

자세인식과 졸음운전과의 상관관계에 대한 연구

A Study on the Relationship between Posture Recognition and Drowsy Driving

장 봉 환* · 박 인 호* · 남 현 도† · 김 경 호*

(Bong-Hwan Jang · In-Ho Park · Hyun-Do Nam · Kyung-Ho Kim)

Abstract - Recently, there have been a lot of sleepy driving accidents. In this study, we conducted a preliminary study for detecting drowsiness using posture and image processing technology. We used pressure sensors to study posture. We also investigated the possibility of drowsy recognition using histogram. As a result of the experiment, it was possible to distinguish positions through pressure sensors. Also, it was confirmed that the drowsiness phenomenon can be distinguished by using the histogram.

Key Words : Drowsy driving, FSR(Force-sensing resistor), Histogram

1. 서 론

과거의 자동차의 존재 여부는 이동을 위한 하나의 수단에 불과 했지만 현재는 삶의 필수품이 되었다. 그림 1은 최근 4년간(2013~2016) 자동차 등록대수를 보여준다[1]. 매년 약 600만대씩 차량 등록 현황이 늘어나는 것을 본다면 자동차는 더 이상 보조도구가 아닌 삶의 필수품이 된 것을 확인할 수 있다.

자동차의 등록대수가 늘어나면서 자동차와 관련 된 안전에 대한 관심이 높아지고 있다. 최근 졸음운전으로 인한 사고가 많이 발생하고 있는데 그림 2에서 확인할 수 있듯이 매년 졸음운전으로 인한 교통사고는 매년 약 2500건 이상 발생하고 있다[2]. 특히 졸음운전으로 인한 사고는 대형사고로 연결이 되어 매년 100명 이상이 사망하고 약 5000명 정도 부상을 당하는 것으로 나타났다. 이러한 상황에 더불어 한국도로공사에는 졸음쉼터 개설 및 고속도로의 현수막과 전광판을 이용하여 졸음운전 방지와 관련된 캠페인을 시행함으로써 졸음운전으로 인한 사고를 방지하기 위해 노력중이다.

운전 중 졸음이 오게 되면 눈의 깜박임 횟수가 늘어나게 되고, 외과와 심장박동, 호흡 등의 생체 신호의 변화가 일어난다. 따라서 기존의 많은 연구들은 생체 신호를 이용한 연구와 자동차의 움직임 데이터를 이용하는 연구 그리고 영상처리 기술을 이용한 연구가 주로 이루어지고 있다. 생체 신호를 이용한 연구는 EEG (Electroencephalogram) 신호 또는 HRV (HeartRateVariability) 신호 등을 이용하여 심리적 상태를 측정하여 졸음을 측정하는 방

† Corresponding Author : Dept. of Electrical and Electronic Engineering, Dankook University, Korea.
 E-mail: hdnam@dankook.ac.kr

* Dept. of Electrical and Electronic Engineering, Dankook University, Korea.

Received : June 4, 2018; Accepted : June 25, 2018

출처 : 국토교통부

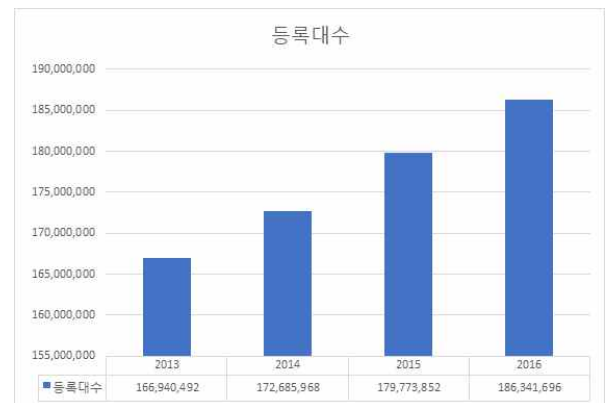


그림 1 4년간(2013-2016) 차량등록대수

Fig. 1 Vehicle registration for 4 years (2013-2016)

