝, 우회전, 객체 탐지, 교통안전, 모니터링

Abstract With a continuous occurrence of right-turn traffic accidents at intersections, there is an increasing demand for measures to address these incidents. In response, a technology has been developed to detect the presence of pedestrians through object detection in CCTV footage at right-turn areas and display warning messages on the screen to alert drivers. The YOLO (You Only Look Once) model, a type of object detection model, was employed to assess the performance of object detection. An algorithm was also devised to address misidentification issues and generate warning messages when pedestrians are detected. The accuracy of recognizing pedestrians or objects and outputting warning messages was measured at approximately 82%, suggesting a potential contribution to preventing right-turn accidents

Keywords :Deep Learning, Right-turn, Object Detection, Traffic Safety, Monitoring

* This work was supported by the Korea Environmental Industry & Technology Institute(KEITI) funded by the Ministry of Environment(MOE) (Training DX-based carbon supply network environmental experts).

* This work was supported by the Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning(KETEP) and the Ministry of Trade, Industry & Energy(MOTIE) of the Republic of Korea (No. 2022400000200).

*Corresponding Author : Myeong-Jae Noh(noyin@hanmail.net)

Received October 27, 2023

Revised November 16, 2023

Accepted December 28, 2023

Published December 28, 2023

1. 서론

교통 상황 중 우회전 상황은 많은 교통사고를 유발하는 문제 중 하나이다. 2022년 도로교통공단의 발표에 의하면 2019년부터 2021년까지 최근 3년간 우회전 차량에 의한 교통사고는 총 5만 6,730건, 그로 인한 사망자 발생은 406명이다[1]. 우회전 상황에서의 사고율을 줄이기 위해 우회전 시 일시 정지를 의무화하는 도로교통법이 2023년 1월 21일 개정되었다[2]. 그러나 많은 운전자는 여전히 바뀐 도로교통법에 대해 익숙지 않으며, 우회전 사고 역시 빈번하게 발생하고 있다. 경찰청이 밝힌 '우회전 도로교통법 개정 이후 우회전 교통사고 현황'에 의하면 2022년 7월 12일부터 12월 31일까지 전국에서 발생한 우회전 교통사고는 8,864건, 사망자는 54명이고, 전년도 같은 기간엔 사고 건수와 사망자 건수가 각각 8,601건, 69명이었다[3]. 이에 Fig. 1과 같이 교차로의 가로등에 차량 이동 정보를 디스플레이 텍스트 형태로 전달하는 방식으로 보행자에게 주의시키는 시스템 등 여러 대책이 마련되고 있으나, 보행자의 주의만으론 한계점이 존재하며 그 대상이 어린이나 노인의 경우 알람에 집중이 되지 않거나 대응 속도가 빠르지 않아 효과가 부족할 수 있다. 중요한 것은 사고의 주체가 되는 운전자에게 우회전 지역의 보행자 상황 정보를 직관적으로 전달하여 신속하고 올바른 판단을 할 수 있도록 하는 것이다. 따라서 CCTV 영상을 통하여 우회전 지역의 보행자 상황을 전달할 수 있는 기술이 필요하다. 이러한 기술 연구를 위하여 영상 속 객체 탐지 알고리즘을 이용한다. 객체 탐지를 위해 객체 탐지 모델인 YOLO(You Only Look Once)를 사용하였다[4,5]. 그리고 객체 탐지 과정에서 사람인지 구분하기 위한 기준과 사람으로 오인식하는 기준을 설정하는 후처리 과정을 진행한다. 본 논문은 YOLO 모델 중에서도 V7 버전을 이용하며 해당 모델에 대한 설명 후 모델에서 발생하는 오인식 과정을 제거하는 후처리 알고리즘 및 객체 탐지 시 디스플레이에 주의 문구를 출력하는 과정에 관해서 설명한다. 마지막으로 결론 및 해당 기술의 향후 방향성에 관해서 설명한다.



