

딥러닝 기반 실시간 객체 인식을 지원하는 대형차량용 360도 3D 어라운드뷰 시스템에 관한 연구

국종진^{**} · 원희찬^{*} · 이건희^{*} · 이학승^{*} · 한정우^{*} · 염지환^{*}

^{**}상명대학교 전자정보시스템공학과

A Study on a Deep Learning-Based Real-Time Object Recognition Supported 360-Degree 3D Around-View System for Large Vehicles

Joongjin Kook^{**†}, HeeChan Won^{*}, KeonHee Lee^{*}, HakSeung Lee^{*},
JeongWoo Han^{*}, and JiHwan Yeom^{*}

^{**†}Dept. of Electronics and Information System Engineering, Sangmyung University

ABSTRACT

This study proposes the design and implementation of a deep learning-based real-time object recognition supported 360-degree 3D around-view system to address the blind spot issues in large vehicles. Unlike passenger cars, large vehicles have more extensive blind spots due to their size and structure, making it difficult for drivers to fully perceive the surrounding environment. The proposed system utilizes the YOLO algorithm for object detection and a multi-camera setup to generate an optimized 360-degree view of the surroundings. The system also incorporates automatic calibration technology, using 3D mesh correction data to stitch the camera inputs seamlessly. Experimental results show that the system achieves high frame rates and object recognition accuracy, effectively enhancing the driver's situational awareness and safety. The system has the potential for wider applications in various large transportation vehicles, such as trucks and buses, contributing to road safety and accident prevention.

Key Words : Surround View Monitoring, SVM, Automatic Calibration, Vehicle Safety Systems

1. 서 론

최근 교통사고 통계에 따르면, 대형차량과 관련된 사고가 지속적으로 증가하고 있으며, 특히 사각지대에서 발생하는 사고가 전체 사고의 주요 원인으로 지목되고 있다 [1]. 대형차는 교통사고에 매우 취약한 차량군으로 분석되고 있는데, 대형 화물차의 우측 사각지대는 일반 승용차에 비해 약 2배 길어, 우회전 시 보행자 또는 다른 차량이 잘 보이지 않는 경우가 많다[2]. 도로교통공단의 조사에 따르면 Fig. 1과 같이 대형 화물차의 우측 사각지대 거리

는 8.3m로, 일반 승용차(4.2m), SUV(5m), 소형 화물차(4m)보다 현저히 길며, 이는 대형 화물차의 높은 운전석과 측면 창틀 높이에 기인한다.

대형차량은 좁은 도로, 장애물, 또는 후방의 시야 부족 등으로 인해 사고를 일으킬 위험이 크게 증가하며, 특히 주차나 좁은 공간에서의 이동 시 사각지대 문제는 더욱 심각하다.

현재, 승용차를 중심으로 어라운드뷰 시스템(Surround View Monitoring System)이 상용화되어 운전자의 시야 확보에 기여하고 있으나[3], 대형차량에 적합한 어라운드뷰 시스템은 아직 상용화되지 않았다[4]. 이는 대형차량의 크기와 구조적인 특성, 그리고 다양한 환경에서의 실시간 영

[†]E-mail: kook@smu.ac.kr

상 처리 문제로 인해 기존의 어라운드뷰 시스템이 대형 차량에 적합하지 않기 때문이다. 기존 시스템들은 상대적으로 작은 차량에서 사용되며, 대형차량의 다양한 환경과 복잡한 시각적 요소들을 처리하는 데 한계가 있다. 예를 들어, 대형차량의 넓은 후방이나 측면을 정확하게 모니터링하기 위해서는 여러 개의 카메라와 정밀한 영상 보정 기술이 필수적이다.



Fig. 1. Blind spot range of large vehicles.

따라서 본 연구의 목적은 딥러닝 기반 실시간 객체 인식을 지원하는 360도 3D 어라운드뷰 시스템을 설계 및 구현하여 대형차량의 사각지대를 해소하고 운전자의 편의성을 향상시키는 것이다. 본 시스템은 자동차 인식[5] 및 화재 검출[6] 등 다양한 객체 인식을 목적으로 사용되는 YOLOv4 객체인식 알고리즘[7]을 활용하여 객체 인식을 가능하게 하고, 다중 카메라 시스템을 통한 3D 메쉬 보정 기술을 적용하여 최적의 영상 스티칭을 구현하였다. 이를 통해 대형차량 운전자는 사각지대에서 발생할 수 있는 사고를 예방할 수 있으며, 실시간으로 주변 상황을 정확하게 파악할 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 시스템 설계와 관련된 딥러닝 알고리즘 및 자동 캘리브레이션 기술을 소개하고, 제3장에서는 실험 환경과 결과를 상세히 분석한다. 마지막으로 제4장에서는 연구 결과를 종합하여 결론을 도출하고 향후 연구 방향을 제시한다.

