

주·정차 금지 구역 내 딥러닝 기반 실시간 주차 운전자 하차 시점 판별 시스템

(Deep Learning-Based Real-Time Parking and Driver Disembarkation Detection System in No-Parking Zones)

천승환*, 김수형**

(Seung Hwan Cheon, Soo Hyung Kim)

요약

기존의 불법 주·정차 단속 방식은 사후 감지(post-detection) 방식으로 운영되어, 운전자가 차량을 떠난 한참 후에야 위반 여부를 파악할 수 있어, 원활한 교통 상황과 보행자 안전을 제공하는데 한계가 있다. 또한, 실시간 불법 주·정차 단속을 위한 번호판 인식 시스템(LPR)은 협소한 도심 도로에서는 도로 규모에 비해 설치 및 운영하기에 부담되는 고비용이며, 프라이버시 문제로 인한 민원 발생 가능성이 높다는 문제점을 갖고 있다. 그리고 차량의 실내에서 운전자의 행동을 분석하고자 하는 연구들은 다수 있지만 현재까지는 차량에서 내리는 운전자를 탐지하고 운전자에게 직접 불법 주·정차임을 경고할 수 있는 관련 연구는 없다.

이러한 문제를 개선하기 위해, 본 논문에서는 YOLOv3 기반 객체 탐지, Darknet 프레임워크, 그리고 MOSSE 기반 다중 객체 추적(MOT) 기술을 적용하여 감시 영상에서 차량의 주·정차 시점과 운전자의 하차 시점을 판별하는 알고리즘을 수행하였다. 그 결과, 운전자가 차량에서 내리는 시점을 91% 이상의 정확도로 판별할 수 있음을 확인하였다. 이를 통해, 단순한 번호판 단속이 아닌 계도(계몽) 목적의 시스템을 구축하여, 운전자가 차량에서 멀어지기 전에 현장에서 즉각적인 경고나 알람을 제공함으로써 신속한 차량 이동을 유도할 수 있다.

■ 중심어 : 불법 주정차 ; 실시간 감지 ; 객체 추적 ; 운전자 하차 ; 사전 예방

Abstract

Traditional illegal parking enforcement operates on a post-detection basis, meaning that violations are identified long after the driver has left the vehicle. This approach has limitations in ensuring smooth traffic flow and pedestrian safety.

To address these issues, this paper proposes a system that integrates YOLO-based object detection, the Darknet framework, and MOSSE-based Multi-Object Tracking (MOT) technology. The system identifies vehicle parking events and detects driver exit events from surveillance footage. The proposed approach achieves over 91% detection accuracy for identifying driver exit moments. Instead of relying on license plate-based enforcement, this system aims to provide proactive guidance by immediately issuing on-site warnings and notifications before the driver moves away from the vehicle, encouraging prompt vehicle relocation and reducing illegal parking incidents.

■ keywords : Illegal parking ; Real-time detection ; Object tracking ; Driver disembarkation ; Proactive enforcement

I. 서론

인공지능 영상 인식 기술은 머신러닝, 특히 딥러닝의 발전과 하드웨어 계산 능력의 향상으로

의료 영상 진단, 자율 주행차, 스마트 홈, 보안 및 영상감시, 산업용 로봇의 시각 지능 등 다양한 분야에서 새로운 가치를 창출하고 있다[1]. 이러한 기술은 영상 전처리, 객체 검출 및 분류, 추적,

* 정회원, 전남대학교 전산통계학과 박사과정 수료

** 종신회원, 전남대학교 AI융합대학 인공지능학부 교수, 교신저자

접수일자 : 2025년 02월 18일

수정일자 : 2025년 03월 12일

게재확정일 : 2025년 04월 11일

교신저자 : 김수형 e-mail : shkim@jnu.ac.kr

이벤트 탐지 등으로 구성되어 목적에 따라 다양한 방식으로 활용된다[2].

자동화된 객체 추출 및 추적시스템을 설계하고 구현하거나 다중 카메라 환경에서 객체의 이동 방향에 따라 자동으로 카메라의 제어권을 변경하는 방법이 제안되었다[3]. 이 방법은 객체의 색상 정보와 방향 정보를 활용하여 실시간으로 객체를 추적할 수 있고[2] 다양한 산업 분야에서의 적용할 수 있다[3].

불법 주·정차는 주택가나 상업 밀집 지역의 이면도로에서 자주 발생하며, 운전자와 보행자의 시야가 제한되어 안전 문제와 불편을 초래한다[4-6]. 또한, 도로교통이 혼잡해지고 다양한 교통사고가 발생할 가능성이 높아진다. 이러한 문제를 해결하기 위해 단속과 처벌만을 강조하는 경우, 주민들의 생활 여건이 반영되지 않아 오히려 반발심과 거부감이 커질 수 있다.

