인공지능 기반 다중 채널 영상 분석을 활용한 대형 차량 사각지대 위험도 예측 시스템

황종철
*큐랩
e-mail:tory0405@cuelab.kr

A Risk Prediction System for Large Vehicle Blind Spots Based on AI-based Multi-Channel Image Analysis

Jong-Cheol Hwang*
*CueLab Inc.

요 약

본 논문에서는 대형 차량의 구조적 특성으로 인해 발생하는 사각지대 사고 문제를 해결하기 위한 위험도 예측 시스템 설계를 제안한다. 기존의 ADAS나 SVM은 높은 비용 및 기능적 한계로 인해 대형 차량 애프터마켓 적용이 어렵다. 이를 해결하기 위해, 설치가 용이하고 비용 효율적인 On-Device 기반의 인공지능 시스템을 설계하였다. 제안된 시스템은 다중 채널 카메라를 활용하여 차량 주변 360도 전방위 영상을 실시간으로 분석한다. 특히, 딥러닝 기반 위험도 예측 모델을 통해 어린이, 노약자 등 교통약자(VRU:Vulnerable Road User)를 식별하고 위험 상황을 예측한다. 또한, 현실 데이터 수집의 한계를 극복하기 위한 3D 합성 데이터 생성 방안을 제시한다.

1. 서론

최근 어린이 보호구역 안전 강화 및 교차로 우회전 시 일시정지 의무화 등 교통사고 예방을 위한 관련 제도가 강화되고 있다. 그러나 버스, 트럭 등 대형 차량에 의한 교통약자의 사고는 여전히 심각한 사회적 문제로 남아있다. 이는 대형 차량의 구조적 특성상 운전자가 인지하기 어려운 넓은 사각지대가 존재하기 때문이다.

기존의 첨단 운전자 보조 시스템(ADAS)은 고급 차량 중심의 빌트인(Built-in) 방식으로 제공되어 비용이 높고, 서라운드 뷰 모니터(SVM)는 주로 주정차 보조 역할에 집중되어 있어 실제 주행 환경에서의 사각지대 사고 예방에는 한계가 있다[1]. 또한, 단순 센서 기반의 감지 시스템은 보행자의 돌발 행동이나 복잡한 도로 환경을 능동적으로 인지하기 어렵다[3].

이에 따라, 주변 차량 및 보행자를 정확히 판별하고 위험 상황을 예측할 수 있는 고도화된 영상 분석 시스템이 요구되고 있다[4]. 특히, 기존의 승합 및 특수/화물 차량의 애프터마켓에 적용 가능하도록 설치가 용이하고 합리적인 비용의 On-Device 기반 인공지능(AI) 감지 기술에 대한 필요성이 증대되고 있다.

본 논문에서는 대형 차량의 사각지대 사고를 예방하기 위해, 다중 채널 영상을 입력받아 On-Device AI로 분석하는 지능형 위험도 예측 시스템의 설계를 제안한다. 이 시스템은 차량 전방위 감지와 인공지능 기반 위험도 예측을 통해 운전자에게 능동적인 안전 경고를 제공하는 것을 목표로 한다.

2. 관련 연구 및 기술 동향

차량 안전 기술은 센서를 이용해 사각지대를 인지하는 BSD(Blind Spot Detection), 주정차 시 카메라를 이용하는 SVM 등을 중심으로 발전해 왔다. 초기에는 적외선 센서를 활용하여 사각지대 내 물체를 감지하는 방식이 연구되었으나[3], 이후 다수의 카메라 영상을 합성하여 넓은 시야를 확보하는 파노라마 영상 생성 기술이 제안되었다[2].

최근에는 딥러닝 기술의 발전으로 카메라 영상을 기반으로 실시간 객체 인식을 수행하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히 자율주행 환경에서 SSD(Single Shot Multibox Detector)와 같은 알고리즘을 활용하여 사각지대 객체를 검출하는 연구[4]나, 대형차량에 특화된 3D 어라운드뷰 시스템에 딥러닝을 결합하는 연구[1] 등은 기존 센서 기반 시스템보다 높은 인식률과 실시간성을 보여준다.

