

운전자 및 동승자 머리 자세 추정 및 딥러닝을 이용한 교통사고 모니터링 시스템

이 유 진*, 김 종 석*, 윤 완 규*, 유 상 조^o

Q-Traffic Accident Monitoring System

Using Passenger Head Pose Estimation and Deep Learning

Yu-Jin Lee*, Jong-Seok Kim*, Wan-Kyu Yun*, Sang-Jo Yoo^o

요 약

기존의 차량 긴급구난체계 서비스의 경우 사고 위치 및 발생 시간과 같은 사고에 대한 정보는 정확히 제공되지만, 환자의 상태에 대한 정보가 부족하여 정확한 응급조치를 하기 어렵다는 단점이 있다. 본 논문에서는 교통사고 발생 시 블랙박스 내부 영상과 제안된 객체 인지 알고리즘을 구현한 응용시스템을 통해 사고상황을 비교적 정확히 감지하고, 실시간으로 탑승자의 부상과 관련된 정보를 제공하는 시스템을 제안한다. 본 시스템에서는 사고상황을 정확히 파악하기 위해 YOLO를 이용하여 사고의 형태를 구분한다. 사고로 판단될 경우, 머리 자세 추정 기법과 HSV(Hue Saturation Value) 컬러 모델을 이용하여 탑승자의 부상 정도와 출혈 여부 등의 상태를 파악해 관련 정보를 수집한 후, 탑승자의 휴대폰과 연동된 어플리케이션을 이용하여 긴급 구조기관에 전송한다. 실제 사고 영상을 기반으로 한 성능 평가를 통해 제안된 시스템이 95%의 정확도로 사고를 감지하고, 목격임 정도 및 출혈 등과 관련된 환자의 상태는 76~95%의 정확도를 갖는 것을 보였다. 본 논문에서 제안하는 시스템을 통해 사고의 여부, 탑승자의 피해 상태를 미리 파악하여 적절한 응급조치를 통해 인명 피해를 줄일 수 있을 것이다.

Key Words : Car Accident Detection, Deep Learning, YOLO, Head Pose Estimation, HSV

ABSTRACT

The existing emergency rescue service generally provide information about the accident, such as the location and time of the accident, but it is difficult to take emergency measures due to insufficient information on the patient's conditions. In this paper, we propose a system that detects the accident situation more accurately through the proposed application system that uses the images of the black box and deep learning based accident recognition algorithm, and provides detailed information related to the injuries of the occupants in real time. In this system, the type of accidents is classified using YOLO to accurately grasp the accident situation. If it is judged as an accident, the head posture estimation technique and HSV(Hue Saturation Value) color model are used to determine the level of injury and bleeding of the occupant and then all related information is sent to the remote server of the emergency rescue agency using the application linked to the occupant's

* 본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 대학ICT연구센터육성지원사업의 연구결과로 수행되었음 (IITP-2021-0-02052). 이 논문은 2020년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (2020R1F1A1053006)

• First Author : Inha University Department of Electrical and Computer Engineering, leeyoujin225@naver.com, 학생회원

o Corresponding Author : Inha University Department of Information and Communication Engineering, sjyoo@inha.ac.kr, 종신회원

* Inha University Department of Electrical and Computer Engineering

논문번호 : 202104-088-D-RN, Received April 20, 2021; Revised July 23, 2021; Accepted August 3, 2021

mobile phone. Through performance evaluation based on actual accident images, it was shown that the proposed system detects accidents with 95% accuracy, and the patient's condition related to neck breaks and bleeding has an accuracy of 76-95%. Through the system proposed in this paper, we can reduce human casualties through appropriate emergency measures by identifying the accident status and the damage status of the occupants in advance.

I. 서 론

현재 국내에는 수많은 교통사고가 발생하고 있다. 특히 우리나라는 OECD 국가 중 자동차 1만 대당 교통사고로 인한 사망자가 세 번째로 많이 발생하는 나라이다. 따라서, 교통사고로 인한 인명 피해를 줄이기 위해 많은 연구가 진행되고 있다¹⁾. 이는 교통사고 발생 전과 후에 대한 연구로 나뉜다.

교통사고 발생 전 인명 피해를 줄이기 위해, 컴퓨터 비전 분야의 객체 인식 기술을 활용하여 교통사고 예방을 위한 연구가 진행되고 있다. 첫 번째로, Kim은 PIR(passive infrared) 센서와 차량 외부의 카메라로 정보를 수집하여, 객체 인식 알고리즘을 이용한 안전 시스템을 제안하였다²⁾. 이는 저속 주행 차량에서 사물 인식 기술을 활용하여, 보행자를 인식하고 이에 대한 정보를 운전자에게 제공함으로써 교통사고 예방을 돕는 시스템이다. 두 번째로, Kim은 V2I(Vehicle to Infra) 시스템을 활용하여 교통사고 발생률을 줄이는 시스템을 제안하였다³⁾. 차량 자체 카메라를 통해 인식하기 어려운 환경에 대한 정보를 CCTV(Closed Circuit Television)와 같은 인프라 기기를 통해 확보하고, 차량과 인프라 간의 통신인 V2I를 활용하여 돌발 상황에 차량에 알림을 주는 시스템이다.

