

졸음운전 감지 및 방지 시스템 연구

안병태
안양대학교 교양대학

Study for Drowsy Driving Detection & Prevention System

Byeong-tae Ahn
Liberal & Arts College, Anyang University

요약 최근, 자동차 교통사고의 인명 피해가 급속히 증가하고 있으며 경상보다는 중상 및 사망이 많은 대형사고가 증가하고 있다. 대형사고의 70% 이상은 졸음운전으로 발생한다. 따라서, 본 논문에서는 교통사고의 대형 참사를 방지하기 위한 졸음운전 방지 시스템을 연구하였다. 본 논문에서는 졸음운전 감지 시스템을 위한 실시간 눈 깜빡임 인식 방법과 이산화탄소 증가에 따른 졸음 인식을 감지하도록 제안한다. 졸음운전 감지 시스템은 기존의 영상 검출과 딥러닝을 적용하였고 이산화탄소 증가 감지는 사물인터넷 기반으로 개발하였다. 이러한 두 가지 기법을 동시에 이용한 졸음운전 방지 시스템은 기존의 제품에 비해 정확성이 향상되었다.

주제어 : 졸음, 운전, 방지, 감지, 영상 검출

Abstract Recently, the casualties of automobile traffic accidents are rapidly increasing, and serious accidents involving serious injury and death are increasing more than those of ordinary people. More than 70% of major accidents occur in drowsy driving. Therefore, in this paper, we studied the drowsiness prevention system to prevent large-scale disasters of traffic accidents. In this paper, we propose a real-time flicker recognition method for drowsy driving detection system and drowsy recognition according to the increase of carbon dioxide. The drowsy driving detection system applied the existing image detection and the deep running, and the carbon dioxide detection was developed based on the IoT. The drowsy prevention system using both of these techniques improved the accuracy compared to the existing products.

Key Words : Drowsy, driving, prevention, detection, Video detection

1. 서론

최근 5년간 도로교통공단의 교통사고에 대한 통계 자료를 보면 졸음운전은 교통사고의 가장 중요한 요인이며 치사율은 다른 경우와 비교해서 2배 이상의 높은 결과로 나타났다[1]. 이러한 문제 해결을 위한 방법으로 졸음운전을 감지하고 예방함으로써 교통사고 치사율을 줄일 수 있다. 따라서 이러한 졸음운전 감지 및 방지를 위한 연구는 학계에서 활발히 연구되고 있다[2,3].

본 논문에서는 졸음운전 감지 및 방지를 위한 방법으로 눈꺼풀의 깜빡임 속도를 이용하여 졸음임을 감지하거나 차내 이산화탄소의 양을 체크하여 졸음이 감지됨을 파악하였다. 따라서 본 논문의 2장에서는 국내 및 국외 사례를 통해 현재 졸음운전 방지 기술을 알아보고 3장에서는 눈꺼풀의 깜빡임 속도와 이산화탄소의 검출량을 통한 졸음운전 방지를 위한 설계를 제안한다. 그리고 4장에서는 결론 및 향후과제를 제시한다.

*Corresponding Author : Byeong-tae Ahn(ahnbt@anyang.ac.kr)

2. 사례

졸음운전 감지 및 방지를 위한 국외 사례로는 렉서스, 포드에 대해서 알아보고 국내 사례로는 현대모비스에 대해서 조사하였다.

2.1 국내사례

현재 국내 자동차중 졸음운전 감지 및 방지 시스템으로 현대모비스가 가장 활발히 연구되고 있다. 현대모비스는 졸음운전 감지를 위해 승용차 내 카메라 센서가 운전자의 얼굴을 인식하고 운전자의 땀이나 숨소리를 감지하여 시동이 걸리지 않도록 한다[4]. 그리고 운전자의 눈이 전방을 주시하고 있지 않을 시에는 경고음이 울리도록 하였다. 그 외에도 운전자의 눈 깜박임 횟수와 속도(주기)를 확인하여 기준횟수, 속도, 심박수가 10% 이상 차이가 나면 경고음을 울려서 졸음을 미리 방지되도록 하였다[5,6].