Fig. 1 Vehicle Access Pedestrian Alarm System

2. 본론

2.1 본론

2.1.1 시스템 구성도

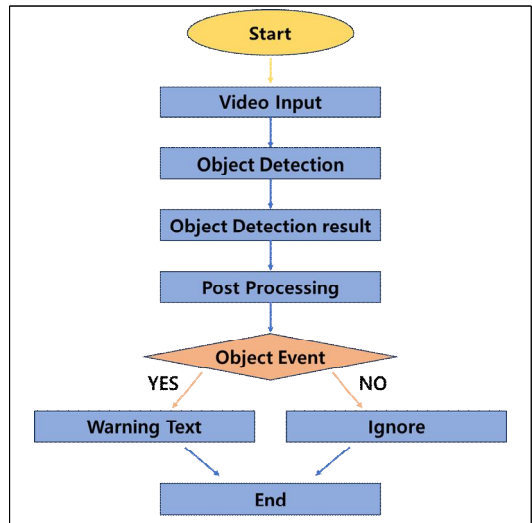


Fig. 2 System Diagram

본 논문의 우회전 지역 상황 인지 시스템은 다음과 같다. CCTV를 통해 들어온 영상을 YOLO 모델을 이용하여 객체 탐지를 실행한다. 객체 탐지의 결과를 후처리 과정을 통해 객체의 분류 및 객체의 이동 여부 등의 이벤트를 유무를 파악하여 경고 문구의 출력 여부를 결정한다.

2.2 객체 탐지 알고리즘

2.2.1 객체 탐지 알고리즘의 분류

객체 탐지 모델은 크게 1-Stage Detector와 2-Stage Detector로 구분된다[6]. 대표적으로 R-CNN 계열의 2-Stage Detector의 경우 Region Proposal이

드 셀에 대한 예측을 진행한다. 최종적으로 그리드 셀이 예측한 바운딩 박스에 객체가 포함되는 확률인 Confidence Score와 포함된 객체의 클래스를 나타내는 $\Pr(Class_i | object)$ 을 통해 탐지된 객체에 대한 식인 Class Specific Confidence Score(CS_{conf})을 계산하며 식은 (4) 와 같다.

$$\begin{aligned} CS_{conf} &= S_{conf} \times \Pr(Class_i | Object) \\ &= \Pr(Object) \times IOU_{pred}^{truth} \times \Pr(Class_i | Object) \\ &= \Pr(Class_i) \times IOU_{pred}^{truth} \end{aligned} \quad (4)$$

이처럼 CS_{conf} 와 $\Pr(Class_i | object)$ 을 곱하는 과정을 바운딩 박스의 개수만큼 진행한다. 이 과정을 모두 진행하게 되면 하나의 객체마다 바운딩 박스의 개수가 매우 많아지게 된다. 이때 NMS(Non-Maximum Suppression) [12] 은 알고리즘을 사용한다. NMS란 각 그리드 셀에서 예측한 바운딩 박스 중 Confidence Score 값이 가장 큰 바운딩 박스를 선택하고 선택한 박스와의 IOU 값이 임곗값보다 큰 박스는 제거하는 방식이다. 이 과정을 반복적으로 실행하여 최적의 바운딩 박스를 해당 객체의 바운딩 박스로 선택하여 출력하여 객체를 탐지하게 된다.