교통사고 발생 후 인명 피해를 줄이기 위한 연구로 차량 긴급구난체계(e-call) 시스템이 있다. 이는 차량 운행 중 발생한 교통사고를 자동으로 감지하고, 사고 발생 시각 및 위치 등 사고 관련 정보를 전송하여 음성통화를 통해 사고상황을 정확히 파악하는 시스템이다⁴⁾. 정확한 사고 파악을 통해 인명 피해를 줄일 수 있어서 러시아와 유럽에서는 차량 긴급구난체계 단말기 장착을 의무화하고 있으며, 미국과 캐나다는 차량 긴급구난체계 서비스를 제공하고 있다⁵⁾. 국내에서는 단말기 장착을 의무화하지는 않지만, 차량 긴급구난체계에 대한 서비스를 제공하고 있다. 첫 번째로, 현대자동차의 “블루링크” 서비스는 교통사고 발생 시 에어백 전개 신호가 블루링크의 긴급 구난 센터에 전송된다. 또한, 차량 내장 전화로 탑승자가 부상으로 인해 연락을 취하기 어려운 상황에서도 자동으로 긴급

구난 센터와 연락이 가능하다⁶⁾. 두 번째로, 로프의 “바톤 SOS”는 다양한 센서가 포함된 디바이스를 차량에 추가로 부착하여, 사고 발생 시 기울기 변화와 회전 값 변화를 감지한다. 급격한 변화를 감지하면, SMS를 통해 자동으로 구조 센터에 연락하여 교통사고에 대한 정보를 전달한다⁷⁾. 세 번째로, ETRI의 “긴급 구난 서비스용 단말”은 차량 내부에 장착된 센서들을 통해 충격 감지, 기울기 변화, 비취별 회전 상황 등의 정보를 수집하여 사고 여부를 판단하고 사고 위치, 탑승객의 수, 사고 차량의 유종 등을 사고에 대한 정보를 긴급 구조기관에 제공한다⁸⁾.

기존 연구들은 교통사고 발생을 예방하거나, 교통사고 발생 후 사고 관련 정보를 수집 및 전송하여 긴급 구조기관의 빠른 출동을 돕는다. 특히, 교통사고 발생 후 인명 피해를 줄이기 위한 연구인 블루링크, 바톤 SOS, 긴급 구난 서비스용 단말의 경우, 충격 감지 센서 및 기울기 센서 등 다양한 센서를 이용하여 사고 관련 정보를 수집한다. 하지만, 해당 센서들을 통해 환자 상태 관련 정보는 수집되지 않는다. 따라서, 사고 발생 시 긴급 구조기관에 자동으로 전화를 연결해주는 기능을 통해 환자와 직접 통화를 하여 환자 상태를 파악해야 한다. 이는 환자의 상태를 정확히 파악할 수 있다는 장점이 있지만, 큰 사고가 나서 탑승자가 의식을 잃었을 때는 환자의 상태를 전혀 파악할 수 없다는 단점이 있다. 실제로 환자가 의식을 잃을 정도로 큰 사고가 사망 사고로 직결되는 경우가 많아, 교통사고로 인한 인명 피해를 줄이기 위해서는 환자와의 통화 없이 환자 상태를 파악해야 한다. 또한, 교통사고로 인한 사망자는 부적절한 응급조치나 환자의 상태에 맞지 않는 병원에 이송해 발생하기 때문에 긴급 구조기관의 정확한 환자 상태 파악이 중요하다⁹⁾.

따라서, 본 논문에서는 교통사고 발생 후 인명 피해를 줄이기 위해 새로운 차량 긴급구난체계 시스템을 제안한다. 이 시스템은 교통사고 발생 시 사고 관련 정보뿐만 아니라 환자 상태 정보를 수집하여 환자가 의식을 잃었을 때도 환자 상태를 파악할 수 있도록 한다. 또한, 수집된 정보를 긴급 구조기관에 제공하여 정확한 응급 처치와 적절한 병원 이송을 돕는다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저, 2장에서는 본 논문에서 제안하는 시스템 모델과 해당 모델에서 사용되는 기술인 YOLOv3, 머리 자세 추정 기법, HSV 컬러 모델을 소개한다. 3장에서는 본 논문에서 제안하는 시스템의 구조를 YOLOv3를 이용한 사고 감지, 머리 자세 추정 기법 및 HSV 컬러 모델을 이용한 환자 상태 분석, 데이터 처리 및 전송으로 나누고 각 세부 구조를 설명한다. 4장에서는 실제 영상을 이용한 시스템의 성능 평가 및 분석을 하고, 마지막으로 5장에서 결론을 내린다.

II. 시스템 모델 및 관련 기술

본 장에서는 본 논문에서 제안하는 차량 긴급구난 체계 시스템 모델 및 관련 기술을 설명한다. 제안하는 시스템 모델의 전체적인 구조는 그림 1과 같이 크게 ‘사고 감지’, ‘환자 상태 분석’, ‘데이터 처리 및 전송’ 단계로 나뉜다.

‘사고 감지’ 단계에서는 입력 영상 이미지를 기반

으로 YOLO 알고리즘을 사용하여 교통사고의 여부를 판단한다. 사고가 발생하지 않았을 경우, 영상의 다음 프레임을 받아 다시 교통사고 여부를 판단한다. 사고가 발생하였을 경우, ‘환자 상태 분석’ 단계로 넘어간다. ‘환자 상태 분석’ 단계에서는 머리 자세 추정 기법과 HSV 컬러 모델을 이용한 출혈량 분석을 통해 환자의 상태를 파악하고 데이터를 추출한다. ‘데이터 처리 및 전송’ 단계에서는 사고 정보와 환자 상태 정보를 통합하여 핸드폰 애플리케이션을 통해 긴급 구조 기관에 전송한다.

