

Hybrid 센서 및 과적검문소 연계 정보 기반 차축 조작 과적 판단 시스템 개발

박현석

한국건설기술연구원 도로교통연구본부

Development of A System to Detect Overloaded Vehicles Due to Illegal Axle Manipulation Based on Hybrid Sensors and Overload Checkpoint Weigh-in Information

Hyun-Suk Park

Department of Highway & Transportation Research, Korea Institute of Civil Engineering
and Building Technology

요약 본 연구는 과적 검문소 통과 시 모든 차축을 내리고 정상 통과 후 가변 차축을 들어 올려 과적을 유발하는 차량을 검출하는 기술을 개발하는 것을 목표로 한다. 본선에 비매설형 Hybrid(저조도+열화상) 센서를 설치하여 가변 차축 변화 영상을 획득하고, 지면에 닿는 차축의 정보를 AI 기술로 추출하여 연계 받은 전방 과적 검문소의 중량 정보와 비교하여 차축 조작에 의한 과적 차량을 검출하는 기술을 개발하였다. 개발된 장비의 성능 평가 결과 가변 차축 조작 정보 추출 성능은 혼잡한 조건에서 94.1%, 비 혼잡 조건에서 96.4%, 야간 조건에서 95.3%, 악천후 조건에서 95.8%로 평균 95.5%의 성능을 나타냈다. 또한 과적 차량 분류 성능은 평가 대상 차량 2,558대 모두 참 값과 동일하게 분류하는 100% 성능을 나타냈다. 개발 기술은 다양한 조건에서 검지 성능을 유지할 수 있으며, 과적 차량으로 인한 도로 포장 파손 및 대형 교통사고 예방에 기여할 것으로 기대된다.

Abstract A technique was developed to detect vehicles that cause overload by lowering all axles when passing an overload checkpoint and lifting the variable axle after normal passage. Non-buried hybrid sensors (low light and thermal imaging sensors) were installed on the main line to acquire images of variable axle changes, and information about the axle touching the ground was extracted with an artificial intelligence technique. Illegal axle manipulation was detected by comparing the weight information of the linked forward overload checkpoint. The information extraction accuracy for variable axle operation was 94.1% in congested conditions, 96.4% in non-congested conditions, 95.3% at night, and 95.8% in bad weather. The average accuracy was 95.5%. The overloaded vehicle-classification accuracy was 100% for all 2,558 evaluated vehicles. The developed technique is capable of maintaining detection performance under various conditions and could contribute to the prevention of road pavement damage and large-scale traffic accidents caused by overloaded vehicles.

Keywords : Overloaded Vehicle, Variable Axle Manipulation, Artificial Intelligence, Axle Manipulation Detection, Axle Manipulation Overload, Overloaded Vehicle Enforcement

본 논문은 과학기술정보통신부 한국건설기술연구원 연구운영비 지원(주요사업)사업으로 수행되었습니다(과제번호 20230182 -001, Smart QSE 기반 공중선 지중화 혁신기술 및 도로성능복원기술 개발).

*Corresponding Author : Hyun-Suk Park(Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology)
email: hysupark@kict.re.kr

Received July 6, 2023

Revised August 8, 2023

Accepted August 10, 2023

Published August 31, 2023

1. 서론

우리나라는 도로법 시행령 제79조 및 도로교통법 시행령 제22조에 근거하여 축 중량 10톤 총중량 40톤을 초과하거나 화물차량 제원 상 적재 허용 중량의 110퍼센트를 초과하는 차량은 과적차량으로 단속한다. 교량 등 시설물에 과도한 충격을 주어 시설물 붕괴를 초래하고 도로 포장을 파손시켜 다른 자동차의 손상이나 교통사고를 2차적으로 유발하며, 과적 시 차량의 무게중심이 위쪽으로 쏠려, 제동거리가 길어지고 전복이 쉬어 대형 사고를 유발하기 때문이다[1].

도로관리청은 고속국도 톨게이트 등에 지면에 닿는 축의 무게를 측정하는 저속 WIM(Weigh-In-Motion)을 설치하여 고정식 과적검문소를 운영하며 연 3만대 이상의 화물차량을 과적으로 적발하고 있다.

하지만, 근래 과적검문소 통과 시 차축을 모두 내려 정상통과 후 가변 축을 들어 과적하는 차량이 증가하고 있어 최근 언론보도 등에 ‘차축 조작 과적차량’에 의한 과적차량 단속불가 사회문제로 이슈화되고 있다[2].

유류비용 및 타이어 교체 비용의 절감을 위해 행해지는 이러한 불법 운행은 Fig. 1과 같은 기존 매설식 저속 WIM을 활용한 과적단속 방식의 허점을 이용해 회피하므로 단속이 불가하며, 본선에 설치하여 주행 중 과적차량을 검지하는 고속 WIM 방식도 기술도 신뢰도, 유지관리 문제 등으로 활용에 한계[1,3]가 있어, 차축 조작 과적차량을 단속할 수 있는 신뢰도 높은 비매설식 검지 기술 개발이 필요하다.