출처 : 도로교통공단

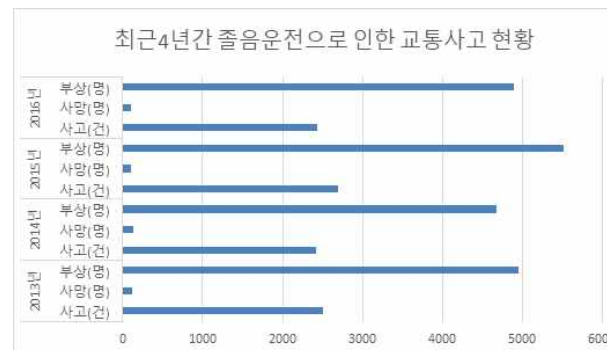


그림 2 최근 4년간 졸음운전으로 인한 교통사고 현황

Fig. 2 Traffic accidents caused by drowsy driving in the last four years

법으로 현재 많이 활용되고 있다[3]. 자동차의 움직임의 경우 자동차의 속도와 바퀴의 회전각을 통해 졸음을 판단하는 방법[4]이나 졸음을 판단하기에는 정확도가 많이 부족한 편이다. 마지막으로 컴퓨터비전 기술의 발전으로 눈의 깜박임 횟수, 하품 등의 얼굴 특징으로 졸음을 판단하는 방법이다[5][6]. 하지만 위의 언급한 방식들은 인체에 직접적으로 제품을 부착해야 하는 불편함과 운전자 개인의 운전 습관에 따른 정확도가 높지 않은 단점이 있으며, 영상처리 기술의 경우 현재의 연구들은 영상 값을 계산하기 위해서 컴퓨터를 이용하고 있기에 실질적으로 차량에 적용하기에는 많은 어려움이 있다.

이러한 관점에서 보았을 때 운전자의 졸음운전을 판단하기 위한 조건으로 센서 부착으로 인한 이물감이 없는 상태에서의 생체신호 측정과 실질적으로 차량에 적용이 가능한 가벼운 영상처리 알고리즘이 필요하다.

따라서 본 논문에서는 실제로 적용 가능한 졸음운전 방지시스템 구현을 목표를 달성하기 위한 사전연구로서 의자(방석)에 센서를 부착하여 평소의 안정 상태와 졸음시의 자세 상태를 비교하는 연구를 진행하였고, 얼굴인식을 이용한 영상처리 알고리즘을 구축하기 위한 사전 연구로 히스토그램을 이용하는 방법에 대한 연구를 진행하였다.

2. 본 론

2.1 졸음과 관련된 기존의 연구

기존의 졸음을 감지하는 관련 연구는 생체신호를 이용한 방법으로 현재 가장 많이 보편화 되어 있는 방법이고 자동차의 움직임(바퀴 방향, 속도 등)에 따른 추정 판단방법 및 얼굴 인식을 이용한 영상처리 방법을 이용한 방법에 대해서도 많은 연구가 이루어지고 있다.

생체신호를 이용한 연구로 HRV(HeartRateVariability)와 EEG(Electroencephalogram)를 이용한 연구가 대표적이다. 2014년 계명대학교 연구[7]를 참고하면 그림 3에서처럼 나온 HRV 및 ECG 신호를 difference operation 알고리즘을 이용하여

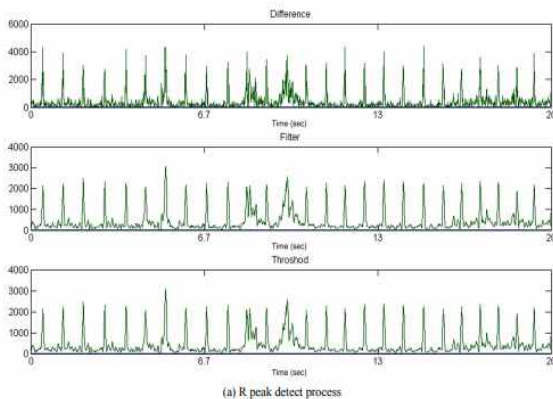


그림 3 R-peak 추적과정
Fig. 3 R-peak detection

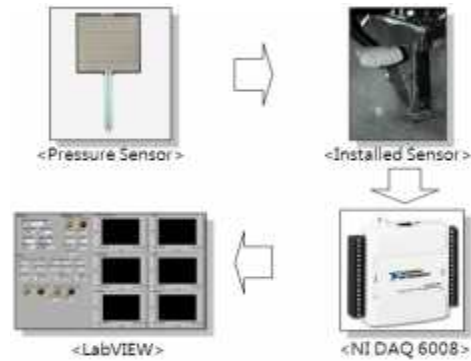


그림 4 페달 압력시스템 구성도[8]

Fig. 4 Diagram of pedal pressure system

R-peak를 검출 후 R-R interval(RRI)값을 이용하여 시간영역과 주파수 영역 분석을 이용하여 졸음을 분석하는 연구방법이다.

