creative commons

COMMONS DEED

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

[UCI]I804:24011-200000265427

2016年 2月
석사학위논문

외부조명 변화를 고려한 운전자 졸음 감지 시스템

조선대학교 대학원
소프트웨어융합공학과
최 원 웅

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

외부조명 변화를 고려한 운전자 졸음 감지 시스템

System for Detecting Driver's Drowsiness Considering Variation of External Illumination

2016年 2月 15日

조선대학원 대학원

소프트웨어융합공학과

최 원 웅

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

외부조명 변화를 고려한 운전자 졸음 감지 시스템

지도교수 신 주 현

이 논문을 공학 석사학위신청 논문으로 제출함

2015年 12月

조선대학교 대학원
소프트웨어융합공학과
최 원 웅

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

崔源雄의 碩士學位論文을 認准함

위원장 조선대학교 교 수 반 성 범 印

위 원 조선대학교 교 수 류 시 천 印

위 원 조선대학교 조교수 신 주 현 印

2015年 12月

조선대학교 대학원

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

목 차

표목차 iii

그림목차 iv

ABSTRACT vi

제 1 장 서 론 1

제 1 절 연구 배경 및 목적 1

제 2 절 연구 내용 및 구성 4

제 2 장 졸음 감지 시스템에 대한 관련연구 5

제 1 절 뇌파를 이용한 졸음 인식 시스템 5

제 2 절 심전도를 이용한 졸음운전 방지 시스템 7

제 3 절 영상 기반의 졸음 감지 시스템 7

제 3 장 제안하는 졸음 감지 시스템 11

제 1 절 Viola Jones 알고리즘을 이용한 얼굴 및 눈 검출 12

1. 적분 영상 12

2. Haar like feature 13

3. Adaboost 13

4. Cascade 구조 13

제 2 절 조명 정규화 14

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

1. CIE L*a*b* 색상 공간 14

2. 히스토그램 평활화 16

3. 최소-최대 명도값을 이용한 이진화 18

제 3 절 특징값 추출 19

1. 레이블링 19

2. 관심영역 설정 20

3. 두께분포를 이용한 특징값 추출 20

제 4 절 SVM을 이용한 눈 개폐상태 판단 21

1. 선형 SVM 21

2. 특징값을 이용한 SVM 실험 22

제 5 절 졸음 판단 시스템 24

1. 시간에 따른 눈 개폐상태 누적 값을 이용한 방법 25

2. 연속적인 폐안 상태를 이용한 방법 26

제 4 장 실험 및 결과분석 27

제 1 절 데이터 취득 및 실험 환경 27

제 2 절 조명정규화 실험 및 비교 결과 28

제 3 절 SVM을 이용한 눈 개폐상태 실험 및 비교 결과 32

제 4 절 졸음운전 판단 결과 34

제 5 장 결 론 35

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

표 목 차

[표 1] '09~13년 봄철(3~5월) 졸음운전 사고발생 현황 2
[표 2] '09~13년 봄철(3~5월) 차종별 졸음운전 사고발생 현황 2
[표 3] 운전자 영상 DB 27
[표 4] Negative 영상으로 비교 실험 결과 31
[표 5] 차량, 실험실 내부 눈 개폐상태 검출률 32
[표 6] 안경 착용자 눈 개폐상태 검출률 33
[표 7] 제안한 운전자 졸음 감지 시스템을 이용한 졸음 판단 결과 34

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

그 림 목 차

[그림 1] 최근 3년간 교통사고 사망자 1
[그림 2] 기존 졸음 감지 시스템 예시 5
[그림 3] 뇌파 주파수(베타파, 알파파, 세타파, 델타파) 파형 6
[그림 4] 심전도 주파수(P/Q/R/S/T파) 구성 7
[그림 5] 영상 기반의 졸음 감지 시스템 8
[그림 6] 허프변환의 직선검출을 이용한 방법 9
[그림 7] 색상 공간을 이용한 방법 9
[그림 8] PCA를 활용한 방법 10
[그림 9] 동공의 픽셀 분포를 이용한 눈 개폐상태 판단 방법 10
[그림 10] 제안하는 시스템 흐름도 11
[그림 11] 적분영상 수행 방법 12
[그림 12] Haar like feature 예시 13
[그림 13] Cascade 분류기 구성 14
[그림 14] CIE L*a*b* 색상 공간영역 15
[그림 15]히스토그램 평활화 수행 결과 17
[그림 16] 이진화 수행 결과 예시 18
[그림 17] 레이블링 수행 결과 19
[그림 18] 레이블링 통한 눈 후보영역 추출 19
[그림 19] 관심영역 설정 수행 결과 20
[그림 20] 두께분포를 이용한 특징값 추출 20
[그림 21] 선형 SVM을 이용한 이진 분류 21
[그림 22] 학습 데이터(Training Data) 23
[그림 23] 두께분포를 특징 값으로 SVM 학습 후 실험 영상 24
[그림 24] PERCLOS를 이용하여 졸음 상태 판단 26
[그림 25] 연속적인 폐안상태를 이용한 판단의 필요성 26

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

[그림 26] 차량 내부 DB 예시 28
[그림 27] 실험실 내부 DB 예시 28
[그림 28] 안경 착용자 DB 예시 28
[그림 29] Positive 영상으로 기존의 방법과 제안하는 방법 비교 실험 29
[그림 30] Negative 영상으로 기존의 방법과 제안하는 방법 비교 실험 30
[그림 31] Negative 영상 DB 예시 31
[그림 32] 안경을 착용할 경우 오검출의 원인 영상 33

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

ABSTRACT

System for Detecting Driver's Drowsiness Considering Variations of External Illumination

Wonwoong Choi
Advisor : Prof. Juhyun Shin, Ph.D.
Department of SoftWare Convergence Engineering.
Graduate School of Chosun University

Drowsy driving is the greatest part in the cause of car accidents, accounts for approximately 31% of car accidents that occurred on expressways for the last three years, and approximately 23% thereof resulted from failing to watch the road forward, causing casualties. The reason of drowsy driving to have a fatal impact on driving as described above is that it causes slow response speed and inaccurate decision making. It is thus necessary to develop a system for identifying the state of driver's drowsiness and alerting the driver of drowsiness to avoid car accidents for preventing drowsy driving resulting in the aforementioned risks.

Therefore, car manufacturers and government organizations have studied how to directly and indirectly obtain and analyze data about driver's drowsiness to prevent accidents due to drowsy driving in advance. Exemplary technologies to analyze driver's drowsiness include contacting driver's body to measure signals, analyzing driver's eyes, analyzing whether driver's eyes are open or closed, and analyzing car's movement to examine driver's state as an indirect method.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

In this study, a system is proposed for analyzing whether driver's eyes are open or closed on the basis of images to determine driver's drowsiness. The proposed system converts eye areas detected by a camera to a color space area to effectively detect eyes in a dark situation, for example, tunnels, and a bright situation due to a backlight. In addition, the system used a thickness distribution of a detected eye area as a feature value to analyze whether eyes are open or closed through the Support Vector Machine(SVM), representing 90.09% of accuracy. In the experiment for the images of driver wearing glasses, 83.83% of accuracy was obtained. In addition, in a comparative experiment with the existing PCA method by using Eigen-eye and Pupil Measuring System the detection rate is shown improved. After the experiment, driver's drowsiness was identified accurately by using the method of summing up the state of driver's eyes open and closes over time and the method of detecting driver's eyes that continue to be closed to examine drowsy driving.

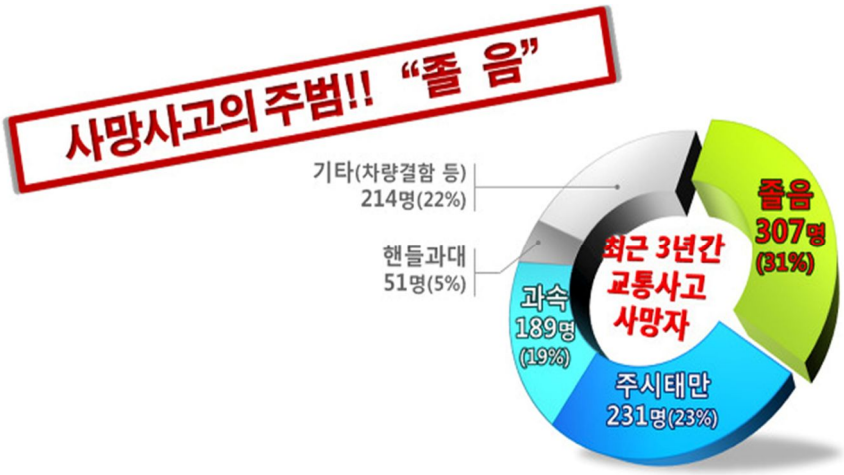
Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제 1 장 서 론

제 1 절 연구 배경 및 목적

자동차의 사용 증가로 인해 발생하는 대표적인 문제는 교통사고이다. 특히 사고 발생 시 피해가 큰 고속도로 교통사고의 경우 졸음운전이 가장 큰 원인으로 나타나고 있다. [그림 1]과 같이 최근 교통사고 중 31%(307명)는 졸음운전, 23%(231명)는 전방주시태만에 의해 사망한 것으로 나타났다. 또한, 최근 도로교통공단의 자료에 따르면 3년간 발생한 봄철 졸음운전사고는 매년 645건의 사고가 발생하여 30명이 사망하고 1,272명이 부상당하는 것으로 나타났다. 하루 평균 7건으로 약 14명의 사상자가 발생하고 있는 셈이다. 졸음운전 사고의 치사율은 100명당 4.3명으로 전체 교통사고의 2.1명보다 2배 이상 높은 것으로 나타났다. 또한, 미국 고속도로 안전관리국의 2009년도 보고에서도 치명적인 단독 차량 교통사고에 가장 많은 영향을 미치는 요인은 운전자의 졸음이며, 심각한 교통사고의 20%는 졸음운전 때문인 것으로 보고되었다[1].



[그림 1] 최근 3년간 교통사고 사망자

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

[표 1]과 같이 날씨가 따뜻해지는 봄철 교통사고 10건 중 3건은 졸음운전으로 인한 사고이다. 이러한 사고는 [표 2]와 같이 장거리 주행을 하는 화물용 트럭이나 영업 차량에서 높게 나타나고 있다.

[표 1] '09~13년 봄철(3~5월) 졸음운전 사고발생 현황

(단위 : 건, 명, 명/100건)

구분 / 연도	봄철 졸음운전사고 발생현황					일평균		
	발생건수	사망자수	치사율(명/100건) 졸음운전	치사율(명/100건) 전체	부상자수	발생건수	사망자수	부상자수
합계	3,224	151	4.7	2.3	6,360	7.0	0.3	13.8
연평균	645	30	-	-	1,272			
2009	666	33	5.0	2.5	1,357	7.2	0.4	14.8
2010	629	32	5.1	2.2	1,258	6.8	0.3	13.7
2011	627	26	4.1	2.1	1,299	6.8	0.3	14.1
2012	622	31	5.0	2.3	1,173	6.8	0.3	12.8
2013	680	29	4.3	2.2	1,273	7.4	0.3	13.8

1) 치사율(명/100건) : 교통사고 100건당 사망자수
2) 전체 : 봄철 전체사고

[표 2] '09~13년 봄철(3~5월) 차종별 졸음운전 사고발생 현황

(단위 : 건, %, 명)

구분 / 차종		계	승용차	승합차	화물차	특수차	이륜차(원동기)	기타	불명
봄철 졸음	발생건수	3,224	2,334	176	656	19	23	16	
	점유율	100.0	72.4	5.5	20.3	0.6	0.7	0.5	
	사망자수	151	73	13	61	2	0	2	
봄철 전체	발생건수	281,470	189,618	20,777	36,750	1,272	22,090	6,662	4,301
	점유율	100.0	67.4	7.4	13.1	0.5	7.8	2.4	1.5
	사망자수	6,363	3,104	535	1,434	71	906	286	27

또한, 교통사고로 인한 의료비, 후유장애로 인한 노동력 상실 등을 고려할 경우 인적 피해 비용은 약 13조 원이고, 전체 교통사고로 인한 인적, 물적 피해와 소방,

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

경찰 등 사회기관 비용을 모두 합하면 약 23조 원인 것으로 집계되고 있다[1].

최근 자동차 개발 업체들 중심으로 지능형 자동차에 대한 관심이 늘어나면서 기존 자동차에 지능을 부여하기 위한 기술들이 연구되고 있다. 지능형 자동차의 기술 분류는 차량 안전시스템과 운전자 편의 시스템으로 구별할 수 있다. 차량 안전 시스템에는 안전성 향상, 사고 예방, 사고 회피, 상해치 경감 기술 등이 있으며, 운전자 편의 시스템은 차량간 적정거리 유지 기술, 자동 주차 시스템, 자동 순항 시스템, 나이트 비젼 기술 등이 있다. 지능형 자동차는 IT와 각기 다른 기술분야들이 융합되어 현재도 다양하게 개발되고 있다[2].

