

자동차 안전을 위한 히스토그램 이용 졸음 감지 시스템 개발

Development of a Drowsiness Detection System using a Histogram for Vehicle Safety

강수민, 허경무*, 주영복
(Su Min Kang¹, Kyung Moo Huh^{1,*}, and Young-Bok Joo²)

¹Department of Electronics Engineering, Dankook University

²Department of Computer Science & Engineering, Korea University of Technology & Education

Abstract: In this paper, we propose a technique of drowsiness detection using a histogram for vehicle safety. The drowsiness of vehicle drivers is often the main cause of many vehicle accidents. Therefore, the checking of eye images in order to detect the drowsiness status of a driver is very important for preventing accidents. In our suggested method, we analyse the changes of a histogram of eye region images which are acquired using a CCD camera. We develop a drowsiness detection system using this histogram change information. The experimental results show that the proposed method enhances the accuracy of detecting drowsiness to nearly 97%, and can be used to prevent accidents due to driver drowsiness.

Keywords: drowsiness detection, histogram, vehicle safety, eye image, image processing

I. 서론

한국 도로공사에서 최근에 조사한 자료에 따르면 1년동안 국내 고속도로에서 발생한 교통사고 현황은 사고건수 3967건으로 이 사고들 중 운전자 과실에 의한 사고건수가 83%, 차량결함에 의한 사고건수가 12%였다. 또한 운전자 과실의 원인으로는 졸음운전이 23%를 차지하고있어 교통사고 발생요인 중 큰 부분을 차지하고 있다고 볼 수 있다. 이러한 졸음운전에 의한 사고를 방지하기 위해 운전자의 졸음 상태를 파악하여 운전자에게 경고해줌으로서 사고를 방지하는 시스템의 필요성이 대두되고 있다. 이러한 목적을 가지는 시스템은 운전자에게 부담이 되지 않아야 한다는 점이 고려되어야 할 사항이다. 본 논문에서는 CCD 카메라에서 얻어진 영상을 처리하고, 이를 이용하여 히스토그램을 분석함으로써 운전자의 상태를 파악하고, 그에 따른 경고를 발생시키는 졸음운전 방지 시스템을 제안한다.

II. 연구 배경

1. 기존의 졸음 감지 방법

졸음 운전 방지 시스템에서 운전자의 졸음을 감지하는 방법은 다음과 같이 크게 세 가지로 나눌 수 있다[1-3]. 첫째로 운전자의 생리신호 변화를 측정하여 운전자의 현재 상태를 파악하는 방법이다. 이 방법은 주로 뇌파전위, 얼굴 근육의 긴장도, 심장 박동의 변화, 눈의 움직임 등을 이용하는 방법으로 졸음 판단 여부에 매우 높은 정확성을 가지

는 것이 특징이다. 두번째로 운전자의 핸들조작 패턴과 핸들에 가해지는 손의 악력 변화, 그리고 운전 지속 시간 등을 측정하여 판단하는 방법이 있다. 이 방법은 개개인에 따른 특수한 운전 패턴이나 습관들을 이용하는 방법으로 개 개인의 특징에 맞는 졸음 판단이 가능하다는 것이 특징이다. 세번째로 영상처리를 이용하여 운전자의 얼굴을 분석하여 졸음 상태를 판단하는 방법이다. 이 방법은 비접촉적인 방법으로서 졸음시 나타나는 얼굴의 변화(눈 깜박임, 하품, 표정변화등)를 측정하여 판단하는 방식으로 첫번째 방법보다는 졸음 판단의 정확성면에서는 떨어지지만 실제 운전자에게 적용함에 있어 매우 유용한 방법이다.

2. 기존 방법의 문제점

운전자의 졸음을 판단하기 위한 세가지 방법들은 다음과 같은 문제점들을 가지고 있다. 첫째로 운전자의 생리신호 변화를 측정하여 졸음을 판단하는 방법은 운전자로부터 여러가지 생체신호를 측정하기위하여 몸에 전극 패치 등을 부착하는 접촉식 방식이다. 이 방식은 운전자에게 여러 가지 불편함을 초래할 수 있다는 것이 큰 단점으로 나타나고 있다[1,4]. 두번째로 운전자의 핸들 조작 패턴과 핸들에 가해지는 손의 악력 변화, 그리고 운전 지속 시간들을 측정하여 판단하는 방법은 개개인의 특징에 따른 비교적 정확한 졸음 감지가 가능하나, 이를 위한 패턴들의 갯수가 무한대에 가깝다는 단점을 가지고 있어 정규화가 힘들어 범용적인 시스템을 만들기에는 부적합한 방법이다[2,5]. 셋째로 영상처리를 이용하여 운전자의 얼굴을 분석하여 졸음을 판단하는 방법은 영상처리 과정에서 특징점을 추출하여, 이를 이용하여 운전자 졸음상태를 판단하게 되는데 이를 정확하게 추적하는 일은 쉽지 않은 문제이다. 또한 강인하게 처리할 수 있는 대신, 계산량이 많아져 처리 속도가 늦어진다는 단점도 존재한다[3,6,7].