Fig. 1. Mobis of Hyundai

Fig. 1은 현대 모비스에서 개발하여 사용 중인 졸음운전 방지 시스템을 나타낸 것이다. 운전자 앞에 있는 감시 카메라가 운전자의 눈, 코, 입을 감지하여 지속적으로 통계데이터를 제공한다[7].

그 외에도 국내 타사 제품으로는 차량 간의 간격 유지 센서를 통해 앞 차와의 간격이 좁혀지면 여러 단계의 절차를 거쳐 운전자에게 경고음을 제공하거나 강제 브레이크가 작동되도록 하였다[8].

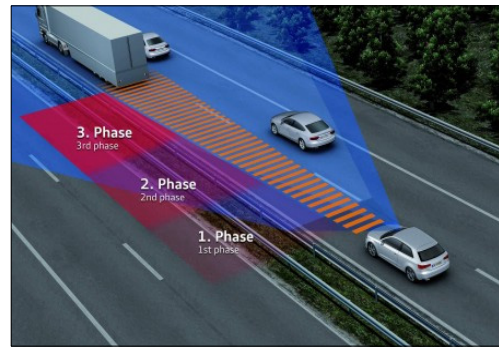


Fig. 2. Gap of Cars

Fig. 2는 차량 간의 간격 유지를 통해 졸음운전에 따른 사고를 예방하는 시스템을 타낸 것이다[9].

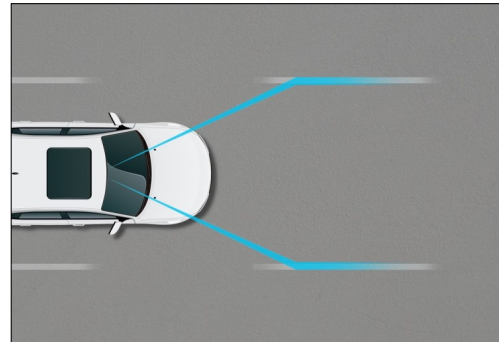


Fig. 3. Camera Sensor of Car

Fig. 3은 전방을 촬영하는 센서가 차량의 차선을 탐지하고 차량이 차선을 이탈할 경우 운전자에게 경고음을 울려서 졸음을 깨도록 한다[10].



Fig. 4. Inclination Detection Vibration Sensor

Fig. 4은 운전자의 컷바퀴에 착용된 기울기 감지 진동 센서를 통해 기울기 센서가 얼굴의 기울기를 측정하여 일정 수치 이상이 나올 경우 진동이 발생하도록 하였다 [11].

2.2 국외사례

일본 토요타사에서 개발한 렉스 차량에는 졸음운전 방지를 위한 다양한 방법과 기술을 적용하였다.

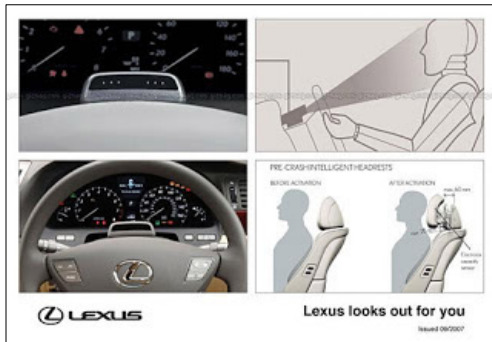


Fig. 5. Drowsy Driving Prevention of Lexus

Fig. 5는 렉스 차량의 졸음운전 방지 기술을 적용한 사례를 나타낸 것이다. 다음 아래 항목은 렉스에서 적용된 기술을 목록 형식으로 기술하였다[12].

- 카메라로 운전자를 인식 후 영상처리 기술을 활용함. 운전자를 238개의 포인트와 913여 개의 메쉬로 구성된 3D로 모델링함.
- 얼굴 방향, 광학적 각도 등의 추가적 요소를 포함하여 모델링함.
- 메시 포인트를 이용하여 운전자의 감정(화남, 슬픔, 기쁨)에 대한 정보를 추출함.
- 분석 시스템을 통하여 운전자가 타인을 응시하거나, 스마트폰을 쳐다본다는 행동을 인식함.
- 빛과 관련하여 다양한 패턴 변화를 찾아내어, 조도의 변화 아래에서도 운전자를 분석함.
- 연령대, 성별, 인종에 따른 인식 문제를 해결하도록 돕는 수백 개의 Factor를 이용하여 정확도를 높임.
- 3D 모델의 경우 90도까지 트래킹이 가능하여 운전자가 고개를 돌리거나, 정면이 아닌 각도에서 촬영하더라도 분석이 가능함.