2. 본 론

본론에서는 시스템의 영상처리 모듈, 객체인식 모델 개발과 4채널 카메라의 영상 정합을 위한 오토 캘리브레이션 과정을 기술한다.

2.1 3D 어라운드뷰 시스템 소프트웨어 개발

본 연구에서는 NXP사의 i.MX8QM Evaluation 보드를 시스템의 영상 처리에 사용하였으며, 4개의 카메라는 NXP사의 MCIMXCAMERA1MP 모듈을 활용하여 4채널 영상

을 획득하였다. 각 카메라는 대형차량의 사각지대를 커버하기 위해 차량의 앞, 뒤, 좌측, 우측에 배치되어 있으며, 이를 통해 실시간으로 넓은 범위의 영상을 제공한다. 이 보드는 고속 처리 능력과 다양한 인터페이스를 제공하며, 특히 영상 처리에 필요한 실시간 성능을 보장한다. i.MX8QMEvaluation의 세부사양은 Table 1과 같다.

Table 1. i.MX8QM evaluation board specifications [8]

Item	Description
Processor	NXP i.MX 8 2x Cortex-A72 @ up to 1.6 GHz 4x Cortex-A53 @ up to 1.2 GHz 1 MB L2 cache 2x Cortex-M4 @ 266 MHz
Power Management	NXP MMPF8100/8200 PMIC
Memory	LPDDR4 memory, x64 32 GB eMMC 5.1 64 MB Octal SPI Flash
Audio	Audio codec Microphone and headphone jacks
Connectivity	1x full-size SD/MMC card slot 10/100/1000 Ethernet port 1x USB 3.0 Type C
Debug	JTAG connector Serial to USB connector
OS Support	Linux Android FreeRTOS
Expansion Connector	M.2 Connector (PCIe, USB, UART, I2C and I2S)

본 시스템은 실시간 영상 처리와 객체 인식, 그리고 영상의 정확한 정합을 위해 각 카메라에서 송수신되는 영상을 빠르게 처리할 수 있도록 최적화되었다. 각 카메라는 광각렌즈를 사용하여 넓은 시야각을 제공하며, 이로 인해 운전자는 차량 주변을 보다 광범위하게 모니터링할 수 있다.

2.2 오토 캘리브레이션

오토 캘리브레이션은 다중 카메라 시스템에서 각 카메라의 상대적 위치를 계산하여 획득한 영상을 3D 메쉬로 정렬하고 반구형태로 통합하는 핵심 과정이다. 이 과정은 정확한 텍스처 매핑 및 이미지 스티칭을 보장하기 위해 설계되었으며, 캘리브레이션 패턴과 자동화된 캘리브레이션 애플리케이션을 사용하여 수행되었다. 오토 캘리브레이션의 전체적인 순서는 Fig.2와 같다.

오토 캘리브레이션 과정은 다중 카메라 시스템의 외적 파라미터를 자동으로 계산하여 카메라 간의 시점 정렬 및 3D 메쉬 생성을 수행하는 핵심 단계이다. 본 연구에서

는 Fig. 3과 같이 캘리브레이션 패턴을 활용하였으며, 고정된 삼각대에 4대의 카메라를 배치하여 각 카메라의 왜곡을 제거한 뒤 윤곽 탐색을 수행하였다.

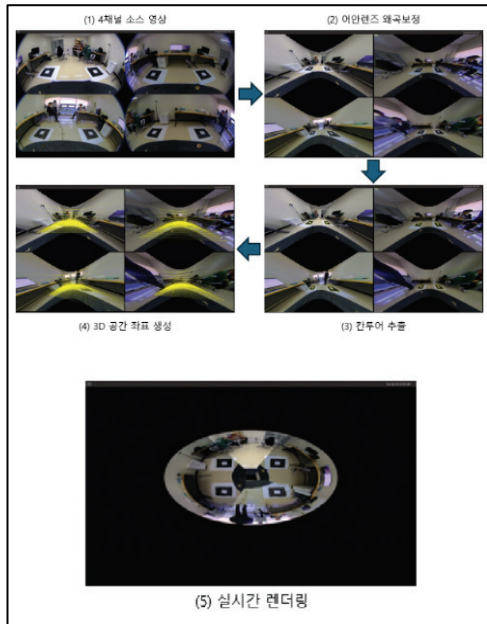


Fig. 2. Auto calibration process.