2.1 YOLO(You Only Look Once)

본 논문에서 제안하는 시스템에서 사고 감지 판단을 위해 YOLOv3 알고리즘을 사용한다. YOLO 알고리즘은 합성곱 신경망(CNN: Convolutional Neural Network)을 사용하는 딥러닝 기반 객체 검출 기법이다. 또한, 객체에 대한 영역 검출 및 분류를 동시에 수행하여 실시간으로 객체를 탐지한다. 그림 2는 YOLO 모델의 네트워크 구조이며, 총 24개의 컨볼루션 계층

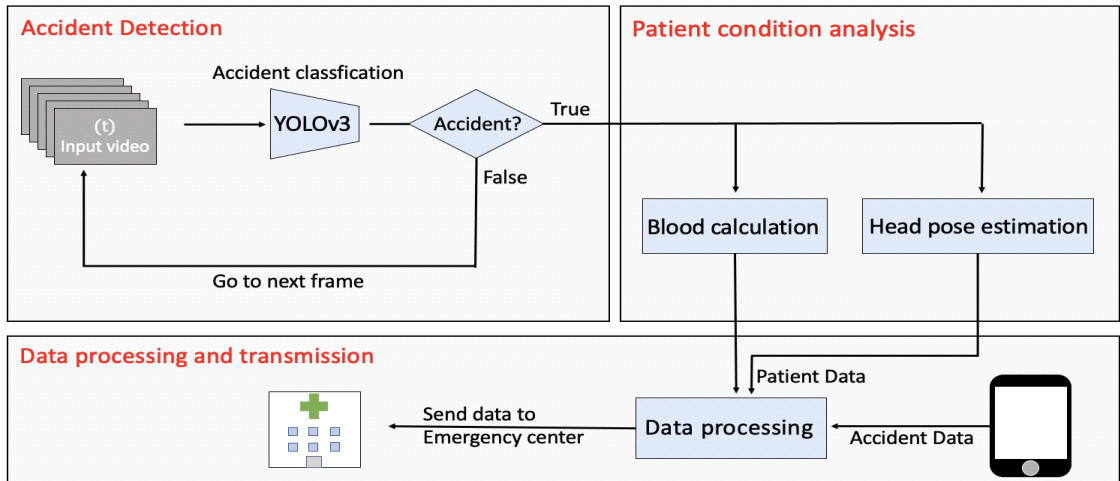


그림 1. 제안된 긴급구난체계 서비스 시스템 모델
Fig. 1. The proposed emergency-call(e-call) system model

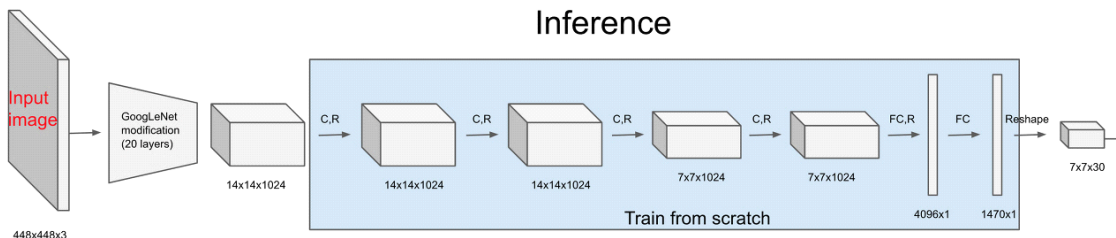


그림 2. YOLO(You Look Only Once) 모델
Fig. 2. Model of YOLO

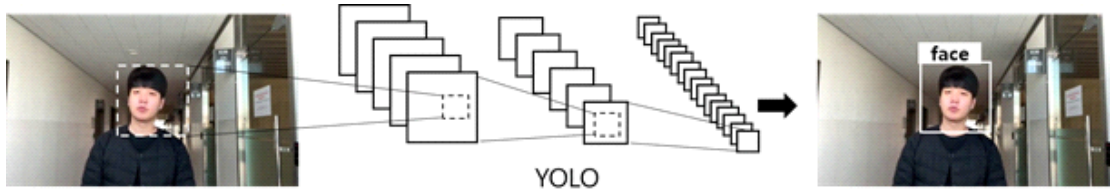


그림 3. YOLO의 동작 과정
Fig. 3. The process of YOLO

과 2개의 전결합 계층으로 구성되어 있다¹⁰⁾. YOLO 알고리즘은 그림 3과 같이 입력으로 이미지를 받고, 출력으로는 객체의 위치와 객체에 대한 분류를 출력한다. 또한, 한 장의 이미지를 여러 영역으로 나누고, 각 영역 안 이미지에 대한 객체 확률과 바운딩 박스(bounding box) 영역을 나눈 신뢰도(confidence)를 이용하여 신뢰 점수(confidence score)를 구한다. 신뢰 점수가 높은 바운딩 박스를 예측하여 객체의 위치와 분류를 동시에 검출한다.

YOLOv2 알고리즘은 기존의 YOLO 알고리즘에 배치 정규화(batch normalization), 고해상도 분류기(high resolution classifier), 앵커 박스(anchor box), 차원 클러스터(dimension cluster), 특징점(feature map) 합치기와 같은 방법을 추가해 YOLO 알고리즘의 처리 속도 및 정확도를 높인다.

YOLOv3 알고리즘은 YOLOv2 알고리즘과 같은 기법들을 활용하지만, 정확도 향상을 위해 기존의 모델보다 더 깊은 Darknet-53 모델을 사용한다. 또한, 다양한 크기의 특징점을 이용한 바운딩 박스 예측, 분류 시에 소프트맥스(softmax) 방법이 아닌 시그모이드(sigmoid) 방법을 활용한 분류 방식들을 사용해 정확도를 높인다¹¹⁾.