졸음운전, 전방주시태만은 자동차 사고 원인 중에 가장 사망률이 높은 사고이며, 현재도 활발히 연구되고 있는 분야이다. 졸음운전 사고를 미연에 예방을 위해 여러 기술들이 연구되고 있으며, 생체신호와 영상 기반의 방법이 대표적이다. 생체신호를 이용한 졸음 검출 방법은 뇌파(Electroencephalogram), 심전도(Electrocardioram), 근전도(Electromyogram), 안전도(Electrooculogram) 등을 측정하여 졸음이 올 때 변하는 사람의 생체 신호를 분석하여 졸음을 검출하는 방법으로 가장 높은 정확도와 객관성을 갖는다. 그리고 차선이탈경고 장치와 같은 주행패턴 분석 방법으로 졸음을 검출하는 방법 또한 다양하게 사용되고 있다. 예로 국내 신형 에쿠스 등의 고급차에 적용되고 있는 차선이탈경고 장치가 대표적이다. 전방, 측면 카메라와 센서를 통해 차선을 감지하여 차량이 차선을 이탈하면 경고음으로 알려준다. 이외에도 BMW, INFINITI, CADILLAC, VOLVO 등의 글로벌 자동차 제조 업체에서도 차선유지보조장치, 차선이탈방지장치 등이 사용되고 있다. 그러나 이러한 주행패턴 분석과 같은 간접적인 방법은 제약사항이 많기 때문에 최근에는 직접적인 카메라를 이용한 영상 기반의 기술의 필요성이 대두 되고있다[2,3,4,5].

하지만, 사람의 생체 신호를 분석하는 방법은 실제 운전자에게 접촉하여 측정하는 방법이라 실제 도로를 주행하는 사람에게 적용하기 어렵고, 운전자의 운전 패턴 이용한 방법이나 주행 분석 방법의 경우도 손의 압력이나 핸들 조작 패턴 등과 같은 다양한 운전 패턴을 파악하기 어려운 실정이다. 그러나 영상을 이용한 졸음 판단은 상당히 신뢰도가 높고 운전자에게 비 접촉식의 방법으로 실제 운전시 방해가 되지 않아 실용

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

적인 측면에서 우수하여 여러 자동차 제조 업체에서도 다양한 연구를 진행하고 있다.

이에 본 논문에서도 운전자의 영상을 이용하여 비 접촉식으로 졸음을 판단하는 연구를 진행했다.

제 2 절 연구 내용 및 구성

본 연구의 내용은 운전자의 주행 중 데이터를 수집하여 눈 개폐 상태 여부를 판단하고, 운전자 눈 개폐상태 변화를 분석하여 졸음운전을 판단하는 시스템이다. 먼저 입력된 영상에서 눈 개폐상태 판단을 수행하기 위해 조명상태에 민감한 카메라 기반의 영상을 조명 정규화를 통해 해결한다. 그리고 특징값 추출과 기계학습을 통해 실험 데이터의 개폐상태를 판단한다. 취득한 눈 개폐상태 정보를 이용하여 시간에 따른 폐안 누적의 비율과 연속적인 폐안 상태를 분석하여 졸음 여부를 판단한다. 마지막으로 운전자의 객관적인 졸음 상태를 측정하기 위해 실제 차량에서 촬영된 영상과 공개되어 있는 데이터를 취득하여 시스템의 성능을 측정 및 비교분석하고 평가한다.

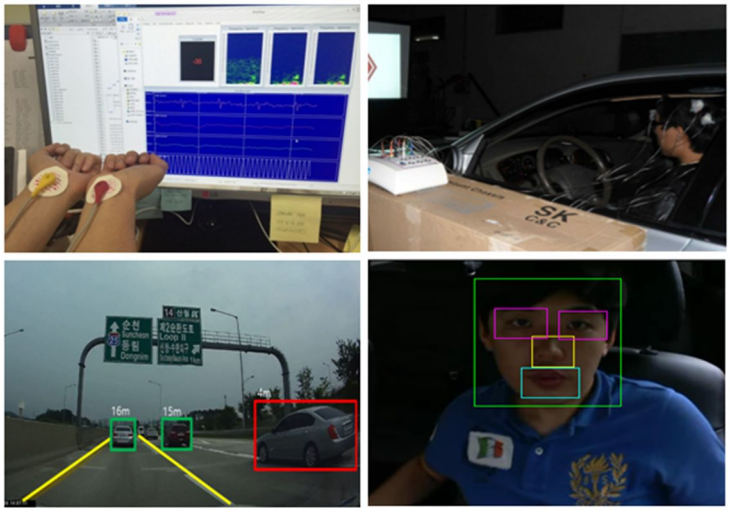
본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 기존 졸음 감지 시스템에 관한 내용에 대해 기술하며, 제 3장에서는 제안하는 시스템에 대한 조명정규화, 특징값 추출, 기계학습을 이용한 눈 개폐상태 판단 시스템, 졸음 판단 시스템에 대하여 기술한다. 제 4장에서는 실제 졸음운전 영상을 취득한 환경과 방법에 대해 설명하고, 눈 개폐상태 실험 및 비교 결과와 졸음운전 판단 실험 결과에 대해 기술한다. 제 5장에서는 성능 분석 및 실험 결과와 향후 연구에 대해 기술하면서 결론을 맺는다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제 2 장 졸음 감지 시스템에 대한 관련연구

졸음 감지 시스템에서 졸음을 검출하는 일반적인 방법은 [그림 2]와 같은 기술들이 있다. 첫번 째로 운전자의 졸음, 정상 상태를 구분하기 위한 뇌파 신호를 이용한 방법이 연구되고 있고, 두번 째로 심전도 측정으로 얻어지는 심박변이도(Heart Rate Variability)가 졸음정도에 매우 민감하게 반응하기 때문에 이를 이용한 졸음 감지 연구가 진행되고 있다. 마지막으로 영상을 이용하여 운전자의 졸음을 직접 인식하거나, 차선 검출을 이용한 차량 움직임의 변화를 통해 운전자의 상태를 파악하는 연구들이 진행되고 있다[6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17].



[그림 2] 기존 졸음 감지 시스템 예시

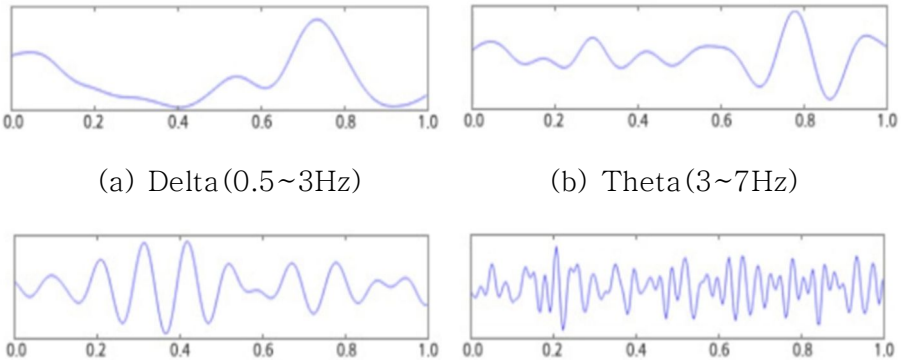
제 1 절 뇌파를 이용한 졸음 인식 시스템

뇌파란 우리 몸에서 나오는 생체 신호 중 하나로 대뇌피질의 신경 세포군에서 발생한 뇌전 기활동의 총화를 체외로 도출하고, 이를 증폭해서 전위를 종축으로 시간을 횡축으로 해서 두피상에서 기록한 것이다. 뇌파상의 변화를 주는 요인은 개인차, 연령, 의식상태의 변화, 정신활동 및 지각자극, 신체의 생리적 변화, 뇌내 병적

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

과정 혹은 질환상태 등이 있다. 이러한 뇌파는 객관적, 비침습적, 연속적으로 간단하게 대뇌기능을 평가할 수 있는 검사법이다. 뇌파 판독에는 주파수가 널리 쓰여지고 있으며 이 주파수에 따라 기본이 되는 뇌파는 델타파, 세타파, 알파파, 베타파로 분류된다.



(a) Delta(0.5~3Hz) (b) Theta(3~7Hz)

(c) Alpha(8~13Hz) (d) Beta(16~20Hz)

[그림 3] 뇌파 주파수(베타파, 알파파, 세타파, 델타파) 파형

[그림 3]은 델타파, 세타파, 알파파, 베타파를 나타낸다. 베타파는 14~30Hz의 분포를 보이고 정상적으로 전두부에서 기록된다. 긴장하거나 집중되는 정신 활동 시 뇌 전체의 범위에서 나타난다. 알파파는 8~13Hz의 분포를 가지며, 두정엽과 후두엽에 기록된다. 뇌파의 기본으로 정상 성인의 각성, 안정, 눈 개폐 상태 등의 행동 시 뇌파가 기록된다. 세타파는 4~7Hz에서 나타나며 후두엽과 측두부에서 기록된다. 정상 성인의 경우 정서 불안과 같은 상황에서 기록된다. 마지막으로 델타파는 가장 저주파인 0.5~3Hz의 분포를 보인다. 출현부위는 다양하며 숙면과 같은 상황에 자주 나타나고, 각성 상태에서 나타나면 이상으로 판정된다[18,19].

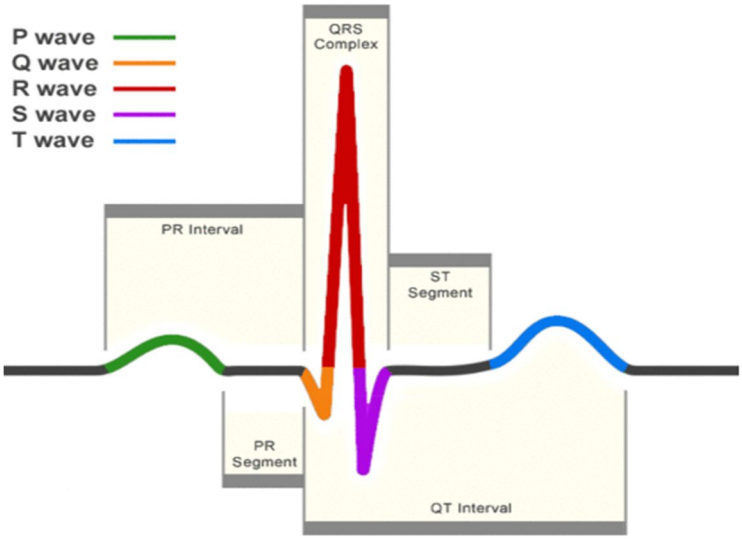
정상 성인의 경우 각성, 안정, 눈 개폐 상태가 주로 후두부에 해당하며 후두부에서 뇌파를 측정 시 졸음 판단을 위한 데이터를 얻을 수 있다. 또한, 개안 시 알파파에서는 11~13Hz의 파형이 나타나므로 이 부분의 파형을 추출하여 졸음을 판단할 수 있다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제 2 절 심전도를 이용한 졸음운전 방지 시스템

심전도는 심장의 운동에 의해 발생하고 우리 몸의 표면에서 측정 가능한 일종의 전압 신호로 [그림 4]와 같이 연속적인 P/Q/R/S/T파로 구성되어 있다. 심전도를 이용한 졸음 측정은 주로 R파(R-peak) 검출 분석을 통한 심박변이도의 시간 영역과 주파수 영역을 해석하여 판단한다. 또한, 사람은 졸릴 수록 교감 신경계와 부교감 신경계의 활동 비율이 변화한다. 이를 나타내는 지표인 LF/HF비율이 감소하는 주파수 영역을 측정하여 졸음을 판단할 수 있다[20,21,22].