* Corresponding Author

Manuscript received November 15, 2014 / revised December 15, 2014 / accepted December 30, 2014

강수민, 허경무: 단국대학교 전자공학과

(wybuns@naver.com/huhkm@dku.edu)

주영복: 한국기술교육대학교 컴퓨터공학부(ybjoo@koreatech.ac.kr)

III. 히스토그램을 이용한 졸음 감지 방법

1. 얼굴 및 눈 영역 검출 및 트래킹

얼굴 검출 방법의 종류로는 그 기반에 따라 지식 기반(knowledge-based), 특징 기반(feature-based), 템플릿 기반(template-based), 상태 기반(appearance-based) 방법이 있다. 그 중에서도 상태 기반(appearance-based) 방법이 가장 많이 쓰이는데, 이 방법은 Adaboost [1] 등의 패턴 인식 알고리즘을 사용하여 학습함으로써 대상을 구분하는 분류기(classifier)를 만들어 내는 방법이다[3,8]. 먼저 학습시킬 얼굴 영상을 수집하고 negative sample과 positive sample을 구분한 후, positive 영상에 대하여 무작위로(randomly) 회전하거나 이동시키거나 크기를 변형시켜 학습영상을 늘리면 예러에 대한 민감성을 높일 수 있다. 여기서 positive sample이란 인식을 해야 되는 영상으로 일정 조건을 만족했을 때 분류기가 인식할 수 있도록 positive 값을 분류기에 보내준다. 반대로 negative sample은 인식하지 말아야 할 영상으로써 일정 조건을 만족했을 때 분류기가 인식하지 않도록 negative 값을 분류기에 보내준다. 미리 얼굴이 학습된 XML파일을 로드하면 Adaboost 방법의 경우 결정트리를 구성하여 일정 depth 이상을 만족하면 positive 값을 분류기에 보내준다[9]. 이와 같은 과정을 거쳐 만들어지는 분류기 중에서도 본 논문에서는 Harcascade_frontalface와 같은 XML 파일을 이용하여 학습된 얼굴을 이용하여 그림 1과 같이 사람의 얼굴을 검출한다.

추후, 검출된 얼굴 영역 내에서 눈 영역을 검출한다. 얼굴 영역을 검출할 때, 포즈(pose), 추가적인 객체들(안경, 콧수염), 부분적 얼굴, 카메라의 앵글에 따라 얼굴 검출에 문제가 생길 수 있으므로 주의해야 한다[3,5,7]. 한편 눈의 위치를 정하기 위하여 이전의 프레임과 현재 프레임 사이의 차이 값을 구한 후, 경계값을 설정한다. 결과값으로 나온 이진(binary) 이미지는 두 프레임 간에 발생했던 움직임을 보여준다. 그 다음 영상을 모폴로지 열립 연산을 수행하여 조명 조건이나 카메라 해상도로 인하여 발생하는 노이즈를 제거한다. 이 연산을 통하여 큰 연결도를 가지는 성분이 생성된다. 다음 반복적인 라벨링(labeling) 작업을 통하여 이진 영상으로부터 연결된 구성성분을 모두 찾는다. 이때 연결된 성분들이 두 눈인지 아닌지를 결정하기 위하여 각각의

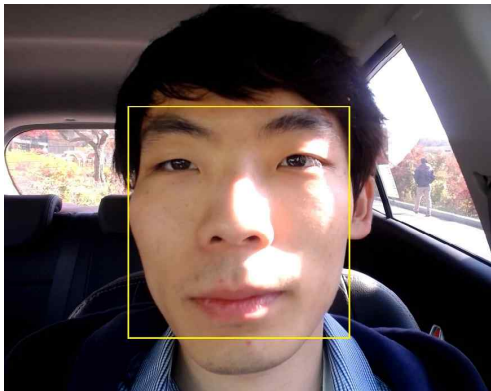


그림 1. 영상 내의 얼굴을 검출한 화면.