2.2 머리 자세 추정(Head pose estimation)

본 논문에서 제안하는 시스템은 환자의 증상을 파악하기 위해 비디오 이미지를 기반으로 머리 자세 추정 기법을 사용한다. 이 기법은 그림 4(a)와 같이 얼굴 특징점 검출(facial landmark detector)을 통해 2차원의 얼굴 이미지의 특징점들의 좌표를 추출한다. 이후, solvePnP(solve Perspective-n-Point) 알고리즘을 사용하여 특징점들의 좌표를 기반으로 정확한 3차원 얼굴 모델링을 하지 않고 머리의 각도, 위치를 구한다. solvePnP 알고리즘은 특징점을 기반으로 3차원 공간상의 좌표인 월드 좌표계(world coordinates)를 형성한다. 월드 좌표계를 통해 3차원 모델링의 얼굴을 기반으로, 얼굴의 회전이나 변형을 고려해서 해당 이미

지를 촬영한 카메라의 위치인 카메라 좌표계(camera coordinates)를 구한다. 마지막으로, 카메라 좌표계를 이용하여 월드 좌표계를 2차원의 이미지에 투영시킨다¹²⁾. 얼굴 이미지의 특징점 및 solvePnP 알고리즘을 활용하여 그림 4(b)와 같이 얼굴의 모습이 나타난 2차원의 이미지를 3차원의 이미지 카메라 좌표로 나타낸다. 이 좌표를 통해 각도를 구하여 머리 자세를 추정한다.

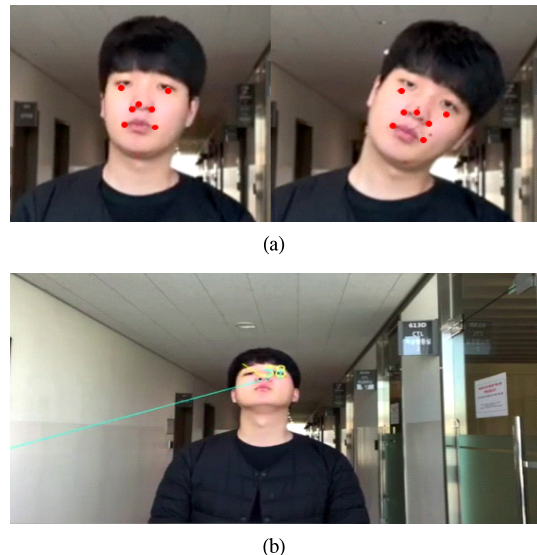


그림 4. 얼굴 특징점을 활용한 머리 자세 추정 (a) 얼굴 특징점 추출 (b) 특징점을 활용한 얼굴 방향 추정
Fig. 4. Head pose estimation methods using facial landmark (a) Extract facial landmark (b) Find axis of face using facial landmark

2.3 HSV(Hue Saturation Value) 컬러 모델

본 논문에서 제안하는 시스템에서는 환자의 상태를 보다 정밀하게 파악하기 위해 비디오 이미지를 기반으로 환자의 출혈량을 파악한다. 출혈량 파악을 위해서 그림 5와 같은 HSV 컬러 모델을 사용한다. HSV 컬러 모델은 기존의 RGB 컬러 모델에 채도와 명도 좌표를 추가하여, 비교적 높은 색상의 표현이 가능한

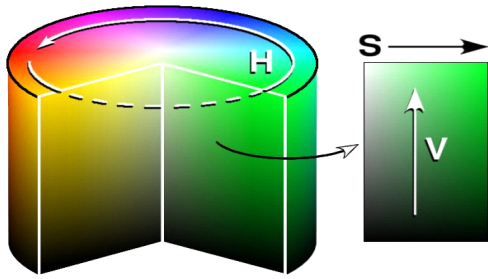


그림 5. HSV 컬러 모델
Fig. 5. HSV color Model

컬러 모델이다. HSV 색 체계는 인식 시스템에 적합하여 다양한 컴퓨터 비전 응용 프로그램에 널리 사용된다. 또한, 조도나 노이즈가 많은 환경에서도 높은 검출률을 보이기 때문에 영상 처리의 특정 객체 검출이나 피부 검출에 많이 사용된다¹³⁾. 특히 색상의 채도와 명도를 파악할 수 있어 신체 및 출혈 인식에 많이 사용된다¹⁴⁾.

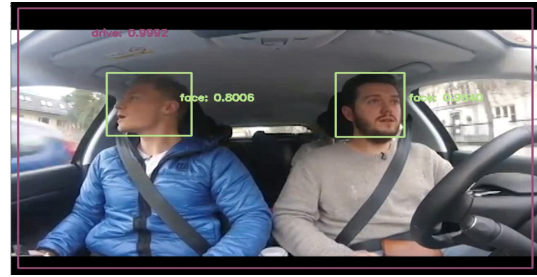
III. 운전자 및 동승자 머리 자세 추정 및 딥러닝을 이용한 교통사고 모니터링 시스템

본 장에서는 제안하는 차량 긴급구난체계 시스템에 대해 자세히 설명한다. 제안하는 시스템의 구조를 사고 감지 시스템, 환자 상태 분석 시스템, 데이터 처리 및 전송 시스템으로 나누고 각 세부 구조를 설명한다. 그림 1과 같이 제안하는 시스템은 차량 내부의 블랙박스를 이용한 비디오 이미지를 이용하여 사고 여부를 판단한다. 사고로 판단이 되면, 사고 영상을 기반으로 환자의 상태를 파악하기 위해 머리 자세를 추정하고, 출혈량을 파악한다. 수집된 데이터를 처리하여 환자의 상태를 구분하고 긴급구난체계 서비스에 사고의 발생 위치, 환자의 상태와 같은 긴급 정보들을 전송한다.

3.1 YOLOv3를 이용한 사고 여부 감지 시스템

본 장에서는 YOLOv3 알고리즘을 통해 사고 여부를 감지하는 시스템에 관해 설명한다. 차량 내부를 촬영하는 블랙박스 영상을 기반으로 사고 감지를 진행하며, 이후 상태 파악 및 데이터 처리 과정에서도 마찬가지로 해당 비디오 이미지를 활용한다.