자동차의 움직임과 관련된 졸음 추정 관련 연구로는 그림 4에서 보는 것처럼 차량의 구동과 함께 핸들과 가속 페달에 다양한 형태의 압력센서를 부착하여 들어온 정보와 차선의 이탈 정보를 통한 주행형태 분석과 시선추적을 통한 시스템을 통해 운전자의 상태를 판별하는 연구[8]가 진행 되었다.

영상처리를 이용한 방법으로는 Haar-like feature[9] 방법을 이용하였는데 이는 그림 5에서와 같은 특징들을 선택하고 특징값은 사각형 중 흰색 부분 픽셀들의 밝기 합에서 검은색 부분 픽셀들의 밝기 값의 차이로 계산된다. 이는 식 (1)과 같이 정의가 되며 이 값이 특징에 부여된 임계값의 차이에 따라 검출하는 물체를 추측하는 것이다. 이를 활용하여 운전자의 얼굴과 눈을 검출하여 에지 정보를 이용하여 눈꺼풀 거리를 측정하여 졸음운전을 감지하는 연구[10]가 진행되었다.

$$F(x) = \sum_{x \in B} x - \sum_{x \in W} x \quad (1)$$

x= gray level pixel

B= black rectangle, W= white rectangle

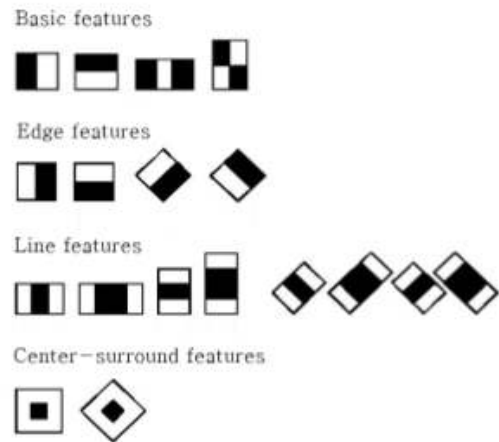


그림 5 Haar-like feature 의 유형
Fig. 5 Type of Haar-like feature

2.2 졸음자세 판단

졸음 자세를 확인하기 위해서 성인 남자 6명을 대상으로 평상 시 의자에 앉은 상태에서의 자세와 졸음이 오는 상태에서의 자세를 비교해 보았다. 그 결과 실험 대상자 모두 평상시 자세 대비 한쪽으로 목이 쏠리는 것을 확인할 수 있었다.

본 연구에서는 위의 가설을 바탕으로 졸음을 판단하기 위한 사전연구로 방식에 압력센서를 부착하여 압력 분포를 측정하였다. 센서의 배치는 그림 6과 같이 하였고 각 센서 별로 중앙(E), 앞(B), 뒤(D), 오른쪽(A), 왼쪽(C) 로 구분을 하였다.

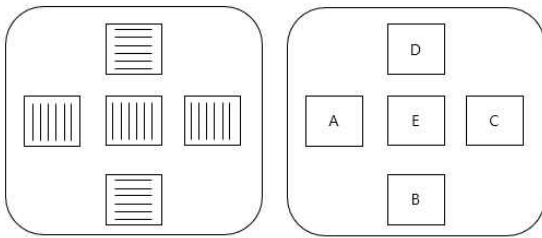


그림 6 센서 배치도
Fig. 6 System Diagram

자세 판단을 위해서 개인별 일반적으로 앉은 상태에 대한 압력을 측정하였고, 목이 기울어졌을 경우의 압력을 측정하여 평상시의 상태와의 차이 값 비교를 통해 졸음이 오는 상태를 판단하였다.