Fig. 1. Face detection in video frame.

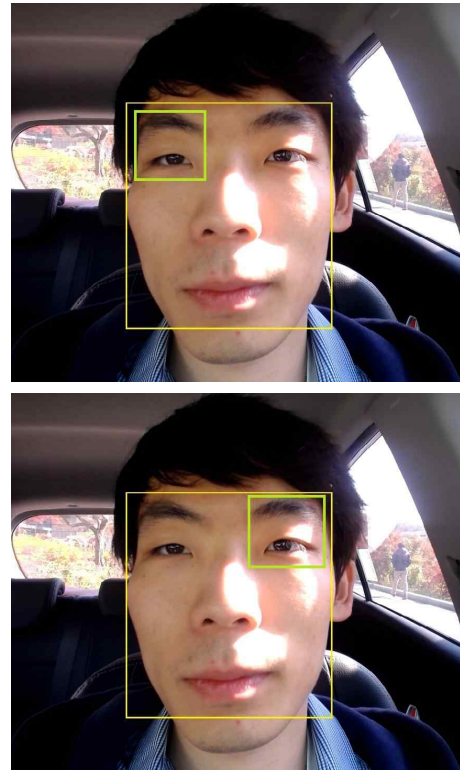


그림 2. 눈 영역을 검출한 화면.

Fig. 2. Detection of eyes in video frame.

R,G,B 채널간의 색차를 구한다. 일반적으로 눈 영역은 피부 영역에 비하여 R,G,B 간의 색차가 적다. 따라서 색차의 합이 가장 적은 영역을 눈의 영역으로 검출한다.

위 과정을 통하여 그림 2와 같이 눈의 영역을 검출한다. 눈 영역에 템플릿이 생성된 후 시스템은 차후의 프레임에서 사용자의 눈의 위치를 정하기 위하여 템플릿 매칭을 사용한다. 한편 이 시스템은 사용자가 눈을 뜨고 있을 때를 추적하도록 만들어져있기 때문에 눈을 깜빡이는 순간 템플릿을 잘못 생성할 수 있다. 따라서 한번 눈의 위치가 정해진 후 타이머를 통하여 무의식적인 깜빡임 후, 눈을 뜨게 되는 대략적인 시간을 판단하게 된다. 이를 통하여 무의식적으로 눈을 깜빡이는 것은 졸음 감지를 하지 않도록 설정한다.

2. 그레이 이미지 변환 및 졸음 판단 영역

선택되어진 얼굴 영역과 눈 영역에 해당하는 이미지를 식 (1)을 이용하여, 그레이 이미지로 변환하게 된다. 물론 이렇게 변환하는 식들은 다양하게 존재한다. 하지만 본 논문에서는 그중 가장 널리 사용되는 방법을 사용하였다. 즉 그레이 이미지에서의 그레이 레벨(GL)은

$$GL = \frac{R + G + B}{3} \quad (1)$$

로 계산된다. 여기서, R, G, B는 각 픽셀이 가지는 red, green, blue 성분 값이고, 식 (1)에 의해서 계산되는 값이 그 픽셀이 그레이 이미지로 변환되었을 때 가지는 값이다. 아래 그림 3은 얼굴 및 눈 영역을 그레이 이미지로 변환한 결과이다.

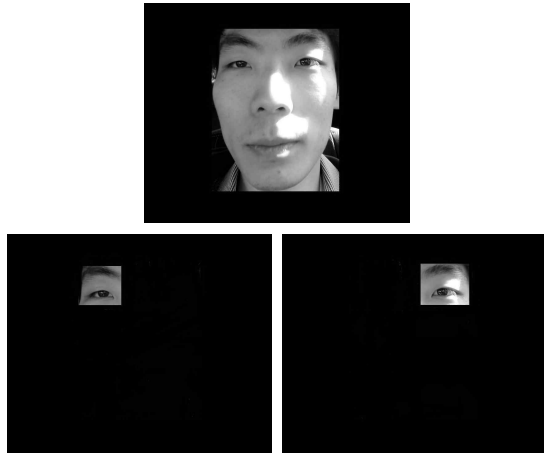


그림 3. 얼굴과 눈 영역을 변환한 결과.

Fig. 3. Conversion result of face and eyes in video frame.