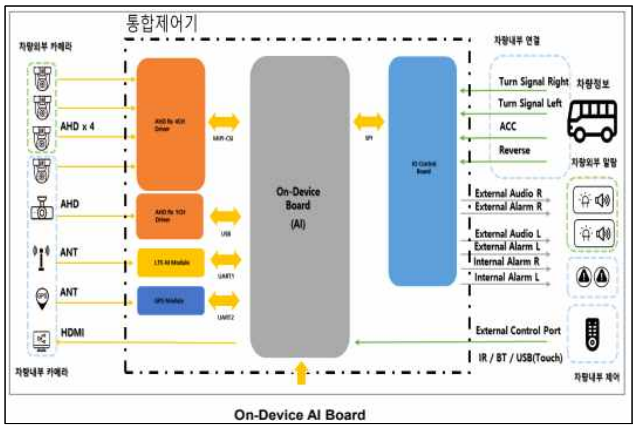
따라서, 본 논문에서는 기존 기술들이 특정 센서나 단순 영상 분석에 의존하는 한계를 극복하고, 다중 채널 영상 통합 분석 및 On-Device AI 기술을 통해 경제성과 성능을 모두 만족하는 시스템을 개발하고자 한다.

3. 사각지대 위험 감지 시스템 설계

본 연구에서 제안하는 위험도 예측 시스템은 On-Device AI 기반 통합 제어기와 인공지능 위험도 예측 모델로 구성된다.

3.1 On-Device AI 기반 통합 제어기

시스템의 핵심인 통합 제어기는 [그림 1]과 같이 고성능 AI 연산이 가능한 On-Device 보드를 중심으로 설계된다. 이 제어기는 차량 외부에 설치된 다중 채널 카메라(예: AHD x 4)로부터 고해상도 영상을 실시간으로 입력받는다. 입력된 영상은 MIPI-CSI 인터페이스 등을 통해 보드로 전달되어 360도 전방위 감지를 위해 통합적으로 처리된다.



[그림 1] On-Device AI 통합 제어기 구성도

또한, GPS 모듈을 탑재하여 위치 정보를 수집하며, 차량 내부 시스템(I/O Control Board)과 SPI 통신 등으로 연결되어 방향지시등(Turn Signal), ACC, 후진(Reverse) 등 차량 상태 정보를 실시간으로 수집한다. 이러한 차량 정보는 영상 분석 결과와 결합되어 위험도 판단의 중요 변수로 활용된다. 분석된 위험 상황은 차량 내부 디스플레이(예: HDMI 출력) 및 알람(Audio/Alarm) 장치를 통해 운전자에게 즉각적으로 전달된다.

[그림 2]과 같이, 본 시스템은 차량의 전 방위를 감시할 수 있도록 설계되었으며, 특히 대형 차량 애프터마켓 적용을 고려하여 버스, 화물차 등 다양한 차종에 설치가 용이하도록 전용 브래킷(Bracket) 설계를 포함한다.

[그림 2] 차량 전 방위 360도 영상 감지

3.2 인공지능 기반 위험도 예측 모델

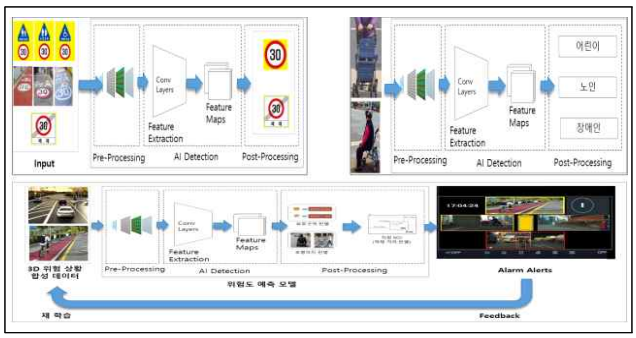
위험도 예측 모델은 입력된 다중 채널 영상 데이터를 기반으로 보행자 및 주변 환경을 분석하여 사고 위험을 예측한다모델은 [그림 3]와 같이 전처리(Pre-Processing), AI 감지(AI Detection), 후처리(Post-Processing)의 파이프라인으로 구성된다.

3.2.1 객체 및 교통약자 판별

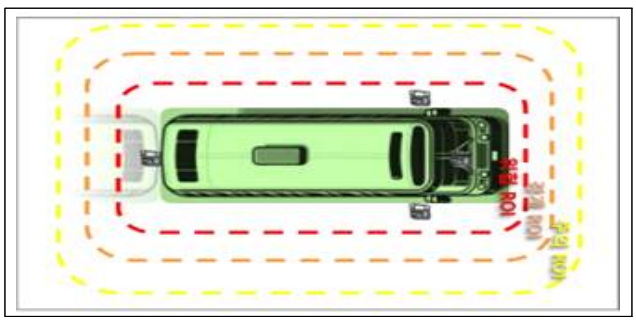
AI Detection 단계에서는 딥러닝(Convolutional Neural Network 기반)을 활용한 특징 추출(Feature Extraction)을 통해 영상 내 객체를 식별한다. 특히, 일반 보행자뿐만 아니라 어린이, 노인, 장애인 등 교통약자(VRU)를 구분하여 판별하는 것을 목표로 한다. 또한, 속도제한 표지판 등 도로 환경 정보를 인식하여 보호구역 여부를 판단하고, 이를 위험도 가중치로 활용한다.