2.3 히스토그램을 이용한 영상처리

현재까지의 히스토그램을 이용한 영상처리에서 가장 많이 쓰이는 방법은 얼굴이 촬영된 영상에서 Haar-like feature를 이용하여 눈 부분을 구분 후 눈 부분에서의 히스토그램을 비교하는 방식을 이용한다. 현재의 방식이 정확도가 가장 높은 축에 속하고 있으나, 기존의 연구들은 눈이 완전히 닫혀 있을 경우와 아닐 경우만을 비교한 경우가 대다수였다. 본 연구는 눈이 완전히 폐쇄되지 않은 졸린 상태와 정상일 경우를 비교하고 그에 따른 히스토그램의 변화에 대한 연구를 진행하였다.

졸음이 오는 상태의 영상을 촬영하기 위해서 본 논문에서는 정상 상태의 눈 사진과 졸음이 오는 상태에서의 눈 사진을 획득하였다. 그 영상에 대해서 영상의 임계값을 40으로 하여 영상을 추출하였으며, 이를 통해 정상일 경우와 졸릴 경우를 비교하였다. 그림 7은 정상일 경우와 졸릴 경우 눈의 사진이다.



그림 7 눈 사진 예시
Fig. 7 Example of eyes

2.4 실험 환경

본 연구에서는 압력센서를 이용하여 운전자의 자세를 추정하는 연구를 진행하기 위해서 그림8과 같은 사각형의 Force-sensing resistor의 가변저항성 센서를 이용하여 압력신호를 받았으며, STMicroelectronics의 Cortex-M3 MCU(출력전압~3.3V)를 이용하여 그림 9와 같이 설계하여 압력 신호에 대한 계산을 진행하였다.

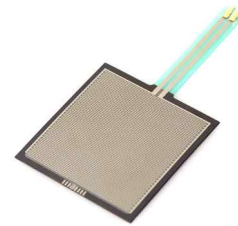


그림 8 압력 센서
Fig. 8 Pressure sensor

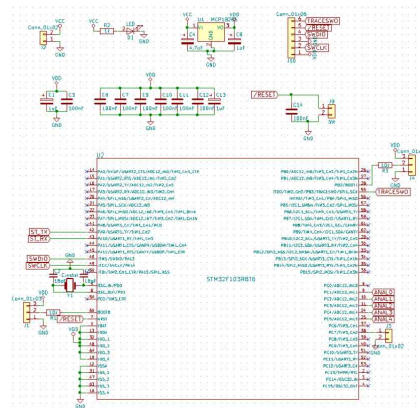


그림 9 MCU 회로도
Fig. 9 MCU circuit diagram

히스토그램을 이용한 눈에 대한 영상처리를 위해서 Intel(R) Core(TM) i5-6200 CPU와 NVIDIA GeForce GTX950M이 적용된 컴퓨터를 이용하여 MATLAB 프로그램으로 영상처리를 진행하였다.

2.5 실험결과

졸음자세를 위해 총 10회 측정을 진행하였고, 그에 따른 결과는 다음 표와 같이 구할 수 있었다. 표 1의 경우 올바르게 앉았을 경우의 압력 분포이고 표 2는 앞으로 기울어 졌을 경우, 표 3은 오른쪽, 표 4는 왼쪽으로 기울어졌을 경우를 보여준다. 각 표에 대한 분석을 해보았을 때 표 1에서 확인해 볼 수 있듯이 올바른 자세의 경우 압력분포가 전반적으로 비슷한 수치를 나타내는 것을 확인할 수 있었다. 하지만 표 2의 앞으로 쏠려 있을 경우의 수치를 확인해 본다면 B(앞)에 대한 수치가 타 수치에 비해 높게 나타나는 것을 확인할 수 있었고, 상대적으로 D(뒤)의 값

은 낮은 것으로 나타났다.

표 3의 오른쪽으로 쏠려 있는 경우를 확인해 본다면 A(오른쪽)의 수치가 상대적으로 높게 나타나는 것을 확인할 수 있었고, 표4 왼쪽의 경우 C(왼쪽), D(뒤)의 수치가 상대적으로 높게 나오는 것을 확인할 수 있었다.