그런 후, 변환된 그레이 이미지의 히스토그램을 식 (2)를 이용하여 졸음 판정값(DDV: Drowsiness-Determined Value)을 구하였다. 히스토그램의 DDV 값은 전체 이미지의 구성 성분 중 졸음 판정 영역안의 값을 가지는 픽셀의 백분율을 나타내는 것으로 눈 영상의 변화에 따라 변하게 되고, 이것은 졸음 판정을 하는데 유용한 데이터로 사용된다[9,10].

$$DDV = \frac{\sum_{s=190}^{240} (s \times P_s)}{\sum_{h=0}^{255} (h \times P_h)} \times 100 \quad (2)$$

식 (2)에서 h는 눈 영역 이미지 전체의 명도값을 나타내

는 것으로 0부터 255까지의 값을 가지게 되며, s는 졸음 판정 영역으로 설정한 명도값으로 190부터 240까지의 값을 가지게 된다. 또한 P_h 는 눈 영역 이미지 중 명도값이 h인 픽셀의 갯수를 나타내며, P_s 는 졸음 판정 영역 중 명도값이 s인 픽셀의 갯수를 나타낸다. 이렇게 입력영상의 DDV 값이 구해지게 되면, 이 값을 이용하여 졸음 상태를 판정하게 된다. 이때 구해지는 DDV는 우안과 좌안을 각각 판별에 공통적으로 쓰이는 수식이다.

3. 졸음 판단 및 각성기 구동

위에서 구해진 DDV 값은 식 (3)을 이용하여 최종적으로 졸음 여부를 판단하게 된다.

$$\begin{cases} DDV > 20 & : \text{졸린 눈 (판정값 1)} \\ DDV \leq 20 & : \text{정상 눈 (판정값 0)} \end{cases} \quad (3)$$

식 (3)을 이용하여 졸린 상태와 정상 상태를 판정하게 된다. 판정에 사용되는 20이라는 기준값은 정상적인 운전자와 졸린 상태의 운전자의 이미지를 각각 100장 정도 비교 분석하여 얻어진 결과이다. 이때 DDV의 판정은 우안과 우안을 각각 따로 판정하게 된다. 이렇게 우안 DDV값(DDVR)과 좌안 DDV 값(DDVL)이 정해지면, 아래 식 (4)를 이용하여 최종적인 졸음 상태 판정을 하게 된다.

$$\begin{cases} DDV_R + DDV_L \leq 1 & : \text{정상 상태} \\ DDV_R + DDV_L > 1 & : \text{졸린 상태} \end{cases} \quad (4)$$

만약, 졸린 상태 판정이 나왔을 경우에 졸린 상태를 나타내는 신호값 {1}을 보내게 되며, 정상 상태 판정이 나왔을 경우에 정상 상태 신호값 {0}을 보내게 된다. 이와 같은 신호를 받은 각성기는 {1}의 신호가 도착하였을 경우, 스피