2.3 후처리 알고리즘

2.3.1 후처리 알고리즘

본 연구는 객체 탐지의 정확도를 높이는 것보다 CCTV 영상 속의 보행자라 판단되는 객체의 움직임을 신속하게 인식하는 것에 더욱 초점을 두었다. 그러나 YOLO 모델이 잘못 판단할 때도 가능한 한 경고 문구가 출력되도록 해야 하므로 객체 판단의 기준을 보수적으로 두었다. 따라서 Confidence Score의 임곗값을 0.3으로 두어 사람으로 인식하는 범위를 비교적 넓게 설정하였다. Confidence Score의 임곗값을 0.3으로 설정하게 되면 객체를 사람으로 판단하는 기준이 하락하는 것을 의미하며, 기준점을 보수적으로 판단하는 이유는 운전자는 “사람”이라고 판단된 객체에 대해서만 충돌을 예방하는 것이 아닌 보행지역에서 이동 중인 객체에 대한 충돌을 예방해야 하기 때문이다. 그러나 낮은 임곗값으로 인해 탐지의 범위가 넓어져 오인식이 자주 일어날 수 있다. 따라서 과도한 오인식을 방지하기 위해

Background Error[13]를 제거하는 로직을 추가하였다. 이를 위해서 객체를 인식하더라도 고정된 좌표가 지속해서 탐지되는 객체는 Background로 판단하여 무시하는 로직을 작성하였다.

```
# Background Error Logic
set_frame = 15 * 5 # (초 * FPS) 이며, Detection 정보가 저장되는 프레임의 개수
if len(self.bboxes_list) < set_frame:
    self.bboxes_list.append(bboxes[:, :2].astype(int).tolist())
```

Fig. 7 Background Error Logic

고정된 좌표가 지속적으로 탐지되었음의 기준은 탐지된 객체의 좌측 상단 좌표 (x, y)의 값을 75프레임 동안 저장하며 카운팅하고, (x, y) 값이 변하지 않으면서 임곗값 이상 카운팅 되면 보행자가 아닌 객체로 간주하고 탐지되더라도 디스플레이에 경고 문구를 보내지 않도록 한다. 임곗값에 대한 로직은 전체 좌표의 개수를 프레임 당 평균 탐지 개수로 나눈 값으로 설정하였다. 또한 Background의 신뢰도를 높이기 위해 1분 간격으로 좌표들의 집합을 확인하며 이전에 체크된 고정된 좌표들의 집합과 현재 체크된 고정된 좌표들의 집합을 비교하며 연속적으로 Background에 관한 판단을 진행한다.

```
else:
    self.bboxes_list.pop()
    self.bboxes_list.insert(0, bboxes[:, :2].astype(int).tolist())
    # elements는 지정된 프레임 개수에서 Detection된 좌표들을 저장함
    elements = [(tuple(item) for box in self.bboxes_list for item in box)]

    # 지정된 프레임 개수에 따라 Detection 정보의 총합을 프레임 개수로 나눈 (한 프레임 당 평균 Detection 개수)
    mean_count_detection = sum([len(box) for box in self.bboxes_list]) / len(self.bboxes_list)
    element_counts = {}

    # 동일한 좌표가 존재하지 체크하고 Counting 하는 작업
    for element in elements:
        if element in element_counts:
            element_counts[element] += 1
        else:
            element_counts[element] = 1

    # 전체 좌표의 개수를 프레임 당 평균 Detection 개수로 나워서 Threshold로 사용
```

Fig. 8 Background Threshold Logic

2.3.2 경고 문구 로직

경고 문구에 대한 로직은 앞서 말했듯 Confidence Score 값이 0.3이 넘는 객체가 탐지되고, 고정되어 있지 않음이 판단되면 트리거가 발생한다. 트리거가 발생하는 동안 경고 문구가 점멸하면서 출력된다. 경고 문구는 디스플레이의 높이를 하단을 기준으로 1부터 10으로 분할하였을 때 7의 높이에서부터 시작하여 출력하도록 설정하였으며, “blink_threshold”값을 10으로 설정하여 경고문구가 점멸하는 시간을 10초로 설정하여 객체 탐지가 종료되어도 경고 문구가 즉시 사라지지 않도록