눈을 통한 졸음을 판단하기 위한 실험 결과로 우선적으로 임계값을 40으로 지정했을 경우의 영상을 추출하였다. 그림 10의

표 1 올바른 자세

Table 1 Good posture

	A	B	C	D	E
1	2.674	2.646	2.677	2.705	2.663
2	2.665	2.644	2.682	2.703	2.661
3	2.668	2.646	2.680	2.702	2.654
4	2.685	2.647	2.674	2.711	2.659
5	2.678	2.640	2.668	2.706	2.655
6	2.677	2.651	2.673	2.700	2.678
7	2.682	2.650	2.678	2.710	2.672
8	2.671	2.649	2.680	2.702	2.671
9	2.666	2.639	2.672	2.699	2.664
10	2.678	2.651	2.677	2.704	2.668
평균	2.674	2.646	2.676	2.704	2.664

표 2 앞으로 기울어진 자세

Table 2 A forward posture

	A	B	C	D	E
1	2.609	3.185	2.482	1.906	2.015
2	2.606	3.185	2.482	1.904	2.011
3	2.606	3.185	2.485	1.906	2.019
4	2.609	3.186	2.486	1.909	2.024
5	2.612	3.188	2.487	1.911	2.022
6	2.612	3.179	2.475	1.908	2.011
7	2.605	3.178	2.478	1.905	2.027
8	2.605	3.183	2.482	1.904	2.003
9	2.605	3.181	2.479	1.903	2.008
10	2.602	3.180	2.478	1.900	2.011
평균	2.607	3.183	2.481	1.905	2.015

표 3 오른쪽으로 기울어진 자세

Table 3 A rightward posture

	A	B	C	D	E
1	3.011	2.516	2.015	2.510	1.713
2	3.021	2.517	1.986	2.490	1.757
3	3.006	2.519	1.996	2.483	1.744
4	3.017	2.510	1.990	2.496	1.724
5	3.023	2.518	2.007	2.513	1.730
6	2.997	2.507	1.997	2.488	1.722
7	3.001	2.508	2.010	2.503	1.721
8	3.001	2.515	1.992	2.478	1.709
9	3.013	2.523	2.023	2.513	1.706
10	3.014	2.528	2.047	2.533	1.711
평균	3.010	2.516	2.006	2.501	1.723

표 4 왼쪽으로 기울어진 자세

Table 4 A leftward posture

	A	B	C	D	E
1	2.505	2.416	2.812	2.901	1.918
2	2.510	2.415	2.810	2.904	1.920
3	2.510	2.414	2.809	2.904	1.932
4	2.507	2.410	2.811	2.908	1.922
5	2.499	2.411	2.812	2.900	1.915
6	2.502	2.413	2.812	2.902	1.918
7	2.504	2.415	2.814	2.903	1.912
8	2.502	2.412	2.805	2.895	1.911
9	2.508	2.417	2.811	2.901	1.921
10	2.504	2.418	2.813	2.899	1.931
평균	2.505	2.414	2.811	2.902	1.920

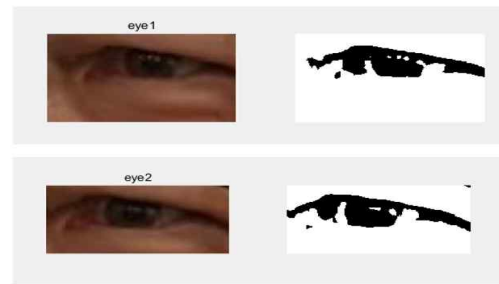


그림 10 정상일 경우(임계값>40)

Fig. 10 Normal case(Threshold>40)



그림 11 졸릴 경우 (임계값>40)

Fig. 11 A sleepy case (Threshold>40)

경우 정상일 경우를 보여주는 그림이고, 그림 11은 졸린 상태의 경우를 보여준다.

육안으로도 확인이 가능 하 듯이 정상일 경우와 졸릴 경우에 눈동자의 검은 부분과 흰 부분 구분에 있어서 큰 차이를 보이고 있다. 정상일 경우 눈동자와 흰 부분의 구분이 명확하지만 졸릴 경우에는 눈동자와 흰 부분의 구분이 불 명확해지는 것을 확인할 수 있었다.

