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]I804:24011-200000266311

2017년 8월

석사학위논문

눈과 입 개폐의 상태검출을 통한 운전자의 졸음판단 분석

조 선 대 학 교 대 학 원

제어계측공학과

공 도 현

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

눈과 입 개폐의 상태검출을 통한 운전자의 졸음판단 분석

Analysis of Driver's Drowsiness Through Status Detection from Opening and Closing of Eye and Mouth

2017년 8월 25일

조 선 대 학 교 대 학 원

제 어 계 측 공 학 과

공 도 현

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

눈과 입 개폐의 상태검출을 통한 운전자의 졸음판단 분석

지도교수 곽 근 창

이 논문을 공학석사학위신청 논문으로 제출함.

2017년 4월

조 선 대 학 교 대 학 원

제어계측공학과

공 도 현

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

공도현의 공학석사학위논문을 인준함

위원장 조 선 대 학 교 교수 장 순 석 인

위 원 조 선 대 학 교 교수 반 성 범 인

위 원 조 선 대 학 교 교수 곽 근 창 인

2017년 5월

조선대학교 대학원

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

목 차

제1장 서론 ····· 1

제2장 Viola-Jones 알고리즘을 이용한 운전자 얼굴 검출 방법 ····· 4

제1절 적분영상 ····· 5

제2절 Haar-like 특징 ····· 6

제3절 Adaboost 알고리즘 ····· 8

제4절 Cascade 구조 ····· 12

제3장 운전자 상태 및 졸음판단 방법 ····· 14

제1절 얼굴의 공간적 상관관계 ····· 14

제2절 운전자 눈과 입 개폐판단을 위한 과정 ····· 17

제3절 라벨링 방법 ····· 19

제4절 히스토그램 평활화 ····· 22

제5절 서포트 벡터 머신 ····· 24

1. 선형 서포트 벡터 머신 분류 ····· 25

2. 비선형 서포트 벡터 머신 분류 ····· 26

제6절 PERCLOS ····· 27

제4장 실험 및 결과 ····· 29

제1절 데이터베이스 ····· 29

1. Caltech Face Data ····· 29

2. 운전자 주행 영상 ····· 30

제2절 유효성 판단 실험 ····· 32

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제3절 입 개폐를 이용한 운전자 상태판단 ····· 34
제4절 눈 개폐를 통한 졸음판단 ····· 36

제5장 결론 ····· 42

참고문헌 ····· 43

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

표 목 차

표 2-1. 분류기 조합의 파라미터 ····· 12
표 4-1. 낮과 밤 시간 눈 판단 영상구성 ····· 30
표 4-2. 낮과 밤 시간 입 판단 영상구성 ····· 30
표 4-3. 기존의 방법과 제안된 방법의 검출률 ····· 32
표 4-4. 낮 주행영상에서 운전자의 얼굴 및 입 검출 ····· 34
표 4-5. 밤 주행영상에서 운전자의 얼굴 및 입 검출 ····· 34
표 4-6. 입 개폐를 이용한 운전자 상태판단 인식률 ····· 35
표 4-7. 낮 주행영상에서 운전자의 얼굴 및 눈 검출 ····· 37
표 4-8. 밤 주행영상에서 운전자의 얼굴 및 눈 검출 ····· 37
표 4-9. 눈 개폐를 통한 낮 운전자 졸음판단 인식률 ····· 37
표 4-10. 눈 개폐를 통한 밤 운전자 졸음판단 인식률 ····· 40

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

그 림 목 차

그림 2.1 Viola-Jones 알고리즘의 순서도 ····· 4
그림 2.2 적분 영상 계산 방법 ····· 5
그림 2.3 Haar-like 특징의 예시 ····· 7
그림 2.4 Haar-like 특징의 검출 방법 ····· 7
그림 2.5 Adaboost 알고리즘의 도식도 ····· 9
그림 2.6 Cascade 분류기의 순서도 ····· 12
그림 3.1 공간적 상관관계 및 이를 이용한 얼굴영역 ····· 15
그림 3.2 얼굴의 공간적 상관관계를 추가한 Viola-Jones 알고리즘의 검출과정 ··· 15
그림 3.3 제안된 방법을 사용한 낮 주행영상에서 운전자의 얼굴 및 눈, 코, 입 검출 영상 ····· 16
그림 3.4 제안된 방법을 사용한 밤 주행영상에서 운전자의 얼굴 및 눈, 코, 입 검출 영상 ····· 16
그림 3.5 주행도중 운전자에 대한 눈 영상 이진화 ····· 18
그림 3.6 주행도중 운전자에 대한 입 개폐 영상 이진화 ····· 18
그림 3.7 라벨링의 예 ····· 20
그림 3.8 라벨링의 두께분포를 이용한 눈 개폐상태 판단 ····· 21
그림 3.9 라벨링의 두께분포를 이용한 입 개폐상태 판단 ····· 21
그림 3.10 밤 시간 주행 영상에 대한 히스토그램 평활화 ····· 23
그림 3.11 밤 시간 주행에 대한 개선된 운전자의 눈 영상 이진화 ····· 24
그림 3.12 밤 시간 주행에 대한 개선된 운전자의 입 영상 이진화 ····· 24
그림 3.13 선형 분류에 대한 최적의 초평면 ····· 25
그림 3.14 선형 서포트 벡터의 예 ····· 26
그림 3.15 비선형 서포트 벡터 머신의 예 ····· 27

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

그림 4.1 Caltech Face Data의 예 ····· 29
그림 4.2 촬영장치 및 촬영환경 ····· 31
그림 4.3 운전자 주행영상 데이터베이스 ····· 31
그림 4.4 기존의 방법과 제안된 방법의 성능 비교의 영상 ····· 33
그림 4.5 낮 주행영상에서 운전자 입 개폐여부 판단 ····· 35
그림 4.6 밤 주행영상에서 운전자 입 개폐여부 판단 ····· 36
그림 4.7 낮 주행영상에서 data-1 데이터베이스에 대한 눈 개폐여부 판단 ····· 38
그림 4.8 낮 주행영상에서 data-2 데이터베이스에 대한 눈 개폐여부 판단 ····· 38
그림 4.9 낮 주행영상에서 data-3 데이터베이스에 대한 눈 개폐여부 판단 ····· 39
그림 4.10 밤 주행영상에서 data-1 데이터베이스에 대한 눈 개폐여부 판단 ····· 40
그림 4.11 밤 주행영상에서 data-2 데이터베이스에 대한 눈 개폐여부 판단 ····· 41
그림 4.12 밤 주행영상에서 data-3 데이터베이스에 대한 눈 개폐여부 판단 ····· 41

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

ABSTRACT

Analysis of Driver's Drowsiness Through Status Detection from Opening and Closing of Eye and Mouth

Gong, Do Hyun
Advisor : Prof. Kwak, Keun Chang, Ph. D.
Dept. of Control and Instrumentation Eng.,
Graduate School of Chosun University

In this paper, we propose an analysis method of drowsiness status of a driver from the opening and closing of eye and mouth. For this purpose, eyes, nose and mouth are detected to improve the area of interest using the spatial correlation in the existing Viola-Jones algorithm. Then, histogram equalization is performed for detection at night driving, and drowsiness status of the driver data with the accumulation value through opening and closing of eye and mouth using SVM (Support Vector Machine) and PERCLOS (Percentage Closure of Eyes). The experimental result using Caltect face database showed that the detection rate of two eyes and nose were increased by about 3% and 13.78%, respectively. Experimental results were confirmed that the performance of drowsiness through the opening and closing of the eyes was 90.72% and the performance of state through the opening and closing of the mouth was 98.26%.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제1장 서론

자동차 산업 및 기술이 발전함에 따라 자동차의 계체량이 점점 증가하여 교통사고의 횟수도 늘어나는 자동차의 수만큼 비례적으로 증가하고 있다. 경찰청 공식 블로그에 따른 최근 3년간 교통사고 사망자 유형에 대한 통계자료를 보면 자동차 사고별 유형 중 과속(19%), 전방주시태만(22%), 졸음(31%)로 졸음이 교통사고에 미치는 영향이 다른 요인들보다 높다고 볼 수 있다. 특히 지루한 주행환경이 반복되는 고속도로일 경우 졸음운전이 다른 사고 요인들보다 73% 높은 사고율을 보이며 미국 고속도로 안전관리국인 NHTSA(Netional Highway Traiifc Safety Administration)에서도 교통안전과 관련해 가장 골치 아프고 큰 사건사고 중에 하나로 졸음운전을 발표했다[1-2].

최근 도로교통공단의 발표에 따르면 2012년부터 2016년까지 5년간 고속도로에서 발생한 졸음운전의 사고는 2241건의 사고가 발생했으며 414명이 사망해, 치사율이 18.5%에 이르며, 이는 과속사고에 대한 치사율 7.8%의 2.4배, 전체 교통사고의 치사율 12.2% 보다 1.5배나 높은 치사율을 보였다. 이 중 화물차 관련 사고에서 졸음운전 사망자가 212명 발생해 전체 사고의 51.2%를 차지한다. 한국 도로 교통공단의 최근 5개년 간 졸음운전 사건사고 및 시간대별 졸음운전사고 사망자 수를 보면 저녁 시간은 물론 12~15시 사이의 낮 시간 사망자 수도 높은 사망률을 보이기 때문에 졸음운전 사고는 새벽뿐만 아니라 언제 어디서든지 졸음운전에 대해 방심 할 수 없다[3]. 졸음운전에서 졸음의 정의는 각성과 수면의 중간상태에서 의식이 사라지면서 수면으로 진행되는 것을 말하며 운전과 같이 항상 정확한 판단과 빠른 반응속도를 필요로 하는 주행에서는 이처럼 가장 위험한 요인이다. 이처럼 주행도중 위험한 운전자의 졸음운전 사고를 미리 예방하기 위해서 운전자의 상태 파악을 실시간으로 측정하여 판단 할 수 있는 시스템이 필요하다.

운전자의 상태를 측정하고 졸음판단을 하는 대표적인 방법으로 생체신호와 영상 기반을 통한 방법이 대표적으로 연구 및 개발되고 있다. 생체신호를 이용한 졸음판단 방법 중 한형섭 [4]이 제안한 AR계수와 SVM을 이용해 뇌전도(Electroencephalogram) 신호 및 안구전도(Electro oculogram)를 분석하여 운전자의 졸음감지를 하는 방법과 같이 뇌파를 이용해 졸음을 판단하는 다양한 방법들이 있다[5-8]. 또한 심전도

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

(Electrocardiogram)를 분석하여 졸음을 판단하는 방법으로 Chui [9]이 제안한 심전도 기반 서포트 벡터 머신(ECG GA-SVM)을 통해 졸음에 대한 ECG신호를 분석하여 운전자의 졸음을 사전에 미리 알려주고 졸음운전 사고를 예방하는 방법과 같은 ECG 기반의 운전자 졸음판단 기술들이 있다[10-13]. 근전도(Electromyography)를 이용한 운전자 졸음판단 방법에는 Zhang [14]은 근전도 신호인 EMG를 각각 상황에 대한 엔트로피 정보를 인공 신경망에 적용하여 운전자의 현재 상태를 분석하는 방법을 제안하였다.

영상기반을 통한 졸음판단 방법 중 하나로 한철훈 [15]은 운전자의 상반신을 검출하고 그 중 얼굴에 코를 기준으로 시선의 중심을 잡고 지정학적 형태를 통해 운전자의 부주의한 시선을 판단하여 사고를 예방하는 차량 내의 시선방향 방법을 제안하고, 차량 외부로는 차선의 에지를 Canny 방법을 통해 검출하고 차량의 방향이 올바르게 이동하는지 판단하는 방법 등이 있다[16-18]. 운전자의 상태를 통해 졸음 및 주행상태를 판단하는 방법은 대표적으로 눈 과 입을 검출하여 여러 가지 판단 기준을 통해 분석하는 방법들이 있다. 최진모 [19]는 차량 내부에 웹캠을 설치하여 운전자의 주행도중 영상을 받고 영상에서 눈 영역만을 따로 검출해 운전자의 졸음이 판단되면 CAN(Controller Area Network)를 통하여 안전벨트를 진동하게 하여 운전자에게 경고를 주는 방법을 제안한다. 또 다른 눈을 이용한 방법으로는 CCD(Charge-Coupled Device)카메라를 이용하여 운전자의 주행영상을 얻고 운전자의 눈동자에 대한 히스토그램의 변화를 통해 운전자의 졸음상태를 판단하는 방법 등과 같이 눈을 이용한 다양한 운전자 졸음운전판단 시스템방법이 연구되고 있다[20-24]. 이 밖에 운전자의 눈 뿐만 아닌 눈동자의 움직임을 추적하여 주행상태와 졸음을 판단하는 방법 및 퍼지논리를 기반으로 검출하여 얻어진 운전자의 주행 데이터를 기반으로 피로도에 대한 구간을 정한 후 판단하는 방법도 있다 [25-26]. 또한 얼굴에 대한 색상을 이용한 RGB-D 탐색영역을 통해 졸린 상태의 얼굴에 색상 특징을 검출하여 운전자의 졸음운전을 방지하는 방법도 연구되고 있다[27].