비매설식 단일 센서 기반으로 수집한 화물차 이미지예

시 화물차의 축 조작 여부를 검지하는 일부 기술은 실험적으로 연구[4]되었으나, 해당 화물차의 중량정보 수집 기술 부재로 축 조작에 기인한 과적 운행 여부를 판단할 수 없고 실제 과적 단속 현장에서 활용될 수 있는 다양한 환경 적응성과 높은 검지 정확도가 확보되지 않아 이를 개선하는 연구가 필요하다.

이에, 본 연구는 과적검문소 통과 후 도로 본선 주행로에서 화물차의 이미지를 단일 저조도 센서가 아닌 열화상 센서가 추가된 Hybrid 센서로 화물차의 차축 정보를 수집하고 AI기술로 차축 들림을 융합 검지하는 기술을 개발 설치하고, 과적검문소 계층 정보를 연계 비교하여 주행 중 과적여부를 검지하는 시스템을 개발하고자 한다.

본 연구의 흐름은 2장에서 기존 연구의 한계와 중복성을 고찰하고, 3장에서는 고찰 결과를 토대로 연구의 방향성을 설정하고 차축 조작 과적차량 검지 기술을 구성하는 2개의 세부 알고리즘을 개발하였으며, 4장에서는 개발된 각 알고리즘의 성능을 평가하고 5장에서 연구의 결론과 향후 연구를 제시하였다.

2. 기존 연구 고찰

한국도로공사[1]는 본선에서 고속 주행 시 차량의 무게를 측정할 수 있는 고속 WIM을 매설하여 과적 의심차량 통과 시 노측에 설치한 도로전광판으로 재 검측 검문소로 진입 유도하여 저속 WIM으로 정밀 계측하여 과적 판정하는 Fig. 2와 같은 시스템을 개발하였다.

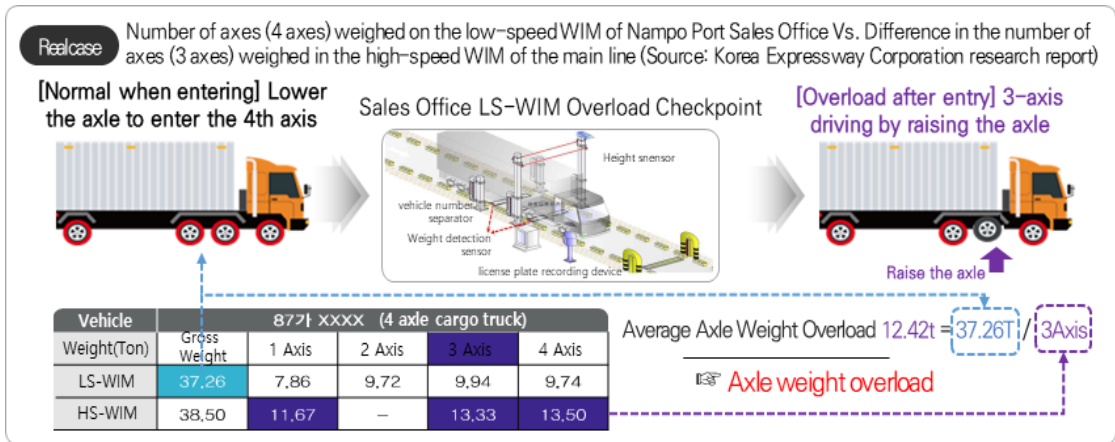


Fig. 1. Example of axle operation (lifting) overloaded vehicle[3]

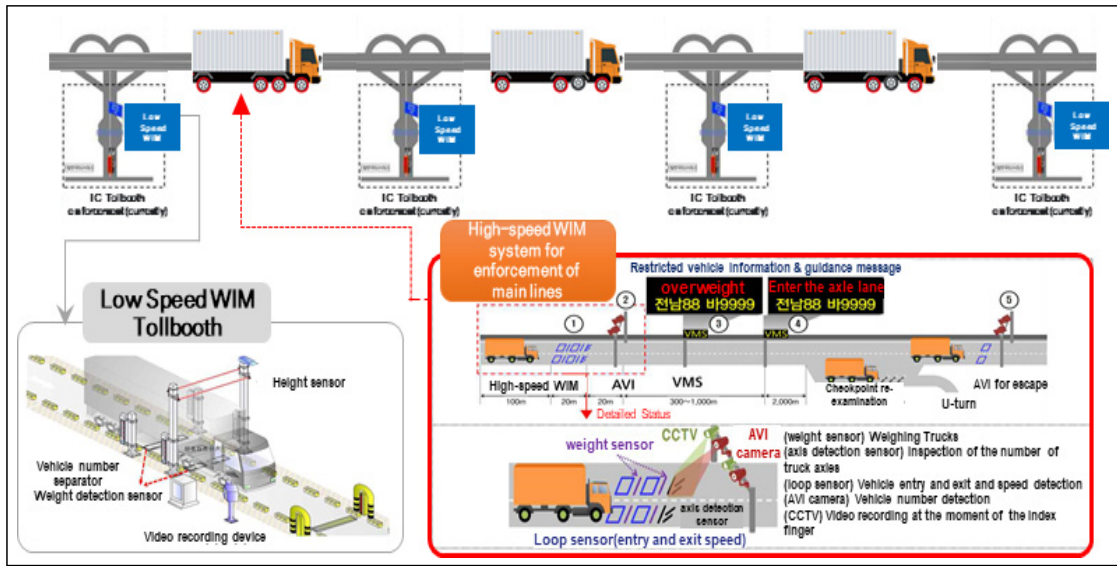


Fig. 2. Conceptual diagram of highway high-speed WIM overload control technology[1]