- 위쪽 눈꺼풀과 아래쪽 눈꺼풀의 간격을 분석하여, 얼마나 눈을 뜨고 있는지 계산함.
- 레이더를 이용하여 앞 차와의 간격을 측정하고, 사고 위험 발생 시 운전자에게 알람이나 표시기를 통해 알려줌.
- 총 4 단계의 경고 시스템으로 사고 위험도를 파악하여 단계에 맞게 각기 다른 대응을 함.

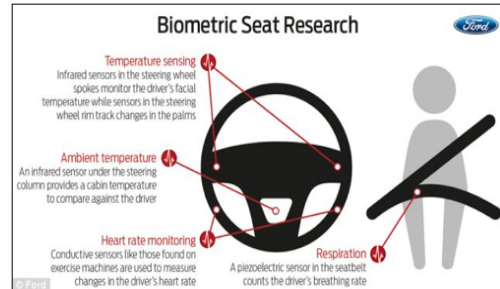


Fig. 6. Drowsy Driving Prevention of Ford

Fig. 6은 미국 포드 승용차에서 졸음운전 감지 및 방지를 위한 기술을 나타낸 것이다. 포드는 아래 항목과 같은 기술을 적용하여 졸음운전 방지 기술을 적용하였다[13].

- 사용자의 생체 정보(체온과 차 내 온도, 호흡, 심박 수)를 받아서 사용자의 졸음 여부를 분석함.
- 자동차의 정보(속도, 길이, 가속도, 기울기 등)과 운전자의 조작 활동(가속 페달, 브레이크 페달의 기울기), 주변 환경(도로의 표면, 교통 상황), 운전자의 생체 정보(주변 온도, 체온, 호흡 수, 심박 수)등을 종합적으로 분석하여 운전자의 상태를 파악함.
- 운전자 좌석 시트에 있는 6개의 전자 센서를 이용, 운전자가 옷을 입고 있어도 심박 수를 파악함.

3. 설계

3.1 눈 깜빡임 감지

눈 깜빡임 감지를 위해서는 우선적으로 얼굴 인식을 먼저 하여야 한다. 얼굴이 인식되면 이를 통해 눈동자를 인식하고 차후, 눈꺼풀의 깜빡임 속도를 파악하여 졸음을 감지한다.

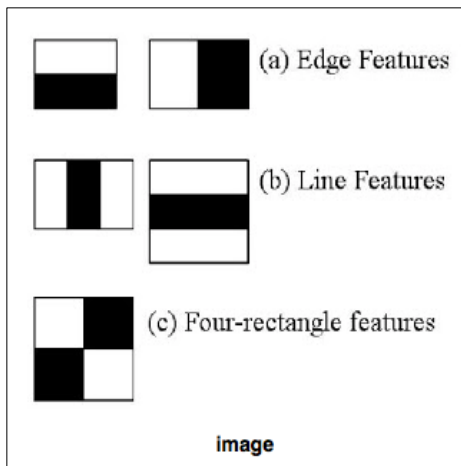


Fig. 7. Haar Cascade Method

Fig. 7은 OpenCV에서 명암의 패턴을 이용하여 물체를 검출하는 Haar Cascade 기법을 적용하여 사람의 얼굴을 인식한다. 사람의 얼굴의 경우, 눈은 어둡고, 코는 밝은 패턴을 보인다. 이러한 기법을 적용하여 흑백 이미지에서 패턴을 분석하여 얼굴을 검출한다. 검출된 얼굴은 OpenCV에서 Haar Cascade를 사용하여 눈을 인식하게 된다[14]. 실제 본 연구에서 이러한 기술을 접목하여 눈을 인식하도록 하였으나 본 연구에서 사용하는 라즈베리파이 환경에서는 성능이 좋지 못해 부득이 얼굴 영역이 검출되면 한국 표준 얼굴 데이터를 참고하여 눈의 위치를 추정하도록 하였다.