기존의 행정 단속은, 이미 운전자가 자리를 비운 상태이기 때문에 효과가 미미하다. 또한, 이면도로(9m 이내의 밀집 주거지 도로)의 특성상 번호판 인식 시스템을 설치하고 운영하는 데 고비용이 들며, 민원이 발생할 가능성도 높다. 따라서 지역주민의 이해와 협력이 필수적이며, 이를 바탕으로 한 효과적인 해결 방안이 필요하다.

이를 위해, 불법 주·정차가 발생하는 초기 시점에서 운전자의 하차 여부를 실시간으로 탐지하고, 방금 하차한 운전자에게 계도 알람을 제공할 수 있는 경량화된 시스템을 구축한다면, 주민들의 민원을 줄이고 저비용으로 시스템을 도입할 수 있을 것이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 불법 주·정차 단속 시스템에 적용되는 딥러닝 기술과 관련 연구들을 소개하며, 3장에서는 영상 기반 객체 인식 및 추적 기술을 활용한 실시간 불법 주·정차 운전자 하차 시점 판별 시스템의 분석 및 설계를 다룬다. 4장에서는 개발된 시스템의 시뮬레이션 결과를 제시하며, 5장에서는 연구의 결론을 정리한다.

II. 관련 연구

기존에는 교통 혼잡과 사고 위험을 유발하는 주요 원인 중 하나인 불법 주정차 문제를 해결하기 위해 다양한 검지 및 단속 기술로 코드북, 칼만필터, 정지 카운터(RSC) 등의 연구가 수행되었다[7, 8].

최근에는 특히 딥러닝을 활용한 불법 주·정차 검지 및 단속 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 딥러닝 추적을 이용한 주·정차 위반 검지 방법[9]은 차량 번호판 인식과 차량 추적 기술을 결합하여 단속의 신뢰성을 높이는 방식을 적용하였다. 이를 위해 Faster R-CNN 및 CNTK(Microsoft Cognitive Toolkit) 기반의 객체 검출 및 추적 기법을 활용하였으며, 영상 속에서 차량의 위치를 연속적으로 추적하는 방식으로 불법 주·정차 여부를 판단하였다[10].

불법주차 감지 시스템을 위한 딥러닝 기반 접근법을 사용한 “딥러닝 기반의 실시간 불법주차 판별 시스템”은[9] Single Shot MultiBox Detector (SSD) 알고리즘을 활용하였으나 “YOLOv1과 성능이 비슷하여, 빠르고 경량화된 모델이 필요한 경우(예: 모바일 및 임베디드 장치) 사용되곤 했다.

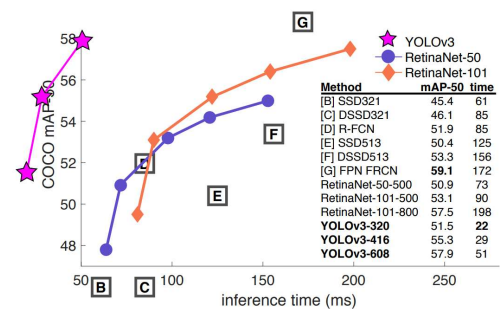


Figure 1. Performance Comparison Between YOLOv4 and SSD [11]

그림 1. YOLOv4와 SSD의 성능비교[11]

그러나 이후에 등장한 YOLOv3와 비교하면, 기존 모델은 속도와 감지 성능에서 큰 차이를 보이며, 직접적인 비교가 어려울 정도로 성능이 낮다. 하지만 [그림 1]을 보면, SSD와 비교했을 때 mAP(mean Average Precision) 성능은 유사하지만, YOLOv3의 속도(time)는 SSD보다 3배 더 빠름을 확인할 수 있

다 [11, 12].

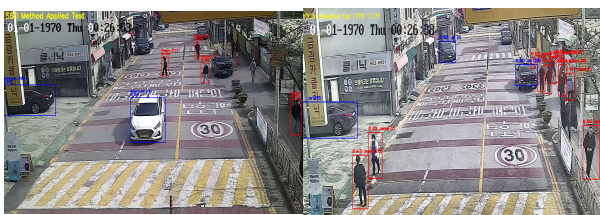
또한, [표 1]과 [그림 2]는 본 논문에서 YOLOv3와 SSD의 성능을 비교하기 위해 이면도로 영상 9,040 프레임에 대해서 실험한 결과를 나타낸다. 수행 시간 측면에서는 SSD가 미세하게 더 빠르지만, 객체 인식 성능에서는 차이가 확인되었다. 인식된 총 개수 대비 평균 객체 인식 횟수를 비교하면, SSD는 1,552회(평균 10.43회), YOLOv3는 3,108회(평균 13.32회)로 측정되었다. 이는 SSD가 YOLOv3에 비해 영상 내에서 인식하지 못하는 객체가 더 많으며, 객체별 평균 트래킹 횟수도 상대적으로 적다는 것을 의미한다.