YOLOv3 알고리즘을 이용한 사고 감지 여부는 그림 6과 같이 얼굴로 인식되는 객체의 분류를 통해 운



(a)



(b)

그림 6. YOLOv3를 사용한 바운딩 박스 및 사고 감지 (a) 운전 상태 (b) 사고 상태
Fig. 6. Context aware and finding facial bounding box using YOLO (a) drive state (b) accident state

전 상태와 사고 상태를 감지한다. 사고 상태를 감지하기 위해서 비디오 촬영 시 이미지 노출도에 따라 이미지가 번지는 잔상 효과를 이용한다. 일반적인 운전 상태의 이미지에서는 카메라 노출 정도에 따른 변화가 적기 때문에 잔상이 발생하지 않는다. 방지턱 혹은 비포장도로의 경우에도 자동차 사고와 같은 큰 잔상 효과가 발생하지 않기 때문에 이와 같은 상태들을 모은 객체 분류 이미지를 운전 상태로 분류한다. 반대로 사고가 발생했을 때는 카메라가 노출되는 시간 동안에 발생하는 움직임이 많기 때문에 잔상 효과가 많이 나타난다. 이러한 경우를 사고 상태로 객체를 분류한다.

사고 감지 여부 시스템에서는 실시간으로 영상의 이미지를 받아 사고를 판단하기 위해 YOLOv3 모델을 사용한다. 사고 판단을 통해 운전 상태로 객체가 분류된 경우, 계속해서 다음 이미지를 판단한다. 만약 심한 잔상으로 인해 YOLOv3 모델이 객체를 사고 상태로 판단하였을 경우 환자의 상태를 파악한다.

3.2 머리 자세 추정 기법 및 HSV 컬러 모델을 활용한 환자 상태 분석 시스템

본 장에서는 머리 자세 추정 기법 및 HSV 컬러 모델을 사용해 환자의 상태를 분석한다. 3.1장에서 설명한 사고 여부 감지 시스템을 통해 현재 차량의 상태를 사고로 분류하게 되면 환자 상태 시스템을 통해 환자

의 상태를 분석한다. 환자의 상태를 분석하기 위해서 YOLOv3 모델을 사용하여 환자의 얼굴 객체의 바운딩 박스를 추출한다. 현재 이미지의 바운딩 박스 내부에 있는 탑승자의 얼굴 이미지를 이용하여 머리 자세 추정 및 출혈량 분석을 한다. 또한, 사고 전후의 이미지를 비교해가며 정확한 환자 상태 분석을 한다.

3.2.1 머리 자세 추정 기법을 이용한 편타성 손상 정도 분석

교통사고의 사망 원인 중 하나는 사고 발생 시 차량과 탑승자에게 가해지는 심한 진동으로 인한 편타성 손상이다. 편타성 손상이란 충돌로 인해 몸이 앞뒤로 꺾이면서 목 근육과 인대 손상이 발생하는 현상이다.

본 논문에서 제안하는 시스템은 머리 자세 추정 기법을 통해 사고 전후 탑승자의 머리 위치 및 회전 각도를 측정하여, 편타성 손상 정도를 파악한다. 머리 자세 추정 기법을 사용하기 위해서는 2.2장에서 설명한 바와 같이 얼굴 객체를 식별하여 특징점을 추출해야 한다. 이를 위해 YOLOv3 알고리즘을 활용하여 얼굴 객체의 바운딩 박스를 추정하고, 해당 바운딩 박스 속 얼굴의 특징점들을 추출한다. 특징점들을 이용하여 머리 자세 추정을 위한 카메라 좌표계의 좌표를 얻는다. 그림 7은 머리 자세 추정으로 얻어낸 카메라 좌표의 회전을 나타낸 그림이다. X축에 따른 회전을 롤(roll), Y축에 따른 회전을 피치(pitch)라고 하며, Z축에 따른 회전을 요(yaw)라고 부른다.

본 논문에서는 탑승자의 편타성 손상 정도를 파악하기 위해 사고 전후 이미지의 롤과 피치에 대한 변화도를 관찰한다. 머리 자세 추정 기법을 통해 롤과 피치에 대한 각도를 구하는 식은 수식 (1), 수식 (2)과 같다.

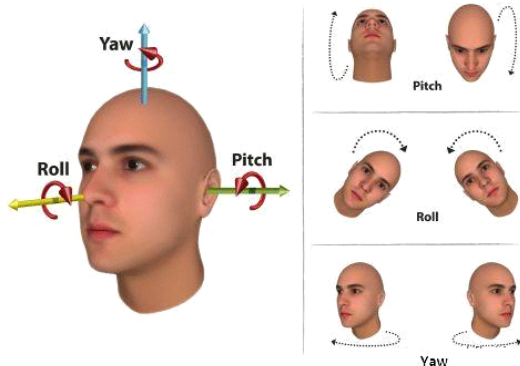


그림 7. X, Y, Z 축에 따른 회전 방식
Fig. 7. Rotation according to X, Y, Z axes

$$\theta_{pitch} = \tan^{-1} \left(\frac{p_{nose}^y - p_{pitch}^y}{p_{nose}^x - p_{pitch}^x} \right) \quad (1)$$

$$\theta_{roll} = \tan^{-1} \left(\left(\frac{p_{nose}^y - p_{roll}^y}{p_{nose}^x - p_{roll}^x} \right)^{-1} \right) \quad (2)$$

여기서 p_{nose} 는 얼굴 특징점 중 코에 해당하는 월드 좌표계의 좌표를 나타내며, p_{roll} , p_{pitch} 는 각각 월드 좌표계에서 x축, y축에 있는 임의의 점의 좌표를 나타낸다. 또한, 좌표 p 에 대해서 p^x 는 각 좌표의 x축 좌표, p^y 는 y축 좌표를 나타낸다.