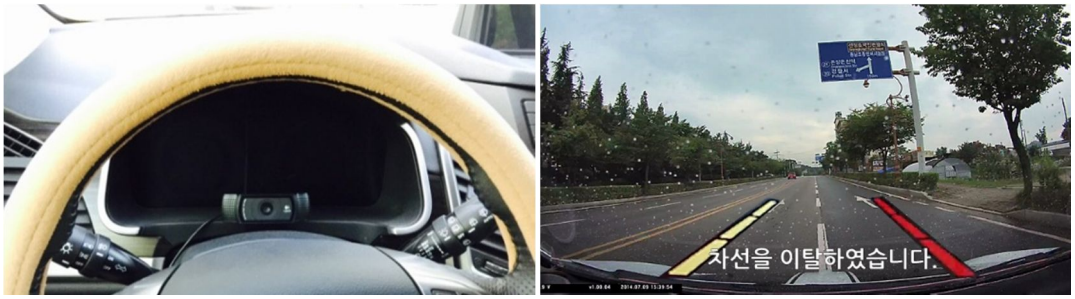
[그림 4] 심전도 주파수(P/Q/R/S/T파) 구성

제 3 절 영상 기반의 졸음 감지 시스템

영상기반의 졸음 판별은 비접촉식이며 신뢰도가 높은 방법이라 실제 자동차 업체에서 주로 사용되고 있는 방법이다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY



[그림 5] 영상 기반의 졸음 감지 시스템

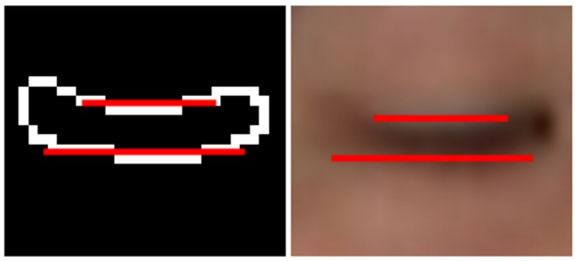
[그림 5]와 같이 주로 2가지의 방법으로 연구되고 있으며 첫번 째는 차선 유지 보조 시스템, 차간거리 유지 시스템으로 차량의 앞, 옆 부분에 장착된 카메라와 센서를 통해 주행 중 차선을 실시간으로 감지하여 이탈 및 지정된 패턴에서 벗어날 경우 경고를 알려주는 시스템이다. 그리고 차간거리 유지 시스템은 차량 앞 부분에 장착된 카메라와 전방 센서를 이용하여 차간거리를 판단하여 경고를 알려주는 시스템이다. 이와 같은 시스템은 평균적으로 60km/h이상의 속도에서 작동을 하며 운전자가 방향 지시등을 작동시키지 않고 차선을 이탈할 경우, 차간 거리가 많이 좁혀 졌음에도 브레이크 작동이 없을 경우 경고를 발생시키는 시스템이다. 경고 이후에도 핸들의 반응이 없을 경우 안전띠와 의자의 진동장치를 이용하여 운전자가 졸음에서 벗어나도록 도와준다[23].

두번 째 방법으로는 얼굴의 영상을 기반으로 졸음을 판단하는 시스템이다. 운전자 전방에 장착된 카메라 모듈로 운전자의 얼굴 변화를 감지하여 운전자가 졸음 상태에서 운전을 계속 진행할 경우 위험을 알려주는 시스템이다. 영상을 이용한 얼굴 변화를 감지하는 시스템은 현재도 다양하게 연구되고 있으며, 눈의 경우 졸음의 상태를 판단하는 중요한 단서가 된다. 현재 연구되고 있는 방법으로는 허프변환의 직선 검출을 이용하여 눈 개폐상태를 판단하는 방법[24], 색상 공간을 이용하여 눈 영역 추출 및 개폐상태를 판단하는 방법[24], PCA(Principal Component Analysis)를 활용한 방법[25], 동공의 픽셀 개수를 이용한 방법[26] 등이 연구되고 있다. [그림 6]은 허프변환의 직선 검출을 이용한 방법은 폐안상태에서 검출되

Collection @ chosun

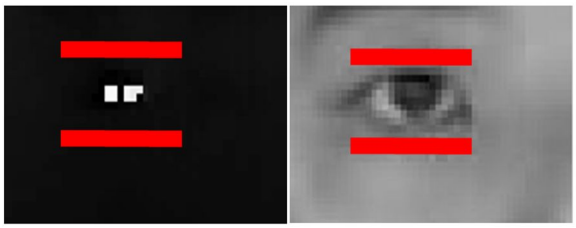
조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

는 직선의 개수와 길이, 강도 성분 등의 특징을 이용하여 판단하는 방법이다.



[그림 6] 허프변환의 직선검출을 이용한 방법

그리고 색상 공간을 이용한 방법은 RGB영상을 HSV 색상 공간으로 변환하여 Hue 영역을 사용한다. 눈 영역과 얼굴 영역은 Hue의 다른 임계값의 분포를 가지므로 이와 같은 방법으로 눈 영역을 추출한 후, [그림 7]과 같이 크기 값을 이용하여 개폐상태를 판단할 수 있다.

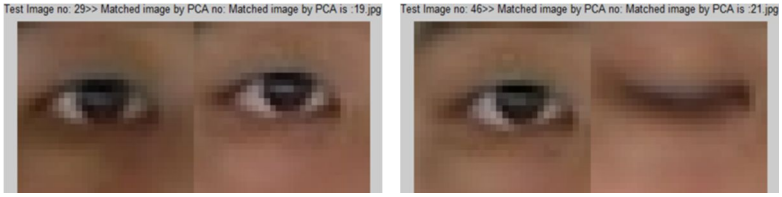


[그림 7] 색상 공간을 이용한 방법

PCA를 이용한 방법은 비교적 널리 알려져있는 방법으로 성능비교를 할때 주로 사용되는 방법이다. PCA는 분포된 데이터들의 주성분을 찾아주는 원리로 여러 데이터의 성분이 모여 하나의 분포를 이룰 때의 주 성분을 분석해주는 방법이다. 눈 개폐 상태를 판단하기 위해 눈 영상을 학습시켜 개안 상태의 주성분 벡터, 폐안 상태의 주성분 벡터를 얻어 벡터 값의 대조를 이용해 [그림 8] 같이 개폐상태를 분류해냈다.

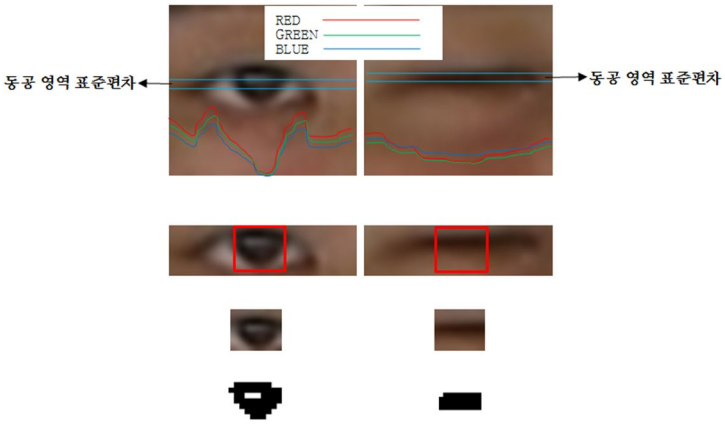
Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY



[그림 8] PCA를 활용한 방법

동공의 픽셀 개수를 이용하여 눈 개폐상태를 판단하는 방법의 과정은 [그림 9]와 같다. RGB 색상 공간과 동공 영역부분의 표준편차를 이용하여 눈 영역의 값을 분석 후 동공을 추출하고, 역치값을 설정하여 이진화를 수행했다. 개안, 폐안 상태에서의 역치값에 따른 이진화 된 영상의 검은 부분의 전체 픽셀 개수를 측정하여 비교하는 방법을 사용했다.



[그림 9] 동공의 픽셀 분포를 이용한 눈 개폐상태 판단 방법

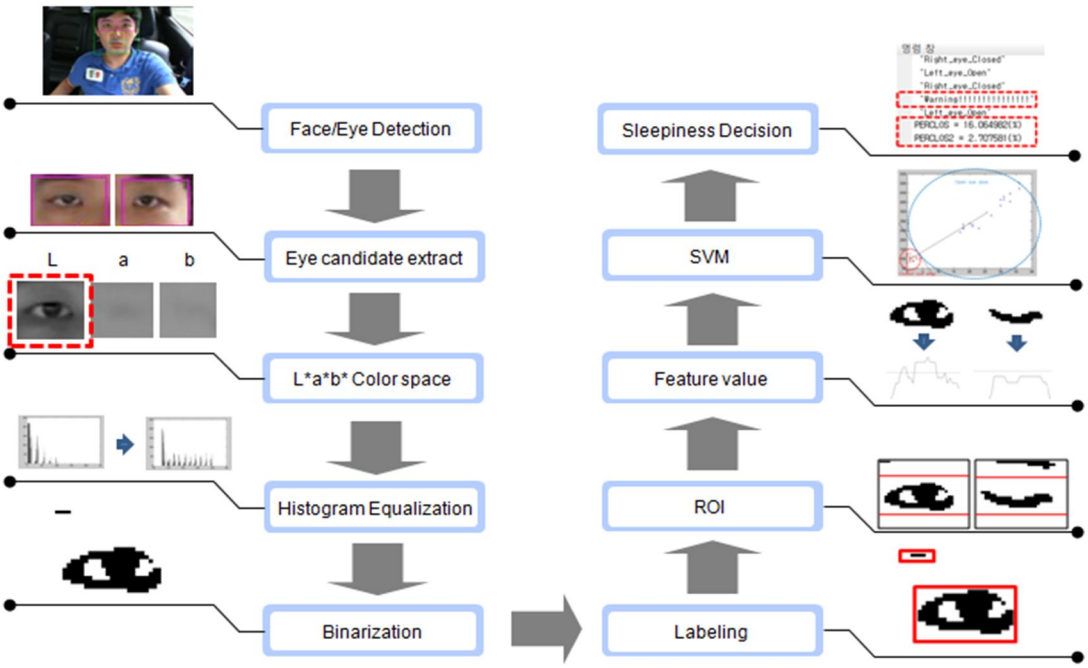
현재도 다양한 방법으로 졸음을 측정하는 연구가 진행되고 있다. 영상을 이용한 방법의 경우 비접촉식으로 운전의 방해가 되지 않아 가장 효과적이지만, 주간환경에서의 차량 이동시 다양한 조명에 노출된다. 그리고 안경과 같은 보조 장치를 착용했을 경우에도 검출에 어려움이 있고 이에 대한 해결 방안이 필요한 실정이다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제 3 장 제안하는 졸음 감지 시스템

[그림 10]은 본 논문에서 제안하는 졸음 감지 시스템의 흐름도로써, 먼저 입력된 영상에서 얼굴과 눈을 검출한다. RGB색상 공간을 갖는 눈 영역을 CIE L*a*b* 색상 공간으로 변환한 후, 히스토그램 평활화를 통해 밝기 분포가 특정 범위에 밀집된 것을 일정한 분포로 재분배하여 주변 환경이 어둡거나 밝은 눈 영상을 개선한다. 개선된 영상은 최대-최소 평균 명도 값 이진화를 사용하여 결정된 임계 값보다 높은 픽셀은 모두 흰색, 그렇지 않은 픽셀은 모두 검은색으로 변환된다. 이후, 레이블링을 통해 인접한 화소에 모두 같은 번호를 붙여 눈, 눈썹, 안경, 머리카락 등의 눈 후보영역들을 검출한다. 검출된 영역은 관심영역 설정을 통해 눈 이외의 후보영역을 제거하고 정확한 눈 영역만을 추출한다. 그리고 추출된 눈 영역의 두께 분포를 특징값을 SVM에 학습 및 실험데이터 성능 검증을 수행한다. 마지막으로 PERCLOS와 연속적인 폐안 상태를 복합적으로 사용하여 졸음 상태를 판단한다.



[그림 10] 제안하는 시스템 흐름도

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제 1 절 Viola Jones 알고리즘을 이용한 얼굴 및 눈 검출

본 논문에서는 연산 속도가 높은 Viola Jones 알고리즘을 사용하여 얼굴을 검출하였으며, 검출된 얼굴내에서 동일한 방법을 통해 눈을 검출해냈다. Viola jones 객체 검출 알고리즘은 크게 4가지의 특징이 있으며, 연산량을 줄이고 정확도를 높이는데 사용된다.

1. 적분 영상

적분영상은 특징을 검출하는데 있어 수많은 반복작업을 수행하는 동안 연산 량을 줄여 시간을 단축하기 위한 목적으로 사용한다. [식 1]과 같은 방법으로 픽셀이 이동하면 할 수록 값이 커지고 마지막 픽셀로 이동하면 픽셀의 값은 최대치가 된다. 예로 [그림 11]과 같이 매번 픽셀을 더하는 것보다 훨씬 연산량이 감소한다[27].

$$\begin{aligned} ii(a) &= A \\ ii(b) &= A + B \\ ii(c) &= A + C \\ ii(d) &= A + B + C + D \\ D &= d - (b + c) + a \end{aligned} \tag{1}$$

10	15	7	9	5	6	4	2
9	32	65	45	12	7	5	2
7	24	66	65	41	34	4	7
9	11	70	89	44	37	42	11
32	78	91	78	48	65	15	24
64	12	89	58	65	45	37	9
1	1	96	89	56	48	59	3
2	3	45	65	44	71	57	4

원래 영상(original image)

89+44+37+78+48+65+58+65+45=529

10	25	32	41	46	52	56	58
19	66	138	192	209	222	231	235
26	97	235	354	412	459	472	483
35	117	325	533	635	719	774	796
67	227	526	812	962	1111	1181	1227
131	303	691	1035	1250	1444	1551	1606
132	305	789	1222	1493	1735	1901	1959
134	310	839	1337	1652	1965	2188	2250

적분 영상(integral image)

1444-459-691+235=529

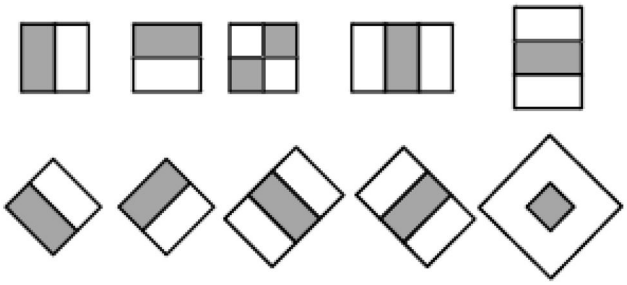
[그림 11] 적분영상 수행 방법

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2. Haar like feature

Haar like feature는 Haar like Filter에 의해 계산되며, [그림 12]와 같은 형태로 무수히 많이 존재한다. 수 많은 Filter 중 가장 효과적인 Adaboost 알고리즘으로 선형 조합하여 최종 분류기를 구성한다[27].