YOLOv3는 단일 신경망을 활용한 탐지 방식 덕분에 SSD보다 속도가 빠르고 실시간 탐지에 적합하여 YOLOv3는 SSD보다 불법 주·정차 감지 및 실시간 교통 감시 시스템에서 더욱 효과적으로 적용될 수 있음을 확인할 수 있다.

Table 1. Performance Comparison Between SSD and YOLOv3

표 1. SSD와 YOLOv3의 성능 비교 실험

비교항목	SSD Method	YOLOv3 pre-Method
총 처리된 프레임 수	9040	9040
총 수행 시간(초)	453.38	441.14
평균 렌(프레임/초)	19.94	20.49
총 객체 ID 개수	1552	3108
평균 객체인식 횟수	10.43	13.32



1) SSD 실험 대표 영상 2) YOLOv3 실험 대표 영상.

Figure 2. Performance Comparison Video of SSD and YOLOv3

그림 2. SSD와 YOLOv3의 성능 비교 실험 영상

딥러닝을 활용한 운전자 행동 분석을 연구하며, 운전 패턴 인식, 위험 운전 탐지, 운전자 식별을 주요 목표로 하는 연구가 다수 있기는 하지만 CNN(합성곱 신경망) 및 RNN(순환 신경망) 등

의 딥러닝 기법을 적용하여 운전자 행동을 더 정확하게 분석하고, 교통안전 향상에 기여하는 연구들도 있다[13-15].

객체 탐지 알고리즘으로 YOLO 시리즈는 적용 환경에 따라 적절한 YOLO 버전을 선택하는 것이 중요하다. YOLOv3는 실시간 탐지가 필요한 경량 환경, YOLOv4는 정확도와 속도의 균형이 필요한 경우, YOLOv8은 최신 AI 기술이 요구되는 고성능 환경에서 활용하는 것이 가장 적절하다[15].

Table 2. Comparison of MOSSE and Other Tracking Methods

표 2. MOSSE 와 다른 추적 기법들의 비교.

기법	속도 (FPS)	정확도	계산 비용	강건성	주요 특징
MOSSE	고속 (300+)	중간	낮음	조명 변화에 강함	실시간 추적, 저연산
KCF	높음 (100+)	중간	중간	빠른 속도, 강건성 부족	HoG 기반, 실시간 가능
TLD	낮음 (10-15)	높음	높음	재식별 가능	장기간 추적 가능

본 논문에서는 객체 탐지뿐만 아니라 객체 추적 기술이 함께 적용되어야 하는데, [표 2]를 보면 다른 추적 기법들에 비하여 본 논문에서 목표하는 성능을 달성하는데 MOSSE(Minimum Output Sum of Squared Error)를 적용하는 것이 가장 타당함을 알 수 있다[13,16]. 이 필터는 적응형 상관 필터(Correlation Filter) 기반 기법으로, 매우 적은 계산량으로도 객체 추적을 수행할 수 있는 효율적인 알고리즘으로 본 논문에서 사용된다.

Table 3. Comparison of Existing Parking Monitoring Methods and the Proposed Method

표 3. 기존 주·정차 감시 방법과 제안 방법과 비교

[표 3]에는 기존 시스템과 본 논문의 제안 시스템의 근본적인 차이점을 잘 나타내고 있는데 기존 시스템들은 시간차를 두고 차량의 전후 이동 거리, 번호판 인식에 주안점을 두고 진행했다면, 본 연구는 차량에서 하차하는 운전자를 감별하는

것을 목표로 하고 있어, 좁은 이면도로 등에서 사용하기에 용이하도록 경량화될 필요가 있다.

항목	기존 주·정차 감시 시스템	본 제안 기법
단속 방식	사후 감지 (Post-detection), 주요도로	실시간 감지(Real-time detection), 이면도로
검출 시점	운전자가 차량을 떠난 후	차량 정차 순간 및 운전자 하차 시점
기술 적용	번호판 인식 시스템(LPR)	YOLOv3 + Darknet + MOSSE 기반 MOT
경고 제공 방식	스티커 부착, 사후 과태료 부과	현장에서 운전자에게 즉시 경고음, 경광등, 알림 제공

III. 시스템 설계

본 논문에서는 영상 분석 AI 보드에 NVIDIA Jetpack을 적용, CUDA 및 OpenCV 기반 병렬 연산을 수행하여 객체 검출 및 추적 속도를 높이고, 실시간 데이터 처리가 가능하게 하였다.