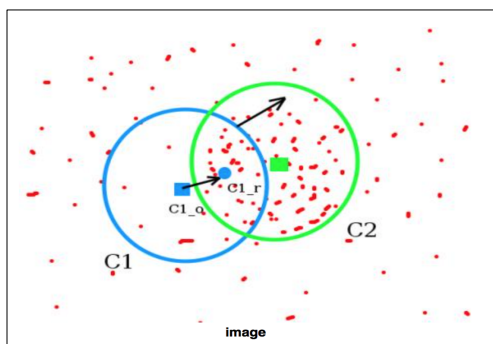


Fig. 8. Mean-Shift Method

Fig. 8은 영상에서 눈이 이동해도 추적하기 위해 Mean-Shift를 적용하여 눈동자를 지속적으로 추적이 가능하도록 하였다. Mean Shift는 어떤 데이터 분포의 peak 또는 무게중심을 찾는 한 방법으로 현재 주변에서

가장 데이터가 밀집된 방향으로 이동하여 분포중심까지 이동하는 알고리즘이다. 2차원 평면상에 데이터가 분포되어 있는 경우, 데이터가 가장 밀집된 피크(peak) 점을 찾는 과정은 아래와 같은 방식을 통해 형성된다[15].

1. 현재 위치에서 반경 r 이내에 들어오는 데이터들을 구한다.
2. 이들의 무게중심의 좌표로 현재 위치를 이동시킨다.
3. 1~2 과정을 위치가 수렴할 때까지 반복한다.

3.2 이산화탄소량 감지

졸음운전이 많이 발생하는 경우를 설문조사를 통해 알아본 결과 차량내 공기 질에 따라 졸음운전이 많이 발생하는 것으로 나타났다. 따라서 본 논문에서는 차량 내 이산화탄소의 농도를 감지하여 졸음운전을 방지하도록 하였다.

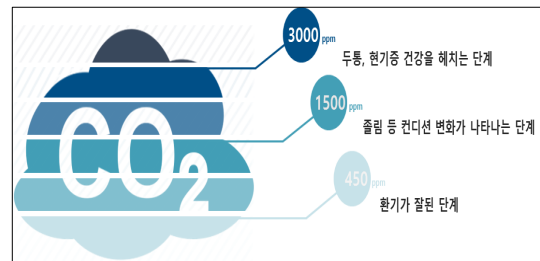


Fig. 9. Result of Carbon dioxide concentration

Fig. 9는 이산화탄소의 농도에 따라서 신체 반응 결과를 나타낸 것이다. 이산화탄소 농도가 1500ppm 이상이 되면 졸음이 오는 것으로 나타났다. 이산화탄소는 농도가 높을 경우 졸음, 빠른 호흡 등 컨디션에 지장을 줄뿐만 아니라 두통, 현기증, 건강상의 문제도 일어남을 알 수 있었다.

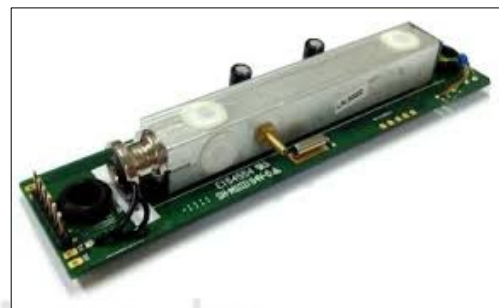


Fig. 10. Carbon dioxide concentration Sensor

Fig. 10은 NDIR 방식의 이산화탄소 농도를 측정하는 센서 이다. 비분산형 적외선 발광부를 이용해 가스농도에 의해 얼마나 굴절이 일어나는 정도로 이산화탄소 농도를 측정한다. 본 센서는 내구성이 높고, 정확도가 높아 졸음운전을 신속히 감지할 수 있다. 본 연구에서는 반도체 저항방식, 전기 화학방식, NDIR 방식의 가스센서 중 가성비 및 효율성을 감안하여 NDIR 방식을 이용하여 측정하였다.

3.3 시스템 구성도

본 연구의 졸음운전 감지 및 방지 시스템의 구성도는 크게 3단계로 구성된다. 제 1단계는 입력부로 센서, 마이크, 카메라로 구성된다. 제 2단계는 내부모듈 단계로서 STT, 졸음감지, 차내 환경, 오락 등으로 구성되고 마지막 제 3단계는 출력부로 BLE, 오디오, 방향제로 구성된다.