그림 12와 그림 13은 정상일 경우와 졸릴 경우의 히스토그램을 추출한 결과이다. 히스토그램을 통해 비교해 보면 그림 전체가 전반적으로 왼쪽으로 치우쳐있는 것으로 나타난다. 정상일 경우와 졸릴 경우를 비교해 본다면 100을 기준으로 정상일 경우

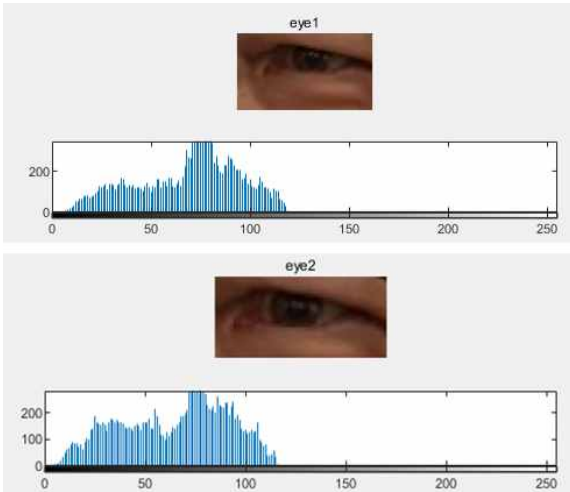


그림 12 정상일 경우 (히스토그램)
 Fig. 12 Normal case (histogram)

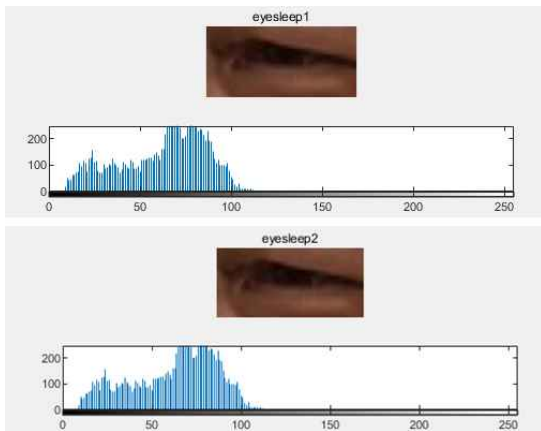


그림 13 졸릴 경우 (히스토그램)
 Fig. 13 A sleepy case (histogram)

졸릴 경우에 비해 밝은 쪽으로 분포가 더 나타나는 것을 확인할 수 있었다.

3. 결 론

본 연구는 자세인식과 가벼운 영상처리 알고리즘으로 졸음을 인식하기 위한 사전연구로 자세에 대한 압력과 히스토그램을 이용하여 졸음을 인식하는 연구를 진행하였다. 실제로 졸음이 몰려 올 경우 몸이 기우는 것을 확인할 수 있었고, 이를 바탕으로 압력센서를 이용한 실험 결과 몸의 기울기에 따라 압력의 변화가 있는 것을 확인하였다. 특히 정상일 경우 전반적인 압력분포가 비슷하다는 것을 기준으로 기우는 방향에 따라 해당하는 압력 센서에 더 많은 수치가 올라가는 것을 확인할 수 있었다. 이를 통해 기울기를 통해서 졸음 여부에 대한 확인이 가능하다는 것을 확인할 수 있었다.

영상을 이용한 졸음 인식을 위해 히스토그램을 이용하였다. 기존 영상처리 기술의 경우 알고리즘이 무거운 쪽에 속하여 실제 적용하는 부분에 있어 현실성이 떨어진다는 단점이 있었다. 본 연구에서는 이러한 점을 극복 가능한 가벼운 알고리즘을 적용하기 위하여 히스토그램을 이용한 방법을 적용하였다. 히스토그램을 적용 가능성에 대해 확인을 위해 임계값을 40에 두고 영상처리 해본 결과 정상일 경우와 졸릴 경우 눈동자의 검은 부분과 흰 부분의 비율에 차이가 있는 것을 확인할 수 있었고, 이를 바탕으로 히스토그램을 추출 해본 결과, 정상일 경우와 졸릴 경우 히스토그램에서도 차이가 있는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 실험 결과를 통해서 가장 기본적인 영상처리 기술로 졸음을 구분할 수 있다는 것을 확인할 수 있었다.