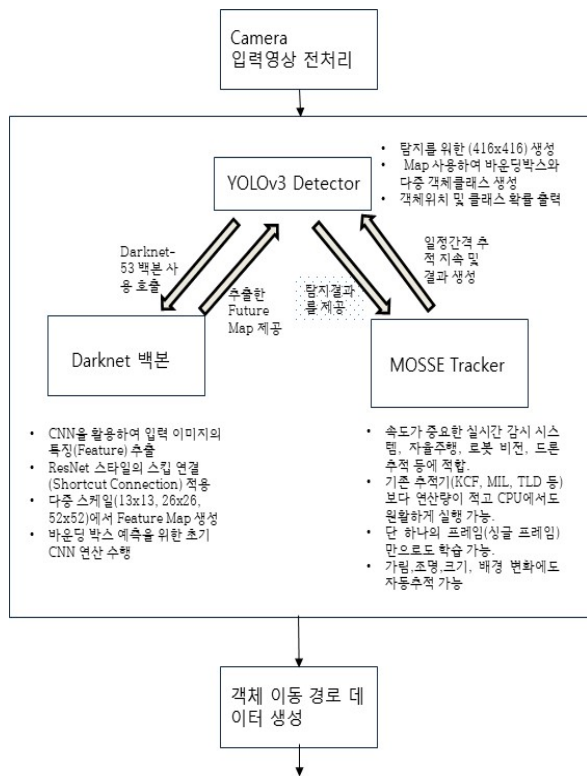


Figure 3. Overview of Object Detection and Tracking System Using YOLO, Darknet, and MOSSE

그림 3. YOLO, Darknet, MOSSE를 활용한 객체 탐지 및 추적시스템 개요도

객체 탐지(Object Detection) 알고리즘은 [그림 3]과 같이 YOLOv3, 딥러닝 프레임워크(Deep Learning Framework)는 Darknet, 객체 추적

(Object Tracking) 알고리즘은 MOSSE 기반 기법을 결합하여 본 시스템 구현에 최적의 조합으로 구성한다.

경량용 객체 인식으로 최적인 YOLOv3 이후 버전에서는 대부분의 전처리 기능을 지원하고 있어 통상은 전처리를 추가하지 않는데, 본 논문에서는 최소한의 전처리 방법을 수행하기 위하여 [표 4]와 같이 이미지 크기 조정(Resizing), 색상 채널 변환, 역광(Backlight)의 3가지 방법만 처리하였다. 특히, 역광 처리를 위하여 큰 부하를 동반하는 CLAHE 기법, HSV 조정 기법 대신 훨씬 가벼운 잠재적인 과노출 및 저조도에 대응할 수 있는 Gamma Correction (감마 보정) 방법을 적용하여 미세한 효과가 있었다.

Table 4. Preprocessing Functions Performed in This Study
표 4. 본 논문에서 수행한 전처리 기능

전처리 방법	설명	목적 및 영향
이미지(Resizing)	입력 이미지를 416x416 변환	53개의 다양한 크기의 객체를 인식할 수 있도록 일관화 성능 향상
색상 채널 변환	RGB 이미지 입력이 필요 (OpenCV 사용 시 BGR → RGB 변환 필요)	색상 정보가 중요한 객체 검출 성능 유지
Gamma Correction	조명 불균형을 조정하여 밝기 균형 맞춤	과노출 및 저조도 문제 해결
프레임 부분 절단	입력 영상 프레임의 최상단 일정 높이 만큼 절단 처리	객체의 크기가 너무 작거나 인식거리 밖 영역부분이 대부분 최상단 영역

1. 운전자 하차 탐지 알고리즘 및 시나리오

본 연구는 불법 주·정차를 감시하고 예방하기 위해 여러 단계를 거쳐 운전자를 식별하고 경고를 제공한다.

먼저, [그림 4]는 차량의 주·정차 시점의 판별과 운전자 하차 순간을 판별하는 알고리즘으로, 바로 직전에 정지 상태인 차량을 분석 대상 차량으로 선정하고, 해당 차량의 면적에 대응되는 범위를 주·정차 감시 영역으로 설정하였다.

촬영 영상에서 감지된 사람 중에서 출발지가 최근 정지 차량의 바운더리 박스(Bounding Box)와 같은 감시 영역 내부 또는 그에 해당 차량과

인접한 위치에 있는 사람을 운전자로 판단합니다. 반면, 추적 궤적을 바탕으로 출발지가 주·정차 감시 영역 외부에서 내부로 진입하는 사람은 일반 보행자로 판단한다.