설정하였다.

```
# Animation Function
# Detection이 왔을때, 글자를 표현하는 로직
def animate_text(frame, reset_count, det_len):
    blink_threshold = 10
    if reset_count % blink_threshold != 0:
        text_y = 7
        for char in text:
            frame = Image.fromarray(np.uint8(frame))
            draw = ImageDraw.Draw(frame)
            draw.text((text_x, text_y), char, font=font, fill=(0,0,255,0))
            text_y += text_size[1] + 6
            del draw # because of memory leak
    if det_len > 0 and reset_count > blink_threshold:
        reset_count = 0
    return reset_count, np.array(frame)
```

Fig. 9 Background Threshold Logic

2.4 실험 과정 및 결과

2.4.1 데이터 구성

보행자 탐지를 위해 사용된 데이터는 AI-Hub[14]에서 제공하는 사람 동작 데이터 세트다. 데이터의 구성은 사람의 기본동작, 응용 동작 등을 포함한 20,000개의 2D 영상으로 구성되어 있다.

2.4.2 객체 탐지 성능평가

본 논문에서 제안하는 우회전 차량사고 예방을 위한 상황 인지 모델에서 실험용으로 사용하고자 하는 175 RANGE CCTV의 영상이 YOLO 모델에 입력될 때, 일반적인 CCTV 영상 대비 Resize로 인한 모델의 성능이 저하되는지 확인이 필요하다. 이에 YOLOv5 모델과 YOLOv7 모델[15]을 비교하여 실험을 진행하여 더 효과적인 모델을 이용하고자 한다. 이미지 크기는 640x640, batch 사이즈는 50, epoch는 100회 반복하여 학습한다. 두 모델의 평가 지표로 혼동 행렬[16] 기반의 정밀성(Precision)과 재현율(Recall)을 통한 평균 정밀도(Average Precision)를 활용하였다. 여기서 정밀성이란 참이라고 예측한 결과(TP+FP)중 예측하여 실제 값이 참(TP)인 비율 보여주는 지표로 예측값이 얼마나 정확한지에 대한 지표이다. 또한 재현율이란 실제로는 참인 값들(TP+FN)들 중 예측하여 실제 값이 참(TP)인 비율로 실제 값들중 얼마나 예측에 성공했는지에 대한 지표로 모델의 민감도로 사용된다. 이 두 지표는 Trade-Off 관계에 있어 한쪽의 수치를 올리면 다른쪽의 수치가 감소한다. 따라서 두 지표를 X,Y축으로 설정하여 나타낸 그래프인 Precision-Recall Curve의 면적을 구한 값이 평균정밀도로 모델의 성능을 평가하는데 사용된다.

Table 1. Confusion Matrix

Ground Truth	Predict	
	Positive	Negative
Positive	True Positive(TP)	False Negative(FN)
Negative	False Positive(FP)	True Negative(TN)

$$Precision = \frac{TP}{TP+FP} \tag{5}$$

$$Recall = \frac{TP}{TP+TN}$$

Table 2. Comparison of Model Performance by Thresholds

Model	AP	Input Size	FPS
YOLOv7	51.2	640	80
YOLOv5	49	640	39

실험 결과는 Table 2와 같으며 두 모델에 동일한 사이즈의 영상을 입력하였을 때 두 모델 모두 실시간 처리에 충분한 수치를 보여주었고 그 중 YOLOv7 모델이 2.2% 높은 AP값과 41FPS 빠른 추론 속도를 달성하여 YOLOv7 모델을 선정하였다.

2.4.3 상황 인지 및 경고 성능평가



Fig. 9. Alert Algorithm Implementation Results

2.1.5절에서 진행된 학습 모델을 기반으로 CCTV 영상 화면에서 후처리 알고리즘을 통해 보행자 객체를 보수적으로 판단 후 해당 객체의 움직임이 탐지되고 있을 때 경고 문구를 출력하는 시스템을 개발하였다. Fig.9는 횡단보도를 건너고 있는 보행자를 탐지한 후 디스플레이에 “보행자 진입”이라는 경고 문구를 출력하고 있는 결과를 나타낸다. YOLOv7 모델에서 해당 알고리즘은

82% 수준의 정확도를 확보하였다.