[그림 12] Haar like feature 예시

3. Adaboost

객체 검출기에서는 객체와 배경을 분류하기 위해 Adaboost를 사용했다. Adaboost 분류기는 객체 샘플들과 배경의 샘플들을 사용하여 학습시킨다. 약분류기에 의해 긍정 판정된 샘플들의 가중치는 낮추고 부정 판정된 샘플들은 가중치를 높이는 과정을 여러 단계를 반복적으로 거치도록 하여 효율적인 객체 검출을 수행한다[28].

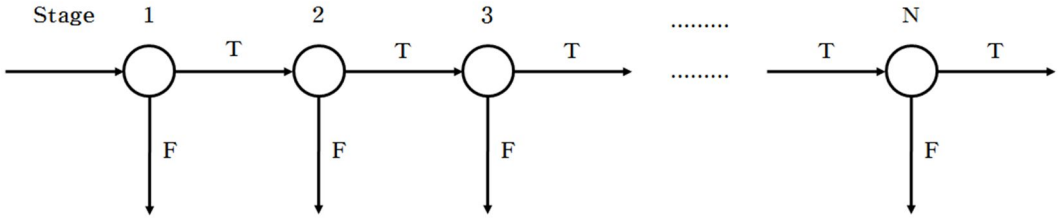
4. Cascade 구조

연산 속도를 향상 시키기 위하여 [그림 13]와 같이 True, False 분류를 Cascade 구조로 만들어 적용한다. Cascade 구조는 단계별 약한 분류기의 수를 다

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

르게 나누어 수행한다. 그리고 상위 단계에서 높은 검출 확률의 분류기를 적용하고 순차적으로 낮은 확률의 분류기를 적용하는 방법이다. 또한, 단계 수를 조절하여 성능과 속도를 유동적으로 조절할 수 있다[28].



[그림 13] Cascade 분류기 구성

제 2 절 조명 정규화

1. CIE L*a*b* 색상 공간

CIE L*a*b*는 국제조명위원회에서 규정한 색상 값으로 사람 눈으로 감지할 수 있는 색차와 색 공간을 수치로 표현한 색차를 거의 일치시킨 색 공간이다. 이전까지 디지털 컬러에 대한 표시가 X, Y, Z 라는 사람의 눈에 Red, Green, Blue에 각각 유사한 색 공간으로 표시하여 왔지만, CIE L*a*b*은 균일한 색 공간 좌표로서 눈과 매우 근사한 차이를 보여주기 때문에 현재 세계적으로 표준화되어 있는 색 공간이다. [그림 14]과 같이 CIE L*a*b*에서의 색 좌표는 L*, a*, b*로 표시하게 되며 L*은 조도, a*는 Red와 Green의 정도, b*는 Yellow와 Blue의 정도를 나타내는 입체 좌표이다. 그러나 CIE L*a*b*공간에서 Red와 Green, Yellow와 Blue는 같은 거리에 위치한 것이 아니다. Green 계통은 중심으로부터 거리가 짧고 Red 계통은 중심으로 부터 거리가 Green보다는 훨씬 멀다. 조도를 나타내는 수치로 L*=100은 흰색이고, L*=0은 검은색이다. a*=70은 a*=40보다 더 붉게 보이며 b*=60은 b*=30보다 훨씬 Yellow가 많게 보인다. 입체적으로 거리가 서로 멀면

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

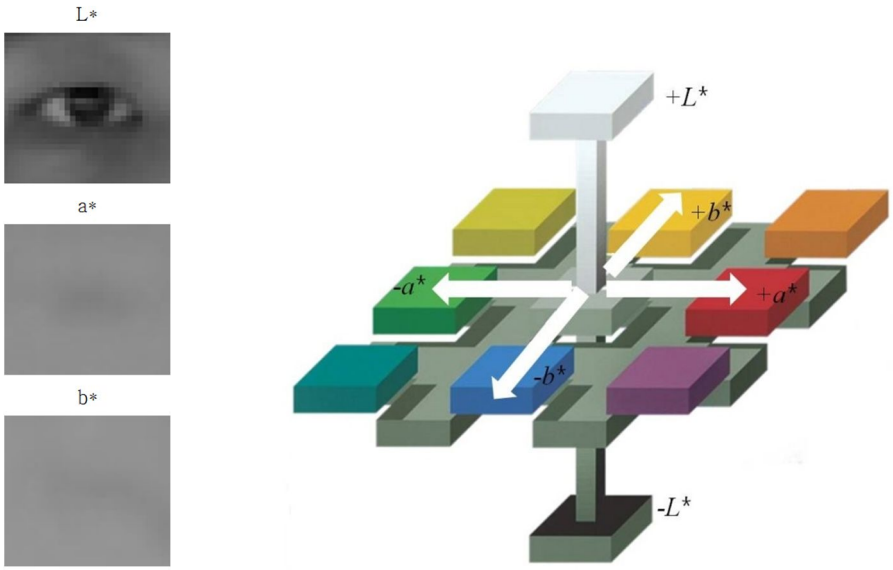
색 차이가 많이 나는 것이고 거리가 거의 차이가 없으면 동일한 색으로 인지된다. 본 논문에서는 눈 영역의 검출률을 향상시키기 위한 방법으로 [식 2]를 이용하여 RGB 색상 공간 영역에서 CIE L*a*b*의 색상 공간 영역으로 변환하여 조명 변화에 효과적으로 대응이 가능한 L*영역의 값을 이용하여 수행했다[29].

여기서, $\mathrm{X}, \mathrm{Y}, \mathrm{Z}$ 는 색 표시계의 3자극 값이고, $\mathrm{X}_0, \mathrm{Y}_0, \mathrm{Z}_0$ 은 완전확산반사면(Perfect Reflecting Diffuser)의 3자극 값을 나타낸다.

$$L^* = 116f\left(\frac{\mathrm{Y}}{\mathrm{Y}_0}\right) - 16$$

$$a^* = 500\left[f\left(\frac{\mathrm{X}}{\mathrm{X}_0}\right) - f\left(\frac{\mathrm{Y}}{\mathrm{Y}_0}\right)\right] \qquad (2)$$

$$b^* = 200\left[f\left(\frac{\mathrm{Y}}{\mathrm{Y}_0}\right) - f\left(\frac{\mathrm{Z}}{\mathrm{Z}_0}\right)\right]$$



[그림 14] CIE L*a*b* 색상 공간영역

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2. 히스토그램 평활화

히스토그램 평활화(Histogram Equalizaiton)는 영상의 히스토그램을 이용하여 변환 함수를 생성하는 것으로 밝기 분포가 특정한 범위에 밀집된 것을 균등한 분포로 재분배하여 주변 환경이 어둡거나 밝은 영상을 개선하는데 사용된다. [식 3]의 Cumulative Distribution Function(n)은 입력 영상 히스토그램(Hist(n))의 누적분포함수로 자기 자신 이하의 값을 모두 더한 값이 출력된다. [식 4]는 CDF(n)를 전체 픽셀수로 나누고 밝기의 최댓값을 곱하면 해당 밝기의 변환 값이 구해진다. 본 논문에서는 [식 5]를 이용하여 기존의 순방향의 누적 분포 함수 뿐만 아니라 역방향의 누적 분포 함수까지 추가로 사용하는 방법을 이용하여 [그림 15]과 같은 영상 개선을 수행했다. 역방향 누적 분포 함수는 최댓값에서 최솟값으로 작아지는 방향으로 누적분포함수를 생성 하는 방법이다. 그 결과 기존 히스토그램 평활화보다 명암대비를 향상 시킬 수 있다[30].

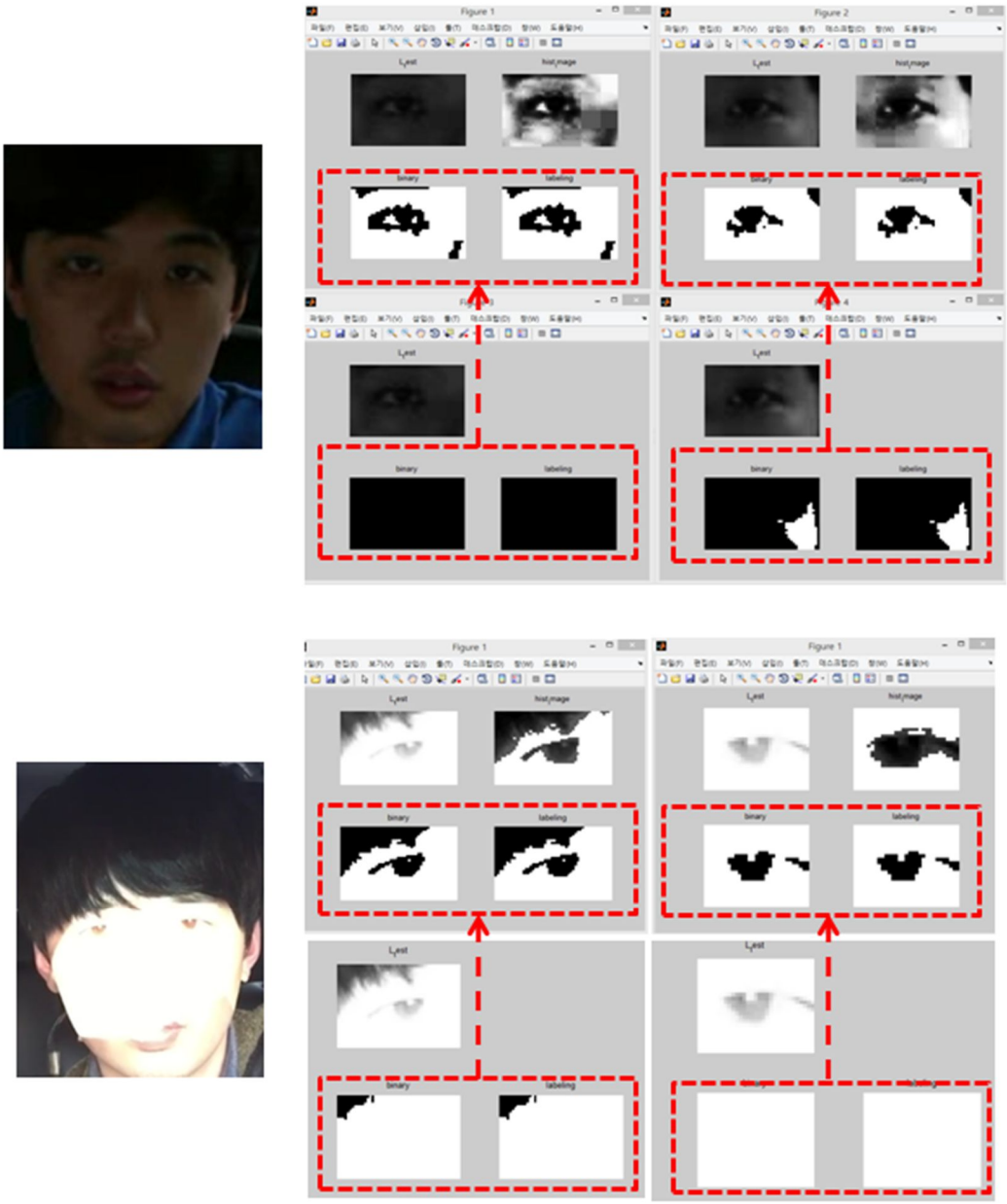
$$\mathrm{CDF(n)} = \sum_{\mathrm{k=0}}^{\mathrm{n}} \mathrm{Hist(k)} \tag{3}$$

$$\mathrm{Histogram\ Equalization(n)} = \frac{CDF(n)}{Pixel_{total}} \times \text{최대밝기} \tag{4}$$

$$\mathrm{Used_HE(n)} = \frac{CDF(n) - \frac{Hist(n)}{2}}{Pixel_{total}} \times \text{최대밝기} \tag{5}$$