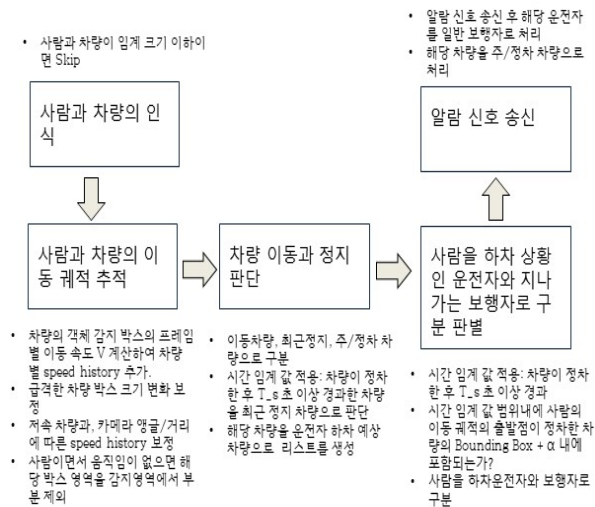


Figure 4. Video Situation Awareness Algorithm for Parking and Stopping Points

그림 4. 주·정차 시점의 영상 상황인식 알고리즘

[그림 5]는 운전자 하차 시점으로 판별하지 않는데, 보행자(B)와 보행자(C)는 이동 동선이 차량에서 시작되지 않고 인도(A)에서 시작되기 때문에 그냥 일반적인 도로를 횡단하고 있는 보행자로 판별하고 차량에서 하차한 운전자가 아님을 알 수 있다.

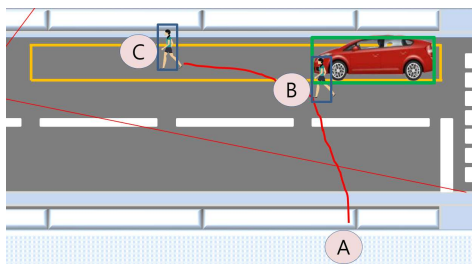


Figure 5. Example 1 of Video Situation Awareness at Parking and Stopping Points (Classified as a Regular Pedestrian)

그림 5. 주·정차 시점의 영상 상황인식 예시1(통상의 보행자로 판단)

그러나 [그림 6]은 운전자 하차 시점으로 판별되는데, 차량(A)는 이동하다 정지 상태로 인식되고 보행자(A)는 차량(A) 위치에서 추적이 시작되고 이동 시작이 추적되어 보행자(B)로 이동함

을 알 수 있다. 빨강색 실선이 추적 궤적이다.

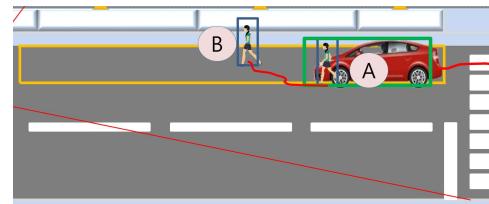


Figure 6. Example 1 of Video Situation Awareness at Parking and Stopping Points (Classified as a Driver Exiting After Parking)

그림 6. 주·정차 시점의 영상 상황인식 예시1(주차 후 하차 운전자로 판단)

이러한 상황에 대한 시나리오에 따른 구체적인 상황인식 규칙과 시스템 평가 기준을 정의하여 알고리즘의 구현에 반영하여 보다 명확한 성능 기준을 마련하였다.

2. 운전자 하차 시점 판별 상황인식 규칙

차량에서 방금 하차한 운전자와 차량 근처의 보행자와 구별할 수 있는 [표 5]에서와 같이 명확한 상황 규칙을 규정하고, [그림 7]에서와 같이 상황인식 규칙에 대한 명확한 Pseudo code를 제시한다.

Table 5. Detailed Situation Awareness Rules in This Study
표 5. 본 논문의 상황인식 상세 규칙

상황 요소	판단 기준	설명
차량 이동 여부	속도 $V > T_v$	차량이 이동 중인지 확인
차량 정지 여부	속도 $V \leq T_v$	차량이 정지 상태인지 확인
보행자 이동 시작 위치	차량 근처인지 확인	차량에서 보행자가 출발하면 운전자 가능성 높음
보행자 이동 궤적	차량을 스쳐 지나가는지, 차량으로 다가오는 방향으로 이동하는지 추적	차량의 이동 및 정지 여부를 분석하고, 보행자의 이동 시작점과 궤적을 추적하여 운전자 하차 여부를 판단하는 규칙을 정의함.
시간 임계값 적용	T_s 초 이상 정지 후 이동	차량 정지 후 일정 시간이 경과한 후 운전자 하차 시점과 주차 차량으로 판별 가능 시간 설정

차량의 이동과 정지를 판단하기 위해서 다음 식으로 차량의 이동 속도를 계산할 수 있는데, 차량의 객체 감지 박스의 프레임별 위치 변화(ΔX , ΔY)를 계산하여 속도를 다음 식 (1)로 추정할 수 있다.