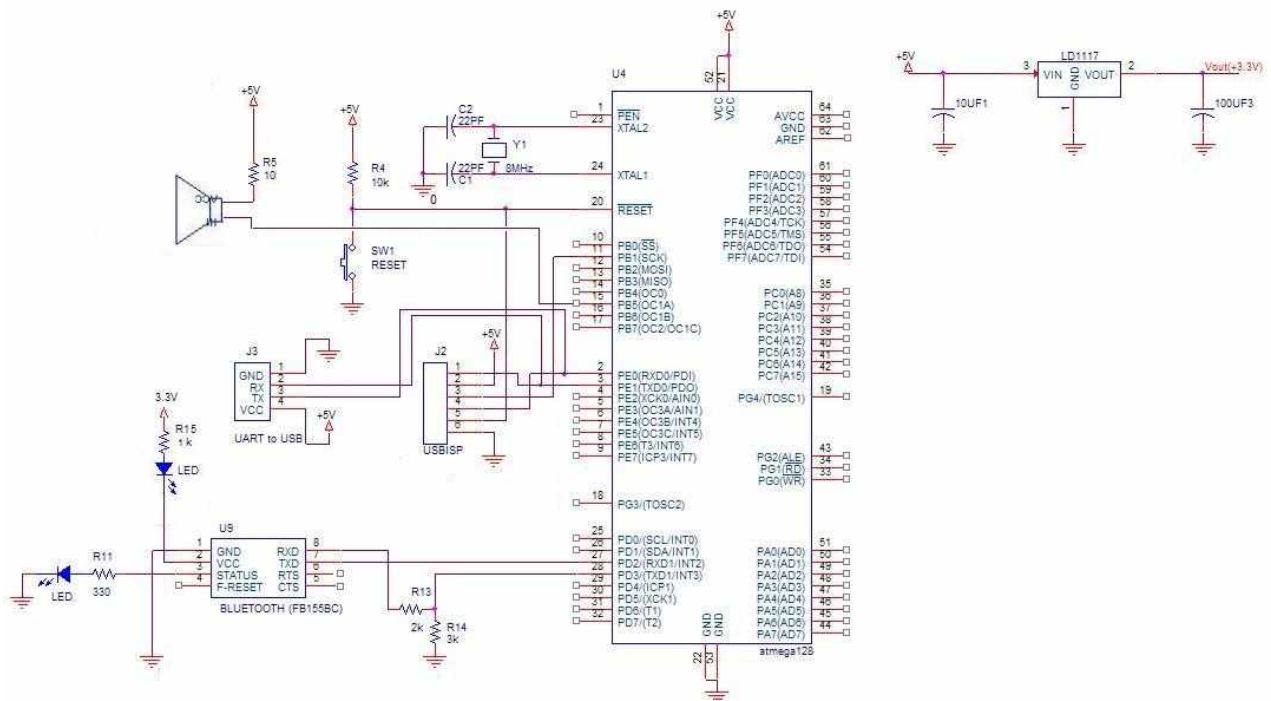


그림 4. 각성기의 회로도.

Fig. 4. Circuit diagram of awaken machine.

커를 통하여 졸음 경보음을 발생하게 되고, {0}의 신호가 도착하였을 때는 대기 상태로 있게 된다. 그림 4는 각성기의 전체적인 회로도를 나타내고 있다.

4. 처리 속도의 장점

일반적으로 많이 사용되는 특징점을 이용한 방식에서 눈 동자를 이용한 졸음 감지 방법은 입력되어지는 눈 이미지에서 졸음 판별을 위한 특징점을 약 5~20개 정도를 추출해낸다. 이렇게 추출된 특징점들의 상관관계 및 위치에 대한 계산을 하고, 이를 통하여 얻어진 결과값과 판별 기준값의 비교를 통하여 졸음 상태를 최종적으로 판정하게 된다. 이 방법은 눈 이미지가 새롭게 입력될 때마다, 다시 비교를 위한 특징점들을 추출해야하기 때문에 이 부분이 처리속도에 영향을 미쳐 처리시간이 증가할 수 있다. 비교를 위한 실험은 그림 5와 같이 차량에 설치한 후, 특징점을 이용한 방법과 제안한 방법을 번갈아 가면서 최종적인 판정까지 걸리는 처리시간을 비교하였다. 그 결과 특징점을 이용한 졸음 감지 방법은 약 1초 내외의 처리시간이 소요되는 것을 알 수 있었으며, 제안한 방법은 약 0.5초 내외의 처리시간이 걸리는 것을 알 수 있었다. 그 이유는 제안하는 방법은 입력되어지는 눈 이미지에서 각 명암도 값에 해당하는 픽셀 수만을 추출하고, 이를 산술연산을 통하여 졸음을 판별하게 된다. 또한 눈 이미지가 새롭게 들어오더라도 입력되어지는 이미지 전체에 대한 한번의 처리과정과 산술계산만을 수행하기 때문이다.

IV. 실험 결과 및 고찰

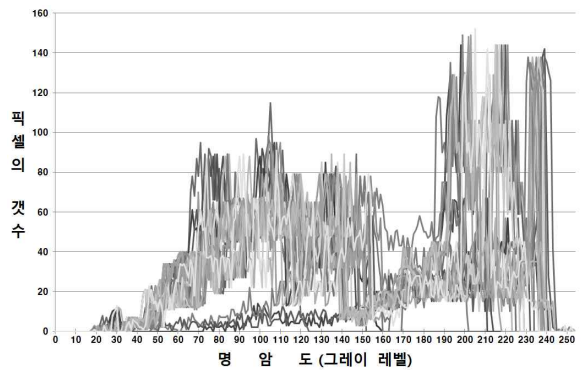
먼저 실제 실험 시스템의 실험 환경은 일반적인 모닝 차종에서 수행되었으며, 아래 그림 5와 같이 설치하여 수행하였다.

본 연구에서 개발한 시스템의 졸음 판정율을 알아보기 위하여 각 실험들은 20회의 반복실험 결과 얻어지는 DDV 값들의 평균을 최종적인 대상의 DDV 값으로 인식하여 졸음 상태를 판정하였다. 다음 그림 6과 7은 각각 졸린 상태와 정상 상태일때의 실험 대상 운전자 30명의 눈 히스토그램을 나타낸다.