다양한 운전자의 상태 측정방법과 졸음판단 방법 중 운전자의 생체신호를 이용하여 상태를 분석하고 졸음판단을 하는 방법이 영상기반의 운전자 상태 및 졸음판단 방법보다는 좋은 정확성이나 객관성을 가지고 있지만 실제 주행도중인 운전자의 상태를 측정하기 위하여 생체신호측정 장비를 운전자에게 직접 부착하거나 주변에 설치하는 것이 일반적인 방법들이며 이때 설치되는 장치들로 인해 운전자가 불편함을 느끼지 않아야 한다는 점이 가장 크게 고려해야 할 부분이다. 또한

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

실제 도로 주행하는 운전자에게 이러한 생체신호측정 장비를 착용하기 어렵고 운전자의 주행패턴도 운전자 간의 핸들 조작 패턴이 다양하여 패턴을 파악하기 어렵다. 하지만 영상처리를 이용한 운전자의 상태파악은 생체신호를 이용한 방법과 큰 차이를 보이지 않으며 운전자에게 직접 부착하지 않아 실제 주행에 방해가 되지 않아 실용적인 측면에서 유용한 연구를 진행할 수 있다. 기존의 눈 검출 방법을 통한 운전자의 졸음판단은 운전자의 얼굴을 검출하고 검출된 눈 영역 전체 또는 눈 영역 안의 동공을 검출해 졸음을 판단한다[28-30]. 눈 영역 및 동공을 검출하여 졸음을 판단할 때 눈이 닫혀있는 경우에는 동공이 검출되지 않아 오검출 할 경우 정확한 눈 영역에 위치해서 검출되었는지 알 수 없지만 눈꺼풀의 영역까지 이용한다면 닫힌 눈의 위치도 정확히 되었는지 알 수 있다. 따라서 본문에서는 눈 영역 안에 동공영역 및 눈꺼풀의 영역을 이용하여 더 넓은 검출 범위와 임계값을 가져 검출의 정확도를 향상시키는 방법을 제안한다.

실험에서 사용되는 운전자 주행영상을 얻기 위해 스마트폰 카메라 영상을 이용하여 촬영했다. 운전자의 얼굴 및 얼굴 부위 검출을 위해 Viola-Jones 알고리즘과 얼굴에 대한 7가지의 공간적 상관관계를 근거로 하여 관심영역을 지정해준 검출방법으로 기존 Viola-Jones 알고리즘보다 더 좋은 검출결과를 얻는다. 검출된 영상에서 운전자의 얼굴 및 양 눈과 입을 따로 검출하고 입의 검출영상에서 운전자의 하품에 대한 히스토그램 변화를 검출하여 현재 운전자의 피로 및 졸음의 상태를 판단하고 양 눈에 대한 검출영상에서 최대-최소 명도 값을 이용한 이진화 영상을 얻은 후 라벨링(Labelling)과정을 통해 Y축에 대한 분포도로 눈 개폐에 대한 여부를 확인한다. 마지막으로 운전자의 피로도를 측정할 수 있는 가장 효율적인 기준인 PERCLOS(Percentage Clouse of Eyes)를 이용하여 개폐된 눈의 누적시간에 따라 운전자의 상태를 판단한다[31]. 낮 과 밤에 촬영된 눈과 입 개폐에 대한 총 6개의 데이터베이스에서 실험결과 입 개폐 판단을 통한 운전자의 상태판단은 평균 94.49% 이며 눈 개폐 판단을 이용한 졸음판단은 87.61% 이다.

본 논문의 각 장의 내용은 다음과 같다. 제 2장에서는 Viola-Jones 알고리즘에 대해서 설명하고 제 3장은 얼굴의 공간적 상관관계를 추가한 검출방법으로 운전자 얼굴 및 눈, 코, 입 검출방법과 운전자 상태 및 졸음판단 방법에 대해서 설명하며, 제 4장에서는 실험 결과 및 분석에 대해서 설명한다. 마지막으로 제 5장에서 결론으로 마무리 짓는다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제2장 Viola-Jones 알고리즘을 이용한 운전자 얼굴 검출 방법

Viola-Jones 알고리즘은 그림 2.1에서와 같이 적분 영상, Haar-like 특징, Adaboost 알고리즘, 그리고 Cascade 구조로 크게 4가지 요소로 구성되어진다[32]. 4가지 요소들 중에서 적분 영상과 Haar-like 특징 그리고 Cascade 구조인 Viol-Jones 알고리즘의 3가지 요소들은 실행하는 프로세스의 연산량을 감소시키는 역할을 하여 실시간으로 물체 및 사람을 검출 할 수 있게 도와주며, 남은 요소인 Adaboost 알고리즘은 간단한 한 개의 특징만을 가지고 이용하는 여러 개의 단일로 이루어진 약 분류기들에 대한 우선순위의 가중치를 두어서 조합한 강 분류기를 만들어 물체 및 사람의 검출을 더욱 정확하게 검출 할 수 있도록 한다. 본 논문에서는 기존의 Viola-Jones 알고리즘에 제 3장에서 설명할 사람 얼굴의 구성인 양 눈과 코, 입에 대한 7가지 공간적 상관관계 요소들을 통해 관심영역을 지정하여 기존의 알고리즘보다 더 좋은 성능을 가진 Viola-Jones 알고리즘을 이용해 운전자의 상태파악 및 졸음판단에 사용한다.

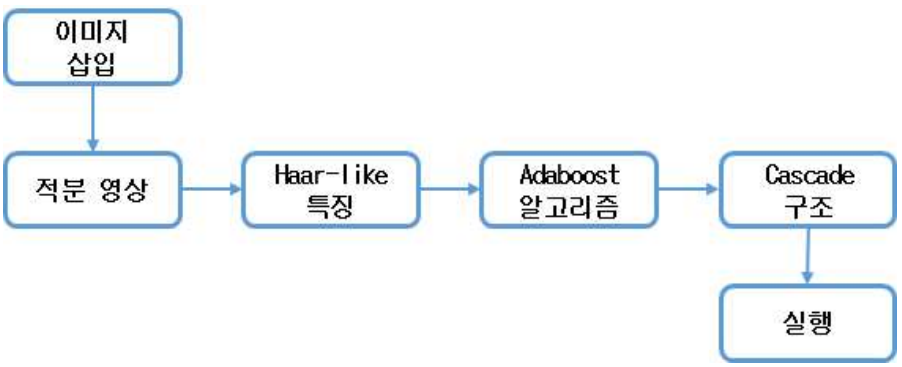

그림 2.1 Viola-Jones 알고리즘의 순서도

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제1절 적분영상

Viola-Jones 알고리즘과 얼굴의 공간적 상관관계를 이용한 운전자 상태검출 알고리즘에서 첫 번째 과정은 운전자 주행영상을 입력영상으로 변환하는 것이 처음 진행되어야할 과정이다. 적분 영상은 임의의 화소 값이 다음 픽셀의 값이 이전 픽셀까지의 값에 대한 합이 더해진 영상이다. 그림 2.2에서 D영역에 대한 픽셀 값을 구하기 위해서는 점d까지의 넓이와 점 c까지의 넓이를 뺀 이후에 두 번째 점a까지 넓이를 한 번 더해주는 것으로 D영역의 넓이를 구한다.

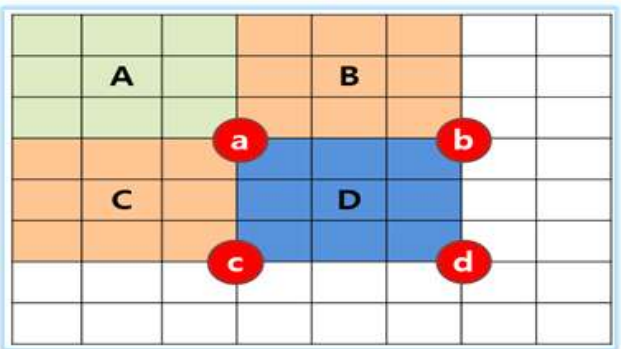

그림 2.2 적분 영상 계산 방법

위의 과정을 적분영상을 생성하는 일반식으로 나타내면 아래 식(2.1)과 같이 나타낸다. I 는 원본영상이고, II 는 원본영상의 적분영상을 나타낸다. $II(x,y)$는 적분영상의 (x,y) 픽셀의 값을 의미하고 이는 원본영상 I 에 대한 $(0,0)$ 픽셀부터 (x,y) 픽셀까지의 모든 픽셀 값의 총합을 의미한다.

$$II(x,y) = \sum_{y=0}^{y} \sum_{x=0}^{x} I(x', y') \tag{2.1}$$

최근접 이웃 보간법을 적용하면 N 배 확대 및 축소된 영상의 적분영상은 식(2.2)처럼 나타내고 I_N 은 확대 및 축소된 영상이고, II_N 는 확대 및 축소된 영상

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

의 적분 영상이다.

$$II_N(x, y) = \sum_{y=0}^{y} \sum_{x=0}^{x} I_N(x', y') \tag{2.2}$$

확대 및 축소된 I_N 에서 적분되는 영역의 크기는 식(2.3)과 같이 원본영상 I 에 대응되는 영역의 크기의 K^2 배이다. 여기서 K 는 확대 및 축소된 스케일이고 $A(I(x,y))$는 영상의 $(0,0)$부터 (x,y)까지 영역에 대한 크기를 의미한다.

$$A(I_N(x,y)) = K^2 A(I(\frac{x}{k}, \frac{y}{k})) \tag{2.3}$$

식(2.3)을 이용하여 II_N 을 다시 표현하면 식(2.4)과 같이 나타낸다. 식(2.4)의 적분 부분을 식(2.1)의 정의를 토대로 사용하면 식(2.5)과 같으므로 최종적으로 확대 및 축소된 영상의 적분영상은 식(2.6)과 같이 표현된다. 따라서 K 배로 확대 및 축소된 영상의 적분영상에서의 한 점의 값은 원본영상의 적분영상에서의 대응점 값에 K^2 배를 하여 쉽게 예측할 수 있다[33].

$$II_N(x, y) = k^2 \sum_{y=0}^{\frac{y}{k}} \sum_{x=0}^{\frac{x}{k}} I(x', y') \tag{2.4}$$

$$\sum_{y'=0}^{\frac{y}{k}} \sum_{x'=0}^{\frac{x}{k}} I(x', y') = II(\frac{x}{k}, \frac{y}{k}) \tag{2.5}$$

$$II_N(x, y) = K^2 II(\frac{x}{k}, \frac{y}{k}) \tag{2.6}$$

제2절 Haar-like 특징

Viola-Jones 알고리즘에서 두 번째 과정인 Haar-like 특징은 그림 2.3에 보는 거와 같이 두 개 이상의 특징으로 이루어진 동일한 크기와 모양을 가진 사각형의

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

조합을 통해서 이루어진다. 예시의 사각형 특징들은 검은색 영역의 픽셀 값의 합과 흰색 영역 픽셀 값의 합의 차이를 계산하여 예시의 사각형에 대한 특징 값들을 구하며, 이때 적분영상을 이용하면 계산 속도를 빠르게 할 수 있다.

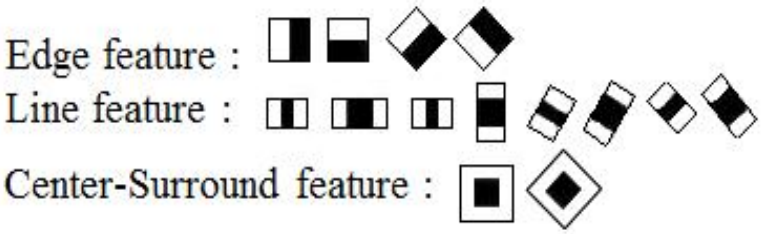

그림 2.3 Haar-like 특징의 예시

예를 들어 아래 그림 2.4처럼 그림 2.3에서 보여준 예시 중에 하나의 검출 사각형을 검출하고자 하는 물체 및 사람의 영역에 맞는지 판단한다. 흰색공간을 R_{white}라하고 검은색 공간을 R_{black}이라 한다면 구해야하는 부분의 공간에 대한 값을 아래 그림 2.5에서와 같이 F_{Haar}로 나타낸다. 구해야하는 눈의 F_{Haar} 값이 0.1 < F_{haar} < 0.2라고 할 때, 1번 예시의 값이 0.3이고 2번 예시의 값이 0.124 3번 예시의 값이 0.01이 나온다면, 예시 2번의 R_{black}공간을 눈으로 간주한다.

그림 2.4 Haar-like 특징의 검출 방법

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제3절 Aadaboost 알고리즘

Viola-Jones 알고리즘에서 3번째 과정인 Adaboost(Adaptive boosting)는 Yoav Freund와 Robert Schapire가 개발한 기계 학습 메타 알고리즘으로 성능을 향상시키기 위해 다양한 종류와 크기, 위치에 따라 만들어지는 많은 형태의 학습 알고리즘과 결합하여 사용하며 다른 약한 학습기의 결과들에 대해 가중치를 두어 더하는 방법으로 가속화 분류기의 최종 결과물을 표현 할 수 있다. 쉽게 이야기해서 수십만 개의 Haar-like 특징 모양들 중에서 분류 성능이 뛰어난 특징만을 약 분류기로 선별하고 이들을 조합함으로써 보다 성능이 향상된 강 분류기를 만들기 위해서 사용된다. Adaboost 알고리즘은 이전의 분류기에 의해 잘못 분류된 것들을 이어지는 약한 학습기들이 수정해줄 수 있다는 점에서 다양한 상황에 적용할 수 있다. 허나 Adaboost 알고리즘은 잡음이 많은 데이터와 이상점(outlier)에 취약한 모습을 보인다. 그러나 다른 학습 알고리즘보다 과적합(over fitting)에 덜 취약하다는 장점도 가지고 있다. 개별 학습기들의 성능이 떨어지더라도, 각각의 성능이 무작위 추정보다 이진분류에서 에러율이 0.5보다 낮다면 최종 모델은 강한 학습기로 수렴한다는 것을 증명할 수 있다.