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY



[그림 15]히스토그램 평활화 수행 결과

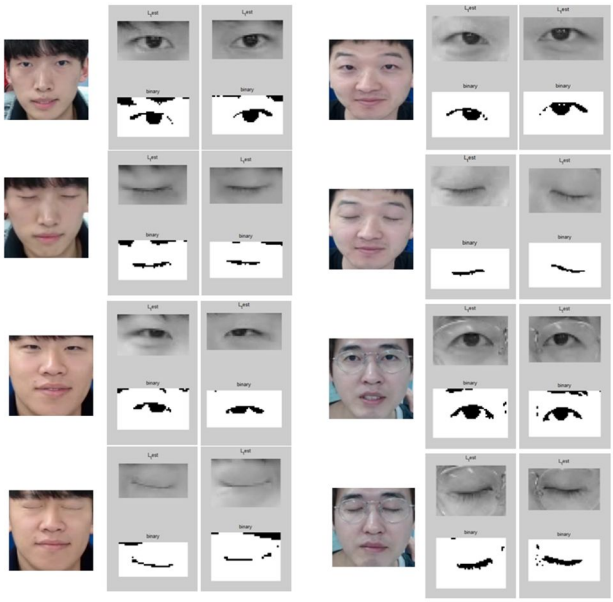
Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

3. 최소-최대 명도값을 이용한 이진화

이진화는 설정 된 임계값을 기준으로 높은 값은 흰색, 그렇지 않은 픽셀들은 모두 검은색으로 바꾸는 것을 지칭한다. 영상처리에서 이진화는 임계 값의 설정에 따라 처리 기능이 좌우되므로 영상처리 부분에서는 매우 중요하다고 할 수 있다. 대부분의 기존 이진화 방법은 컬러영상에서 그레이 스케일 영상으로 변환 후 히스토그램이나 사용자 임의 설정으로 임계값을 지정하여 사용하는 경우가 많다[31]. 그러나 본 논문에서는 [식 6]과 같이 최소 명도 값, 최대 명도 값을 추출하여 평균을 구하여 임계값으로 결정하는 방법을 사용하여 [그림 16]과 같은 결과를 얻을 수 있었다. 여기에서, MinB은 최소 명도 값이고, MaxB는 최대 명도 값을 의미한다.

$$\text{Threshold Value} = \frac{\text{MinB} + \text{MaxB}}{2} \tag{6}$$



[그림 16] 이진화 수행 결과 예시

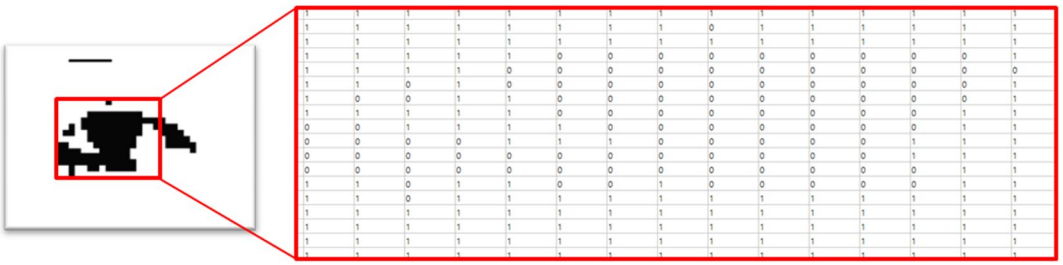
Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제 3 절 특징값 추출

1. 레이블링

레이블링은 [그림 17]과 같이 객체 주변의 연결된 화소를 하나의 객체로 정의함으로써 면적 대비 화소의 개수를 나타내는 밀도의 정보로 설정할 수 있다. 이와 같이 설정 된 정보는 영상의 추출된 후보영역들에서 잘못 인식된 후보 영역을 최소화 시킬 수 있다. 본 논문에서는 [그림 18]과 같이 눈 이외의 후보 영역을 제외하기 위해 각각 지정된 레이블의 크기 임계 값을 지정하여 임계값 이하는 연산에서 제외를 시켜 특징값을 추출해낸다[32].



[그림 17] 레이블링 수행 결과

[그림 18] 레이블링 통한 눈 후보영역 추출

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

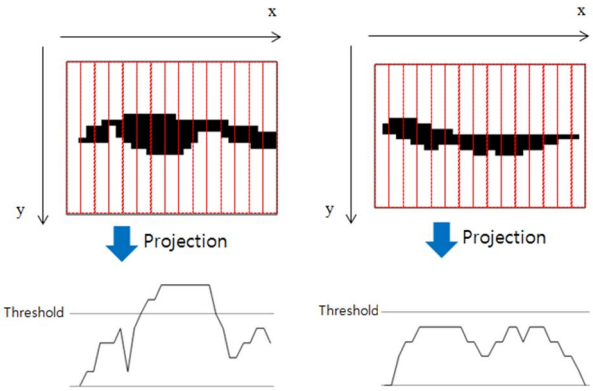
2. 관심영역 설정

관심영역 설정을 통해 영상 전체에 영상처리를 적용하지 않고, 필요 부분만을 영상처리하여 처리속도 증가와 필요 부분 영역만을 얻을 수 있다는 장점이 있다. 본 논문에서는 [그림 19]과 같이 x좌표와 y좌표를 임의로 설정하여 필요한 영역만을 사용한다.

[그림 19] 관심영역 설정 수행 결과

3. 두께분포를 이용한 특징값 추출

추출된 눈 영역의 픽셀 분포 값을 이용하여 [그림 20]과 같은 방법으로 특징값을 추출한다. x축으로 이동하면서 눈 영역의 두께분포 결과를 측정하여 y축 방향으로 투영을 수행한다. 투영 결과를 SVM 특징값으로 학습시켜 눈 개폐상태를 분류한다.



[그림 20] 두께분포를 이용한 특징값 추출

Collection @ chosun

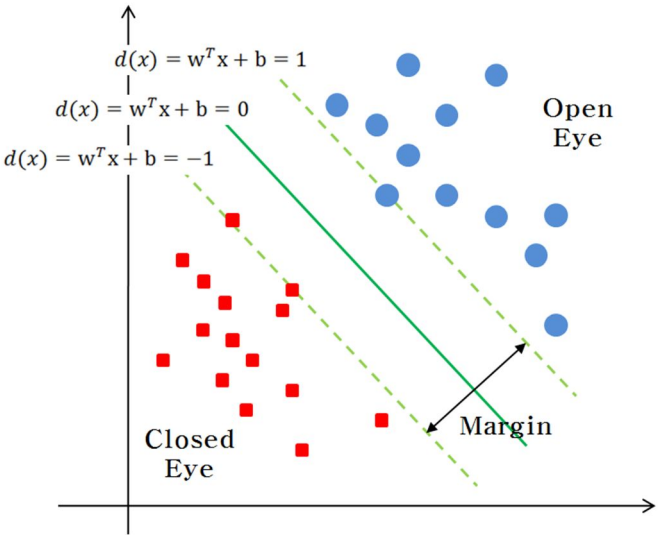
조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제 4 절 SVM을 이용한 눈 개폐상태 판단

1. 선형 SVM

SVM은 1995년 Vapnik에 의해 고안된 방법으로 이범주 분류 문제를 해결하기 위해 만들어진 방법으로 이범주를 +1과 −1의 값으로 분류한다. 선형 SVM과 커널 함수를 이용한 SVM이 있으며, 최적의 초평면(Optimal hyperplane)을 계산하여 데이터를 분류하는 방법이다. SVM은 구조적으로 위험을 최소화하는 방법의 근사적 모형 구현이다. SVM은 학습오차 비율의 합으로 범위가 결정되는 시험 오차항과 학습 머신의 차원에 의존하는 항에 기반두고 있다. 이와 같은 두 개의 항의 합을 최소화 함으로써 우수한 성능을 얻을 수 있다. 본 논문에서는 [그림 21]과 같이 선형 SVM의 방법을 이용하여 이진 분류를 실험하였고, [식 7]을 이용하여 초평면을 구할 수 있다. 여기서, x는 입력 특징값이고, w와 b는 결정 초평면을 정의하는 매개 변수이다.

$$d(x) = \mathrm{w}^T\mathrm{x} + \mathrm{b} = 0 \tag{7}$$



[그림 21] 선형 SVM을 이용한 이진 분류

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

[그림 21]은 초평면에 의해 두 데이터의 집합이 분리된 모습이다. SVM은 경계와 각 집합에 속한 인접한 데이터와의 거리가 최대가 되는 마진을 구하게 된다. 예로 [그림 21]에서 가장 인접한 동그라미와 네모 데이터 점을 SV(Support Vector)라 하며, 인접한 두 개의 점의 초평면을 구하고 두 초평면의 사이의 거리를 [식 8]을 이용하여 최대가 되는 값을 구하면 최대마진 초평면이 나오게 된다[33].

$$\text{Margin} = 2h = \frac{2|d(x)|}{\| w \|} = \frac{|2|}{\| w \|} \tag{8}$$

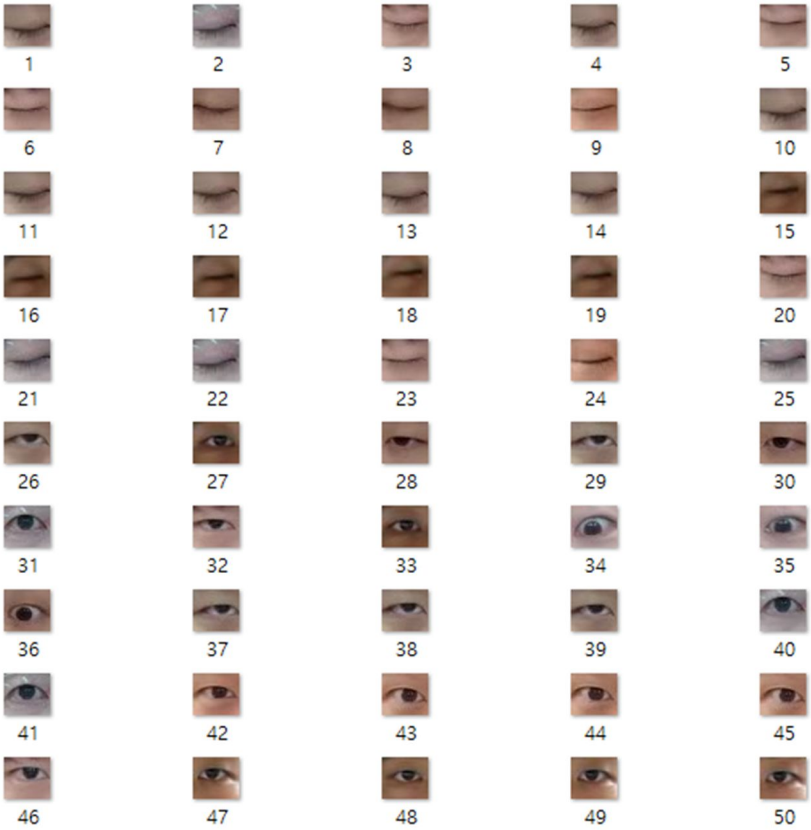
여기서, w는 초평면의 법선 벡터이고, d(x)는 전체 특징 공간을 두 영역으로 분할하며 한 쪽 영역에 속하는 점은 d(x)>0, 다른 한쪽을 d(x)<0이다.

2. 특징값을 이용한 SVM 실험

본 논문에서는 LibSVM을 사용하여 실험을 진행하였으며, [그림 22]과 같이 5명의 눈 데이터 50프레임의 특징값을 추출하여 실험을 진행했다[34]. 5명의 개안 상태와 폐안 상태의 이미지를 이용하여 30차원의 두께분포를 특징값으로 하여 학습 데이터로 학습을 수행했다. 그리고 408프레임의 동영상으로 실험한 결과 [그림 23]과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