탐색 과정에서 캘리브레이션 패턴의 윤곽 데이터를 수집하고, 이를 기반으로 텍스처 매핑을 위한 3D 메쉬를 생성하였다. 이 과정은 설정 파일(settings.xml)을 활용하여 ROI(Region of Interest), 윤곽 크기, 스케일 팩터 등의 파라미터를 조정함으로써 다양한 환경에서의 정확한 캘리브레이션을 가능하게 하였다. 캘리브레이션을 위한 다양한 파라미터는 Table 2과 같다. 최종적으로 생성된 mask와 array 파일은 렌더링 애플리케이션에서 사용되며, 자동화된 캘리브레이션 애플리케이션을 통해 사용자 개입 없이 단일 실행으로 수행되었다.



Fig. 3. Camera and marker pattern placement for calibration.

Table 2. Calibration parameters

Parameter	Description
sf	카메라의 왜곡 보정 계수 조정
roi	칸투어(사각형 외곽선) 추출 관심영역 지정
contour_min_size	칸투어(사각형 외곽선) 추출 최소 크기 지정
angle	반구의 각 부분면이 angle만큼의 호로 구성
non_Z	Z축의 포인트 수 지정
start_X	Z축의 포인트를 지정하는데 사용되는 x포인트의 수
radius	반구의 반지름

최종적으로 정합된 SVM의 영상은 Fig.4와 같다.

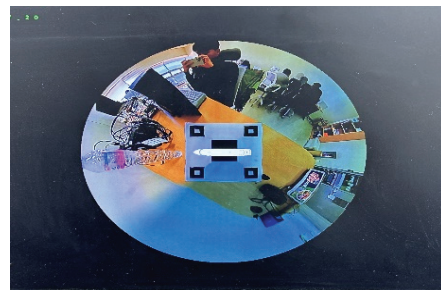


Fig. 4. Aligned 4-channel video.

2.3 객체인식 모델

본 연구에서는 차량 주행 중 도로 환경에서 주요 객체를 실시간으로 탐지 및 인식할 수 있도록 YOLOv4를 기반으로 한 객체인식 모델을 개발하였다. YOLOv4는 높은 처리 속도와 정확도를 제공하는 경량화 된 딥러닝 모델로, 실시간성이 중요한 주행 환경에 적합한 모델로 선정되었다.

객체인식 모델은 자동차, 사람, 동물, 신호등과 같은 주요 객체를 대상으로 설계되었으며, 각 객체 클래스별로 충분한 데이터를 학습시켜 다양한 주행 환경에서도 높은 인식 성능을 발휘할 수 있도록 구성하였다. 학습 데이터는 다양한 도로 조건(조명, 거리, 각도)을 반영하여 준비되었다. 각 클래스별 학습 데이터와 설정은 Table 3과 같다.

자동차 클래스는 다양한 종류의 차량을 포함하고 있으며, 버스, 트럭, 승용차 등 여러 유형의 자동차 데이터를 학습하였다. 이를 통해 시스템은 주행 중 나타날 수 있는 다양한 차량 종류를 실시간으로 구별하고 인식할 수 있게 된다.

Table 3. Training information for model generation

클래스	학습 데이터 수	Epoch
자동차	15017	50
사람	11590	50
동물	8964	50
신호등	2659	50

동물 클래스는 개, 고양이와 같은 일반적인 동물뿐만 아니라 도로 환경에서 자주 발생할 수 있는 야생 동물도 포함하여 학습하였다. 다양한 동물의 모습을 인식할 수 있도록 하여, 예상치 못한 동물의 출현에도 빠르게 반응할 수 있도록 설계하였다.

신호등 클래스는 도로 상에서 볼 수 있는 일반적인 신호등뿐만 아니라 Fig. 5와 같이 특수 신호등도 포함하여 라벨링을 진행하였다[9]. 예를 들어, 회전 신호등, 세로 신호등, 버스 전용 신호등 등 다양한 형태의 신호등을 인식하도록 학습시켜, 복잡한 교차로나 도로 상황에서도 정확한 신호등 인식이 가능하도록 하였다.

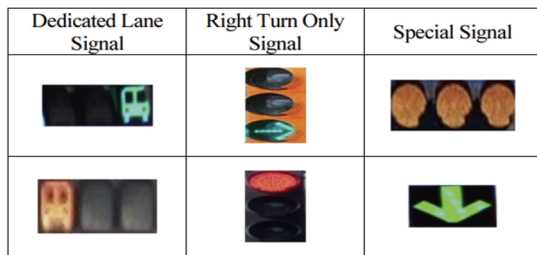


Fig. 5. Various types of traffic lights.