개발 시스템은 2008년~2018년까지 총 6회에 걸쳐 동해선(동 경주) 등 8개소에 설치 운영하였으나, 고속 WIM의 신뢰성 및 과도한 비용 문제와 별도의 재 검측 검문소 부지 운영에 대한 부담으로 시범 설치한 8개소 중 6개소가 철거되었다.

아울러, 이 기술은 본선 고속 WIM 통과 후 과적 의심 차량을 재 검측 검문소로 유도할 때 의심차량이 가변 축을 내릴 경우 차축 변경 물증을 확보할 수 없어 차축 조작 과적차량 검지에 한계가 있다.

한국도로공사[3]는 스마트톨링 시스템 도입에 따른 고속 무인 과적단속체계 구축 및 운영을 위한 법적, 제도적, 기술적 사항을 검토하는 연구도 진행하였다.

요금 징수 무인 고속화 시스템과 과적단속 시스템을 병행 운행하기 위해 본선 고속 WIM으로부터 선별된 차축 조작 과적 의심 차량을 고속도로 내 별도의 검문 공간에서 인력식 단속반이 정밀 계측하여 과적을 판정하므로 안전사고의 위험이 높고, 야간 및 악천 후 시 운영이 불가능한 단점이 존재한다.

에이치엠씨[5]는 고정식 검문소에서 영상 센서를 활용하여 타이어 눌림 정도로 직접 과적여부를 판단하고, 계측과정에서 축조작하여 과적단속을 피하는 차량을 검지하는 기술 개발하였다. 저속 주행 환경에서 과적여부를 판정하는 기술로 본선 주행로에서의 활용에 한계가 있다.

박현석[4]은 가변 축을 편법으로 조작하여 운행하는

과적차량을 단속하기 위한 요소기술로 비매설식 카메라로 주행 중인 화물차의 축 변화를 탐지하는 기술을 개발하였다. 이를 위해 촬영한 화물차의 옆면 이미지에서 Mask R-CNN을 활용하여 화물차의 타이어를 탐지하고 탐지된 좌우 타이어의 중심점을 연결하고 나머지 타이어 중심점과의 이격을 측정하여 축조작 상태를 판단하였다.

하지만, 이 기술은 차량의 계측정보 수집 기술 부재로 축 조작에 기인한 과적운행 여부를 검지하지 못해 단속 기술로 활용하지 못하는 한계가 있고, 다양한 기상환경에서의 성능이 확인되지 않았으며, 84.31%의 가변축 인식 성능으로 단속 현장 활용에 제약이 있다.

국의 기술로는, 미국 캘리포니아주 등에서 화물차 전용차로 및 검문소를 운영하며, 고속 WIM 센서로 본선 주행 중인 화물차를 계측하고 과적 의심차량 발생 시 카메라로 차량 정보를 촬영하여 인접 순찰대에 관련 정보를 통보하는 단속 기술을 개발하였다.

유럽의 독일, 네덜란드, 프랑스의 경우도 과적차량을 단속하기 위해 고속 WIM으로 과적 의심차량을 1차 선별하고 화상인식시스템으로 차량정보를 촬영하여 후방 경찰차량 내부 출력장치로 전달하고 2차 정밀 계측하여 과적을 확정 판정하는 유사한 기술을 개발하였다. 고속 WIM을 활용하는 기술의 특성상 신뢰성 한계, 별도의 재 검측 부지 운영 부담 문제가 존재한다[1].