본 연구를 통해 경량화 알고리즘을 이용하여 졸음 판별이 가능하다는 것을 확인함으로써 기존에 제한이 많고 현실성이 많이 떨어지는 졸음운전 예방을 위한 기술의 현실화에 더 가까워질 수 있을 것으로 예상이 된다. 하지만 본 연구는 졸음운전 감지 혹은 방지 시스템에 다가가기 위한 사전 연구로 진행이 되어 완성된 기술에 다가가기에는 아직 현실성이 떨어진다.

따라서 향후 연구로 현재의 컴퓨터 단에서 처리한 영상처리 기술을 MCU 단에서 가능하도록 하는 연구를 추가로 진행할 예정이다. 압력센서를 이용한 졸음 측정의 경우 현재는 일반 두터운 의자(방식)에서 진행을 하였지만 이를 운전석에 맞게 최적화 하는 연구를 진행할 예정이다. 최종적으로는 위의 두 기술을 하나로 묶어서 상호 보완 가능한 졸음운전 감지 시스템을 개발할 예정이다.

감사의 글

이 논문은 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2018R1D1A1B07049973).
 본 연구는 중소기업벤처부에서 지원하는 2017년도 산학연협력 도약기술개발사업(No.C0509810)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

References

- [1] Ministry of Land Infrastructure and Transport Statistics System. <http://stat.molit.go.kr>
- [2] (TASS) Traffic Accident Analysis System. <http://taas.koroad.or.kr>
- [3] G. Li, B.L. Lee, and W.Y. Chung, "Smartwatch-Based Wearable EEG System for Driver Drowsiness Detection", *Journal of IEEE Sensors*, vol. 15, no. 12, pp. 7169-7180, 2015.
- [4] Y. J. Kim, Y. M. Kim, and M. S. Hahn, "Detecting Driver Fatigue Based on the Driver's Response Pattern and the Font View Environment of an Automobile", *Universal*

communication, 2008. ISUC'08. Second International Symposium on, pp. 237-240, 2008.

- [5] M. Omidyeganeh, A. Javadtalab, and S. Shirmohammadi, "Intelligent Driver Drowsiness Detection through Fusion of Yawning and Eye Closure", *Proceeding of IEEE International Conference on Virtual Environments, Human-Computer Interfaces and Measurement Systems*, pp. 1-6, 2011.
- [6] S. Abtahi, B. Hariri, and S. Shirmohammadi, "Driver Drowsiness Monitoring Based on Yawning Detection", *IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC)*, pp. 1-4, 2013.
- [7] Kim, M. S., Kim, Y. N., and Heo, Y. S., 2014, "Characteristics of Heart Rate Variability Derived from ECG during the Driver's Wake and Sleep States", *Transactions of KSAE*, vol. 22, no. 3, pp. 136-142.
- [8] Hu. H., Park S. S., Lee Y. S., "Development of a Driver Status Monitoring System Using a Driving Simulator", *Conference and Exhibition of KSAE*, pp. 1986-1993, 2009
- [9] Do Re-mi "Drowsy prevention system using infrared ray camera", master thesis 2008.
- [10] A. Rahman, M. Sirshar, and A. Khan, "Real Time Drowsiness Detection using Eye Blink Monitoring", *Proceeding of IEEE National Software Engineering Conference (NSEC)*, pp. 1-7, 2015.



남 현 도 (Nam Hyun Do)

1981 : 서울대학교 공학석사. 1986 : 서울대학교 공학박사. 1982~현재: 단국대학교 전자전기공학부 교수



김 경 호 (Kim Kyung Ho)

1996 : 일본 게이오대학 공학석사. 1999 : 일본 게이오대학 공학박사. 2006~현재: 단국대학교 전자전기공학부 교수

저 자 소 개



장 봉 환 (Jang Bong Hwan)

2009 : 연세대학교 공학석사. 2015~현재: 단국대학교 전자전기공학과 박사과정 재학



박 인 호 (Park In Ho)

2017 : 단국대학교 공학석사. 2017~현재: 단국대학교 전자전기공학과 박사과정 재학