그림 8은 수식 (1), (2)를 사용하여 탑승자의 사고 전후의 롤과 피치의 각도를 나타낸 것이다. 그림 8에서 파란색 선은 월드 좌표계의 x축으로부터의 롤의 각도, 노란색 선은 월드 좌표계의 y축으로부터의 피치의 각도를 나타낸다.

수식 (3), (4)을 사용하여 사고 전후의 피치, 롤의 변화량을 구한다.

$$\Delta\theta_{roll} = \left| \theta_{roll}^{drive} - \theta_{roll}^{accident} \right| \quad (3)$$

$$\Delta\theta_{pitch} = \left| \theta_{pitch}^{drive} - \theta_{pitch}^{accident} \right| \quad (4)$$

여기서 θ^{drive} , $\theta^{accident}$ 는 각각 사고 전후의 롤과 피치의 각도를 나타낸다. 해당 롤과 피치의 변화량을 통해 편타성 손상 정도를 파악한다.



그림 8. 머리 자세 추정 기법을 활용한 롤과 피치 각도 측정 (a) 운전 상태에서의 각도 (b) 사고 상태의 각도
Fig. 8. estimate the roll and pitch angles using head pose estimation methods (a) the angles at drive state (b) the angles at accident state

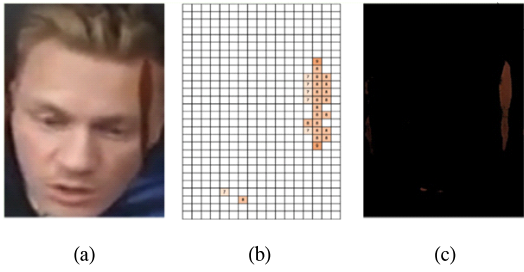


그림 9. HSV 모델을 이용한 출혈량 계산 (a) 바운딩 박스를 이용한 얼굴 부분 추출 (b) 바운딩 박스 내부 출혈 픽셀 계산 (c) 출혈 픽셀로 재구성한 이미지
 Fig. 9. calculating the blood loss using HSV color model (a) extract the face part from image using bounding box (b) calculate the blood pixel in bounding box (c) reconstruct image with blood pixels

3.2.2 HSV 컬러 모델을 활용한 출혈량 분석

본 논문에서 제안하는 시스템은 HSV 색상 검출 기법을 이용하여, 탑승자의 안면 출혈 정도를 파악한다. 3.2.1장의 머리 자세 추정 기법과 마찬가지로 YOLOv3 알고리즘을 통해 얼굴 객체의 바운딩 박스를 추정하여, 바운딩 박스 내의 출혈의 여부를 판단한다.

그림 9는 HSV 색상 검출 기법을 통해 탑승자의 출혈량을 분석하는 과정을 나타낸 그림이다. 3.2.1장에서 사용한 얼굴 객체의 바운딩 박스를 통해 그림 9(a)와 같이 전체 사진 중 얼굴 부분만을 추출한다. 이후, 그림 9(b)와 같이 해당 바운딩 박스 내 픽셀 별 RGB 값, 명도, 채도를 분석하여 출혈로 구분되는 색상의 범위에 해당하는 픽셀을 표시한다. 또한, 전체 픽셀

대비 출혈 픽셀의 비율을 계산하여 탑승자의 안면 출혈 정도를 파악한다. 이후, 그림 9(c)와 같이 이미지 후처리를 통해 출혈을 제외한 부분을 검은색으로 하여 가시성을 높였다.

3.3 데이터 처리 및 전송 시스템

긴급 구조기관에 수집한 데이터를 전송하기 위해, 본 논문에서 제안하는 시스템은 탑승자의 상태 및 사고에 대한 정보를 후처리를 진행한다. 그림 10과 같이 애플리케이션을 통해 자동으로 사고에 대한 정보들이 수집되고, 긴급 구조기관에 전송한다. 사고 관련 정보는 사고의 발생 시간과 위치, 그리고 사고 전후에 촬영된 차량 내부 동영상상을 포함한다. 환자 상태 관련 정보는 탑승자의 수, 편타성 손상 정도, 출혈량, 출혈량에 대한 이미지를 포함한다. 긴급 구조기관에서는 해당 정보들을 활용하여 환자 상태를 정확히 분석할 수 있으며, 자세한 사고 경위에 대해 파악할 수 있다.

IV. 모의실험 및 결과

본 장에서는 제안하는 시스템에 대한 성능 평가를 위해 실제 교통사고 영상을 활용한 사고 감지 여부 및 환자 상태를 분석하고, 정확도를 측정하였다. 구글 코랩 (google colab)을 활용하여 시스템을 구성하였으며, 옴로마크(YOLO_mark) 프로그램을 이용한 라벨링(labeling)을 통해 실제 사고 영상에 대한 얼굴 데이터와 사고 감지 여부 데이터를 수집하였다. 표 1은 모