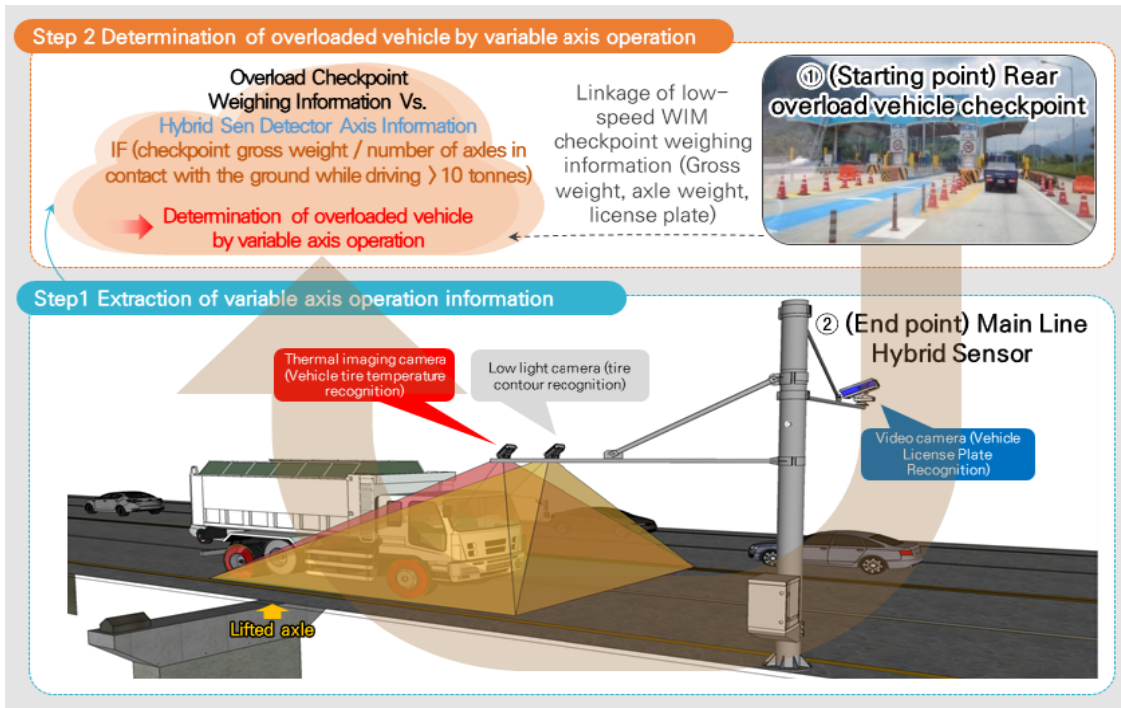


Fig. 3. Conceptual diagram of vehicle detection technology that is overloaded by manipulating the variable axis

3. 차축 조작 과적차량 검지 기술 개발

3.1 연구 방향성

본 연구는 기존의 부정확하고 차축 조작 물증확보가 불가능한 매설식 고속 WIM을 활용하지 않고, 재 검측 검문소 운영을 하지 않기 위하여 Fig. 3과 같이 과적 검문소 통과 후 본선에 비매설식 Hybrid(저조도+열화상) 센서를 설치하여 차축 이미지를 습득하고, 지면에 접촉된 차축 정보를 AI 기술로 융합 추출하여 후방 과적 검문소 계층정보와 비교함으로써 차축 조작 과적차량을 판정하는 기술을 개발한다.

이를 위해 본선에서 Hybrid(저조도+열화상) 센서로 차축 조작 정보를 추출하는 ‘차축 조작 정보 추출 융합 알고리즘’을 개발하고, 후방 과적검문소 정보와 비교하여 차축 조작 과적차량을 판정하는 ‘차축 조작 과적차량 판정 알고리즘’을 개발하는 2단계로 연구를 진행한다.

3.2 차축 조작 정보 추출 융합 알고리즘 개발

화물차량의 차축 조작 정보를 자동으로 추출하는 알고리즘 개발을 위해 우선, 차량의 측면 이미지를 저조도 카메라와 열화상 카메라로 습득하고 이미지 내 차량 바퀴

를 레이블링하여 딥러닝 네트워크에 학습하여 차축을 분류하는 차축 분류기를 개발한다.

개발에 활용한 딥러닝 네트워크는 화물차의 정확한 바퀴위치와 모양 인식이 가능하고 이미지 세그멘테이션 데이터 셋 제작이 가능한 R-CNN 계열 중 추론 속도가 향상된 MaskRCNN을 활용하였다[6].

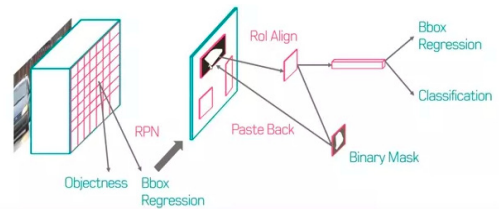
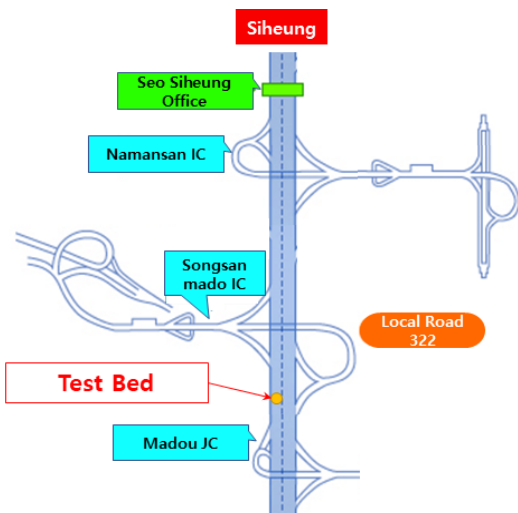
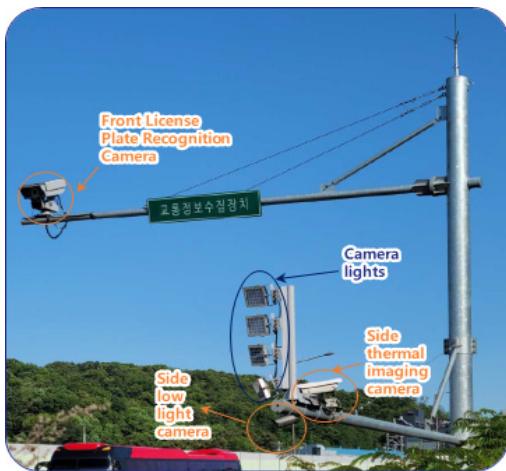