본 연구는 프로젝트의 일부로써 시스템의 구성도는 프로젝트 전체 구성도를 나타낸 것이다.

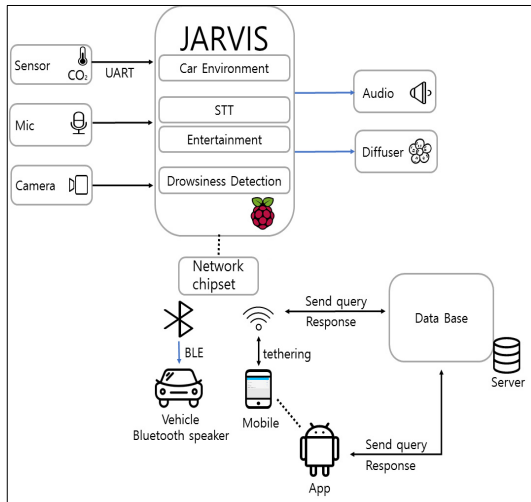


Fig. 11. Structure of System

Fig. 11은 시스템의 구성도를 나타낸 것이다. 아래 항목은 시스템의 구성도를 요약한 것이다.

- 입력부
 - 센서 : 3000ppm까지의 이산화탄소 농도를
 - 측정할 수 있는 CO2, 온도센서
 - 마이크 : 사용자 음성명령을 입력받는 마이크
 - 카메라 : 적외선 카메라로 야간에도 동작가능

- 내부모듈
 - STT : 음성인식 모듈, 명령분기 모듈, 형태소 분석 모듈
 - 졸음탐지 : 졸음탐지 모듈
 - 차내환경 : 온도, 이산화탄소 센서 모듈, 날씨 및 환경 모듈
 - 오락 : 방송, 음악, 뉴스청취 모듈
- 출력부
 - BLE : 블루투스 연동을 통해 차량내장스피커로 출력
 - 오디오 : 자동차 비서의 동작 출력(음성 안내, 말 걸기, 방송, 음악)
 - 방향제 : 졸음 방지 및 실내 환기를 위해서 작동

```
left_eye = right_eye = None

if len(eyes) > 0:
    for i, v in enumerate(eyes):
        ex = v[0]
        ey = v[1]
        ew = v[2]
        eh = v[3]
        if ex + (ew/2) <= w / 2:
            left_eye = eyes[i]
        elif ex + (ew/2) > w / 2:
            right_eye = eyes[i]

if left_eye is not None:
    cv2.rectangle(img, (x + left_eye[0], y + left_eye[1]),
                  (x + left_eye[0] + left_eye[2], y + left_eye[1] + left_eye[3]), (0, 255, 0), 2)

if right_eye is not None:
    cv2.rectangle(img, (x + right_eye[0], y + right_eye[1]),
                  (x + right_eye[0] + right_eye[2], y + right_eye[1] + right_eye[3]), (255, 0, 2), 2)
```

Fig. 12. Example of Source

Fig. 12는 실제 개발된 소스의 일부를 나타낸 것이다. 눈썹, 머리카락 등 잘못된 탐지를 하는 경우가 많아 왼쪽 눈, 오른쪽 눈에 해당하는 변수를 만드는 부분과 얼굴의 가운데 지점으로부터 왼쪽에 있으면 왼쪽 눈, 오른쪽에 있으면 오른쪽 눈으로 인식하도록 함으로써 잘못된 탐지를 줄이는 것을 소스로 구현한 것이다.

4. 결론 및 향후과제

본 연구는 졸음운전 감지 및 방지를 위한 시스템을 설계하였다. 그리고 설계를 기반으로 실제 사례를 개발 및

테스트 하였다. 개발환경으로 파이썬, C언어를 사용하였고 개발 장비로는 라즈베리파이3, 적외선 카메라, 스피커, 마이크, 이산화탄소 센서, 갤럭시 s4, 승용차 소나타를 이용하였다. 향후 과제로는 스마트폰에서 앱과 연동된 시스템을 구축하고 실제 테스트를 통해 실시간 반응 속도를 체크할 것이다. 그리고 앱 개발 및 연동을 위해 안드로이드 기반 뿐만 아니라 iOS 환경에서도 개발이 되도록 하겠다.