모든 학습 알고리즘이 잘 적용될 수 있는 형태의 문제가 있고 그렇지 않고 적용이 잘 되지 않는 문제가 있으며 일반적으로 주어진 데이터 집합에 대한 최고의 성능을 가지는 알고리즘을 얻기 위해서 많은 파라미터와 설정들을 조정해야 하는 반면에 Adaboost 알고리즘은 종종 최고의 발군의 분류기로 불리기도 한다. 기계학습의 문제점들은 가끔씩 차원의 저주에 빠지게 되는 단점을 가지고 있다. 각 샘플은 아주 높은 계수의 잠재적 특성을 가지는데 예를 들어 Viola-Jones 알고리즘에서 사용하는 Haar-like 특징의 경우 24x24 픽셀에는 576개의 특징이 있을 수 있어서 모든 특성을 고려하는 것은 분류기의 훈련과 수행 속도를 늦출 뿐만 아니라 휴즈 효과(hughes effect)에 의하여 예측 능력까지 떨어트리게 된다. 인공신경망이나 SVM(Support Vector Machine)과는 다르게 Adaboost 알고리즘의 훈련과정은 모델의 예측 능력을 향상시킬 것으로 생각되는 특성들만을 선택하여 계산해야하는 차원수를 줄임과 동시에 계산에서 필요로 하지 않는 특성들은 배제하여 프로세서 실행의 수행시간을 개선하여 실시간 영상처리에 사용하기에 유용하다. 그림 2.5는 이러한 Adaboost 알고리즘의 도식도를 나타낸다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

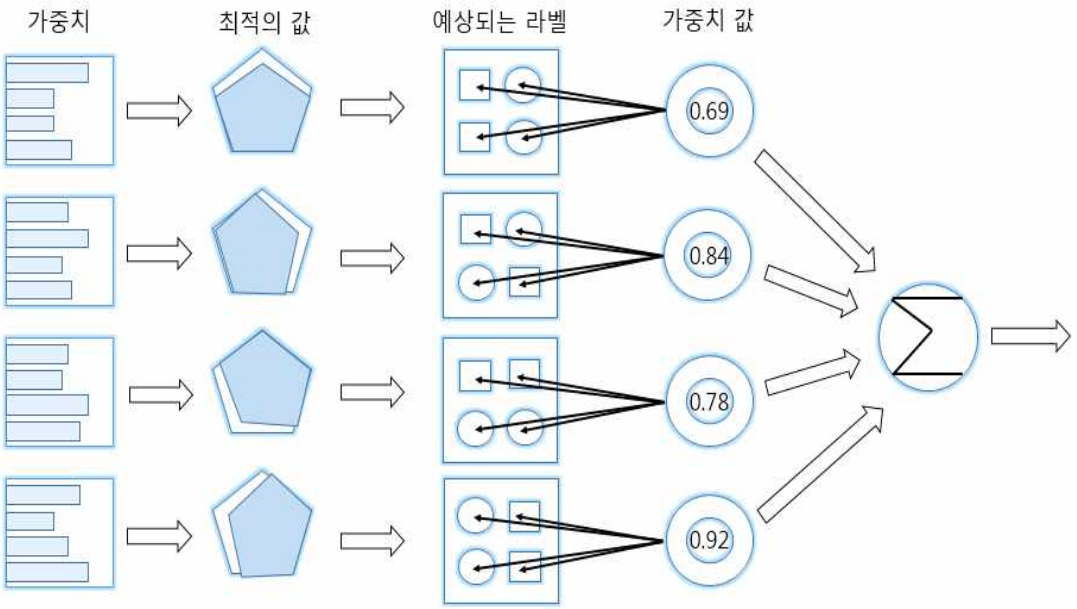

그림 2.5 Adaboost 알고리즘의 도식도

Adaboost 알고리즘의 임의의 샘플 x을 두 개의 클래스 0과 1로 분류하는 문제에서 j 번째 약 분류기인 $h_j(x)$는 샘플 x에 대한 특징 값은 $\int_j$ 으로 표현한다. 임계값은 θ_j 이고 부등호의 방향을 표시하는 p_j을 이용하여 식(2.7)과 같이 나타낼 수 있으며 분류결과는 1과 0으로 나타낸다. 분류결과 1에 해당하는 특징 값이 분류결과 0에 해당하는 특징 값들 보다 평균적으로 작은 값을 가지고 있다면 부등호의 방향을 표시하는 p_j는 1로 나타내고 반대로 특징 값이 분류 결과 0에 해당하는 특징 값들보다 평균적으로 큰 값을 가지고 있다면 -1로 결정을 한다[34-37].

$$h_j(x) = \begin{cases} 1 & \text{if } p_j f_j < p_j \theta_j \\ 0 & otherwise \end{cases} \tag{2.7}$$

Adaboost 알고리즘의 과정은 간략하게 4단계의 과정을 통하여 설명할 수 있다[38]. 첫 번째 과정으로는 Adaboost 알고리즘을 학습데이터를 만드는 과정이다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

먼저 Adaboost 알고리즘의 학습데이터는 다음 식(2.8)처럼 나타낸다. 여기서 x_i는 각각의 샘플을 나타내고 y_i는 각각의 샘플이 속하는 클래스 정보를 토대로 클래스의 샘플이 양이면 1을 가지고 샘플이 음이면 0의 값을 가지게 한다.

$$(x_1, y_1), \ldots\ldots, (x_m, y_n),\ x_i \in R^d,\ y_i \in Y \in 0, 1 \tag{2.8}$$

Adaboost 알고리즘의 두 번째 과정으로 가중치를 초기화하는 단계이다. i번째 샘플에 대한 초기 가중치는 식(2.9)과 같고 m과 1은 각각 양의 클래스 샘플에 총 개수와 음의 클래스 샘플의 총 개수를 나타낸다.

$$W_{1,i} = \begin{cases} \dfrac{1}{2m} & \text{if} \quad y_i = 0 \\ \dfrac{1}{2n} & \text{if} \quad y_i = 0 \end{cases} \tag{2.9}$$

세 번째 과정은 약 분류기를 선택하는 단계이다. 약 분류기를 선택하기 전에 가중치를 정규화 실행해야 하고 이는 각 단계 t=1,2,3,4,...,T에서 각각의 학습 샘플들의 가중치에 대한 총합이 1이 나오도록 식(2.10)과 같이 정규화 과정을 실행하여 가중치를 정규화 시킨다.

$$W_{t,i} \leftarrow \frac{w_{t,i}}{\sum_{j=1}^{n} w_{t,i}} \tag{2.10}$$

Haar-like 특징의 종류 및 크기 그리고 위치에 따라 생성되어지는 여러 수십만의 특징들 중에서 임의의 j번째 약 분류기인 h_j을 학습시키며 가중치를 포함한 오분류률 ϵ_j는 식(2.11)과 같이 계산한다. 가중치를 갱신하는 방법은 식(2.12)에 따라서 가중치를 갱신한다.

$$\epsilon_j = \sum_i w_i |h_j(x_i) - y_i| \tag{2.11}$$

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

$$w_{t+1,\ i} = w_{t,1}\beta_t^{1-e_i} \text{ and } \beta_t = \frac{\epsilon_t}{1-\epsilon_t} \tag{2.12}$$

식(2.12)에서 임의로 정한 i번째 학습 샘플인 x_i가 약 분류기를 통하여 정밀하게 분류가 된다면 $e_i = 0$ 으로 나타내고 그렇지 않으면 $e_i = 1$ 로 나타낸다. 다음 단계에 대한 가중치에 영향을 가장 많이 미치는 파라미터인 β_t에 대한 값이 결정되는데 β_t의 값은 ϵ_t의 값에 대해 비례하고 최대값은 오분류률 ϵ_j가 극대화되는 최대값 $\epsilon_t = 0.5$ 일 때 1이 된다. t번째 약 분류기 h_t에 의해서 분류되는 임의의 샘플 x_i가 정확하게 분류되었다고 한다면 $e_i = 0$ 이기 때문에 $\beta_t^{1-0} = \beta_t$의 값으로 나타내어 다음 단계의 가중치는 감소시킬 수 있다. 허나 분류결과가 틀렸다면 다음 단계의 가중치는 현재 단계의 가중치와 동일하다. 그리고 각각의 학습 샘플에 대한 가중치가 재결정되어 값이 구해지면, 식(2.10)의 값으로 돌아와서 각각의 학습 샘플에 대한 가중치를 재정규화 한다.

Adaboost 알고리즘의 마지막 단계로 식(2.10)부터 식(2.12)의 과정을 반복 수행하여 얻어진 T개의 약 분류기를 조합하여 만들어진 강 분류기 $h(x)$는 식(2.13)과 같다. 식(2.14)은 각각의 단계에서 선택되어진 약 분류기에 대한 가중치이고 β_t값에 의하여 결정이 된다. 약 분류기에 대한 가중치는 오분류률에 대해서 반비례하기 때문에 분류 성능이 좋은 약 분류기일수록 높은 가중치를 얻게 되어 마지막으로 강 분류기에 대한 성능을 향상시킨다.

$$h(x) = \begin{cases} 1 & \text{if } \sum_{t=1}^{T} \alpha_t h_t(x) \geq 0.5 \sum_{t=1}^{T} \alpha_t \\ 0 & otherwise \end{cases} \tag{2.13}$$

$$\alpha_t = \log \frac{1}{\beta_t} \tag{2.14}$$

최종 적으로 강 분류기를 만들기 위해서는 식(2.7)에서 사용되는 약 분류기들로부터 조합을 위한 파라미터들은 다음 표2.1과 같다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

표 2-1 분류기 조합의 파라미터

수식	의미
T	강 분류기를 구성하는 약 분류기의 전체 개수
f_t	t번째 약 분류기가 되는 Haar-like 특징의 값
p_t	t번째 약 분류기의 부등호에 대한 방향 (1 과 -1)
θ_t	t번째 약 분류기의 임계 값
α_t	t번째 약 분류기의 가중치 값

제4절 Cascade 구조

Adaboost 알고리즘의 강 분류기를 생성하여 사용하기 위해서는 많은 약 분류기의 과정을 지난 후에 이용하게 된다. 이렇게 성능이 좋은 강 분류기를 생성하기 위해 많은 수의 약 분류기 과정을 거친다면 실행시간이 점점 길어져 물체 및 사람을 실시간으로 검출하기 힘들어 지기 때문에 Viola-Jones는 알고리즘에 Cascade 구조를 제안하여 물체 검출을 실시간으로 할 수 있는 방법을 제안하였다. 그림 2.6은 Cascade 구조를 나타내며 그림과 같이 Cascade 구조는 몇몇의 약 분류기를 연결하는 방법으로 만든 강 분류기를 직렬로 연결하는 방법으로 각각의 단계에서의 강 분류기에서 원하는 물체로 판단되지 않는 샘플들은 제외시키고 원하는 물체로 판단되는 샘플은 다음 단계로 이동시켜 이러한 과정을 몇 번을 반복한 이후에 최종적으로 전체 강 분류기 단계를 통과하여 출력되는 물체를 검출한다.

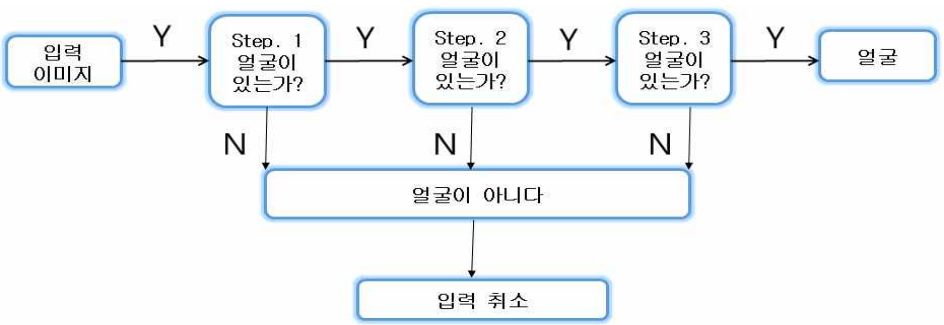

그림 2.6 Cascade 분류기의 순서도

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

이러한 과정 중에서 각각의 강 분류기는 식(2.13) 대신에 새로운 Cascade 구조의 수식인 식(2.15)을 사용한다. 예로 각각의 단계에 존재하는 강 분류기들의 성능이 90%로 동일하다고 생각하고 계산을 하면 $0.9^{10} = 0.348$ 이기 때문에 이 Cascade 분류기의 최종 검출률은 34.8% 밖에 나오질 않는다. 그러므로 식(2.15)에서 임계값인 Γ가 0.5보다 작은 값을 가져야만 각각의 단계에 존재하는 Cascade 강 분류기들의 성능이 식(2.13)을 이용해 계산 했을 때 보다 더 좋은 검출률을 구할 수 있다.

$$h(x) = \begin{cases} 1 & \text{if } \sum_{t=1}^{T} \alpha_t h_t(x) \geq \Gamma \sum_{t=1}^{T} \alpha_t \\ 0 & otherwise \end{cases} \tag{2.15}$$

Viola-Jones 알고리즘을 이용한 운전자 상태판단 검출 과정에는 학습 단계와 테스트 단계인 총 2단계로 이루어진다. 처음으로 학습 단계에서는 입력되는 운전자 주행영상을 적분 영상으로 변환 후 Haar-like 특징의 종류와 크기 및 위치에 대해서 다양한 특징을 생성하고 얼굴의 공간적 상관관계를 이용하여 최종적으로 중요한 특징들을 측정한다. 구해진 중요한 특징들을 이용해 Adaboost 알고리즘에 사용할 강 분류기들을 선택하고 운전자의 얼굴 및 양 눈과 코, 그리고 입을 검출에 최적화된 분류를 구성한다. 이러한 학습 단계에는 수십만 개의 특징들에 대해 각각의 중요도를 계산하여 구하기 때문에 많은 시간이 소요되는 단계이다.