$$V = \frac{\sqrt{(X_t - X_{t-1})^2 + (Y_t - Y_{t-1})^2}}{\Delta t} \quad (1)$$

$V > T \Rightarrow \text{Moving}$: 임계값(Threshold) $\rightarrow$ 주행 상태로 판별

$V \approx 0 \Rightarrow \text{Stopped}$: 0 (일정 시간 지속) $\rightarrow$ 정차 상태로 판별

```
def is_driver_exiting(vehicle, pedestrian,
                    threshold_velocity=0.5, threshold_time=2):
    # 차량 정지 여부 판단
    if vehicle.velocity <= threshold_velocity:
        # 보행자의 이동 시작 위치 확인
        if pedestrian.start_position == vehicle.position:
            # 보행자가 차량에서 출발했는지 확인
            if pedestrian.trajectory_leads_away_from(vehicle):
                # 일정 시간 내 이동했는지 확인
                if pedestrian.start_time - vehicle.stop_time
                    > threshold_time:
                    return True # 운전자 하차로 판단
    return False # 일반 보행자로 판단
```

Figure 7. Pseudo Code for Situation Awareness Rules in This Study

그림 7. 본 논문의 상황인식 규칙 Pseudo Code

경고 시스템은 차량이 주·정차 여부의 실시간 판별은 주차 상태로 판별된 차량에 인접한 스피커 단말을 작동시켜, 해당 차량의 운전자에게 즉시 경고 정보를 출력한다.

3. 시스템 평가 기준

영상 인식 성능이 환경 조건에 따라 영향을 받을 가능성이 크기 때문에, 우천, 야간, 일반적인 환경에서 각각 실험을 수행하였다.

본 연구는 도로에서 이동하는 차량과 보행자가 포함되어 있으며, 차량의 경우 기준에 주차된 차량, 주행 중인 차량, 정차 중인 차량, 운전자가 하차 중인 차량으로 구분할 수 있고, 보행자의 경우 보행자와 하차한 운전자로 구분하는 것을 수행하였다. 본 시스템의 성능 평가를 수행하기 위하여 차량/사람의 인식률, 정차 후에 바로 하차하는 운전자를 식별하는 판별율을 기준으로 정한다.

가. 차량/사람의 객체 인식율

실험 프로그램 코드에서 자동으로 인식된 차량과 사람의 수를 산출하고 수작업으로 프레임 내

에 있는 차량과 사람의 수를 산출하여 인식하지 못하는 사람의 정도를 추산해 볼 수 있도록 하는 지표로 사용하기 위하여 검출률을 사용하고 다음 식(2)로 계산할 수 있다.

$$\gamma = \frac{NoDP}{NoTP}, \quad \gamma: \text{사람과 차량 검출률} \quad (2)$$

$NoDP$: 인식된 사람과 차량의 객체 수,

$NoTP$: 프레임내 사람과 차량의 전체 객체 수

나. 차량의 주정차 운전자 하차 시점 판별률

프레임에서 인식된 주정차 차량의 운전자가 하차하는 시점에 있는 전체 차량수는 시스템 코드에서 기계적으로 산출할 수 있으나, 현실적으로 프레임 내의 인식되지 않는 전체 주정차 시점의 차량수는 수작업으로 확인하여 산출할 수 밖에 없다. 본 논문의 가장 키포인트가 바로 주정차 시점에 있는 차량과 기존의 주차중 차량, 주행중인 차량을 구별해야 하는 것이다. 아래 식(3)과 같이 통계적으로 주정차 시점의 운전자 하차 시점의 차량 판별율을 구하였다.

$$\rho = \frac{NoDB}{NoTD}, \quad \rho: \text{하차 판별율} \quad (3)$$

$NoDB$: 인식된 운전자 하차 시점의 차량수,

$NoTD$: 최근 주·정차 차량의 운전자 하차 시점의 전체 차량수

다. FPPI (false positives per image)

FPPI는 객체 검출(Object Detection) 성능 평가에서 사용되는 지표이다.

$$FPPI = \frac{\text{Total False Positives (FP) FrameCount}}{\text{Total DataSet Count}} \quad (4)$$

식(4)는 전체 실험 데이터 프레임당 실제 보행자나 차량이 아닌 잘못 검출된(오검출된) 개체가 포함된 프레임의 수를 비율을 산출할 수 있는 FPPI를 구하는 방법이다.

라. 트래킹 유지거리와 유지시간

객체의 트래킹이 오래 유지될수록 객체의 이동 경로 분석이 정확해지고, 추적 실패율이 줄어들

어 트래킹 성능이 좋으면 차량의 주차 시점 판별율의 성능을 높이는 데 기여할 수 있는 주요 항목이다.