Fig. 4. Mask RCNN basic structure diagram

MaskRCNN 딥러닝 네트워크에 학습할 화물차 측면 이미지의 습득과 개발 기술의 현장 시범적용을 위해 Fig. 5와 같이 화물차 비율이 46%로 전국 최고인 제2서해안 고속도로 송산마도IC~마도JC 하행구간에 전면 번호판 정보 수집용 카메라와 화물차량 측면 이미지 정보 수집을 위한 Hybrid(저조도+열화상) 센서를 설치하여 테스트베드를 구현하였다.



(a) Selection of test bed for DB collection and technology application

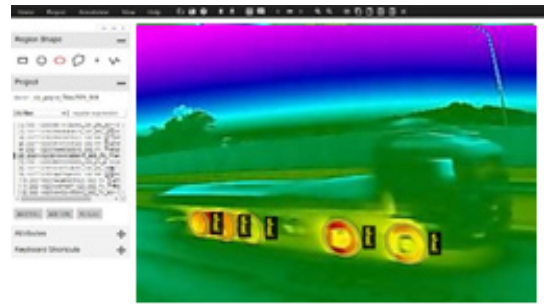


(b) Implementation of hybrid sensor system on test bed

Fig. 5. Implementation of test bed for DB collection and technology application



(a) Low light image labeling



(b) Thermal image labeling

Fig. 6. Low light and thermal camera image labeling screen

학습데이터로 활용할 저조도 및 열화상 이미지 약 4만 장을 테스트베드에서 Fig. 6과 같이 수집하고, 각 센서 이미지의 수집 취약 조건 등을 고려하여 저조도 이미지는 주간 시간대 위주로, 열화상 이미지는 야간 시간대 중심으로 학습 이미지를 선정하였고, 눈 또는 비 내림 이미지도 별도로 추가하여 총 13,380장을 레이블링 하였다.

레이블링한 이미지는 MaskRCNN 딥러닝 네트워크에 학습하여 Fig. 7과 같이 센서 수집 정보별로 차량 바퀴 이미지를 식별, 추출하는 차축 분류기를 개발하였다.

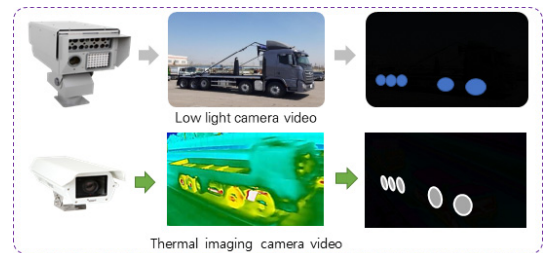


Fig. 7. Picture of vehicle wheel detection by CNN-based classifier

마지막으로, 차축 분류기로 분류된 바퀴는 센서별 이미지 종류에 따라 차축 조작 정보를 추출방식이 상이한데, 저조도 이미지의 경우 Fig. 8과 같이 양 끝단 바퀴의 중심점을 연결한 선분과 각 바퀴 중심점과의 이격 및 위치관계를 고려하고, 전·후 바퀴의 크기 왜곡을 보정하는 방식으로 차축 조작 여부 정보를 추출하는 기술을 개발하였다.

구체적으로는 검출된 첫 번째 바퀴와 마지막 바퀴의 중점을 연결하고 연결선과 나머지 바퀴의 중점 간 최단 거리를 계산하여 지정된 임계값 범위 이상인지, 바퀴 중점이 연결선 보다 상측에 위치하는지 등을 계산하여 차

축 조작 여부를 판단하는 기존 방식[4]에 추가적으로 촬영 위치에서 가까워서 크게 보이는 바퀴와 멀어서 작게 보이는 바퀴의 임계값을 바퀴의 크기에 비례하여 보정되도록 응용 개발하였다.

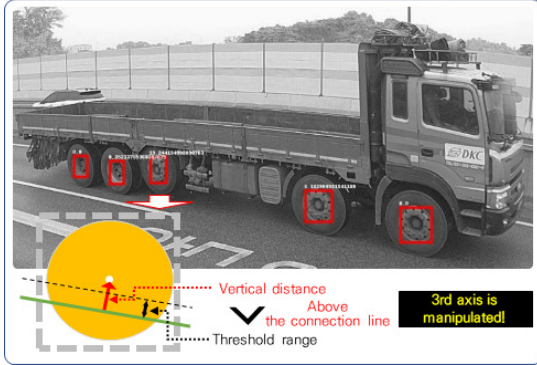


Fig. 8. Picture of extracting axle operation information from low-light images

열화상 이미지는 지면에 접촉한 바퀴와 접촉하지 않은 바퀴 간 온도 변화에 따른 색상 차이 활용하여 차축 조작 여부 정보를 추출하였다.