두 번째 단계인 테스트 단계는 입력 영상을 적분 영상으로 변환한 이후에 Cascade 구조에 입력으로 실행하여 특징 값을 계산한다. 계산된 값들은 임계값을 기준으로 분류되어 지고 후보 영역이 검출하고자 하는 샘플인지 아닌지를 판단하며 진행된다. 학습 단계에서 미리 구해놓은 중요 특징들만을 선택하여 중요도를 계산하고 Cascade 구조에서 각각의 단계별로 오인식이라고 판단되는 샘플들은 검출을 취소시키기 때문에 실시간으로 운전자의 주행영상을 검출하는 것이 가능하게 된다. 본 논문에서는 Lienhart의 CART(Classification And Regression Tree Analysis)기반의 학습모델을 사용하며 positive는 5,000개의 이미지 영상과 negative는 1,000개의 영상이 분류기 설계에 사용된다[39].

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제3장 운전자 상태 및 졸음판단 방법

제1절 얼굴의 공간적 상관관계

본 논문에서는 사람의 얼굴에 대한 얼굴영역 분석의 정확도를 높이고 검출의 실행시간을 줄이기 위해서 얼굴 구성 요소간의 정보를 이용한 공간적 상관관계 방법을 이용한다. 얼굴에서 양 눈과 코 그리고 입의 위치는 사람에 관계없이 크게 일정한 위치에서 벗어나지 않는 지점에 존재한다는 점을 이용하여 낮은 임계값을 가지는 얼굴 검출기로 운전자의 얼굴과 비슷한 모양의 임계값을 가지는 후보를 찾는다. 이 낮은 임계값을 가진 탐지기들을 이용해 얻은 후보영상들 중에서 임계값을 높인 Haar-like 특징을 사용한 정밀한 검출기를 통해 운전자의 얼굴과 양 눈, 코 그리고 입을 검출한다.

그림 3.1에서처럼 검출되는 운전자의 얼굴 중에서 x부분의 위치에 대한 얼굴영역의 넓이 정보를 기준으로 운전자의 양 눈, 코 그리고 입에 대한 대략적인 위치 및 넓이를 검출하고 이에 대한 세부적인 특징은 다음 7가지의 기준을 이용하여 각각 부위에 대한 위치와 넓이를 구한다. 첫 번째로 사람의 머리에 대한 평균 높이는 한쪽 눈의 길이에 대한 5배에 해당한다. 두 번째로는 양 눈의 위치는 평균적으로 머리의 끝 부분과 턱 사이의 중간지점에 위치하고, 오른쪽 눈과 왼쪽 눈의 사이의 거리는 일반적으로 한쪽 눈의 길이와 동일하게 위치한다. 세 번째로 코의 시작위치 지점은 전체 얼굴의 가운데 부분 근처에서 출발하고 코의 끝단은 얼굴의 중심과 턱 밑 부분 사이의 중심부의 영역에 위치한다. 네 번째는 코의 높이는 한쪽 눈의 길이와 평균적으로 비슷하다. 다섯 번째로는 입이 시작하는 위치는 얼굴의 Y축의 코밑단부분에서 시작하고 끝나는 위치는 코와 턱 아래의 2/3 지점에서 끝난다. 여섯 번째로 입의 중심에서 얼굴의 중심과의 거리는 전체 머리높이의 평균 1/4 정도의 길이를 가지며 절반의 길이를 넘어서지 않는다. 마지막 일곱 번째 특징으로 입의 X축 길이는 오른쪽 눈과 왼쪽 눈을 합친 길이와 유사하다. 이러한 7가지 얼굴에 대한 공간적 상관관계 특징을 이용하여 얼굴영역 분석의 정확도 및 프로세스 수행시간을 줄여 양 눈과 코 그리고 입에 대한 크기 및 좌표 값을 구하고 검출 할 수 있다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

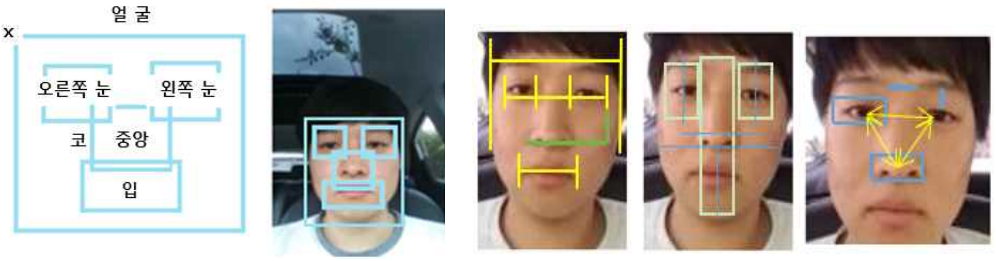

그림 3.1 공간적 상관관계 및 이를 이용한 얼굴영역

그림 3.2는 얼굴의 공간적 상관관계 특징을 추가한 Viola-Jones 알고리즘의 검출과정을 나타는 구성도이며 그림 3.3은 제2장에서 설명한 Viola-Jones 알고리즘방법에 얼굴의 공간적 상관관계특징을 추가한 제안된 방법을 이용하여 운전자의 졸음 및 상태를 파악하기 위해 낮 시간 주행영상에서 운전자에 대한 얼굴 및 양 눈, 코 그리고 입을 검출한 영상이고 그림 3.4는 밤 시간 주행영상에서 운전자에 대한 얼굴과 양 눈, 코 그리고 입을 검출한 영상이다. 검출결과 낮과 밤의 주행영상 모두 운전자에 대한 얼굴과 양 눈, 코 그리고 입이 검출되는 것을 확인하여 제안된 얼굴의 공간적 상관관계 특징을 추가한 Viola-Jones 알고리즘 방법이 유효하다는 것을 확인했다.

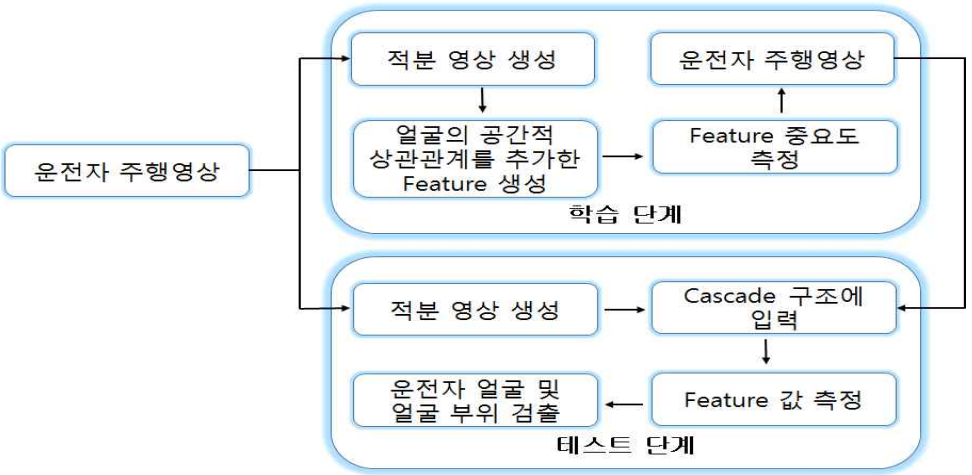

그림 3.2 얼굴의 공간적 상관관계를 추가한 Viola-Jones 알고리즘의 검출과정

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

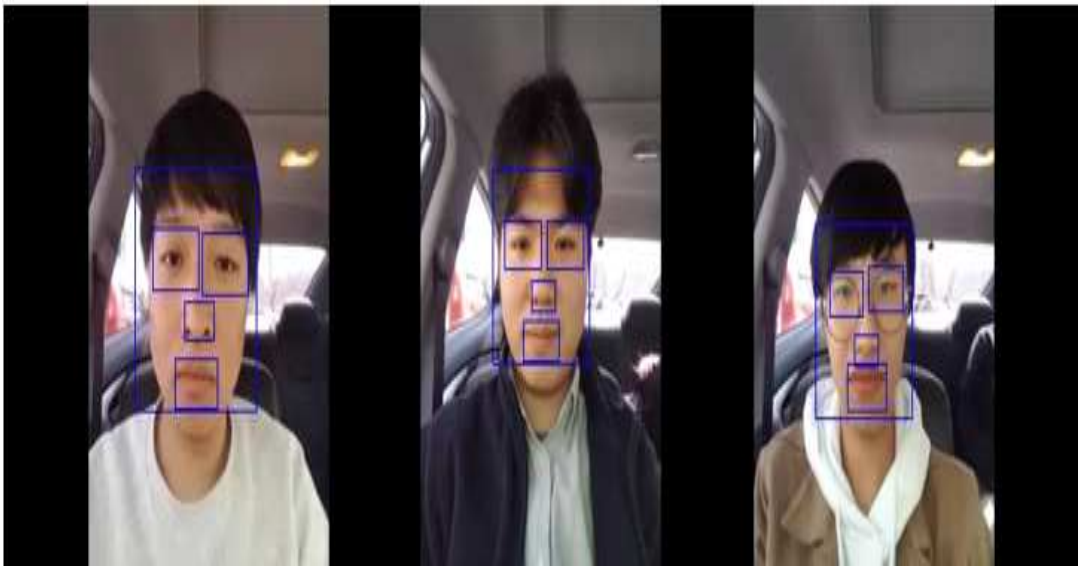

그림 3.3 제안된 방법을 사용한 낮 주행영상에서
운전자의 얼굴 및 눈, 코, 입 검출 영상

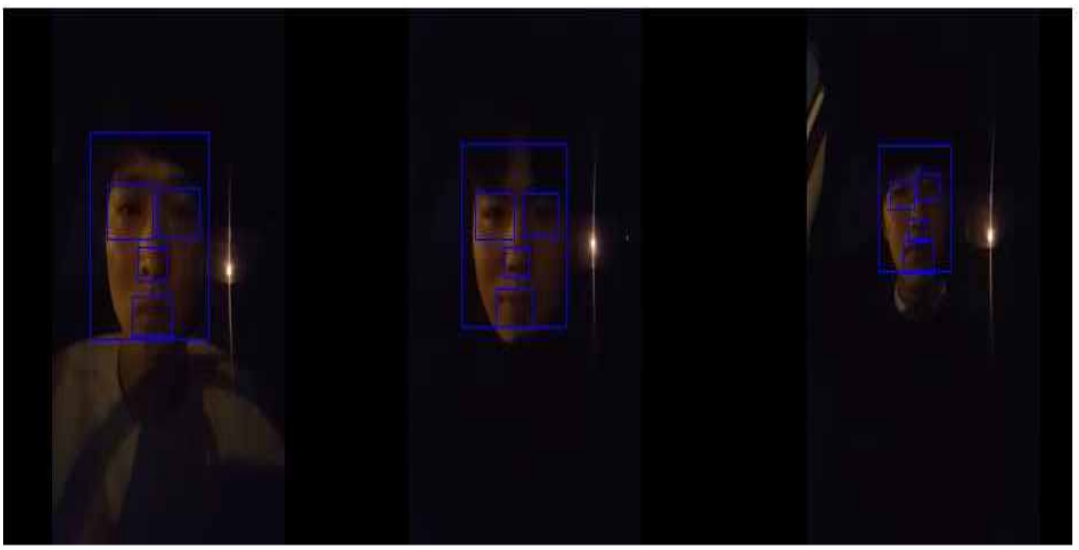

그림 3.4 제안된 방법을 사용한 밤 주행영상에서
운전자의 얼굴 및 눈, 코, 입 검출 영상

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제2절 운전자 눈과 입 개폐판단을 위한 과정

본 논문에서는 눈과 입의 영역을 생성하기 위해 전처리 과정으로 이진화 과정을 수행한다. 이진화를 진행하는 방법은 다양한 방법들이 있는데 대표적으로 Niblack 방법을 이용한 이진화와 그림자 경계선 기반의 이진화 방법, Otsu의 방법을 이용한 이진화가 있다[40]. Niblack 방법은 불균일한 조명 환경에서의 이진화를 위해 전체 영상에 대해 하나의 임계값을 사용하지 않고 입력 영상에 대해서 작은 크기의 윈도우를 씌워 각각의 윈도우 내에서 임계값을 구해 이진화를 실행하는 방법이다. Niblack 방법은 파리미터를 설정하는 방법에 대해 결과에 큰 영향을 주어 만족스럽지 못한 결과를 얻게 되는 단점이 있다. 그림자 경계선 기반의 이진화 방법은 그림자 경계선을 바탕으로 그림자가 있는 영역과 그림자가 없는 영역으로 분리한 다음 각 영역에 대해서 히스토그램 분포를 진행하여 각 경계에 해당하는 히스토그램 분포를 기준으로 경계선을 추정하는 방법이다. 마지막으로 Otsu 방법은 이진화 방법들 중에서 가장 널리 사용되고 알려진 방법으로 영상전체에 하나의 임계값을 설정하는 방법이다. 설정된 임계값을 기준으로 높은 임계값은 흰색으로 설정하고 낮은 임계값은 검정색으로 설정하는 방법이다. 본 논문에서는 Otsu 방법을 사용해서 이진화를 실행한다. 이진화 방법은 임계값의 설정에 의해 성능차이가 많이 발생하기 때문에 어떻게 임계값을 설정하는지가 중요하다.