IV. 시스템 실험

본 연구는 차량에서 하차한 운전자를 일반 보행자와 구별할 수 있도록 차량과의 상대적 이동 패턴을 분석하는 알고리즘을 기반으로 구현되었다. 일반 보행자는 차량의 정차 위치와 관계없이 이동하는 반면, 하차한 운전자는 차량이 정지된 위치에서 보행을 시작하는 특징이 있다.

[그림 8]은 실제 현장 도로 환경에서 제안된 알고리즘을 검증하기 위하여 주요 시나리오별로 실험한 영상으로 운전자가 하차한 직후에 밖으로 나온 사람을 운전자로 판별하는 과정을 잘 보여준다.



Figure 8. On-Site Video Situation Experiment (Classified as a Driver Exiting After Parking)

그림 8. 현장 영상 상황 실험(주차 후 하차 운전자로 판단)

[그림 9]는 인식, 추적, 판별하는 과정을 상세하게 볼 수 있도록 별도로 영상을 캡처한 영상이다. [그림 8]의 5)번 항목을 확대한 것으로 일반적인 보행자는 정지 차량의 바운딩 박스(Bounding

Box)와 무관하게 추적을 시작하는 포인트가 위치하여, 차량에서 내리는 운전자는 차량의 정지 위치에서 보행을 시작하기 때문에 추적 시작점이 차량 바운딩 박스와 겹치게 되는 특징이 있다. 구현실험에서 운전자의 하차 상황으로 인식 판별로 인해 차량 옆에 사람 바운딩 박스가 빨강색에서 하얀색으로 바뀔 수 있다.



Figure 9. Detailed On-Site Video (Classified as a Driver Exiting After Parking)

그림 9. 상세 현장 영상(주차 후 하차 운전자로 판단)

[그림 10]에서는 실제 현장 도로 환경에서 제안된 알고리즘을 검증하기 위하여 주차된 차량에 가까이 접근하는 사람에 대해서 보행자로 판별하는 과정을 또한 잘 보여준다.

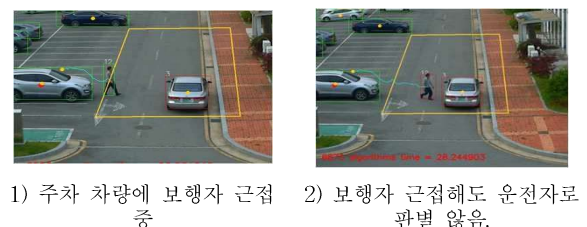


Figure 10. On-Site Video Situation Experiment (Classified as a Regular Pedestrian)

그림 10. 현장 영상 상황 실험(그냥 보행자로 판단)

본 연구에서는 주·정차 상황에서 운전자의 하차 시점을 판별하기 위한 영상 인식 시스템의 성능을 평가하기 위해 일련의 실험을 수행하였다. [표 5]에서 실험은 다양한 환경(일반, 우천, 야간)에서 이루어졌으며, 차량과 사람의 객체 인식율, 차량 정지 시점 운전자 하차 판별율, 프레임 오검출율(FPPI) 등을 측정하여 시스템의 성능을 정량적으로 분석하였다.

Table 5. Experimental Results on Driver Exit Time Detection in Parking Situations

표 5. 주·정차 상황에서 운전자 하차 시점 판별 관련 실험 결과

실험 항목	평균	실험 횟수	실험 영상환경
객체 인식률	94.9 %	100	우천 시 20회, 야간 20회, 일반 60회
차량 정지 시점 운전자 하차 판별율	91.4 %	100	
프레임 FPPI	44.0 %	100	
트래킹 유지 거리	97.1 %	100	
트래킹 유지 시간	96.4 %	100	
운전자 하차 시점 탐지 시간	1.20 sec	50	일반 50회

실험 결과, 사람과 차량 객체 인식률은 평균 94.9%로 나타났으며, 이는 시스템이 대부분 운전자와 보행자를 효과적으로 탐지할 수 있음을 의미한다.

객체별로 추적 데이터를 참조하여 ‘인식된 정차 차량의 운전자가 하차하는 시점에 있는 전체 차량수’와 ‘인식되지 않는 전체 정차 시점의 차량수’를 구하여 식(3)을 이용하여 차량 정지 시점 운전자 하차 판별율이 평균 91.4%로 나타났다. 특히, FPPI는 평균 44.0%이다. 이는 시스템이 다소 높은 비율로 불필요한 객체를 검출하고 있음을 시사한다.

V. 결 론

본 연구는 운전자가 차량에서 내리는 순간을 실시간으로 탐지하여 즉각적인 경고 및 알람을 제공하기 위해서 최신의 높은 성능의 하드웨어와 많은 부하를 요구하는 기술을 적용하는 것에 비하여, 객체 탐지 및 추적의 성능을 극대화하기 위해 YOLOv3와 Darknet, 그리고 MOSSE 기법을 결합하여 경량화된 효율적인 시스템 구축이 가능함을 확인하였다.