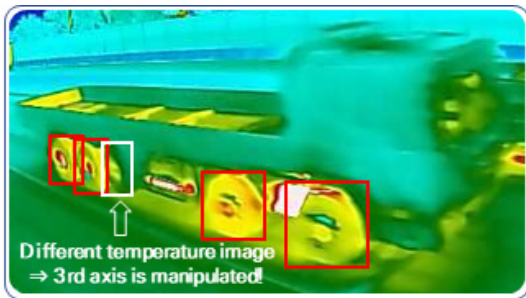


Fig. 9. Picture of extracting axle operation information from a thermal image

주행 차량의 경우 도로면과의 마찰로 인해 차량 타이어의 온도가 상승하므로 온도가 낮은 색상의 바퀴를 Fig. 9와 같이 차축 조작으로, 온도가 높은 색상의 바퀴를 지면에 접촉한 바퀴로 판단하였다.

다만, 센서 별 차축 조작 추출 정보가 상이한 경우 센서의 정보 수집시간대 등 조건에 따라 센서 별 가중치를 부여하여 최종 판정하였는데, 온도가 상승하여 열화상 이미지의 변별력이 저하되는 구간에는 저조도 이미지를 사용하여 추출한 방식에 가중치를 높이고, 빛 조건 악화로 저조도 이미지의 차량 식별력이 저하되는 심야 시간 등에는 열화상 이미지를 사용한 방식에 가중치를 높여

각 센서의 장점을 극대화하는 방식으로 Eq. (1)과 같이 차축 조작정보 융합 판정 로직을 구현하였다.

$$\begin{aligned}
 & \text{If 정보 수집 시간} = \text{Day,} \\
 & \text{then 저조도 이미지 기반 차축 조작 추출 결과} \\
 & = \text{차축 조작 판정 결과} \\
 & \text{else 열화상 이미지 기반 차축 조작 추출 결과} \\
 & = \text{차축 조작 판정 결과} \quad (1) \\
 & \text{Where, Day의 시간범위는 운전자 설정값임}
 \end{aligned}$$

3.3 차축 조작 과적차량 판정 알고리즘 개발

차축 조작 과적차량 판정은 Fig. 3과 같이 후방 본선에 설치한 Hybrid(저조도+열화상) 센서로 추출한 차축 조작정보와 전방 과적 검문소 계층정보를 비교함으로 차축 조작 과적차량을 판정하는 알고리즘을 구현하였다.

과적검문소에서 계층한 총중량을 Eq. (2)와 같이 본선 Hybrid 센서에서 추출한 지면에 접촉된 차량 바퀴수로 나눠 10톤이 초과하는 차량을 ‘차축 조작 과적차량’으로 판정하는 방식이다.

$$\begin{aligned}
 & \text{If 과적검문소 계층 총중량(ton)} \div \text{본선 Hybrid 센서} \\
 & \text{가 추출한 지면에 접촉된 차량바퀴 수} > 10\text{톤,} \\
 & \text{then ‘차축 조작 과적차량’} \\
 & \text{else ‘미 과적차량’} \quad (2) \\
 & \text{Where, 10톤은 도로법에 의한 축중량 과적 기준}
 \end{aligned}$$

차축 조작 과적 차량 판정을 위해서 후방 과적차량 검문소 수집 정보와 전방 Hybrid 센서 추출 정보의 매칭이 필요하여 Eq. (3)과 같이 과적검문소와 Hybrid 센서 설치 위치 간 이격 거리, 통행가능 속도 범위, 화물차 휴게 가능 시간 등으로 데이터 매칭 로직을 구현하였다.

$$\alpha + (\text{시·종점거리} \div 180\text{km/h}) < \beta < \alpha + (\text{시·종점거리} \div 5\text{km/h}) + 4\text{시간} \quad (3)$$

Where, α 는 과적차량 검문소 검지시간,
 β 는 차축 조작 검지기 검지시간,
 180km/h는 최고 평균 통행 속도,
 5km/h는 최저 평균 통행 속도,
 4시간은 화물차 휴게 가능 시간

4. 개발 기술 성능 평가

4.1 평가 방법

개발 기술의 성능 평가는 차축 조작 정보 추출 정확도와 차축 조작 과적차량 판정 정확도 항목으로 Fig. 5의 제2서해안고속도로 테스트베드에서 수행하였다.

차축 조작 정보 추출 정확도 평가는 테스트베드에 설치된 Hybrid 센서로 다음 4가지 상황에서 추출한 2,819대 차축 조작 정보와 차량 측면 저조도/열화상 이미지를 활용하여 조사원이 육안 판독한 결과(참값)를 비교하는 방식으로 수행하였다.