본 논문은 공간적 상관관계를 이용한 Haar-like 방법으로 추출된 눈의 RGB이미지를 밝기 값을 제외시키고 회색 범위의 값으로 변환되는 그레이스케일이미지로 변환시킨 이후에 최대 명도 값과 최소 명도 값에 대한 평균값을 이용해 임계값을 구하는 방법을 사용한다. 식(3.1)은 최대-최소 명도 값을 구하는 식고 그림 3.5는 최대-최소 명도 값을 이용해 구한 운전자들의 눈 영상 이진화이다.

$$Value = \frac{Max + Min}{2} \tag{3.1}$$

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

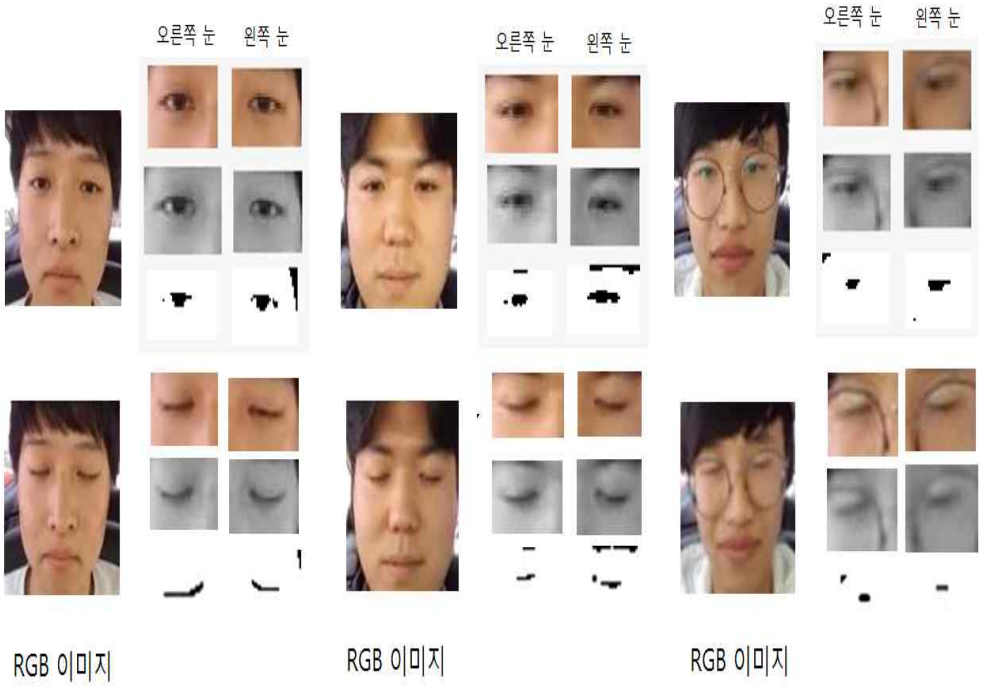

그림 3.5 주행도중 운전자에 대한 눈 영상 이진화

낮 시간 주행에서의 운전자들에 대한 이진화 영상에서의 운전자들에 대한 이진화 영상의 결과를 보면 검은색 픽셀들이 잡음과 같이 분포되는 모습은 보이지 않는다. 그리고 운전자의 눈 영역의 성분들은 본래 눈 모양의 형태와 비슷한 모양을 유지하고 있다는 것을 알 수 있다.

운전자의 하품을 검출하는 방법도 운전자의 눈 영상을 검출하는 방법과 같이 하품을 하지 않는 입 영상 RGB이미지와 하품을 진행하고 있는 입 영상 RGB이미지를 그레이스케일이미지로 변환시키고 최대 명도 값과 최소 명도 값의 평균을 식 (3.1)을 이용해 임계값을 구해서 검출한다. 입이 개방되어 있을 때와 닫혀 있을 때 입에 대한 입안의 공간이 어두운 공간으로 표현되기 때문에 개폐 판단여부를 쉽게 알 수 있는 장점이 있다. 그림 3.6은 최대-최소 명도 값을 이용해 구한 운전자들의 하품에 대한 입 개폐 영상의 이진화이다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

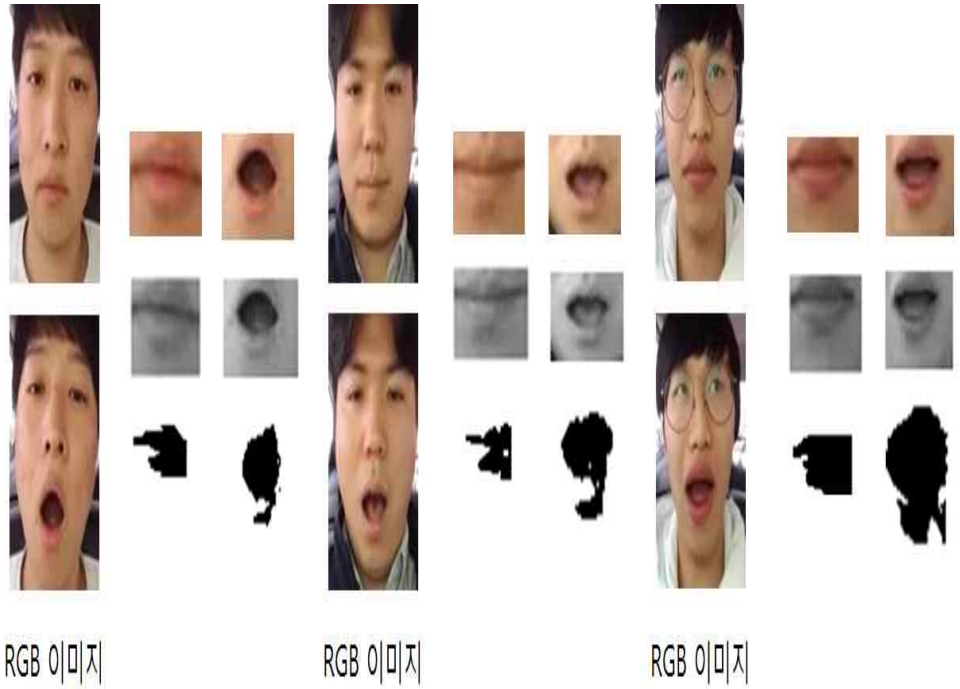

그림 3.6 주행도중 운전자에 대한 입 개폐 영상 이진화

제3절 라벨링 방법

라벨링(labeling)이란 화소를 하나의 개체, 즉 라벨링으로 정의함으로써 가로폭과 세로의 높이, 면적 그리고 면적 대비 화소의 개수를 나타내는 밀도 등의 정보를 구성할 수 있다. 이러한 정보는 문자뿐만 아닌 영상도 분류를 할 수 있게 되는 기준이 되며, 인접한 화소에 같은 번호를 붙여서 그룹을 만들어 분류하여 운전자 주행영상에서 잘못 인식된 후보영역들을 최소화 시킬 수 있다. 그림 3.7은 라벨링의 예를 보여준다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

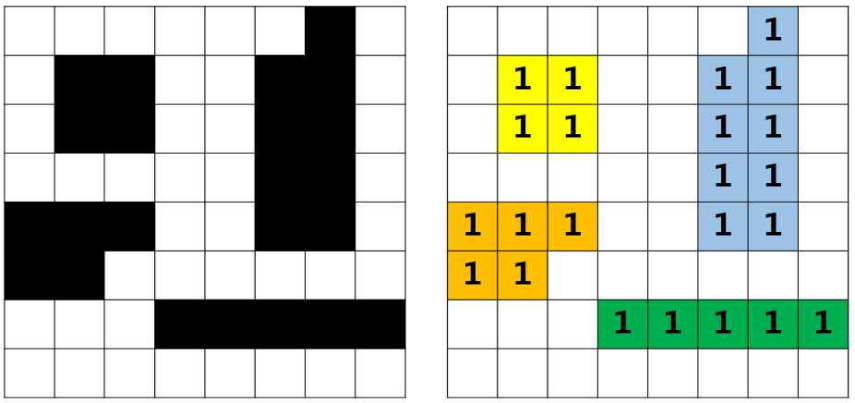

그림 3.7 라벨링의 예

영상에서 검출할 화소까지 이진화를 통해 1채널 영상을 구하고 흰색 값(255)을 가지고 배열이나 링크드리스트(linked list)등의 스택 저장소를 이용해 처음 검색된 포인터를 저장하고 이러한 과정에서 스택에 저장한 좌표를 가지고 오면서 지우고 가지고온 좌표 지점에 라벨링을 표시한다. 그리고 좌표 지점에서 상화좌우의 좌표를 검색하여 처음 지정한 흰색 값(255)이 존재하면 스택에 저장하고 다시 스택에서 차례로 꺼내고 지우면서 루트를 진행하여 근접한 화소에 대해서 라벨링이 된다. 눈 이외의 후보 영역을 제외하기 위해 각각 지정된 라벨링의 크기에 대한 임계값을 지정하여 지정된 임계값 이하는 연산에서 제외를 시켜 특징값을 추출해 낸다. 그림 3.8은 운전자의 눈 이미지를 이진화한 이후 라벨링 방법을 이용해 나타내고 그에 대한 Y축에 대한 두께분포를 보여준다. 라벨링 과정을 거친 눈 영역의 Y축에 대한 픽셀의 수로 눈 개폐상태에 대한 판단을 정한다. 본 논문에서는 이진화 과정을 거친 후 라벨링 방법을 통한 운전자의 눈 영상에서 Y축의 픽셀의 수가 3픽셀 이하인 경우는 눈이 닫혀있다고 판단하고 4픽셀 이상부터는 열려있다고 판단한다. 다음으로 입 이외의 후보 영역을 제외하기 위해 각각 지정된 라벨링에 대한 임계값을 구하고 임계값 이하의 값들은 제외시켜 특징값을 추출한다. 그림 3.9는 운전자의 입 개폐 이미지를 이진화한 이후 라벨링 방법을 이용해 나타내고 Y축에 대한 두께분포를 나타낸다. 본 논문은 입 개폐 판단에 대해서 Y축의 픽셀의 수가 18픽셀 이하일 경우에는 입이 닫혀있다고 판단하고 19픽셀 이상부터는 입이 열려있다고 판단한다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

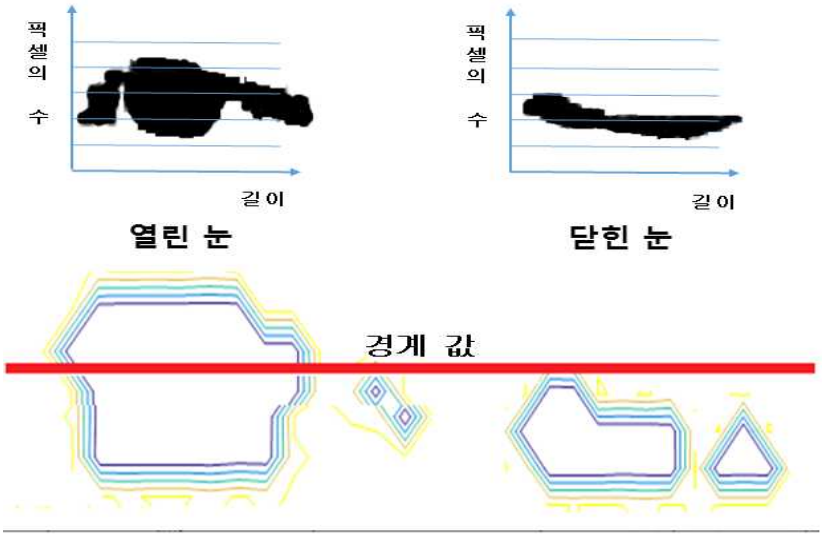

그림 3.8 라벨링의 두께분포를 이용한 눈 개폐상태 판단

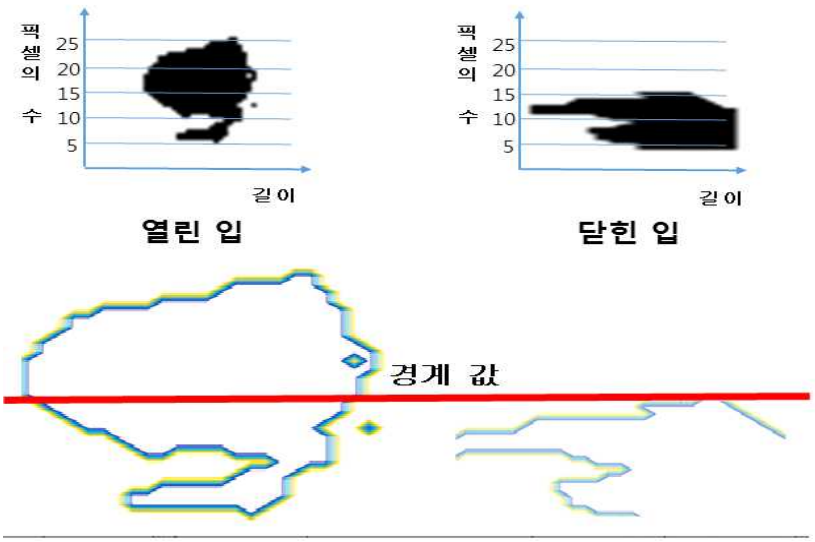

그림 3.9 라벨링의 두께분포를 이용한 입 개폐상태 판단

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제4절 히스토그램 평활화

히스토그램은 영상의 밝기가 가장 밝은 부분부터 어두운 영역까지의 명암도에 대한 픽셀의 빈도수를 나타내는 집합으로 명암 대비 및 명암값에 대한 분포의 정보를 말한다. 히스토그램이 왼쪽 방향으로 치우치면 해당 화소의 값이 전체적으로 작아지기 때문에 영상의 밝기가 어두워지고 반대로 오른쪽으로 히스토그램의 방향이 치우친다면 영상의 밝기는 밝아진다. 히스토그램이 조밀하게 좁은 범위에 분포해 있으면 가장 어두운 영역과 가장 밝은 영역의 차이가 적기 때문에 명암대비가 좋지 않고, 넓게 분포되어 있으면 밝기에 대한 차가커서 명암 대비가 좋다.