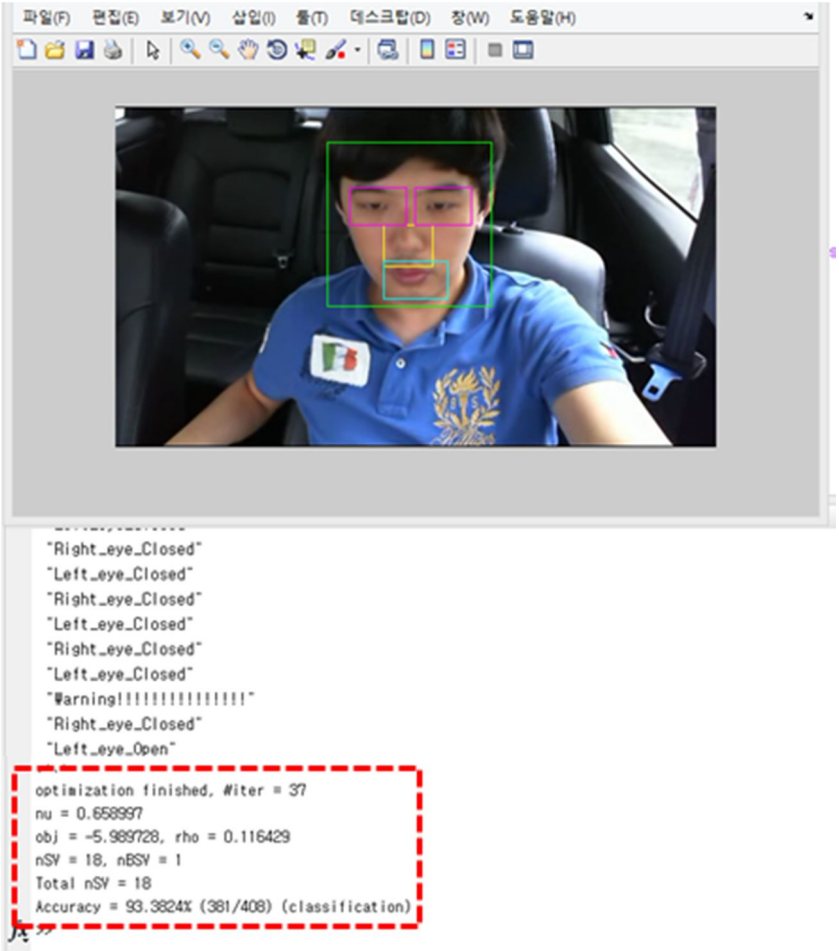


1	-1	1:0	2:0	3:0	4:4	5:5	6:5	7:4	8:4	9:5	10:4	11:4	12:4	13:4	14:5	15:5	16:5	17:5	18:5	19:5	20:5	21:5	22:6	23:6	24:5
2	-1	1:1	2:0	3:3	4:5	5:5	6:4	7:4	8:5	9:5	10:4	11:4	12:4	13:5	14:5	15:4	16:4	17:4	18:5	19:5	20:5	21:6	22:6	23:6	24:6
3	-1	1:0	2:0	3:0	4:0	5:1	6:3	7:3	8:4	9:4	10:4	11:4	12:3	13:4	14:4	15:4	16:4	17:4	18:4	19:4	20:4	21:5	22:5	23:5	24:5
4	-1	1:0	2:0	3:2	4:4	5:4	6:4	7:4	8:4	9:4	10:5	11:4	12:4	13:4	14:4	15:4	16:4	17:4	18:5	19:4	20:6	21:6	22:7	23:6	24:6
5	-1	1:0	2:0	3:3	4:5	5:5	6:4	7:5	8:4	9:4	10:5	11:5	12:4	13:4	14:5	15:5	16:5	17:5	18:5	19:5	20:5	21:6	22:7	23:8	24:8
6	-1	1:1	2:4	3:5	4:5	5:4	6:4	7:5	8:5	9:4	10:4	11:5	12:5	13:5	14:5	15:5	16:5	17:5	18:5	19:6	20:7	21:7	22:7	23:6	24:6
7	-1	1:0	2:0	3:0	4:0	5:2	6:3	7:4	8:4	9:4	10:5	11:4	12:4	13:5	14:6	15:6	16:6	17:6	18:6	19:8	20:8	21:7	22:7	23:7	24:7
8	-1	1:0	2:0	3:4	4:4	5:5	6:5	7:5	8:5	9:4	10:5	11:5	12:5	13:4	14:4	15:5	16:5	17:5	18:5	19:5	20:6	21:6	22:6	23:6	24:6
9	-1	1:0	2:0	3:1	4:2	5:3	6:4	7:4	8:3	9:4	10:4	11:4	12:4	13:3	14:4	15:4	16:5	17:5	18:5	19:5	20:6	21:6	22:6	23:7	24:7
10	1	1:0	2:0	3:0	4:3	5:4	6:3	7:4	8:4	9:6	10:8	11:9	12:9	13:9	14:9	15:8	16:7	17:4	18:3	19:1	20:2	21:2	22:4	23:4	24:3
11	1	1:3	2:2	3:2	4:3	5:5	6:5	7:5	8:5	9:5	10:5	11:3	12:3	13:2	14:7	15:7	16:8	17:9	18:9	19:9	20:9	21:7	22:4	23:5	24:5
12	1	1:0	2:0	3:0	4:2	5:4	6:4	7:3	8:5	9:6	10:7	11:9	12:9	13:9	14:9	15:8	16:7	17:6	18:2	19:2	20:1	21:2	22:4	23:4	24:3
13	1	1:0	2:0	3:0	4:0	5:3	6:4	7:3	8:2	9:4	10:6	11:8	12:9	13:9	14:9	15:9	16:8	17:7	18:4	19:2	20:2	21:1	22:2	23:5	24:4
14	1	1:0	2:0	3:3	4:5	5:5	6:3	7:3	8:5	9:8	10:9	11:9	12:9	13:9	14:9	15:7	16:6	17:2	18:2	19:1	20:2	21:4	22:4	23:3	24:3
15	1	1:0	2:0	3:0	4:0	5:4	6:4	7:3	8:3	9:4	10:7	11:9	12:9	13:9	14:9	15:8	16:7	17:6	18:2	19:2	20:1	21:2	22:4	23:4	24:4
16	1	1:0	2:0	3:0	4:4	5:4	6:3	7:3	8:4	9:7	10:9	11:9	12:9	13:9	14:10	15:7	16:5	17:2	18:1	19:1	20:2	21:3	22:4	23:4	24:3
17	1	1:0	2:0	3:0	4:3	5:5	6:3	7:4	8:4	9:6	10:7	11:9	12:9	13:9	14:9	15:8	16:6	17:3	18:2	19:2	20:2	21:3	22:3	23:3	24:2
18	1	1:0	2:0	3:3	4:5	5:3	6:3	7:4	8:6	9:7	10:9	11:9	12:9	13:9	14:8	15:7	16:4	17:1	18:1	19:2	20:3	21:4	22:4	23:3	24:2

[그림 22] 학습 데이터(Training Data)

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY



[그림 23] 두께분포를 특징 값으로 SVM 학습 후 실험 영상

제 5 절 졸음 판단 시스템

운전자의 눈 상태를 감시하여 졸음을 판단하는 방법은 일정 시간동안 눈 감은 누적 회수를 이용한 PERCLOS방법, 눈 깜박임의 속도를 이용한 방법, 지속적인 눈 감김 시간을 이용한 방법, 운전자의 얼굴 및 눈 패턴을 분석하는 방법 등 다양한 방법들이 연구되고 있다. 본 논문에서는 졸음 판단을 하기 위한 방법으로 눈감은 시간의 누적 회수를 이용한 PERCLOS방법과 연속적인 폐안 상태 지속 시 즉각적으로 경고를 주는 방법을 복합적으로 사용한다[35,36,37,38].

Collection @ chosun

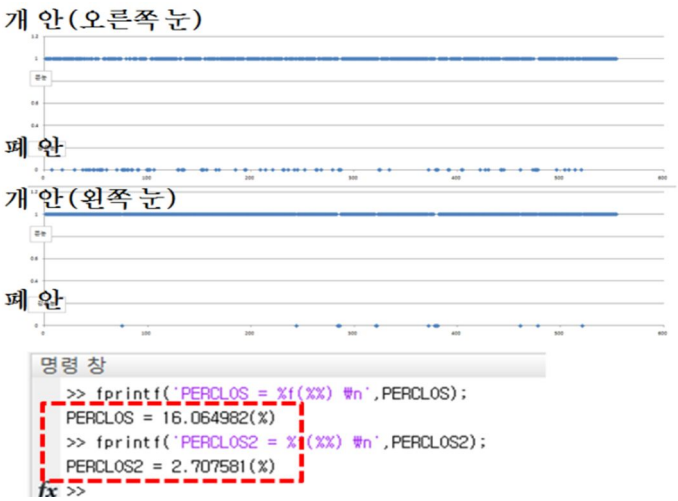
조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

1. 시간에 따른 눈 개폐상태 누적 값을 이용한 방법

본 논문에서는 눈감은 시간의 누적을 이용한 PERCLOS 방법을 이용하여 누적 퍼센트(%)에 따라 운전자의 졸음 단계를 나누고, 즉각적으로 졸음을 판단할 수 있는 연속적인 폐안 상태 검출 시 경보를 발생하는 방법을 제안한다. [식 9]를 이용하여 일정 시간동안 눈 감은 프레임을 누적, 파라메타를 계산하고 실시간으로 데이터를 분석하여 운전자의 졸음운전 여부를 산출하는 정보로 사용한다. 두 눈의 PERCLOS 누적 상태의 평균이 10% 이하 정상단계, 11% 이상 30% 이하의 상태에선 경고 단계, 31% 이상에서는 졸음 단계로 [그림 24]와 같이 판단한다.

여기서, P_t는 개폐상태 누적을 위한 일정 시간을 나타내고, P_c는 폐안 시간의 누적이다.

$$\mathrm{PERCLOS}(\%) = \frac{P_c}{P_t} \times 100 \tag{9}$$



(a) 정상 상태

Collection @ chosun

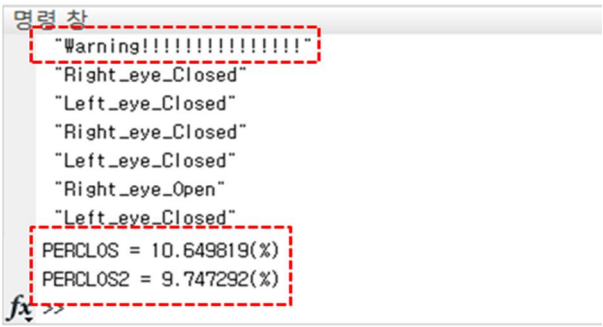
조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

(b) 졸음 상태

[그림 24] PERCLOS를 이용하여 졸음 상태 판단

2. 연속적인 폐안 상태를 이용한 방법

운전자가 깜박임이 거의 없는 상태에서 1~2초 정도 눈을 감은 상태가 지속 시, 긴 시간의 패턴을 두고 PERCLOS로 측정을 하였을 경우 30%의 미만으로 검출되어 졸음 상태로 판단을 못하는 경우도 있다. 이러한 상황을 예방하기 위하여 연속적인 폐안상태가 1초 이상 지속할 경우 [그림 25]와 같이 바로 졸음 단계로 판단하고 경고를 주는 방법을 제안한다.



[그림 25] 연속적인 폐안상태를 이용한 판단의 필요성

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제 4 장 실험 및 결과분석

제 1 절 데이터 취득 및 실험 환경

실험 환경은 [그림 26]과 같은 차량 내부 영상과 [그림 27]과 같은 실험실 내부 영상 그리고 [그림 28]과 같은 안경 착용자에 대한 실험을 진행했다. [표 3]과 같은 환경에서 제안하는 알고리즘의 성능을 실험했다. 추가적으로 차량에서의 실험은 맑은 날, 흐린 날, 비 오는 날 등 다양한 외부 조명의 상태에서 실험을 진행했으며, 광원의 방향이나 성질 등을 고려하여 실험을 진행했다. 깜박임 검출은 얼굴이 검출된 경우에만 계산했으며, 운전자의 눈을 보호하기 위해 사용되는 선글라스 착용자는 본 논문에서 고려하지 않았다.

[표 3] 운전자 영상 DB

사용DB	차량 내부 DB	실험실 내부 DB	안경 착용자 DB
취득 환경	•차량내 환경 얼굴 변화 거리 제한(80cm) 외부 조명 변화	•실험실 내부 환경 얼굴 변화 거리 변화(50~100cm) 외부 조명 변화	•차량내 환경 얼굴 변화 거리 제한(80cm) 외부 조명 변화
취득 카메라	Logitec HD 1080p	Logitec HD 1080p	Logitec HD 1080p
영상 해상도	1280×720 → 480×272	1280×720 → 480×272	1280×720 → 480×272
총 후보수	6명	2명	2명
특이사항	유튜브 취득 영상 포함	–	유튜브 취득 영상 포함

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

[그림 26] 차량 내부 DB 예시

[그림 27] 실험실 내부 DB 예시

[그림 28] 안경 착용자 DB 예시

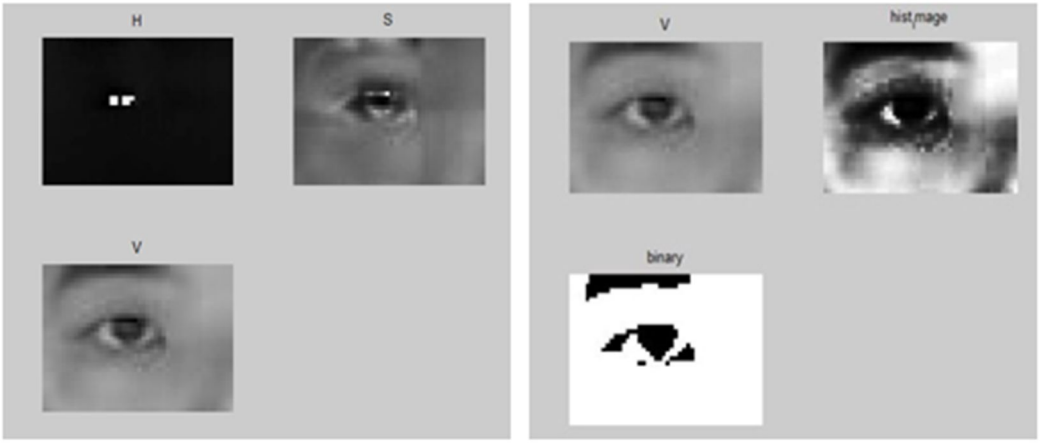
제 2 절 조명정규화 실험 및 비교 결과

운전 중 차량 내부의 조명 환경은 매우 다양하게 변화한다. 맑은 날의 햇빛으로 인하여 수시로 변하는 영상, 가로수 밑이나 터널을 지날 때의 그늘진 영상, 해질 무렵 역광으로 인하여 매우 밝은 영상 등 외부에서 발생하는 강한 광원으로 인하여 운전자의 얼굴 밝기 값이 매번 다르게 변화할 수 있다. 따라서 이와 같은 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 밝기 값 조정의 따라 변화하는 영상을 실제 사람의 눈으로 보는 것 차이가 가장 적은 CIE L*a*b 영역을 사용하고, 영상의 화질 개선 방법 중 하나인 히스토그램 평활화 기법을 응용하여 선명도를 높이는 방법을