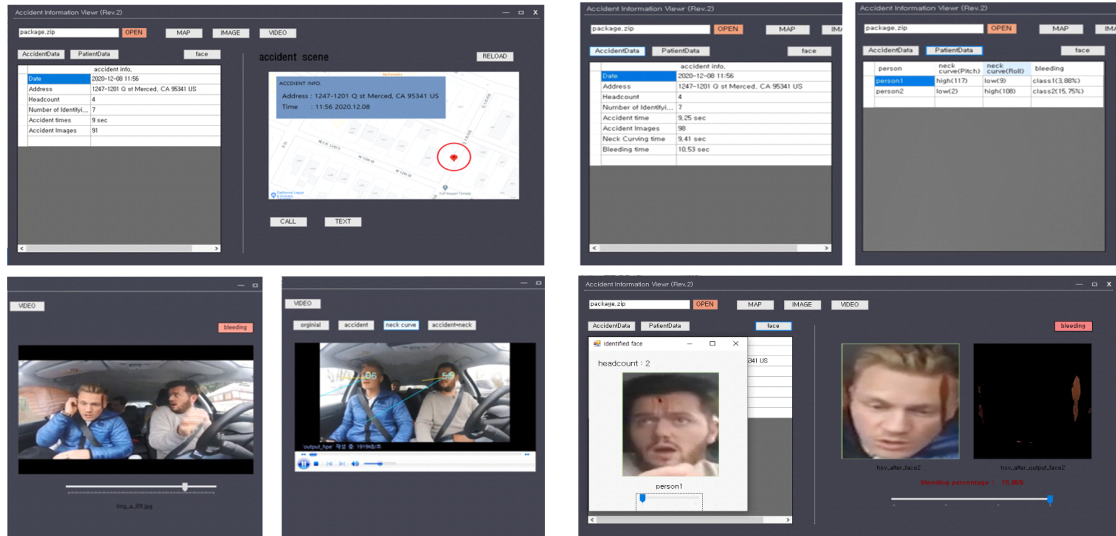


그림 10. 긴급 구조기관에 전송하기 위해 데이터 수집 및 처리 시스템에 의해 처리된 데이터
 Fig. 10. Data processing to transmit the patients data and accident data to emergency rescue agency

표 1. 모의실험에 사용된 데이터 셋
Table 1. The Dataset for training and testing model

Learning data				Test data			
accident		driving		accident		driving	
video	image	video	image	video	image	video	image
62	1000	55	1000	29	855	15	50

델을 학습 및 시험하기 위한 데이터 셋의 개수를 나타낸 것이다.

사고 여부 감지 및 얼굴에 대한 바운딩 박스 추출은 YOLOv3 모델을 사용하였다. 표 1에서 주어진 데이터를 학습시키기 위해 약 6000번의 학습을 진행하였다. 학습된 모델을 활용하여 사고 여부에 대한 정확도를 측정하기 위해 이미지에 대한 사고 여부 객체 판별 비율을 구한다. 운전 상태에 대한 정확도와 사고 상태에 대한 정확도로 나뉘어 모델의 정확도를 평가하였다.

탑승자의 목 관절에 대한 정확도는 목 관절의 변화도를 이용한 증상을 활용하여 측정한다. 목 관절의 변화도에 따라 편타성 손상의 가능성을 3단계로 나눌 수 있으며^[15], 각각의 피치, 롤의 변화도에 대하여 $0 \leq \Delta\theta < 27$ 일 경우 하, $27 \leq \Delta\theta < 54$ 일 경우 중, $54 \leq \Delta\theta$ 일 경우 편타성 손상 가능성은 상이 된다. 해당 범위를 활용하여 편타성 손상 가능성을 판단한다.

출혈량에 대한 정확도는 얼굴에 대한 바운딩 박스 내부의 출혈량 픽셀의 비율을 이용하여 측정한다. 바운딩 박스 내의 전체 픽셀 중 출혈로 판단되는 RGB 값을 넘는 픽셀을 출혈로 판단하고, 이를 활용하여 바운딩 박스 내부의 출혈량을 판단한다.

다음 표 2는 모의실험 정확도 검증 결과이다.

사고 발생 여부 감지 시스템의 정확도는 운전 상태의 경우 94%, 사고 상태의 경우 96% 정도를 보이는 것을 확인할 수 있다. 운전 상태의 경우 약 6%의 오류를 보이는데, 이는 방지턱 혹은 차량 내부를 촬영하는 기기의 심각한 진동으로 인한 판단 오류로 확인하였

다. 반대로 사고 상태의 경우 4% 정도의 오차를 확인하였는데, 학습 당시 흔들리는 상태에서도 운전 상태라고 학습하여 나타난 결과로 확인된다. 목 관절 각도에 대한 증상 분석은 피치, 롤 별로 각각 92.6%, 94.9%의 정확도를 보인다. 각각 약 7%와 5% 정도의 오차율을 보였는데, 이는 YOLOv3 모델을 활용한 얼굴 특징점 분석에서 정확한 얼굴의 좌표를 도출하지 못해, 월드 좌표계를 이용한 각도 도출에서 오차가 발생한 것으로 확인하였다. 출혈량 분석의 경우 약 76%의 정확도를 보였는데, 실제 탑승자의 화상이나 외적인 이유로 인해 출혈이 아닌 픽셀에 대해서도 출혈로 판단하여 많은 오차를 발생한 것으로 확인하였다.

V. 결론

본 논문에서는 교통사고가 발생했을 때 짧은 시간 내에 정확한 응급 처치와 적절한 병원 선정을 위한 차량 긴급구난체계 시스템에 대해 제안하였다. 제안된 시스템은 사고 감지 여부 판단 시스템, 환자 상태 분석 시스템, 데이터 처리 및 전송 시스템으로 나뉘어 각각 사고가 발생했을 때 사고 감지 여부 판단과 환자 상태 분석을 진행한다. 먼저 사고 감지 여부를 확인하기 위해, 사고에 대해 학습된 YOLOv3 알고리즘을 사용하여 사고 여부를 판단한다. 또한, 사고로 인한 탑승자의 상태를 분석하기 위해 YOLOv3 알고리즘을 활용하여 얼굴에 대한 바운딩 박스와 특징점을 추출한다. 추출된 특징점들과 solvePnP 알고리즘을 사용하여 머리의 위치에 대해 추정하고, 사고 전후에 대한 환자의 목격임 정도를 분석하였다. 또한, HSV 컬러 모델을 사용하여 바운딩 박스 내부의 출혈량을 분석하였다. 마지막으로 해당 데이터들을 이용하여 환자에 상태를 수집하고, 사고 관련 정보와 함께 차량 긴급구난체계 서비스를 제공하는 기관에 전송 한다.