- ① 주간 정체 상황 검증 : 2022년 9월 28일 18시~19시, 714대 차량을 대상으로 검증 수행
- ② 주간 비정체 상황 검증 : 2022년 9월 28일 12시~13시, 937대 차량을 대상으로 검증 수행
- ③ 야간 상황 검증 : 2022년 9월 28일 0시~1시, 170대 차량을 대상으로 검증 수행
- ④ 기상악화(눈, 비) 상황 검증 : 2021년 11월 23일 12시~13시, 2022년 10월 3일 9시~10시, 998대 차량을 대상으로 검증 수행

차축 조작 과적차량 판정 정확도 평가는 2022년 10월 12일~14일 중 차축 조작 과적차량이 검출된 3시간 동안 통과한 2,558대 차량을 대상으로, 개발 기술이 산정한 차축 조작 과적차량 판정 정보와 후방 과적검문소(서시흥영업소, 남안산IC, 송산마도IC)에서 계중한 총중량값을 조사원이 저조도/열화상 이미지로 육안 판독한 지면에 접촉된 차량 바퀴수로 나눈 참값과 비교하는 방식으로 평가하였다.

Table 1. Overload Checkpoint-Hybrid Sensor Matching Data Outlier Removal Logic

Starting point	End point	Outlier removal condition
Seosiheung TG Pyeongtaek direction	Test Bed (Hybrid sensor)	Matching data is deleted when there is Namansan TG entry and Songsanmado TG entry information of the same vehicle within the driving time range of matching data
Namansan TG entry		Matching data is deleted when the same vehicle enters Seosiheung TG Siheung direction and Songsanmado TG entry information exists within the driving time range
Songsan mado TG entry		Matching data is deleted when there is information on Namansan TG entry and Seosiheung TG Siheung direction entry of the same vehicle within the driving time range

과적검문소 시스템 정보와 Hybrid 센서 수집 이미지 정보의 매칭은 2개 시스템이 모두 통과 차량의 번호판을 촬영·인식하므로 번호판 정보를 매칭 인자로 활용하여

수행하였다. 아울러, 과적검문소를 시점, Hybrid 센서를 중점으로 정보를 매칭 할 때에 시점 통과 후 중간 IC에 진출하여 화물을 내리고 재진입할 수 있는 경우의 수를 고려하여 Table 1과 같이 시점 통과 후 Hybrid 센서 도착 전 중간 IC에 진출입한 경우는 이상치로 제거하였다.

4.2 평가 결과

개발 기술의 성능 평가 결과 차축 조작 정보 추출 성능은 Table 2, Fig. 10과 같이 정체 시 94.1%, 비정체 시 96.4%, 야간 시 95.3%, 기상악화 시 95.8%로 나타나, 평균 95.5%의 성능을 보이는 것으로 결과 되었으며, 차축 조작 과적차량 판정 성능은 평가 대상인 2,558대(과적차량 3대, 비과적 차량 2,555대) 모두 Table 3과 같이 100%로 참값과 동일하게 분류하는 것으로 결과 되었다. 아울러, 성능 평가 과정을 통해 Fig. 11과 같이 과적검문소 통과 시 차축을 내려 정상 통과 후 분선 주행 시에 가변 축을 들어 과적 운행하는 사례를 확인할 수 있었다.

Table 2. Axle operation information extraction performance evaluation result

Division	Normal Environment		Night time	Weather Worse (snow, rain)	Total (or Average)
	Day time	Congestion			
Number of evaluation vehicles (vehicles)	714	937	170	998	2,819
Normal axle operation information extraction number(vehicles)	672	903	162	956	2,693
Axle operation information extraction reliability(%)	94.1%	96.4%	95.3%	95.8%	95.5%

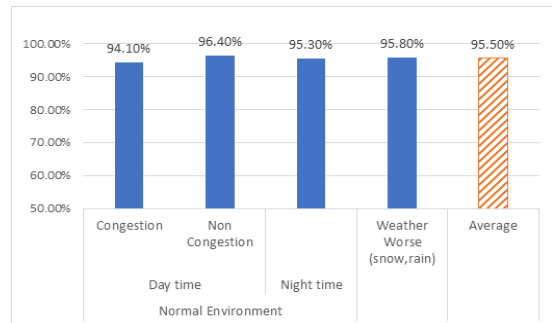


Fig. 10. Axle operation information extraction reliability

Table 3. Result of performance evaluation for judging an overloaded vehicle by manipulating a variable axis

Division	Result
Number of evaluation vehicles(vehicles)	2,558 vehicles (3 overloaded vehicles, non-overloaded vehicles 2,555)
The number of vehicles that accurately determined overloaded vehicles by manipulating the variable axis (vehicles)	2,558 vehicles (3 overloaded vehicles, non-overloaded vehicles 2,555)
Evaluation results	100.0%



Fig. 11. Checking the case of an overloaded vehicle through variable axis operation during performance evaluation

5. 결론 및 향후연구 과제

과적검문소 통과 시 차축을 모두 내려 정상통과 후 가변 축을 들어 기존 과적단속 방식을 회피하여 과적하는 차량을 검지하기 위하여 과적검문소 통과 후 본선에 비매설식 Hybrid(저조도+열화상) 센서를 설치하여 화물차의 차축 변경 이미지를 다중 습득하고, 딥러닝 네트워크에 학습시키는 방식으로 '차축 조작 정보 추출 융합 알고리즘'을 개발하고 다양한 교통 및 기상조건에서 성능을 평가한 결과 평균 95% 이상의 안정적인 차축 조작 정보 추출이 가능한 것으로 나타났다.