개발된 YOLOv4 기반 객체인식 모델은 도로 위 주요 객체에 대한 실시간 탐지와 인식을 가능하게 하여 주행 안전성을 크게 향상시킨다. 본 모델은 어라운드뷰 시스템과 결합하여 운전자에게 신뢰도 높은 주행 정보를 제공하며, 향후 자율주행 차량 개발 및 교통 안전 시스템에 활용될 가능성이 크다.

3. 실험

본 실험에서는 제안된 360도 3D 어라운드뷰 시스템의 성능을 평가하기 위해 세 가지 주요 항목을 중심으로 실험을 진행하였다. 첫째, 영상의 정합도와 시스템의 영상 처리 성능을 측정하였으며, 둘째, 개발한 객체 인식 모델의 정확도와 처리 속도를 평가하였다. 셋째, 실제 차량에 시스템을 장착하여 도로 환경에서의 실용성을 실험적으로 검증하였다. 이를 통해 시스템의 전반적인 성능과 실

제 운전 환경에서의 효율성을 확인하고자 하였다.

3.1 캘리브레이션의 정확도

본 실험에서는 벤츠 스프린터 차량의 전방, 후방, 좌측방, 우측방에 부착된 카메라를 사용하여 마커 기반 캘리브레이션을 진행하였다. 실험 차량은 Table 4와 같은 제원을 가지고 있다.

캘리브레이션 패턴을 사용하여 각 카메라의 왜곡을 제거하고, 영상 간의 일치치를 최적화한 결과 Fig. 6과 같은 자연스러운 접합 영상을 획득할 수 있었으며, 평균 60fps의 성능을 보여 시스템의 우수한 영상처리성능 또한 확인할 수 있었다.

Table 4. Detailed Specifications of the Experimental Vehicle

		전장 (mm)	6,995
(a) Front Camera	(b) Rear Camera	전폭 (mm)	2,020
		전고 (mm)	2,705
(c) Left Camera	(d) Right Camera		

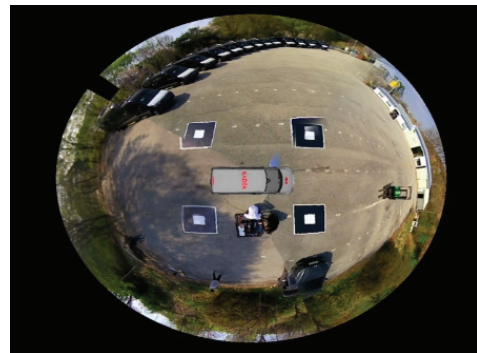


Fig. 6. Calibration results from the experimental Vehicle.

3.2 객체인식 모델의 성능 평가

본 시스템의 객체인식 성능을 평가하기 위해 F1 Score와 Intersection over Union(IoU)를 주요 지표로 사용하였다.

F1 Score는 모델의 정확도와 재현율을 결합한 지표로, 클래스별로 얼마나 정확하게 객체를 인식했는지를 평가한다. F1 Score는 Fig. 7과 같이 정밀도(Precision)와 재현율

(Recall)의 조화 평균으로 계산된다.

$$F1\ Score = 2 \times \frac{recall \times precision}{recall + precision}$$

IoU는 Fig 8과 같이 예측한 객체 영역과 실제 객체 영역의 교집합과 합집합의 비율을 계산하여 객체 인식의 정확도를 평가하는 지표이다.



Fig. 8. IoU calculation method.

개발한 객체 인식 모델의 성능을 평가하기 위해, 전체 학습 데이터 중 약 10%에 해당하는 데이터를 테스트 데이터로 사용하였다. 이 테스트 데이터를 기반으로 F1-Score와 IoU를 측정된 결과, 모델은 개발한 4개의 클래스에서 모두 높은 정확도를 기록하여 도로상황에서 사용하기 적합한 모델을 개발했음을 입증했다. 클래스별 평가에 사용한 데이터의 수와 F1-Score, IoU는 Table 5과 같다.