3.2.2 위험도 예측 및 ROI 설정

Post-Processing 단계에서는 판별된 객체의 위치, 거리, 이동 방향 등을 분석하여 최종 위험도를 결정한다. 이를 위해 [그림 4]와 같이 차량 주변에 경계 ROI(Region of Interest)와 위험 ROI를 동적으로 설정하고, 객체의 접근 수준에 따라 위험도를 단계별로 판단하여 차등화된 알람(Alarm Alerts)을 제공한다. 모델의 강건성 확보를 위해 3D 합성 데이터를 활용한 재학습(Feedback) 구조를 포함한다.



[그림 3] 인공지능 기반 위험도 예측 모델 구조



[그림 4] 위험도 판단을 위한 ROI 설정 개념

4. 학습 데이터셋 구축 전략

인공지능 모델의 성능은 학습 데이터의 품질과 다양성에 좌우된다. 본 시스템 개발을 위해 다양한 환경을 포괄하는 데이터셋

구축이 필수적이다. 데이터셋은 [표 1]의 차량 뷰 포인트, 배경 환경, 감지 객체 요소를 고려하고 [그림 5]과 같이 위험 상황별 시나리오로 구성한다.

[표 1] 학습 데이터셋 구성 요소

구분	세부 항목
차량 뷰 포인트	원거리/근거리 전방, 좌측, 우측, 후방
배경 환경	어린이/노인/장애인 보호구역, 이면도로, 교차로
감지 객체	승용차, 트럭, 버스, 오토바이, 자전거, 보행자, 교통약자(어린이, 노인, 장애인), 속도제한 표지판/바닥 표시

[그림 5] 위험 상황별 시나리오

특히, [그림 6]과 같이 실제 도로 환경에서 수집하기 어려운 야간 데이터나 예외적인 위험 상황(사고 직전 상황 등) 데이터를 확보하기 위해 3D 기반 합성 데이터(Synthetic Data) 생성 기술을 적극 활용한다. 이는 데이터 수집 비용을 절감하고, 현실에서 발생 빈도가 낮은 시나리오에 대한 모델의 대응력을 높이는 데 기여할 것이다.

[그림 6] 야간 데이터 및 3D 기반 합성 데이터

5. 결론 및 기대효과

본 논문은 대형 차량의 사각지대 사고 예방을 목적으로 다중 채널 영상 분석과 On-Device AI 기술을 결합한 위험도 예측 시스템의 설계를 제안하였다. 제안된 시스템은 360도 영상 감지, 딥러닝 기반 교통약자 식별 및 위험도 예측 기능을 포함하며, 데이터 부족 문제 해결을 위해 3D 합성 데이터 활용 전략을 채택하였다.

기술적 측면에서는 보행자 감지 및 사고 예방에 특화된 객체 검출 알고리즘 개발로 지능형 교통안전 기술(ITS)의 발전을 촉진하고, On-Device 기반 인공지능 장치 기술의 상용화를 가속화할 것으로 기대된다. 특히 합성 데이터 생성 기술 기반의 개발 성과는 향후 유사 분야 연구의 적용 범위를 확대할 수 있다.

경제적, 산업적 측면에서는 버스, 트럭 등 대형차량을 대상으로 하는 애프터마켓 시장의 활성화가 예상되며, 생활 밀착형 인공지능 기술 개발로 신규 시장을 개척할 수 있다.

참고문헌

[1] 국중진, 원희찬, 이건희, 이학승, 한정우, 염지환, "딥러닝 기반 실시간 객체 인식을 지원하는 대형차량용 360도 3D 어라운드뷰 시스템에 관한 연구", 반도체디스플레이기술학회지, 제23권 4호, pp. 161-166, 12월, 2024년.

[2] 박민우, 이석준, 장경호, 정순기, 윤팔주, "사각지대 파노라마 영상생성을 위한 시뮬레이션", 2006 한국컴퓨터종합학술대회 논문집, Vol. 33, No. 1(B), pp. 292-294, 2006년.

[3] 윤문영, 김세훈, 손민혁, 윤득선, 부광석, 김흥섭, "차량용 사각지대 감지시스템의 개발", 한국자동차공학회논문집(Transactions of KSAE), Vol. 17, No. 2, pp. 34-41, 2009년.

[4] 이선영, 김민구, 김정하, "카메라를 활용한 딥러닝 기반 자율주행자동차의 사각 지대 객체 검출 및 경고 시스템에 관한 연구", 2018 KSAE 학술대회 논문집, pp. 615-619, 2018년.권 1호, pp. 45-52, 1월, 1999년.