히스토그램 평활화는 입력 영상에 대해서 한 방향으로 몰린 명암 분포를 가지는 히스토그램을 재분배 과정을 통해서 균일한 분포를 가지는 히스토그램으로 변환하는 방법이다. 히스토그램 평활화를 실행하게 되면 영상에 대한 명암 대비가 커서 실제 눈으로 보이는 영상이 잘 보이게 된다. 히스토그램 평활화는 입력 영상의 히스토그램을 생성하고 밝기에 대한 범위가 [0, L-1]인 영상의 히스토그램을 식(3.2)과 같이 정의할 수 있다[41].

$$H(X_k) = n_k \tag{3.2}$$

여기서 X_k는 K 번째에 대한 밝기 값이고 n_k는 영상에서 밝기 X_k을 가지는 픽셀에 대한 수를 나타낸다. 임의의 8비트 영상인 경우에 0~255의 L=256 값을 가지고 히스토그램이 가지는 성분의 영상 전체 픽셀 수로 나누어 정규화 한다. 정규화가 된 히스토그램 $p(X_k)$는 밝기 X_k가 발생할 확률을 말하며 확률밀도함수(probability density function)이고 식(3.3)과 같이 정의한다.

$$p(X_k) = \frac{n_k}{n} \quad k = 0, 1, 2, ..., L-1 \tag{3.3}$$

여기서 n은 영상의 전체 픽셀에 대한 수를 표현하며 정규화가 진행된 히스토그램의 모든 값의 합은 1이다. 히스토그램 평활화는 정규화 된 히스토그램의 누적분포함수(cumulative distribution function)를 구해 최대 명암값 $L-1$을 곱하여

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

식(3.4)과 같이 나타낸다.

$$s_k = T(X_k) = (L-1)\sum_{i=0}^{K} p(X_i) \tag{3.4}$$

$$= (L-1)\sum_{i=0}^{K} \frac{n_i}{n} \qquad K = 0,1,2,\ldots,L-1$$

위 식(3.4)에서 $p(X_i)$는 밝기값 X_i의 확률밀도함수이고 s_k는 영상에 대한 밝기값인 X_k에 대응하는 변화된 밝기의 값이다. 본 논문에서는 최소-최대 명도 값의 차이를 이용하여 검출된 운전자의 영상에 대해서 졸음판단을 실행하기 때문에 왼쪽으로 몰린 영상의 화소 값을 오른쪽으로 평활화하여 영상을 밝게 만들어 최소-최대명도의 차이를 나타낸다. 그림 3.10은 히스토그램 평활화를 이용하여 밤 주행영상에 대한 밝기 값을 개선한 영상을 보이고 그림 3.11은 개선된 밤 주행영상에서 검출된 운전자의 눈 영역을 이진화한 영상이고 그림 3.12는 개선된 밤 주행영상에서 검출된 운전자의 입 영역을 이진화한 시킨 영상이다.

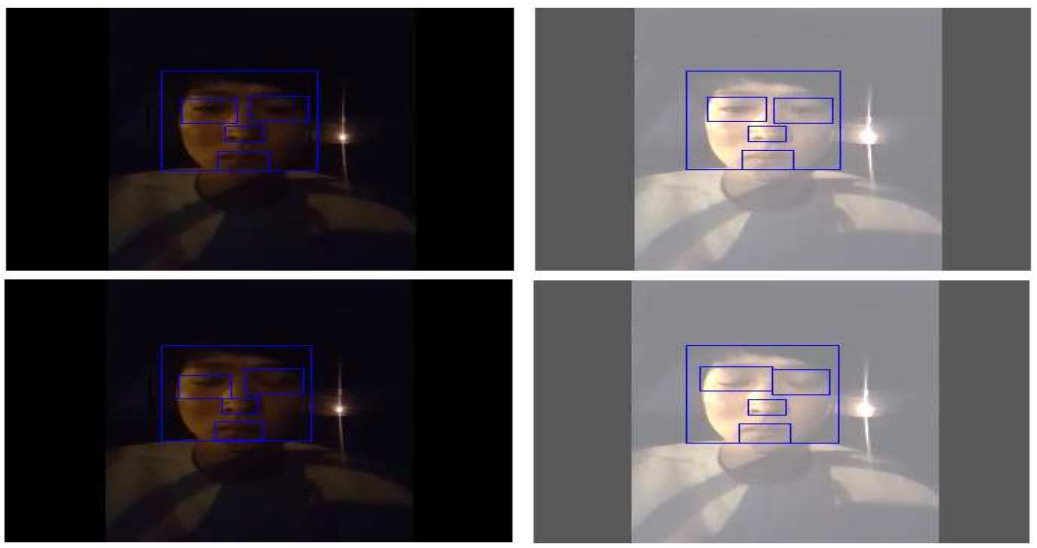

그림 3.10 밤 시간 주행 영상에 대한 히스토그램 평활화

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

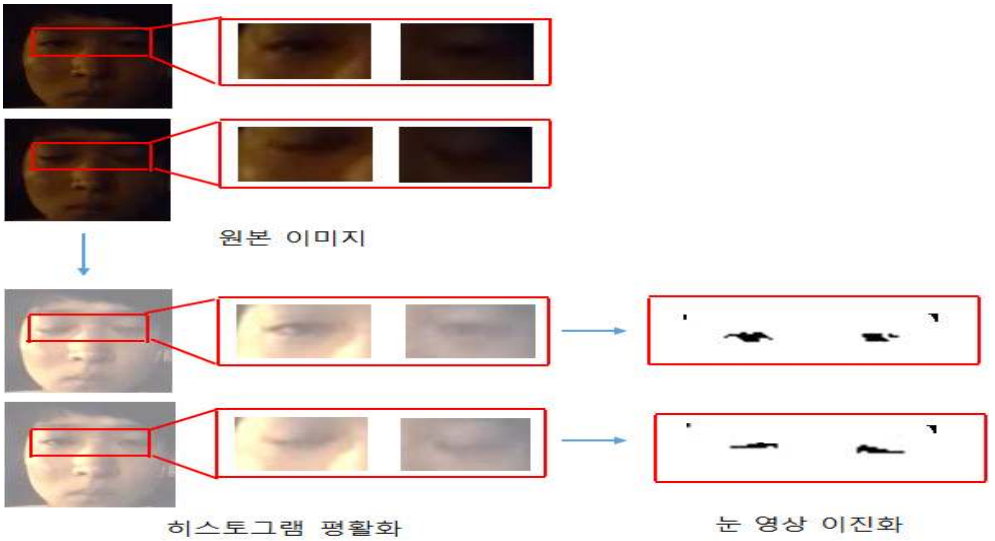

그림 3.11 밤 시간 주행에 대한 개선된 운전자의 눈 영상 이진화

그림 3.12 밤 시간 주행에 대한 개선된 운전자의 입 영상 이진화

제5절 서포트 벡터 머신

패턴분류를 진행하는 방법으로 결정 트리 학습법(DTL : Decision Tree Learning), k-NN 알고리즘(k-Nearest Neighbor), 나이브 베이즈 분류(Naïve Bayes Classification), 인공신경망(ANN : Artificial Neural Network), 그리고 최근 패턴

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

분류 기법으로 많이 사용하는 서포트 벡터 머신(SVM : Support Vector Machine)은 1995년 Vapnik가 제안한 VC-이론(Vapnik-Chervoenkis theorem)을 기반으로 한다[42]. 서포터 벡터 머신은 구조적 위험 최소화(structural risk minimization)의 개념기반 최적의 선형 결정 평면(optomal linear decision surface)을 찾는 이진 분류 방법으로 결정 평면은 학습 집합의 구성이 가중화된 조합(weighted combination)이며 학습 데이터와 범주 정보를 학습하여 구해진 확률분포를 통해 의사 결정함수를 정하고 이진 분류한다. 서포트 벡터 머신은 회귀 분석과 분류를 위해 사용하며 좋은 성능을 보여주며 분류에 사용하면 선형 분류 문제 및 비선형 분류 2가지로 나눌 수 있다.

1. 선형 서포트 벡터 머신 분류

서포터 벡터 머신에서 선형 서포트 벡터 머신 분류는 학습 자료로 주어지는 데이터를 두 개의 분류로 구분하는 함수를 추정하는 방법이다. 이 임의의 함수는 n차원의 벡터일 경우 $n-1$차원의 초평면 형태(hyperplane)를 나타낸다. 그림 3.13과 같이 두 개의 분류기준에 대해서 모든 점들 사이의 거리를 최대화하게 제한을 두면 하나의 유일한 평면만이 나타나게 되며 이를 선형 분류에 대한 최적의 초평면이라 하고 식(3.5)처럼 표현한다.

$$f(x) = W^T x - b = \sum_{i=1}^{n} a_i y_i x_i^T x - b \tag{3.5}$$

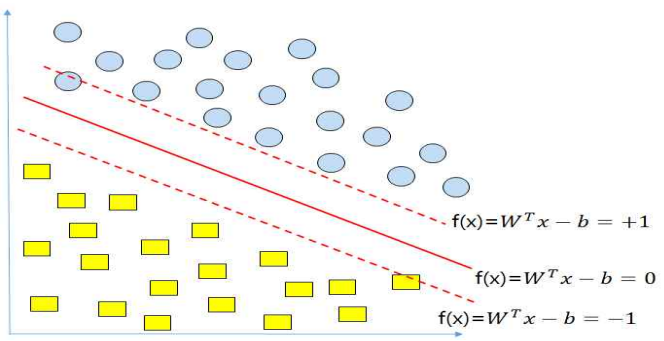

그림 3.13 선형 분류에 대한 최적의 초평면

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

여기서 a_i와 b는 2차풀이 문제의 해이며, 서포트 벡터에 대한 a_i는 0이 아닌 값을 가지게 된다. 선형 서포트 벡터 머신 분류는 데이터의 클래스 간 경계가 선형으로 나타낼 수 있는 데이터에서 효율적으로 사용할 수 있다. 그림 3.14는 선형적인 케이스에 대한 서포트 벡터머신의 분류결과를 보여준다.

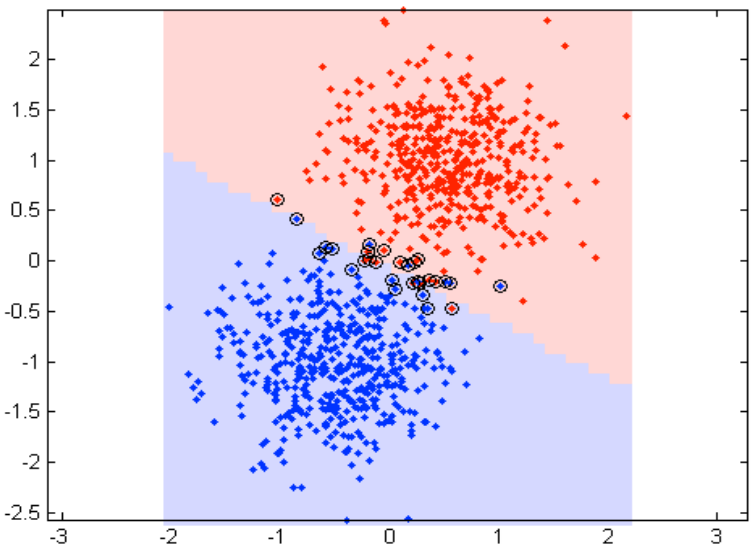

그림 3.14 선형 서포트 벡터의 예

2. 비선형 서포트 벡터 머신 분류

모든 데이터들이 선형 분리가 가능 할 수는 없기 때문에 서포트 벡터 머신은 입력벡터를 선형 초평면이 발견되는 고차원의 특징 공간으로 비선형적인 매핑(mapping)을 실행 할 수 있고 식(3.6)과 같이 표현한다.

$$x_i^T x_j \Rightarrow \phi(x_i)^T \phi(x_j) \tag{3.6}$$

비선형 서포트 벡터 머신 분류는 기존의 선형 서포트 벡터 머신과 비슷한 형태를 가지고 있지만 내적 연산이 커널 함수로 대체된다. 대표적으로 가우스 커널

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

(radial kernel)과 다항식 커널(polynomial kernel), 동차다항식(homogeneous polynomial)그리고 로지스틱 커널(logistic kernel)이 있다. 그림 3.15는 비선형적인 케이스에 대한 서포트 벡터 머신의 분류결과를 보여준다.