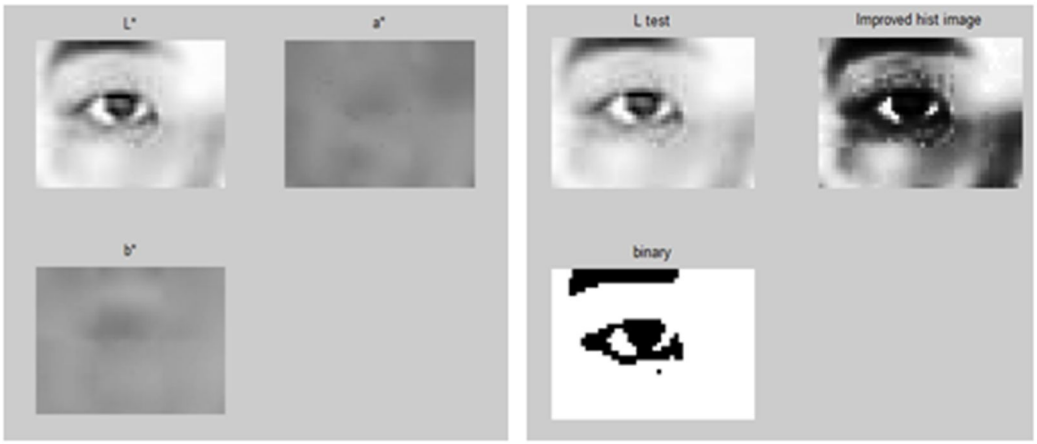
Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

사용했다. [그림 29], [그림 30]은 Positive 영상과 Negative 영상을 이용하여 실험한 결과이다. [그림 29-(a)]는 기존의 여러 조명정규화 방법 중 하나인 RGB 색상 공간 영역을 HSV 색상공간으로 변환하여 히스토그램 평활화를 수행한 결과이고, [그림 29-(b)]는 제안하는 조명정규화 과정을 수행한 결과이다. Positive 영상의 경우 결과 영상의 차이가 거의 없었지만, Negative 영상의 경우 [그림 30-(a),(b)]와 같이 픽셀 분포가 다른 것을 확인할 수 있다.



(a) 기존방법(HSV색상 공간 + 히스토그램 평활화 기법)

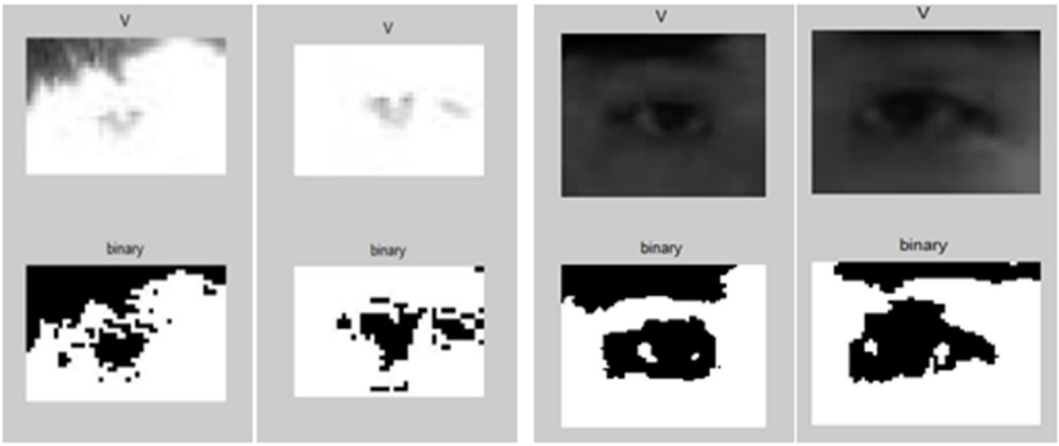


(b) 제안하는 방법(CIE L*a*b*색상 공간 + 개선된 히스토그램 평활화 기법)

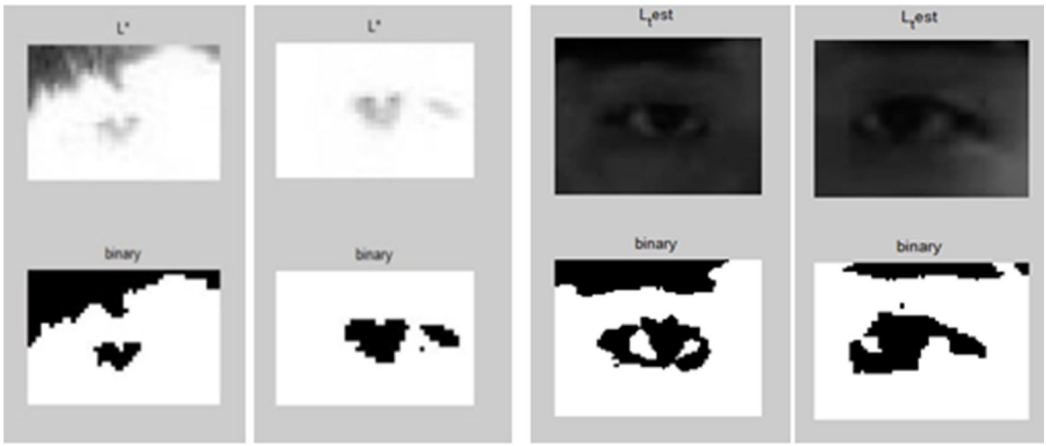
[그림 29] Positive 영상으로 기존의 방법과 제안하는 방법 비교 실험

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY



(a) 기존방법으로 Negative 영상 실험 결과



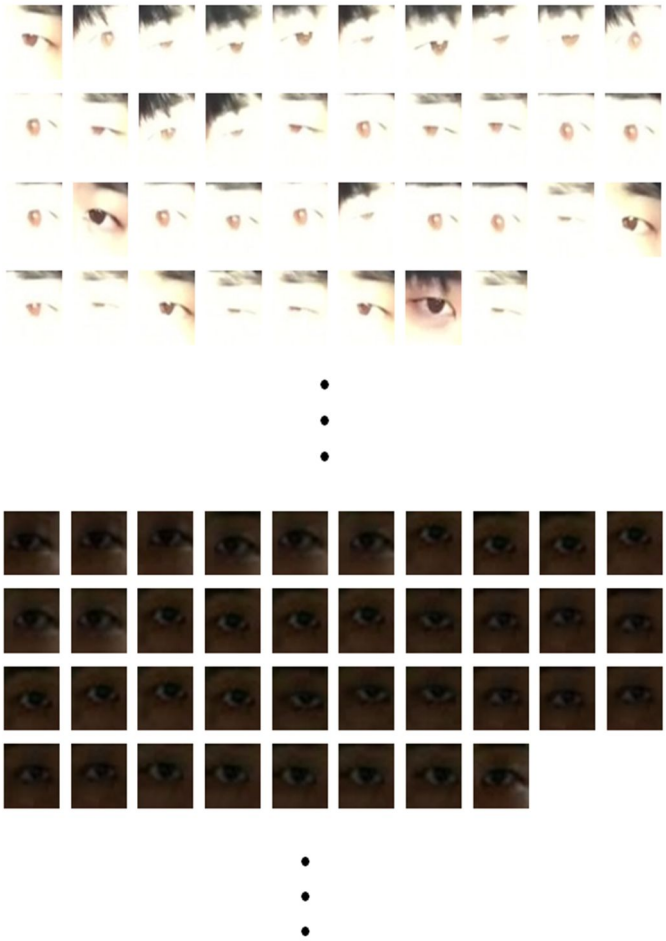
(b) 제안하는 방법 Negative 영상 실험 결과

[그림 30] Negative 영상으로 기존의 방법과 제안하는 방법 비교 실험

[그림 30]과 같은 Negative 영상에서의 성능 비교를 하기 위하여 총 215개의 Negative 영상을 이용하여 실험을 진행했다. [그림 31]과 같은 Negative 영상 DB는 터널에서의 어두운 상황과 역광으로 인한 밝은 상황에서 주로 촬영된 DB영상이다. 기존의 방법과 제안하는 방법의 성능을 비교한 결과 [표 4]의 결과와 같이 32프레임의 Nagative영상을 더 정확하게 추출할 수 있었다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY



[그림 31] Negative 영상 DB 예시

[표 4] Negative 영상으로 비교 실험 결과

실험영상	프레임 수	기존 조명정규화 결과	제안하는 조명정규화 결과
밝은 영상	104	76.92%(80/104)	88.46%(92/104)
어두운 영상	111	74.77%(83/111)	92.79%(103/111)
합 계	215	75.84% (163/215)	90.62% (195/215)

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제 3 절 SVM을 이용한 눈 개폐상태 실험 및 비교 결과

본 논문에서 두께분포를 이용하여 SVM 분류를 수행한다. 제안하는 방법은 [표 4]의 결과를 보듯이 높은 깜박임 검출률을 확인할 수 있다. 차량 영상 4번째의 경우 눈의 크기가 일반인 보다 작은 사람의 영상을 이용한 경우이다. 그리고 실험실 영상의 경우 차량의 운전 좌석의 위치를 고려하여 거리를 두고 촬영한 영상이다. 마지막으로 유튜브 영상은 유튜브에 업로드된 운전자 영상을 취득하여 실험한 결과를 [표 5]와 같이 나타냈다. 또한, 기존의 Eigen-Eye를 활용한 PCA 방법과 동공 영역의 픽셀 개수를 이용한 방법을 구현하여 성능을 평가했다.

[표 5] 차량, 실험실 내부 눈 개폐상태 검출률

실험 영상	프레임 수	기존의 Eigen-Eye PCA를 이용한 결과	동공 영역의 픽셀 개수를 이용한 결과	제안하는 두께분포를 이용한 SVM 결과
차량 영상	408	64.70%(264/408)	87.74%(358/408)	92.15%(376/408)
차량 영상	535	62.99%(337/535)	85.60%(458/535)	88.59%(474/535)
차량 영상	458	64.62%(296/458)	87.55%(401/458)	92.57%(424/458)
차량 영상	401	67.58%(271/401)	86.28%(346/401)	89.27%(358/401)
차량 영상	539	60.11%(324/539)	84.04%(453/539)	90.53%(488/539)
실험실 영상	463	67.17%(311/463)	87.04%(403/463)	89.84%(416/463)
실험실 영상	511	69.47%(355/511)	83.95%(429/511)	88.25%(451/511)
유튜브 영상	210	63.33(133/210)	86.19%(181/210)	89.52(188/210)
합 계	3,525	64.99% (2,291/3,525)	86.05% (3,029/3,525)	90.09% (3,175/3,525)

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

총 8개의 동영상을 이용하여 실험을 진행하였고, 전체 프레임은 총 3,525 프레임 중에 3,175프레임의 눈이 검출되어 90.09%의 검출률이 나왔으며, 기존의 방법보다 개선된 검출률을 확인할 수 있었다.

[표 6] 안경 착용자 눈 개폐상태 검출률

실험 영상	프레임 수	기존의 Eigen-Eye PCA를 이용한 결과	동공 영역의 픽셀 개수를 이용한 결과	제안하는 두께분포를 이용한 SVM 결과
유튜브 (안경)영상	208	57.21%(119/208)	72.60%(151/208)	81.25%(169/208)
안경 영상	530	68.49%(363/530)	80.38%(426/530)	86.41%(458/530)
합 계	738	62.85% (482/738)	76.49% (577/738)	83.83% (627/738)

[그림 32] 안경을 착용할 경우 오검출의 원인 영상

두꺼운 안경테 착용자와 얇은 안경테 착용자를 이용하여 두께분포를 이용한 SVM을 수행한 결과 얇은테의 안경 착용자의 경우 안경에 반사된 빛으로 인해 약 2% 정도의 오검출률이 증가했고, 두꺼운 안경테의 착용자의 경우 [그림 32]와 같은 원인으로 약 6% 정도의 오검출률이 증가되었다. 실험 결과 [표 6]과 같이 총 738프레임 중에 627프레임을 정상적으로 검출하여 83.83%의 검출률이 나왔으며, 앞서 진행한 기존의 방법보다 개선된 것을 확인할 수 있었다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제 4 절 졸음운전 판단 결과

[표 7]은 PERCLOS를 이용한 졸음 판단 결과를 3가지의 형태로 Safe, Caution, Danger로 나타냈다. 두 눈의 평균 PERCLOS의 값이 0% 이상 10% 이하의 경우 Safe 상태, 11% 이상 30% 이하의 경우 Caution 상태, 31% 이상의 경우 Danger 상태로 기준 값을 두고 판단하였으며, PERCLOS만을 사용한 실험과 제안하는 PERCLOS와 복합적으로 연속적인 폐안상태를 사용한 방법을 비교 실험했다.