아울러, 후방 과적 검문소 계층 정보를 연계하여 과적 검문소에서 계층한 총중량을 본선에 설치한 Hybrid 센서로 추출한 지면에 접촉된 차량 바퀴수로 나눠 10톤을 초과하는 경우 '차축 조작 과적차량'으로 판정토록 구현하여 정상 판정 성능을 평가한 결과 100% 성능을 만족하는 것으로 결과 되었다. 다만, 이 평가는 판정 과정의 신뢰도만 측정된 평가로 지면에 접촉된 차량 바퀴 수 추

출은 정상임을 가정하여 이루어 졌으므로, 상기 '차축 조작 정보 추출' 알고리즘 성능이 95% 이상임을 감안하면, 실제 과적 검문소 통과 후 차축을 조작하여 과적하는 차량 검지 신뢰도는 약 95% 수준으로 분석된다.

또한, 평가과정을 통해 개발 기술의 필요성을 검증할 수 있었다. 상기 평가가 이루어진 테스트베드는 국내 화물차 비율이 가장 높은 제2서해안고속도로 송산마도IC~마도JC 하행구간인데, 차축 조작 과적차량 판정 정확도 평가가 이루어진 3일 동안 과적검문소 통과 후 차축을 들어(조작) 과적하는 차량이 일평균 1대 이상 통행하고 있는 것으로 나타나 개발 기술을 활용한 단속이 시급한 것으로 나타났다.

다양한 환경 조건에서도 안정적인 차축 조작 과적차량 검지가 가능한 개발 기술을 시급한 단속 현장에 적용할 경우 과적 차량 운행으로 유발되는 도로 포장 파손 및 대형 교통사고 예방에 기여할 수 있을 것이다.

향후 연구는 '차축 조작 정보 추출'을 위해 Hybrid 센서 촬영 시 하나의 화물차량이 온전히 촬영되도록 차량 옆면에 직각이 아닌 도로면으로 비스듬하게 촬영하였는데, 바퀴 이미지가 왜곡되는 현상 발생으로 개발 기술의 신뢰도가 저하되는 경우가 있어, 수집 이미지 왜곡을 최소화하는 이미지 수집 방법 및 왜곡된 이미지를 보정하여 신뢰도를 향상시키는 연구를 수행할 계획이다. 아울러, 개발 기술 도입에 따른 기존 기술 대비 경제성을 평가하여 개발 기술 도입의 타당성을 평가하는 연구도 수행할 계획이다.

References

- [1] J. Y. Kim, J. K. Kim, S. G. Woo, A Study on the development of road infrastructure innovation technology for future environment change, Final Report, Korea Agency for Infrastructure Technology Advancement, Korea, pp.1-17
- [2] SBS News, From shaft manipulation to illegal modification...The 'overload trick' that is happening, 2019, https://news.sbs.co.kr/news/endPage.do?news_id=N1005159979&plink=SEARCH&cooper=SBSNEWSSEARCH, (accessed March, 2023)
- [3] S. M. Kwon, Y. H. Choi, D. N. Kim, Technical Improvement and application of overload vehicle enforcement system for smart-tolling expressway, Final Report, Korea Expressway Corporation Road Traffic Research Institute, Korea, pp.40-42, 136-142
- [4] H. S. Park, Y. S. Cho, Y. N. Kim, J. P. Kim, "Development

of Mask-RCNN based Axle Control Violation Detection Method for Enforcement on Overload Trucks”, *The Journal of the Korea Institute of Intelligent Transport Systems*, Vol.21, No.5, pp57-66, Oct. 2022.
DOI: <https://doi.org/10.12815/kits.2022.21.5.57>

- [5] HMC Co., Ltd., Video-based axis manipulation enforcement system, Korea Expressway Corporation, Final Report, Korea Agency for Infrastructure Technology Advancement, Korea, pp.48-49
- [6] He, K., Gkioxari, G., Dollár, P. and Girshick, R., “Mask r-cnn”, *Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision*, pp.2961-2969, Oct. 2017.
DOI: <https://doi.org/10.1109/ICCV.2017.322>

박 현 석(Hyun-Suk Park)

[정회원]



- 1997년 2월 : 인천대학교 일반대학원 토목공학과 (토목공학석사)
- 2016년 2월 : 서울시립대학교 일반대학원 교통공학과 (교통공학박사)
- 1999년 8월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 수석연구원

<관심분야>

교통공학, ITS