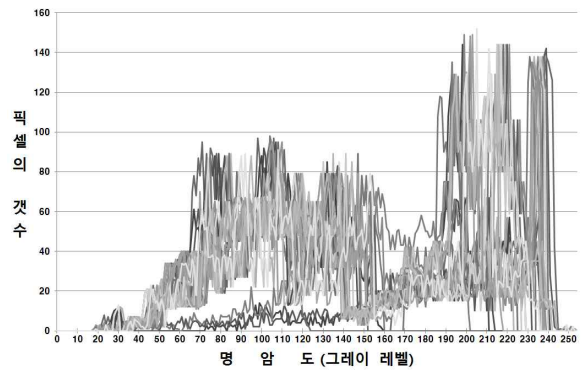
그림 6과 7에서 나타난 것과 같이 졸린 상태와 정상 상태의 히스토그램은 차이가 발생한다. 특히 명암도 190~240 사이의 구간을 보면, 확연한 차이를 알 수 있다. 이는 졸린 상태가 되면 눈동자 부분이 사라지면서 어두운 명암도를 가지는 부분이 작아지고, 밝은 명암도 부분이 증가하기 때문이다.



그림 5. 실험 시스템 구성.
Fig. 5. The experimental system configuration.



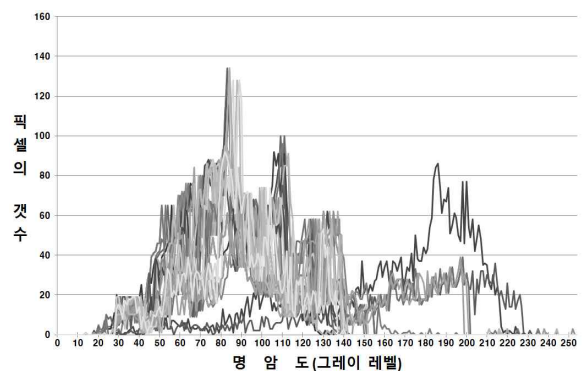
(a) Right eye.



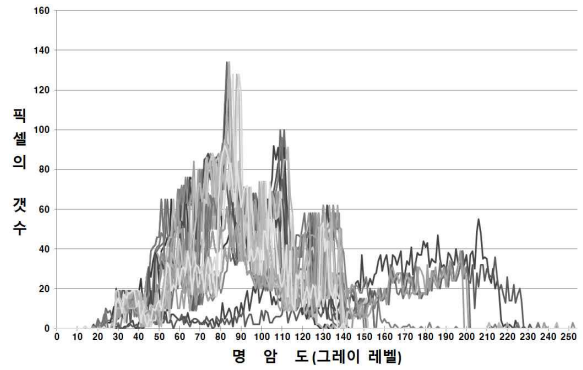
(b) Left eye.

그림 6. 졸린 상태의 눈 히스토그램.

Fig. 6. Eyes histogram of sleepy state.



(a) Right eye.



(b) Left eye.

그림 7. 정상 상태의 눈 히스토그램.

Fig. 7. Eyes histogram of normal state.

표 1. 정상 상태인 운전자들의 DDV 값.

Table 1. DDV value of normal state driver.

	DDV _R	DDV _L
대상1	33.13711	19.12246
대상2	0.031939	0.089623
대상3	40.32258	41.12567
대상4	0	0
대상5	0	0
대상6	0	0
대상7	0	20.15262
대상8	0	0.013520
대상9	0	0.000166
대상10	0	0.001123
대상11	0	0.008089
대상12	0.022857	26.18232
대상13	0.049285	0.021526
대상14	0.087662	0
대상15	22.96631	0
대상16	0.062788	0.000322
대상17	0	0
대상18	0	0
대상19	0.164799	30.26662
대상20	0.183486	0.165233
대상21	0	0.001050
대상22	8.995098	0
대상23	0.075873	7.726542
대상24	0	11.21654
대상25	37.476261	0.126555
대상26	0	0
대상27	0	0
대상28	6.649676	13.25652
대상29	57.12325	14.56526
대상30	0	1.125153