3. 결론

본 논문에서는 우회전 지역에서의 차량 사고를 예방하기 위하여 객체 탐지 모델인 YOLO 모델을 이용하여 CCTV 영상 속 객체 존재 및 이동 여부를 탐지하면 경고 문구를 디스플레이 출력할 수 있도록 하는 시스템을 제안하였다. AI-Hub에서 제공하는 사람 동작 데이터 세트로 YOLOv7 모델을 학습하였다. 추후 연구에는 보행자 탐지보다 더 다양한 객체를 탐지할 수 있는 데이터 세트를 이용해 진행하고자 한다. 실험 결과 학습된 모델을 통해 진행한 성능평가에서 80FPS가 확보되어 실시간 처리에 문제없이 활용할 수 있었으며 경고 문구의 출력 정확도 역시 82% 수준으로 나타났다. 그러나 현재 실험의 카메라 위치는 예상되는 실제 카메라 위치보다 높은 곳에서 진행해 객체가 예상보다 작게 나와 탐지 성능이 낮게 나오는 애로사항이 있어 실제 가로등에서의 실험에선 더 높은 정확도를 얻을 것으로 기대된다. 보안 사항으로는 그림자로 인해 보행자가 가려질 때 탐지 성능이 낮아지는 문제점이 있다. 향후 연구로는 카메라 위치의 조정을 통한 다각도에서의 탐지 성능 연구 및 우회전 관련 교통 법규를 데이터베이스를 통해 관리하여 위반 시 경고 문구 및 과태료 정보를 같이 표시할 수 있는 기능을 추가하여 더 강력하고 직관적으로 경고 및 정보 전달이 가능한 시스템을 구축하고자 한다. 또한 추후 연구에서 보행자뿐만이 아닌 다양한 객체의 학습을 진행하기 위한 데이터세트 이용시 다양한 클래스에 대한 정확도 평가가 필요함으로 성능평가 요소에 있어서 다중 클래스의 AP의 평균 값을 이용해 모델의 성능을 나타내는 mAP를 이용하여 성능평가를 진행하고자 한다.

REFERENCES

- [1] Anonymous. (2023). *KoROAD NEWS*. Traffic Light. <http://news.koroad.or.kr/koroad/vol73/sub/sub17.php>
- [2] Ministry of Government Legislation. (2023). *Enforcement Rules of the Road Traffic Act*. <https://www.law.go.kr/%EB%B2%95%EB%A0%B9/%EB%8F%84%EB%A1%9C%EA%B5%90%ED%86%B5%EB%B2%95%EC%8B%9C%ED%96%89%EA%B7%9C%EC%B9%99>
- [3] H. M. Seo. (2023). The Hankyoh. Name of Site or B o a r d . https://www.hani.co.kr/arti/society/society_general/1080126.html
- [4] C. M. Lee, W. S. Jeon, & S. Y. Rhee (2023). A Real-time System for Judging Vehicle Loads and Overloaded using Yolo with Post-Processing Algorithm. *Journal of Korean Institute of Intelligent Systems*, 33(5), 414-422, DOI : 10.5391/JKIIS.2023.33.5.414
- [5] S. H. Han, S. Chae, J. H. Park, Syed Ali Hassan, Tariq Rahim, & S. Y. Shin (2020). Video-Based Traffic Accident Prevention Safety System Using Deep Learning. *The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences*, 45(8), 1399-1406, DOI : 10.7840/kics.2020.45.8.1399
- [6] Md Foysal Haque, H. Y. Lim, & D. S. Kang (2019). Real Time Object Detection Based on YOLO with Feature Filter Bank. *The Journal of Korean Institute of Information Technology*, 17(5), 91-97, DOI : 10.14801/jkiit.2019.17.5.91
- [7] Yuanyuan Tan, & Ge Yi (2023). Application of Convolutional Neural Network Classification Algorithm in Online-offline Blended Teaching of Chinese Painting. *IEIE Transactions on Smart Processing & Computing*, 12(3), DOI : 243-251, IESPC.2023.12.3.243
- [8] J. S. Kim, T. H. Lee & J. H. Yeom (2023). Personal Mobility Detection through Application of YOLO Deep Learning Algorithm to Drone Images. *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, 41(4), 239-246 DOI : 10.7848/ksgpc.2023.41.4.239
- [9] H. J. Lee, & H. C. Jung (2022). Recyclable Objects Detection via Bounding Box CutMix and Standardized Distance-based IoU. *Institute of Embedded Engineering of Korea*, 17(5), 289-296, DOI : 10.14372/IEMEK.2022.17.5.289
- [10] M. G. Jung, S. H. An, & S. C. Park (2023). Learning Performance of Reinforcement Learning According to the Tensor Dimensions Representing States. *Korean Journal of Computational Design and Engineering*, 28(1), 1-9, DOI : 10.7315/CDE.2023.001
- [11] Y. C. Shin, E. J. Lee, S. J. Jang, Y. B. Kim, & J. H. Kwon (2022). Repulsion Distance Intersection over Union Loss for Crowd Scene Detection.