REFERENCES

- [1] Y. S. Jeong, Y. H. & Yon J. H. Ku. (2017). Hash-chain-based IoT authentication scheme suitable for small and medium enterprises. *Journal of Convergence for Information Technology*, 7(4), 105-111. DOI : 10.22156/CS4SMB.2017.7.4.105
- [2] Taner Danisman, Ian Marius Bilasco Ian, Chabane Djeraba. (2010). Drowsy driver detection system using eye blink patterns. *Machine and Web Intelligence (ICMWI), 2010 International Conference*, 10, 3-5. DOI : 10.1109/icmwi.2010.5648121
- [3] R. Lienhart & J. Maydt. (2002). An Extended set of Haar-like Features for Rapid Object Detection. *IEEE ICIP*, 1, 900-903.
- [4] H. J. Kim & W. Y. Kim. (2008). Eye Detection in Facial Images Using Zernike Moments with SVM. *ETRI Journal*, 30, 335-337. DOI : 10.4218/etrij.08.0207.0150
- [5] Z. H. Zhou & X. Gen. (2004). Projection Functions for Eye Detection. *Pattern Recognition*, 37(5), 1049-1056. DOI : 10.1016/j.patcog.2003.09.006
- [6] J. Qiang & Y. Xiaojie. (2002). Real-time eye, gaze, and face pose tracking for monitoring driver vigilance. *Real-time Imaging*, 8(5), 357-377. DOI : 10.1006/rtim.2002.0279
- [7] D. F. Dinges & R. Grace. (1998). PERCLOS: A Valid Psychophysiological Measure of Alertness As Assessed by Psychomotor Vigilance. *Federal Highway Administration, Office of Motor Carriers*. DOI : 10.1037/e509282006-001
- [8] J. H. Skipper & W. W. Wierwille. (1985). An Investigation of Low-Level Stimulus-Induced Measures of Driver Drowsiness. *Proceedings of the Conference on Vision in Vehicles*, 139-148.
- [9] David J. Mascord, Jeannie Walls and Graham A Stamer. (1995). Fatigue and Alcohol: interactive effects on human performance in driving-related tasks. *Fatigue and Driving*. Taylor & Francis, 189-205.
- [10] S. Boverie, J. Lequellec & A. Hirl. (1998). Intelligent systems for video monitoring of vehicle cockpit. *International Congress and Exposition ITS: Advanced Controls and Vehicle Navigation Systems*, 1-5, 1998. DOI : 10.4271/980613
- [11] H. Ueno, M Kaneda & M. Tsukino. (1994). Development of drowsiness detection system. *Proceedings of Vehicle Navigation and Information Systems conference, Yokohama, Japan*, 15-20.
- [12] T. E. Hutchinson. (1998). Eye movement detection with improved calibration and speed. *United States Patent*, (4,950,069)
- [13] H. Takchito, M. Katsuya, S. Kazunori & M. Yuji. (2002). Detecting Drowsiness while Driving by Measuring Eye Movement-A Pilot Study. *International Conference on Intelligent Transportation Systems, IEEE*, 3-6. DOI : 10.1109/itsc.2002.1041206
- [14] C. Dixon. (1999). Unobtrusive eyelid closure and visual of regard measurement system. *Conference on ocular measures of driver alertness*.
- [15] T. Ishii. M. Hirose & H. Iwata. (1987). Automatic recognition of driver's facial expression by image analysis. *Journal of the Society of Automotive Engineers of Japan*, 41, 1398-1403.

안 병 태(Byeong-Tae Ahn)

[중신회원]



- 1999년 2월 : 국민대학교 컴퓨터과 학부 이학사
- 2006년 8월 : 경상대학교 컴퓨터과 학부공학박사
- 2012년 2월 : 가톨릭대학교 교육전담교수
- 2012년 3월 ~ 현재 : 안양대학교 교양학부 교수
- 관심분야 : 정보통신, 융합기술, 데이터베이스, 스마트 캠퍼스, IOT
- E-Mail : ahnbt@anyang.ac.kr