[표 7] 제안한 운전자 졸음 감지 시스템을 이용한 졸음 판단 결과

실험영상	총 프레임	PERCLOS만을 사용한 경우		PERCLOS & 연속적인 폐안 상태를 복합적으로 사용한 경우	
차량 영상	408	71.62%	Danger	71.62% && YES	Danger
차량 영상	535	17.85%	Caution	17.85% && NO	Caution
차량 영상	458	93.33%	Danger	93.33% && YES	Danger
차량 영상	401	1.98%	Safe	1.98% && NO	Safe
차량 영상	**539**	**21.3%**	**Caution**	**21.3% && YES**	**Danger**
실험실 영상	463	1.62%	Safe	1.62% && NO	Safe
실험실 영상	511	78.13%	Danger	78.13% && YES	Danger
유튜브 영상	210	41.74%	Danger	41.74% && YES	Danger
유튜브 영상	208	10.2%	Safe	10.2% && NO	Safe
안경 영상	530	31.22%	Danger	31.22% && YES	Danger

졸음 판단 결과, PERCLOS만을 사용한 경우 차량 영상 5번째와 같이 Caution의 상태로 판단됐지만, PERCLOS와 연속적인 폐안 상태를 복합적으로 사용한 경우 폐안 상태가 1초 이상 연속적으로 검출된 부분이 있어서 Danger의 상태로 정확하게 판단 해낼 수 있었다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제 5 장 결 론

최근 3년간 발생한 봄철 졸음운전사고는 매년 45건의 사고가 발생하여 30명이 사망하고 1,272명이 부상당하는 것으로 나타났다. 하루 평균 7건으로 약 14명의 사상자가 발생하고 있는 셈이다. 본 논문에서는 졸음운전으로 인한 사고를 예방 및 피해를 미리 방지할 수 있는 효과적인 해결 방안에 대하여 연구하였고, 시뮬레이션을 통해 주관적 졸림 정도와 영상에서 측정된 졸음상태를 비교 분석해본 결과, 수면 박탈 여부에 따른 운전자의 주관적 졸림정도와 영상으로 측정 했을 때 유의미한 차이를 보였다. 이와 같이 졸림의 정도가 졸음운전으로 인한 교통사고를 예방할 수 있는 중요한 지표로 사용될 수 있다는 것을 알 수 있었다.

본 논문은 색상 모델 변환부터 시작하여 조명 정규화, 얼굴, 눈 검출, 영상 전처리, 눈 영역 추출, 눈 개폐상태 판단, 졸음 상태 판별 등의 영상처리 기술을 이용한 외부조명 변화를 고려한 졸음운전 시스템에 대해 소개했다. 특히 안정화 된 조명 정규화 기술을 응용하여 눈 영역 추출 성능을 향상시켰고, 두께분포를 이용한 SVM의 수행결과 눈 개폐상태 검출률은 90.09%로 우수한 결과를 얻었고, 안경 착용자의 경우는 83.83%의 결과를 얻을 수 있었다. 또한, 기존의 Eigen-Eye를 활용한 PCA 방법, 동공 영역의 픽셀 개수를 이용한 방법과 비교한 결과 눈 개폐상태 검출률이 개선된 것을 확인할 수 있었다. 그리고 졸음상태 판단을 위해 연속적인 폐안 상태 분석과 공증된 PERCLOS 방법을 복합적으로 이용하여 효과적으로 졸음을 판단해냈다. 특히, 본 논문에서 제안한 외부 조명에 대한 안정화의 경우 터널과 같은 어두운 곳이나 역광으로 인한 밝은 영상의 경우 눈 검출이 어려웠던 부분을 해결하였고, 전처리 과정을 통해 안경 착용자에게도 다소 효과가 있음을 확인할 수 있었다.

후속 연구로는 검출률이 아직 다소 낮은 안경과 실험에서 제외한 선글라스를 착용한 사람을 대상으로 실험을 추가 진행할 예정이다. 또한 영상 기술을 이용한 방법에 추가적으로 생체 신호를 이용한 방법을 반영하여 심전도, 뇌전도 등과 같은 다른 생리적 지표와 함께 복합적으로 연구를 진행할 예정이다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

참고문헌

[1] Korea Road Traffic Authority, "Estimation and Assessment of 2012 Traffic Accident Cost," 2013.

[2] J. M. Choi, H. Song, S. H. Park, and C. D. Lee,"Implementation of Driver Fatigue Monitoring System," *The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences,* Vol.37, No.08, pp.711-720, 2012.

[3] I. K. Park, K. S. Kim, S. C. Park, and H. R. Byun, "An Illumination-Robust Driver Monitoring System Based on Eyelid Movement Measurement," *Journal of Korean Institute of Information Scientists and Engineers,* Vol.34, No.03, pp.255-265, 2007.

[4] R. N. Khushaba, S. Kodagoda, S. Lal, and G. Dissanayake, "Driver Drowsiness Classification Using Fuzzy Wavelet-Packet-Based Feature-Extraction Algorithm," *Institute of Electrical and Electronics Engineers Transactions on Biomedical Engineering,* Vol.58, No.1, pp.121-131, 2011.

[5] M. Blanco, J. L. Bocanegra, J. F. Morgan, G. M. Fitch, A. Medina, and R. P. Zimmeramnn, "Assessment of a Drowsy Driver Warning System for Heavy-Vehicle Drivers : Final Report," *DOT HS 811 117, National Highway Traffic Safety Administration*, 2009.

[6] H. W. Go, W. G. Lee, C. H. Kim, "Arousal monitoring and Analysis System To Assess Driver Drowsiness," *Journal of The Korean Society of Automotive Engineers*, Vol.1, pp.474-480, 1995.

[7] H. W. Go and Y. H. Kim, "Analysis and Determination of Arousal Level Control to Prevent Drowsy Driving," *The Korean Society of Automotive Engineers of Autumn Conference*, Vol.2, pp.1171-1176, 1997.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

[8] S. W. Kim, S. J. Park, Y. S. Lee, "Development of Evaluation Method of Driver's Fatigue by Physiological Signal," *The Korean Society of Automotive Engineers of Spring Conference*, Vol.2, pp.1208-1212, 2003.

[9] Y. H. Ju, J. G. Kim, I. H. Na, "Intelligent Drowsiness Drive Warning System," *The Journal of Korean Intelligent Information System Society,* Vol.18, No.2, pp.223-229, 2008.

[10] C. S. Bae, "Behavior Recognition using Facial Feature Information," *The Journal of Korea Knowledge Information Technology Society,* Vol.5, No.3, pp.82-88, 2007.

[11] C. H. Han and G. B. Shim, "Development of Safe Driving System with Eye Tracker and Head Gesture Recognition," *Korean Intelligent Information System Society of Autumn Conference*, Vol.18, No.2, pp.133-137, 2008.

[12] N. Michida, H. Okiyama, K. Nishikawa, and T. Nouzawa, "A Study of Drivers Fatigue Mechanisms during Long Hour Driving," *The Engineering Society For Advancing Mobility Land Sea Air and Space*, 2001.

[13] A. Heitmann, R. Guttkuhn, A. Aguirre, U. Trutschel, and M. Moore-Ede, "Technologies for The Monitoring and Prevention of Driver Fatigue," *International Driving Symposium on Human Factors in Driver Assessment*, Training and Vehicle Design, 2001.

[14] P. Smith, M. Shah, N. D. V. Lobo, "Determining Driver Visual Attention With One Camera," *Institute of Electrical and Electronics Engineers Transactions on Intelligent Transportation Systems,* Vol.4, No.4, pp.205-218, 2003.

[15] T. C. Chieh, M. M. Mustafa, A. Hussain, E. Zahedi, and Burhanuddin, "Driver Fatigue Detection using Steering Grip Force," S*tudent*

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Conference on Research and Development(SCOReD), pp.45-48, 2003.

[16] VOLVO, "VOLVO XC60 Owner's Manual," 2009.

[17] Mercedes-Benz, "Mercedes-Benz S-Class Owner's Manual," 2009.

[18] 이광수, 김대식, 최장욱, "뇌파검사학," *고려의학*, 2001.

[19] 김다정, "뇌파의 알파파 분석을 이용한 개안 상태의 졸음 검출," *울산대학교 대학원, 석사학위논문,* 2013.

[20] M. Patel, S. K. L. Lal, D. Kavanagh, and P. Rossiter, "Applying Nural Network Analysis on Heart Rate Variability Data to Assess Driver Fatigue," *Expert Systems with Applications*, Vol.38, No.6, pp.7235-7242, 2011.

[21] G. S. Wagner, "Marriott's practical Electrocardiography," *William & Wilkins*, 1994.

[22] M. H. Choi, J. J. Jung, S. W. Kim, "Drivers Drowsiness Detection System using the ECG measured by Non Contact Sensors," *The Korean Institue of Electrical Engineers of Summer Conference*, pp.1393-1394, 2015.

[23] Y. Hwang, G. S. Hu, M. Na, H. G. Jung, H. S. Gang, and P. J. Yoon, "Development of a Lane Keeping Assist System using Vision Sensor and DRPG Algorithm," *Journal of The Korean Society of Automotive Engineers*, Vol.17, No.1, pp.50-57, 2009.

[24] H. Song, J. M. Choi, C. D. Lee, B. H. Choi, and J. S. Yoo, "Implementaion of a Safe Driving Assistance System and Doze Detection," *The Institute of Electronics Engineers of Korea - Signal Processing* Vol.49, No.3, pp.30-39, 2012.

[25] M. H. Yang, N. Ahuja, D. Kriegman, "Face Recognition Using Kernel Eigenfaces," *International Conference on Image Processing Proceedings,* Vol.1, pp.37-40, 2000.

[26] 이주현, "졸음 운전 방지를 위한 눈 개폐 상태 판단 방법의 개발," *울산대학교*

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

대학원, 석사학위논문, 2015.

[27] P. Viola and M. Jones, "Rapid object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features," *In Proceeding on Institute of Electrical and Electronics Engineers Conference on computer vision and patten Recognition,* Vol.1, pp.511-518, 2001.

[28] P. Viola and M. Jones, "Robust Real-time Face Detection," *International Journal of Computer Vision*, Vol.57, No.2, pp.137-154, 2004.

[29] K. R. Kim, K. S. Son, J. Y. Ha, S. C. Kim, B. S. Kang, "Novel Auto White Balance Algorithm Using Adaptive Color Sampling Based on CIE L*a*b* color space for Mobile Phone Camera," *Journal of The Korea Institute of Information and Communication Engineering*, pp.1356-1362, 2008.

[30] J. H. Choi, J. S. Park, S. S. Lee, "A High-Performance and Low-Cost Histogram Equalization Scheme for Full HD Image," *Journal of The Korea Institute of Information and Communication Engineering* , Vol.15, No.5, pp.1147-1154, 2011.

[31] J. H. Cho, "Enhanced Fuzzy Binarization Method for Car License Plate Binarization," *Journal of The Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, Vol.6, No.2, pp.231-236, 2011.

[32] H. J. Kim, M. W. Ryu, S. H. Lee, "Lane Detection system for Self-Driving car," *Journal of The HCI Society of Korea*, pp. 205-209, 2008.

[33] W. W. Hwang, M. H. Go, B. S. Yang, "Cavitation Condition Monitoring of Butterfly Valve Using Support Vector Machine," *Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering*, Vol.14, No.2, pp.119-127, 2004.

[34] C. C. Chang, C. J. LIN, "http://www.csie.ntu.edu.tw/~cjlin/libsvm/," Version 3.20 released on 2014.

[35] Q. Ji, X. Yang, "Real-time Eye, Gaze, and Face pose Tracking for

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Monitoring Driver Vigilance," *Real-Time Imaging*, Vol.8, Issue.5, pp.357-377, 2002.

[36] T. Hayami, K. Matsunaga, K. Shidoji, and Y. Matsuki "Detecting Drowsiness While Driving by Mea-suring Eye Movement - A pilot study," *In Proceeding on The Institute of Electrical and Electronics Engineers 5th International Conference on Intelligent Transportation Systems*, pp.156- 161, 2002.

[37] T. Ito, S. Mita, K. Kozuka, T. Nakano and S. Yamamoto "Driver Blink Measurement by The motion Picture Processing and Its Application to Drowsiness Detection," *In Proceeding on The Institute of Electrical and Electronics Engineers 5th International Conference on Intelligent Trans- portation Systems*, pp.168-173, 2002.

[38] D. Dinges, R. Grace "PERCLOS: A Valid Psycho-physiological Measure of Alertness as Assessed by Psychomotor Vigilance," *TechBrief FHWA-MCRT-98-006*, 1998.

Collection @ chosun