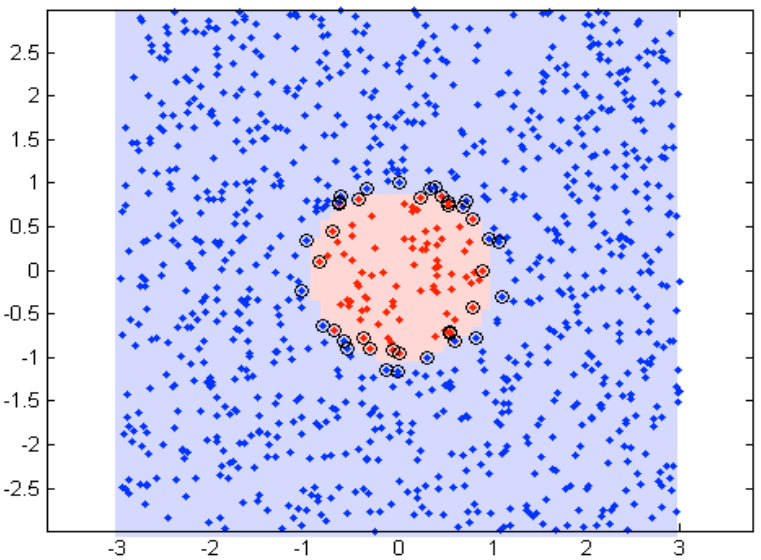

그림 3.15 비선형 서포트 벡터 머신의 예

일반적인 서포트 벡터 머신은 두 개 클래스에 대해서 분류하기 위해 사용하기 때문에 운전자 졸음검출에 관해서는 눈을 뜨고 있을 때와 감고 있을 때 이진분류를 수행하고 운전자의 상태판단을 위한 입은 입을 벌리고 있을 때와 다물고 있을 때 이진분류를 수행한다. 각 영상에서 눈과 입의 개폐 프레임을 각각 70프레임씩 총 한영상당 140프레임을 학습 시킨 후 실험을 진행했다.

제6절 PERCLOS

본 논문에서 운전자의 졸음판단을 위해 사용한 방법으로 PERCLOS(Percentage Closure of Eyes)을 사용한다. PERCLOS는 미국 도로 교통 안전국에서 사용하는 운전자의 졸음 상태를 판단하는 방법들 중에 한 가지의 방법이다[43]. 운전자가 주

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

행도중에 눈을 계속해서 깜빡이기 때문에 감긴 눈으로 졸음을 검출하더라도 무조건 졸음이라고 판단하기에는 무리가 있다. 일반적으로 운전자가 주행 중 피곤한 상태에서 눈 닫힘 상태의 주기가 짧게 오며 지속시간은 길어지며 반대로 주행 중 피곤함을 느끼지 않을 때는 눈 닫힘 상태의 주기가 길고 지속시간은 짧다. PERCLOS는 졸음판단을 연구하는 시스템에서 많이 사용되는 방법이며 여러 연구 결과를 바탕으로 졸음운전 분석방법으로 높은 신뢰성을 가지고 있는 방법이다 [44-49]. 식(3.7)은 PERCLOS의 수식을 나타낸다.

$$PERCLOS = \frac{P_C}{P_t} \tag{3.7}$$

수식에서 P_t는 일정 구간에 대한 프레임의 전체수를 나타내며, P_c는 검출된 프레임 중에서 운전자가 준을 감고 있는 프레임들의 수를 P_t는 전체 운전자 주행 영상의 프레임이 측정된 시간을 나타낸다. 식을 통해서 구해진 PERCLOS 값을 이용해 운전자가 눈을 감는 시간의 누적 퍼센트(%)의 값에 따라 졸음에 대한 단계를 나누며 운전자의 눈에 대한 PERCLOS 누적 상태의 평균이 10% 이하인 경우에는 정상적인 단계, 11% 부터 30% 이하의 누적 상태는 경고 단계, 마지막으로 31% 이상 누적 상태를 유지하면 졸음단계로 판단한다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제4장 실험 및 결과

제1절 데이터베이스

1. Caltech Face Data

Caltech Face Data는 이미지 분류를 할 때 사용하는 보편적인 데이터이다. Caltech Face Data 데이터는 캘리포니아 기술 연구소(california institute of technology)에서 만들었으며, 이 데이터는 캘리포니아 기술 연구소에서 1999년에 컴퓨터비젼 기술 개발을 위해 만든 데이터베이스이다. Caltech Face Data는 총 450장의 배경 및 조명 그리고 표정을 가지는 JPEG형식으로 27명의 사람과 3장의 그림사진으로 구성되어있고 각 이미지들은 896x592 크기를 가지고 있다[50]. 본 논문에 실험에서는 훈련용 이미지를 70%, 테스트용 이미지를 30%로 사용하고 본 논문에서 제안한 얼굴의 공간적 상관관계를 추가한 Viola-Jones 알고리즘이 기존의 Viola-Jones 알고리즘보다 좋은 검출률을 보이는지 실험을 진행하였다. 그림 4.1은 Caltech Face Data의 클래스 중 6개의 클래스만 임의로 뽑고 그 클래스 중에서 몇 개의 예시에 대한 이미지를 나타낸다.

그림 4.1 Caltech Face Data의 예

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2. 운전자 주행 영상

본 논문에서 실험의 간소성을 위해 그림 4.2와 같은 촬영환경과 1600만 화소의 Galaxy Note5 스마트폰 카메라를 차량 운전대에 설치하여 얻어진 영상을 기반으로 현대자동차 올 뉴 아반떼 md 차량에서 운전자의 주행영상에 데이터베이스를 구축했다. 1초당 24프레임과 640x480의 해상도를 가지는 저속에서 해가 가장 높게 뜨는 2시부터 5시 사이에 낮 시간의 주행도중 눈을 감고 졸음운전을 하는 운전자 데이터베이스 및 하품을 하는 운전자 데이터베이스와 해가 완전히 지는 20시 이후부터 밤 시간의 주행도중 눈을 감고 졸음운전 및 하품을 하는 운전자 데이터베이스 총 6개를 구축했다. 표4-1과 표4-2는 구축한 낮과 밤 운전자데이터베이스에 대한 설명이고 그림 4.3은 낮 시간 주행과 밤 시간 주행에 대한 데이터베이스의 예를 보여준다.

표 4-1 낮과 밤 시간 눈 판단 영상구성

분류		시 간 (초)	전체 프레임의 수 (frame)
낮	data-1	30	721
	data-2	31	766
	data-3 (안경착용)	33	792
밤	data-1	48	1154
	data-2	31	761
	data-3 (안경착용)	31	764

표 4-2 낮과 밤 시간 입 판단 영상구성

분류		시 간 (초)	전체 프레임의 수 (frame)
낮	data-1	31	751
	data-2	35	859
	data-3 (안경착용)	24	597
밤	data-1	38	940
	data-2	37	921
	data-3 (안경착용)	32	770

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

그림 4.2 촬영장치 및 촬영환경

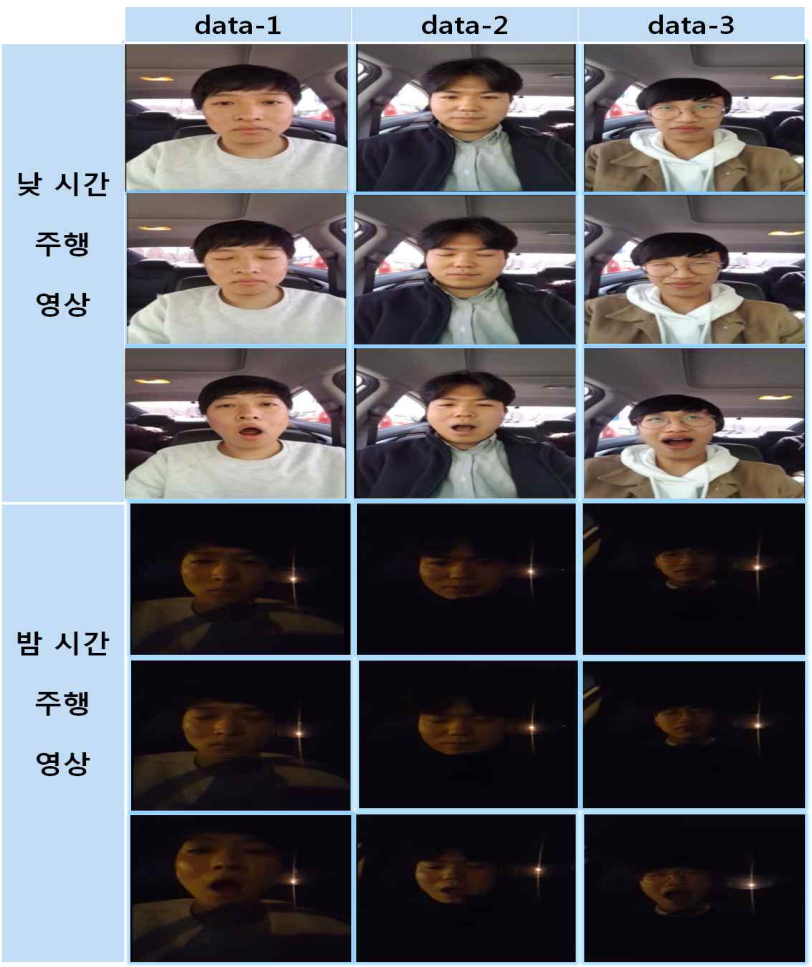

그림 4.3 운전자 주행영상 데이터베이스

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제2절 유효성 판단 실험

4장 1절에서 설명한 Caltech Face 데이터베이스를 사용하여 기존의 Viola-Jones 알고리즘 보다 제안된 얼굴의 공간적 상관관계를 추가한 Viola-Jones 알고리즘이 얼굴 및 양 눈과 코 그리고 입의 검출에 대한 성능의 우수함을 증명한다. 그림 4.4는 기존의 Viola-Jones 알고리즘 방법과 얼굴의 공간적 상관관계를 추가한 Viola-Jones 알고리즘의 비교 영상이고 표4-3은 기존의 방법과 제안된 방법의 검출률을 나타낸다.

표 4-3 기존의 방법과 제안된 방법의 검출률

분류	기존의 Viola-Jones 알고리즘 방법 (%)	공간적 상관관계를 추가한 제안된 방법 (%)
얼굴	95.33	95.55
오른쪽 눈	94.00	94.88
왼쪽 눈	91.11	95.33
입	93.77	95.77
코	84.22	96.00

제안된 얼굴의 공간적 상관관계를 추가한 Viola-Jones 알고리즘은 기존 Viola-Jones 알고리즘 보다 좋은 성능을 가지는지 유효성을 판단하기 위해 Caltech Face Data를 이용하여 비교했다. 비교결과 표4-3에서와 같이 전체적인 검출률이 증가하였고 특히 코 영역에 대한 부분이 13.78% 증가되어 실험에 대한 유효성을 확인했다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

그림 4.4 기존의 방법과 제안된 방법의 성능 비교의 영상

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제3절 입 개폐를 이용한 운전자 상태판단

3장 1절에서 설명한 얼굴의 7가지 공간적 특징을 적용한 Viola-Jones 알고리즘을 이용하여 4장 1절에서 취득한 운전자 주행 영상 데이터베이스 중에서 낮과 밤의 입에 대한 데이터베이스를 사용하여 입 개폐 판단 및 운전자의 상태를 파악한다. 표4-4는 낮 시간 주행영상에서 운전자의 얼굴 및 입에 대한 검출률이고 표4-5는 밤 시간 주행영상에서 운전자의 얼굴 및 입에 대한 검출률을 나타낸다.

표 4-4 낮 주행영상에서 운전자의 얼굴 및 입 검출

분류		얼굴 (%)	입 (%)
낮	data-1	751 / 751 = 100.00	750 / 751 = 99.89
	data-2	859 / 859 = 100.00	859 / 859 = 100.00
	data-3 (안경착용)	597 / 597= 100.00	586 / 597 = 98.30

표 4-5 밤 주행영상에서 운전자의 얼굴 및 입 검출

분류		얼굴 (%)	입 (%)
밤	data-1	940 / 940 = 100.00	937 / 940 = 99.74
	data-2	921 / 921 = 100.00	915 / 921 = 99.34
	data-3 (안경착용)	770 / 770 = 100.00	759 / 770 = 98.65

표4-6에서와 같이 운전자 입 개폐의 주행영상 중 낮의 주행영상에서 가장 높은 운전자 상태판단 인식률은 낮 data-1의 98.26% 이고 밤의 주행영상에서는 밤 data-2인 94.24% 이다. 이는 밤의 주행영상에서 입의 개폐를 판단할 때 검출되는 영역의 색 구분이 히스토그램 평활화를 진행해도 낮의 주행영상보다는 영역의 구분이 뚜렷하지 않아 인식률이 떨어지는 것으로 볼 수 있다. 입 개폐여부에 대한 낮의 주행영상들과 밤의 주행영상들에 대한 판단은 그림 4.5와 그림 4.6처럼 나타낸다. 그래프에서 Y축의 값 1은 입이 개방되어있을 때를 나타내고 0은 입이 폐쇄되어있을 때를 나타낸다. 각각의 데이터베이스에서 평균 72프레임 동안 입의 개방상태가 누적이 되면 운전자가 하품을 진행하고 있다고 판단하며 졸음경고 메시지를 출력한다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

표 4-6 입 개폐를 이용한 운전자 상태판단 인식률

분류		상태판단 인식률 (%)
낮	data-1	98.26
	data-2	96.50
	data-3 (안경착용)	93.63
밤	data-1	91.11
	data-2	94.24
	data-3 (안경착용)	93.24