실험 결과, 객체 인식율은 평균 94.9%, 차량 정지 시점 운전자 하차 판별 실험에서 91.4%의 판별율은 정차 차량과 그 시점의 하차하는 운전자를 보행자가 아닌 실제 운전자로 판별할 수 있었

다.

이를 통해 불법 주·정차 방지 시스템 구축에 또 다른 방안을 제시함으로써 효과적인 도시 교통 관리와 보행자의 안전에 기여할 것으로 기대된다.

REFERENCES

- [1] 송재민, 이새봄, 박아름, “이미지 인식 기술의 산업 적용 동향 연구,” *한국콘텐츠학회논문지*, 제20권, 제7호, 86-95쪽, 2020년
- [2] 김동현, 김태형, 김진영, 김진수, “다중 카메라를 이용한 실시간 객체 추적 방법,” *한국정보과학회 학술발표논문집*, 2012년
- [3] 김태우, 김진영, 김진수. “지능형 감시를 위한 객체 추출 및 추적시스템 설계 및 구현,” *한국정보과학회 학술발표 논문집*, 2013년
- [4] 김동완, 박기현, 정광재, “주차장 이용의식을 기초로 한 불법주차 과태료 영향요인에 관한 연구,” *대한교통학회논문집*, 제37권, 제3호, 87-100쪽, 2019년
- [5] 이승훈, 김준형, “주차관련 교통사고 특성 분석을 통한 주차문화 개선 방안,” *한국교통연구학회지*, 제29권, 제4호, 45-58쪽, 2021년
- [6] 한국국가권익위, 주차갈등 해소방안 권고(상가 앞 불법주차도 단속) (2022).
<https://www.hankyung.com/article/202203031298Y>, (accessed Jan., 02, 2025).
- [7] 김승균, 김효각, 장동니, 박상희, 고상제, “불법 주·정차 차량 단속을 위한 차량 검지 및 추적 기법,” *한국전기전자학회 논문지*, 2009년
- [8] S. D. Bolme, J. R. Beveridge, B. A. Draper, and Y. M. Lui, “Visual Object Tracking using Adaptive Correlation Filters,” in *Proc. IEEE Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, pp. 2544-2550, 2010.
- [9] Xuemei Xie, Chenye Wang, Shu Chen, Guangming Shi, Zhifu Zhao. “Real-Time Illegal Parking Detection System Based on Deep Learning,” *International Conference on Deep Learning Technologies*, 2017.
- [10] 류지형, 최두현, 김영모. “딥러닝 추적을 이용한 주·정차 위반 검지 방법,” *대한전자공학회 논문지*, 2019년
- [11] J. Redmon and A. Farhadi, “YOLOv3: An Incremental Improvement,” *arXiv preprint arXiv:1804.02767*, 2018.
- [12] 이용환, 김영섭. “객체 검출을 위한 CNN과 YOLO 성능 비교 실험,” *반도체디스플레이기술학회지*, 제19권, 제1호, 85-92쪽, 2020년

- [13] Chen, Z., Wang, F., Yang, X., & Wu, Y. "Enhancing Road Safety through Accurate Detection of Hazardous Driving Behaviors with Graph Convolutional Recurrent Networks," arXiv preprint arXiv:2305.05670, 2023.
- [14] 다크넷으로 YOLOV3 돌리는 법, (2022). <https://hjkim5004.tistory.com/90>, (accessed Mar., 04, 2024).
- [15] 홍길동, 이영희, "객체탐지모델 YOLO의 버전별 특성 비교 연구," *한국컴퓨터비전학회논문집*, 제29권, 제4호, 85-96쪽, 2023년
- [16] D. S. Bolme, J. R. Beveridge, B. A. Draper, and Y. M. Lui, "Visual object tracking using adaptive correlation filters," *2010 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, San Francisco, CA, USA*, pp. 2544-2550, 2010.

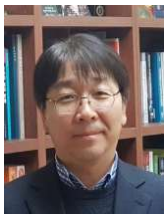
저 자 소 개



천승환(정회원)

1995년 전남대학교 전산통계학과 석사 졸업.
 1999년 전남대학교 전산통계학과 박사 수료.
 1997년 ㈜도움정보기술 대표이사.
 2021년~현재 ㈜씨아이테크 이사

<주관심분야 : 인공지능, 객체인식, 스마트 교통>



김수형(종신회원)

1986년 서울대학교 컴퓨터공학과 학사 졸업.
 1988년 KAIST 전산학과 석사 졸업.
 1993년 KAIST 전산학과 박사 졸업.
 1997년~현재 전남대학교 AI융합대학 인공지능학부 교수

<주관심분야 : 인공지능, 자연영상 패턴인식, 감정인식, 정밀의료, 문서영상처리>