표 1은 정상 상태인 실험대상 운전자 30명의 우안 히스토그램 처리 결과값(DDVR)과 좌안 히스토그램 처리 결과값(DDVL)을 나타낸 것이다. 위 표에서 나타난 것과 같이 DDVR은 약 6.91의 평균값을 나타내고 있으며, DDVL은 약 6.17의 평균값을 나타내고 있다. 이것은 정상 상태일 때의 DDV 값은 약 6~7을 가지게 되는 것을 알 수 있다. 하지만 실험데이터를 보면 그 값을 상회하는 데이터들도 존재한다. 그 데이터들은 운전자가 순간적인 빛이나 어떠한 원인에 의하여, 졸음상태는 아니지만 우안이나 좌안을 감거나 찡그린 표정으로 인하여 눈의 영역이 축소되어, 눈 이미지중 눈동자의 영역이 작아지면서 나타나는 결과이다. 이 경우 운전자는 정상 상태이나 히스토그램 데이터에서는 졸음으로 판정하는 오류를 발생시킬 수도 있다. 따라서 이러한 경우를 방지하기 위하여 식 (4)를 통하여 최종적인 졸음 판정을 하게 된다. 식 (4)를 이용한 판정을 하기 위해서는 우선 식 (3)을 이용하여 우안과 좌안의 히스토그램 처리값들을 판정값으로 변환한 후, 그 판정값을 식 (4)에 적용하여 만들어지는 최종값을 이용하여 졸음 상태와 정상 상태를 판별하게 된다. 정상 상태인 실험대상 운전자 30명을 대상으로 하여 모두 20번씩의 반복적인 실험을 수행한

표 2. 졸린 상태인 운전자들의 DDV 값.

Table 2. DDV value of sleepy state driver.

	DDV _R	DDV _L
대상1	65.65886	55.24798
대상2	20.86247	21.26584
대상3	52.83554	27.65369
대상4	30.19774	21.62385
대상5	29.13554	26.23289
대상6	31.55377	42.32669
대상7	23.10569	20.16879
대상8	30.03049	33.29848
대상9	23.21255	29.64112
대상10	29.17539	37.89562
대상11	29.14717	45.39895
대상12	28.33946	52.65221
대상13	35.56689	27.56999
대상14	28.22378	20.00123
대상15	35.26282	37.52623
대상16	57.45452	42.32218
대상17	68.23268	62.21325
대상18	43.21758	39.82126
대상19	21.65598	26.28495
대상20	27.89662	32.22226
대상21	20.00122	21.21789
대상22	27.25623	38.68992
대상23	38.21622	46.21854
대상24	21.53156	23.26874
대상25	25.29715	22.33694
대상26	32.65621	36.18924
대상27	38.65262	26.23248
대상28	23.65891	23.21584
대상29	17.62895	12.21148
대상30	35.62899	32.21081

결과, 평균적으로 약 1명씩의 오차가 발생하여 정상 상태인 운전자의 판별력은 약 97%의 정확도를 가지는 것으로 나타났다.

표 2는 졸린 상태인 실험대상 운전자 30명의 우안 히스토그램 처리 결과값(DDVR)과 좌안 히스토그램 처리 결과값(DDVL)을 나타낸 것이다. 위 표에서 나타난 것과 같이 DDVR은 약 33.04의 평균값을 나타내고 있으며, DDVL은 약 32.77의 평균값을 나타내고 있다. 이것은 졸린 상태일 때의 DDV 값은 약 32~33을 가지게 되는 것을 알 수 있다. 하지만 실험데이터를 보면 평균값보다 적게 측정된 데이터들도 존재한다. 그 데이터들은 졸린 상태가 되더라도 눈이 완전히 감기는 경우가 아닌 약간의 실눈을 뜨고 있는 경우로 생각할 수 있다. 이러한 상태는 운전자 개인의 특성에 기인한다. 똑같이 실눈을 뜨고 있는 상황이라고 하더라도 개인의 차이는 존재한다. 따라서 이러한 경우도 고려하여 판정값으로 변환해주는 식 (3)의 경계값을 20으로 정하였다. 졸음 상태인 실험대상 운전자 30명을 대상으로 하여 모두 20번씩의 반복적인 실험을 수행한 결과, 평균적으로 약 1명씩의 오차가 발생하여 졸린 상태인 운전자의 판별력은 약 97%의 정확도를 가지는 것으로 나타났다.

V. 결론

본 논문에서 우리는 히스토그램을 이용한 졸음 방지 시스템을 제안하고, 실험을 통해 타당성을 보였다. 종래의 졸음 방지 시스템들의 졸음 감지방법은 눈썹, 입 등의 특징 영역 검출을 통해 감지함으로써 인해 검출 방법 설계의 어려움이 있고, 그로 인하여 계산에 소요되는 시간이 많이 걸린다는 단점이 있었다.