제안된 시스템은 사고상황에 대한 성능 평가를 통해 약 95%의 정확도로 사고 감지를 하고, 93% 이상의 정확도로 환자의 현재 증상을 분석하며, 76% 정도의 정확도로 출혈량을 판단할 수 있는 것을 확인하였다. 따라서 본 논문에서 제안된 시스템을 통해, 빠르게 사고 여부를 판단하고 환자의 상태를 분석하여 정확한 응급조치를 할 수 있도록 도와주는 차량 긴급구난체계 서비스를 제공할 수 있음을 보였다. 향후 해당 서비스를 통해 교통사고로 인한 사망률을 크게 줄일 수 있을 것으로 기대된다.

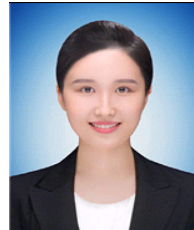
표 2. 모의실험 정확도 검증 결과
Table 2. Accuracy results of testing data

Test classification	Test item	Accuracy
detect accident and recognize face	Drive	94%
	Accident	96%
angle of neck joint	Pitch	94.9%
	Roll	92.6%
detect bleeding	Blood loss	76%

References

- [1] "Comparison of traffic accidents in OECD member countries 2018," TAAS Traffic Accident Analysis System, 2021.
- [2] H. Kim, T. Mun, S. Paik, and J. Jeong, "Design and implementation of safety system to prevent human accidents caused by low-speed vehicles," *J. The Inst. Internet, Broadcasting and Commun.*, vol. 19, no. 4, pp. 55-63, Aug. 2019.
- [3] J.-H. Kim and Y.-H. Shin, "A study on deep learning-based pedestrian detection and alarm system," *J. The Korea Inst. Intell. Transp. Syst.*, vol. 18, no. 4, pp. 58-70, Aug. 2019.
- [4] B. Attila, et al., "A review on current eCall systems for autonomous car accident detection," *40th ISSE*, Sofia, Bulgaria, 2017.
- [5] T. H. Sim and H. J. Kim, "Vehicle emergency rescue system (e-Call) standard technology and its application," *KICS Inf. and Commun. Mag.*, vol. 36, no. 5, pp. 47-55, 2019.
- [6] *Hyundai Blue Link Service*, Retrieved Apr. 18, 2021, from <https://www.hyundai.com/kr/ko/customer-service/bluelink.html>
- [7] *Roff BATONSOS*, Retrieved Apr. 18, 2021, from <https://batonsos.com/>
- [8] ETRI, "Development of automatic rescue request terminal in case of traffic accident," Retrieved Apr. 18, 2021, from https://www.etri.re.kr/kor/bbs/view.etri?b_board_id=E TRI06&b_idx=17834
- [9] G. J. Hong, "Assessment of preventable trauma mortality rate and activation of trauma center operation," *Seoul National University*, 2017.
- [10] J. Redmon, et al., "You only look once: Unified, real-time object detection," in *Proc IEEE Conf. CVPR*, 2016.
- [11] J. Redmon and A. Farhadi, "Yolov3: An incremental improvement," arXiv preprint arXiv:1804.02767, 2018.
- [12] E. Murphy-Chutorian and M. M. Trivedi, "Head pose estimation in computer vision: A survey," *IEEE Trans. Pattern Anal. and Mach. Intell.*, vol. 31, no. 4, pp. 607-626, 2009.
- [13] K. Nikolskaia, et al., "Skin detection technique based on HSV color model and SLIC segmentation method," in *Proc. 4th Ural Wkshps. Paralle., Distrib., and Cloud Comput. for Young Scientists, Ural-PDC 2018 CEUR Wkshps. Proc.*, vol. 2281, pp. 123-135, 2018.
- [14] B. Penna, et al., "A technique for blood detection in wireless capsule endoscopy images," in *Proc. 17th Eur. Sign. Process. Conf.*, pp. 1864-1868, 2009.
- [15] G. Bannister, et al., "Whiplash injury," *J. Bone and Joint Surgery*, vol. 91, no. 7, pp. 845-850, 2009.

이 유 진 (Yu-Jin Lee)



2021년 2월 : 인하대학교 정보통신공학과 학사 졸업
2021~현재 : 성균관대학교 전자전기컴퓨터공학과 석사
<관심분야> 딥러닝, 컴퓨터 비전

김 종 석 (Jong-Seok Kim)



2021년 8월 : 인하대학교 정보통신공학과 학사 졸업
<관심분야> 네트워크, IoT, 소프트웨어 개발, 딥러닝

윤 완 규 (Wan-Kyu Yun)



2019년 2월 : 인하대학교 정보통신공학과 학사 졸업
2019년 2월~현재 : 인하대학교 정보통신공학과 석사
<관심분야> 이동통신, IoT, 무선 센서 네트워크, 머신러닝

유 상 조 (Sang-Jo Yoo)



1988년 2월 : 한양대학교 전자통신학과 (공학사)
1990년 2월 : 한국과학기술원 전기및전자공학과 (공학석사)
2000년 8월 : 한국과학기술원 전자전산학과 (공학박사)
1990년 3월~2001년 2월 : KT 연구 개발 본부

1990년 3월~2000년 11월 : NIST(미국 표준기술연구원) 초빙연구원

2001년 3월~현재 : 인하대학교 정보통신공학과 교수
<관심분야> 무선 네트워킹 프로토콜, 인공지능기반 네트워크 설계, Cognitive Radio Network, 무선센서네트워크, 사물인터넷

[ORCID:0000-0003-1533-0814]