TECHART: Journal of Arts and Imaging Science,
9(1), 27-30,
DOI : 10.15323/techart.2022.2.9.1.27

- [12] S. H. Kang, Y. S. Shin, S. H. Lee, J. H. Park & J. M. Kang. (2022). Exponential NMS : A New NMS Method for Suppression of Overlapped Bounding Box in Detection of Steel Surface Defects. *Journal of Korean Institute of Intelligent Systems*, 32(6), 464-472.
DOI : 10.5391/JKIIS.2022.32.6.464
- [13] M. S. Lee, D. M. Barker, & Y. H. Kuo (2006). Background Error Statistics using WRF Ensembles Generated by Randomized Control Variables. *Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences*, 42(3), 153-167.
- [14] S. J. Kim, W. H. Son, J. H. Lee, H. H. Nguyen, & H. Y. Jeong (2023). Sampling-based Analysis of Labeling Errors in AI-Hub Traffic-Light Datasets. *Journal of the Institute of Electronics and Information Engineers*, 60(3), 109-112.
DOI : 10.5573/ieie.2023.60.3.109
- [15] G. H. Park, et al. (2022). A Comparative Study on the Object Detection of Deposited Marine Debris (DMD) Using YOLOv5 and YOLOv7 Models. *The Korean Society Of Remote sensing*, 38(6), 1643-1652.
- [16] J. W. Han, S. H. Park, C. H. Sim, & J. W. Whang (2022). Development of Smart driving monitoring device for Personal Mobility through Confusion Matrix verification. *Journal of the Korea Society of Computer and Information* , 27(2), 61-69.

조 상 준(Sang-Joon Cho)

[정회원]



- 2022년 2월 : 한국공학대학교 메카트로닉스 공학과(공학사)
- 2022년 3월 - 현재 : 한국공학대학교 나노반도체 공학과 (공학석사)
- 관심분야 : IT융합, 인공지능
- E-Mail : sjbio234@naver.com

신 성 욱(Seong-Uk Shin)

[정회원]



- 2023년 2월 : 한국공학대학교 나노반도체공학 전공(공학석사)
- 2023년 3월 ~ 현재 : 한국공학대학교 IT반도체융합학과 전공(공학박사)
- 관심분야 : LED, Laser, Optical System, 광학 해석
- E-Mail : seonk6221@gmail.com

노 명 재(Myeong-Jae Noh)

[정회원]



- 2018년 8월 : 한국산업기술대학교 광나노학 전공(공학박사)
- 2021년 10월 ~ 현재 : 메타릭스 연구소장
- 관심분야 : MicroLED, Laser, DOE, 광학 해석
- E-Mail : noyin@hanmail.com