그러나 우리가 제안한 히스토그램을 이용한 졸음 방지 시스템은, 이러한 어려움을 상당히 극복할 수 있는 방법으로 판단된다. 특히 실시간으로 구동되어야 하는 졸음 방지 시스템에 있어 처리과정이 간단하여, 최종적인 졸음 판단의 속도가 빠르다는 점은 상당한 장점이라고 확신한다.

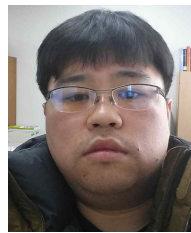
따라서 히스토그램을 이용한 졸음 방지 시스템은 영상 처리 시간이 많이 들지 않으면서도 처리 결과에 대한 만족을 얻을 수 있는 대안으로서, 충분히 가치와 유용성이 크다고 판단된다. 다만, 아직 초기 연구 단계로서 실용적이고 심층적인 후속 연구를 통해, 더욱 체계적인 방법과 조명 환경에 의한 영향의 최소화 방안 등을 계속 집중적으로 연구해나갈 예정이다.

REFERENCES

- [1] M. Chau and M. Betke, "Real time eye tracking and blink detection with USB cameras," *Boston University Computer Science Technical Report*, Dec. 2005.
- [2] L. G. Kourkoutis, K. I. Panoulas, and L. J. Hadjileontiadis, "Automated iris and gaze detection using chrominance: application to human-computer interaction using a low resolution webcam," *IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence*, vol. 1, pp. 536-539, Nov. 2007.
- [3] J.-I. Kim, H.-S. Ahn, G.-M. Jeong, and Chan-Woon, "Estimation of a driver's physical condition using real-time vision system," *The Journal of the Institute of Webcasting, Internet and Telecommunication*, pp. 213-224, Oct. 2009.
- [4] H. Park, Y. Jung, Y. Song, I. Kang, H. Jung, J. Seol, S. Ra, and C. Bae, "Detection of visual parameter for drowsy driving prevention," *Conference of the Korean institute of Communications and information Sciences*, pp. 2028-2031, Jun. 2005.
- [5] Y. H. Joo, J. K. Kim, and I. H. Ra, "Intelligent drowsiness drive warning system," *Journal of Intelligence and information System*, vol. 18, no. 2, pp. 223-229, Apr. 2008.
- [6] M. H. Yang, D. J. Kriegman, and N. Ahuja, "Detecting faces in images: a survey," *IEEE PAMI*, vol. 24, no. 1, pp. 34-M8, Jan. 2002.
- [7] J.-M. Choi, H. Song, S. H. Park, and C.-D. Lee, "Implementation of driver fatigue monitoring system," *The Journal of the Institute of Webcasting, Internet and Telecommunication*, vol. 37, no. 8, pp. 711-720, Aug.

2012.

- [8] G.-J. Han, W. Shi, K.-S. Lew, and Y.-D. Kim, "Implementation of automatic system preventing from the accidents of drowsy driving using Image process and two sensors," *Integrated Summer Conference of the Institute of Electronics and Information Engineers*, pp. 1160-1161, Jul. 2009.
- [9] K. M. Huh, "A face expression recognition method using histograms," *Journal of Institute of Control, Robotics and Systems*, pp. 520-525, May 2014.
- [10] K. M. Huh, "A method of improving accuracy of histogram specification," *Journal of Institute of Control, Robotics and Systems (in Korean)*, pp. 175-179, Feb. 2014.



강수민

2004년 단국대학교 전자공학과 학사.
2006년 단국대학교 전자공학과 석사.
2007년~현재 단국대학교 전기전자공학과 박사과정. 관심분야는 로봇트 제어, 검사 자동화, Machine Vision, 시스템 제어



허경무

1979년 서울대학교 전자공학과 학사.
1981년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 석사.
1989년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 박사.
1993년~현재 단국대학교 전자공학과 교수. 2005년 2월~2011년 6월 단국대 전자부품 검사자동화 지역혁신센터(RIC) 소장. 2011년 1월~2012년 12월 대한전자공학회 시스템및제어 소사이어티 회장. 관심분야는 시스템제어, 머신비전, 검사자동화, 로봇제어, 학습 제어.



주영복

1991년 연세대학교 전산과학과 석사.
1997년 UNSW 컴퓨터공학과 석사.
2001년 UNSW 컴퓨터공학과 박사.
2008년 경북대학교 전자전기컴퓨터공학부 BK 연구교수. 2009년 연세대학교 BK 연구교수. 현재 한국기술교육대학교 조교수. 관심분야는 영상 신호 분석, 자동결합 검사시스템 등.