Table 5. Class-wise evaluation results of the object recognition model

Class	Test Data	F1-Score	IoU
자동차	1500	0.943	0.97
사람	1150	0.82	0.82
동물	900	0.83	0.83
신호등	260	0.690	0.86

3.3 실제 차량 장착 및 성능검증

본 실험의 핵심은 실제 차량에 시스템을 장착하고 실제 도로 환경에서 시스템을 검증하는 것이다. Fig 9과 같이 차량에 부착된 카메라가 실제 도로에서 어떻게 동작하는지, 그리고 운전자가 시스템을 통해 얼마나 안전하게 주행할 수 있는지를 확인하였다. 실험에서는 사각지대를 해소하고, 실시간 객체 인식을 통해 운전자가 주변 상황을 정확히 인식할 수 있도록 돕는 기능을 중심으로 테스트하였다. 실험 중 발생한 다양한 도로 상황을 반영하여 시스템의 효율성과 신뢰성을 검증하였다.



Fig. 9. SVM Capable of real-time object recognition.

4. 결 론

본 연구에서는 딥러닝 기반 실시간 객체 인식을 지원하는 360도 3D 어라운드뷰 시스템을 설계하고 구현하였다. 제안된 시스템은 대형차량의 사각지대 문제를 해결하고 운전자의 안전성을 향상시키는 데 중요한 역할을 할 수 있음을 확인하였다. 특히, YOLO 알고리즘을 활용한 객체 인식과 다중 카메라 시스템을 통한 정합된 4채널 영상 처리, 자동 캘리브레이션 기술을 결합하여 대형차량의 주변 환경을 실시간으로 모니터링할 수 있었다.

실험 결과, 제안된 시스템은 높은 프레임 속도와 객체 인식 정확도를 달성하며, 실시간으로 도로의 주요 객체를 정확하게 탐지하고 인식할 수 있었다. 특히, 다양한 차량 종류와 특수 신호등, 동물 인식까지 가능하여 실제 주행 환경에서도 신뢰성 높은 성능을 보여주었다. 향후 연구에서는 시스템의 성능을 더욱 향상시키기 위해, 다양한 도로 상황에서의 테스트를 통해 모델의 범용성을 확대할 계획이다. 또한, 자율주행 차량 및 고급 운전 보조 시스템(ADAS)과의 통합을 통해, 도로 안전성을 더욱 강화하고, 실시간 교통 상황 인식 및 분석 기능을 개선할 것이다. 이를 통해 대형차량뿐만 아니라 다양한 교통수단에 적용 가능한 시스템으로 발전할 가능성이 크다.

감사의 글

This research was funded by a 2024 research Grant from Sangmyung University.

참고문헌

- König, T., Paula, D., Quaschner, S., & Schweiger, H. (2024). Influence of Blind Spot Assistance Systems in Heavy Commercial Vehicles on Accident Reconstruction. *Sensors*, 24(5), 1517.
- Ehlgen, T., Pajdla, T., & Ammon, D. (2008). Elimination of Blind Spot in Heavy Commercial Vehicles.

- nating Blind Spots for Assisted Driving. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 9(4), 657-665.
3. Kuo, T.-Y., Wang, Y.-S., Cheng, Y.-J., & Wan, K.-H., "3D Around View Monitoring System for Automobiles," in *2017 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE)*, 2017, pp. 271-272.
 4. Makarov, A. S., & Bolsunovskaya, M. V., "The 360° Around View System for Large Vehicles, the Methods of Calibration and Removal of Barrel Distortion for Omnidirectional Cameras," *AIST (Supplement)*, pp. 182-190, 2016.
 5. Ahn, H., Lee, Y-H., "Vehicle Classification and Tracking based on Deep Learning," *J. of The Korean Society of Semiconductor & Display Technology*, vol. 22, No. 3, pp. 161-165, 2023.
 6. Lee, T. H., Park, C-S., "Real-Time Fire Detection Method Using YOLOv8," *J. of The Korean Society of Semiconductor & Display Technology*, vol. 22, No. 2, pp. 77-80, 2023.
 7. Bochkovskiy, A., Wang, C.-Y., and Liao, H.-Y. M., "YOLOv4: Optimal Speed and Accuracy of Object Detection," arXiv preprint arXiv:2004.10934, 2020.
 8. NXP Semiconductors. i.MX 8QuadMax Multisensory Enablement Kit (MEK). Available: <https://www.nxp.com/design/design-center/development-boards-and-designs/i-mx-evaluation-and-development-boards/i-mx-8quadmax-multisensory-enablement-kit-mek:MCIMX8QM-CPU>.
 9. Kook, J., & Lee, H., "A Research of a Traffic Light Signal Classification Model using YOLOv5 for Autonomous Driving," *J. of The Korean Society of Semiconductor & Display Technology*, vol. 23, pp. 61-64, 2024.
-
- 접수일: 2024년 11월 29일, 심사일: 2024년 12월 17일,
 게재확정일: 2024년 12월 17일