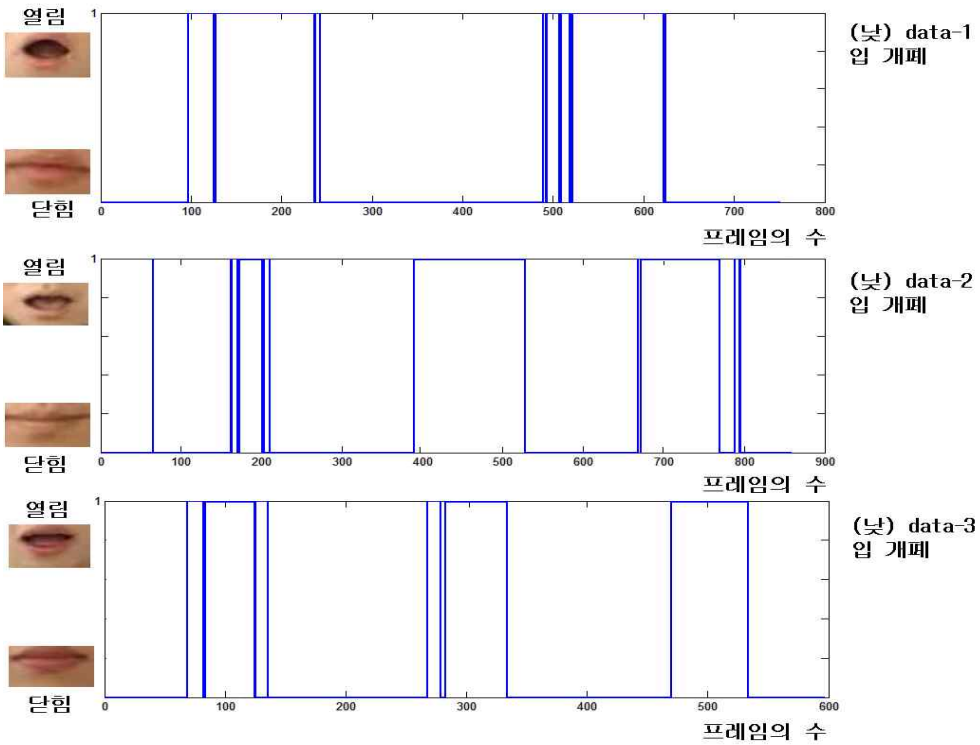

그림 4.5 낮 주행영상에서 운전자 입 개폐여부 판단

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

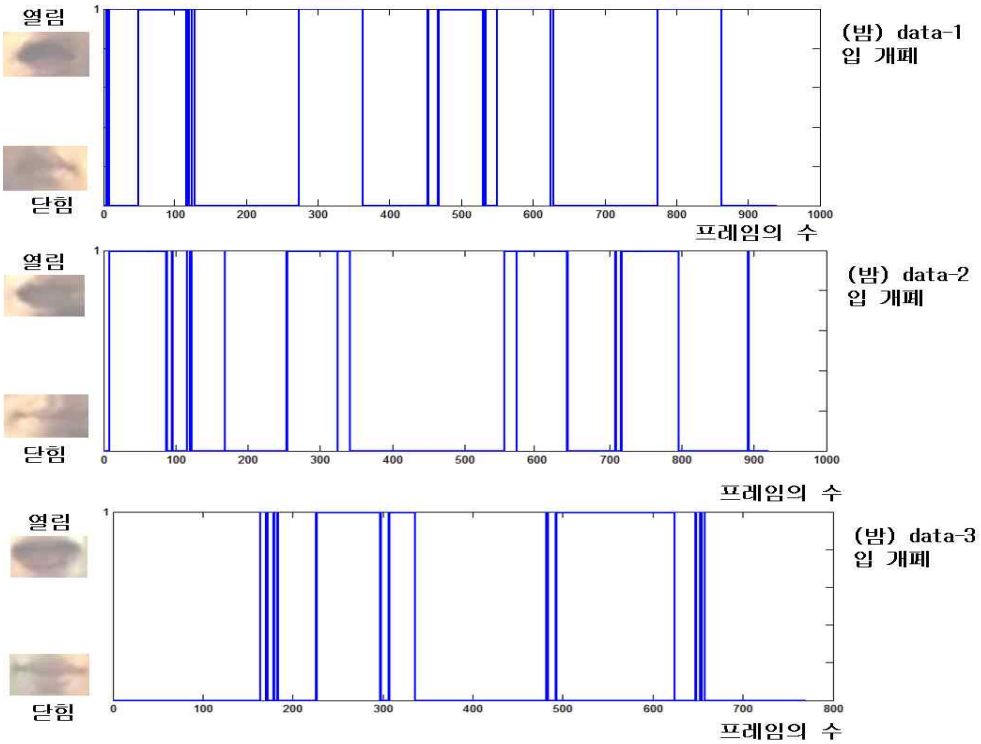

그림 4.6 밤 주행영상에서 운전자 입 개폐여부 판단

제4절 눈 개폐를 통한 졸음판단

4장 3절과 마찬가지로 3장 1절에서 설명한 공간적 특징을 적용한 Viola-Jones 알고리즘을 이용하여 4장 1절에서 취득한 운전자 주행 영상 데이터베이스 중에서 낮과 밤의 눈에 대한 데이터베이스를 사용하여 눈 개폐 판단 및 운전자의 졸음상태를 파악한다. 표4-7은 낮 시간 주행영상에서 운전자의 얼굴 및 눈에 대한 검출률이며 표4-8은 밤 시간 주행영상에서 운전자의 얼굴 및 눈에 대한 검출률을 나타낸다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

표 4-7 낮 주행영상에서 운전자의 얼굴 및 눈 검출

분류		얼굴 (%)	오른쪽 눈 (%)	왼쪽 눈 (%)
낮	data-1	721 / 721 = 100.00	720 / 721 = 99.89	721 / 721 = 100.00
	data-2	766 / 766 = 100.00	766 / 766 = 100.00	766 / 766 = 100.00
	data-3 (안경착용)	792 / 792= 100.00	784 / 792 = 99.04	789 / 792 = 99.68

표 4-8 밤 주행영상에서 운전자의 얼굴 및 눈 검출

분류		얼굴 (%)	오른쪽 눈 (%)	왼쪽 눈 (%)
밤	data-1	1154 / 1154 = 100.00	1139 / 1154 = 98.70	1154 / 1154 = 100
	data-2	761 / 761 = 100.00	757 / 761 = 99.47	760 / 761 = 99.86
	data-3 (안경착용)	764 / 764 = 100.00	742 / 764 = 97.18	762 / 764 = 99.86

표4-9는 낮의 주행영상 데이터베이스에 대한 눈 개폐판단 인식률을 나타내고 가장 높은 인식률을 가지는 데이터는 낮 data-2의 90.72%이다. 각각의 낮 데이터베이스에 대한 눈 개폐여부의 판단은 그림 4.7과 그림4.8 그리고 그림4.9와 같이 나타낸다. 각 그래프의 Y축에서 0의 값은 눈이 폐쇄되어 있을 때 상황을 말하고 1의 값은 눈이 개방되어 있을 때 상황을 표현한다. 낮 data-1 와 낮 data-2 그리고 낮 data-3에 대한 데이터는 PERCLOS 기준에 따라서 양쪽 눈 폐쇄의 누적값이 31% 이상인 79프레임, 85프레임, 87프레임이 누적될 때 운전자가 졸음운전을 진행하는 중이라 판단하고 경고 메시지를 출력한다.

표 4-9 눈 개폐를 통한 낮 운전자 졸음판단 인식률

분류		오른쪽 눈 인식률 (%)	왼쪽 눈 인식률 (%)	졸음판단 인식률 (%)
낮	data-1	89.45	91.67	90.56
	data-2	90.33	91.12	90.72
	data-3 (안경착용)	89.26	91.54	90.40

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

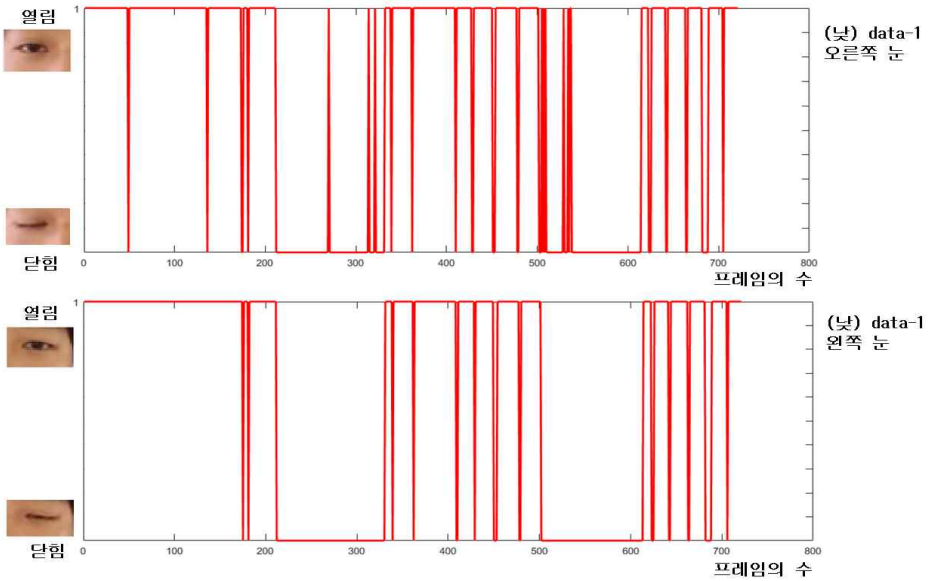

그림 4.7 낮 주행영상에서 data-1 데이터베이스에 대한 눈 개폐여부 판단

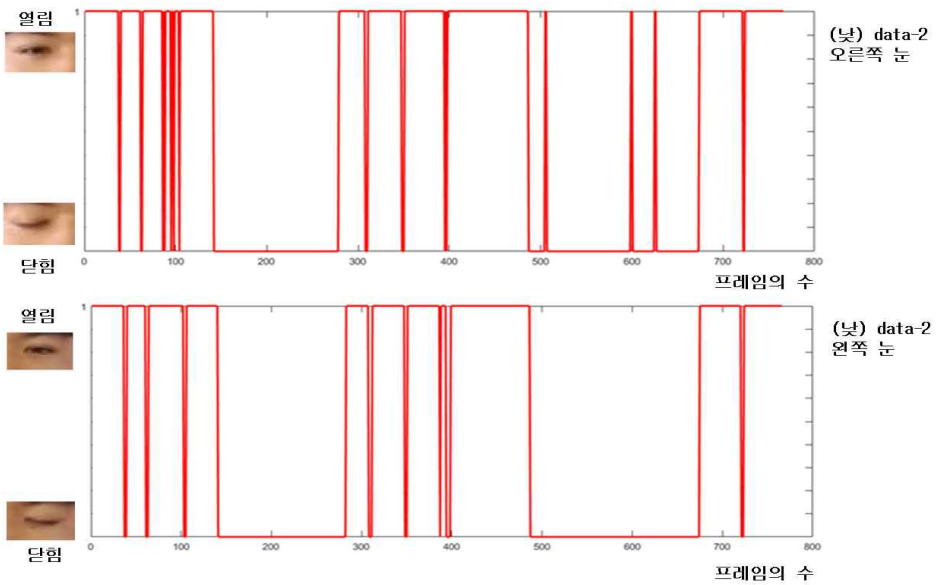

그림 4.8 낮 주행영상에서 data-2 데이터베이스에 대한 눈 개폐여부 판단

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

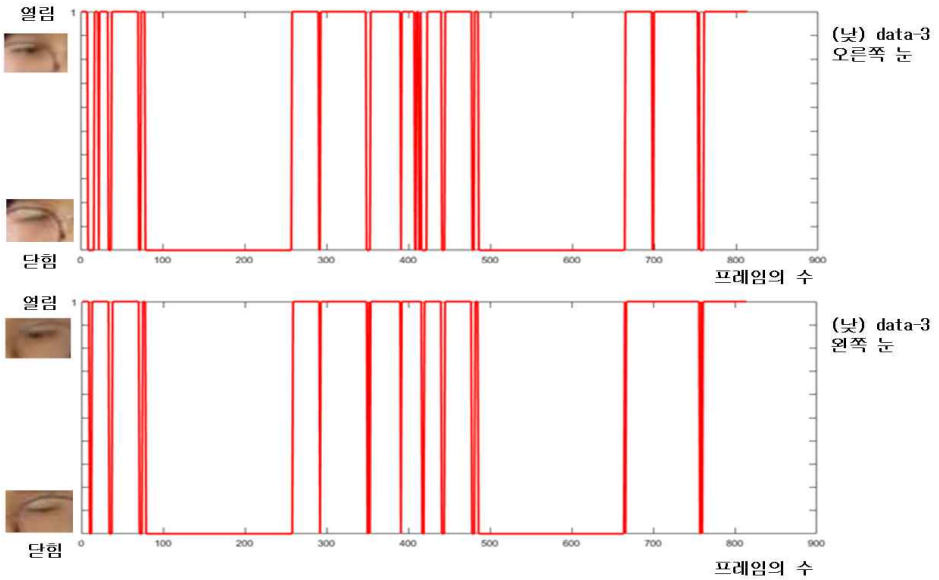

그림 4.9 낮 주행영상에서 data-3 데이터베이스에 대한 눈 개폐여부 판단

표4-10은 밤의 주행영상 데이터베이스에 대한 개폐판단 인식률을 나타내며 가장 높은 인식률을 가지는 데이터는 밤 data-2인 86.19% 이다. 각각 밤 데이터베이스의 눈 개폐여부의 판단은 그림4.10과 그림 4.11, 그리고 그림 4.12와 같이 나타낸다. 낮 데이터베이스와 같이 Y축은 눈의 개폐 여부를 나타내고 x축은 총 프레임의 수를 보여준다. 각 데이터에 대한 개폐여부 판단에서 특히 밤에 대한 데이터는 눈의 개폐를 판단할 때 검출되는 영역이 히스토그램 평활화를 진행하여도 낮의 영상보다는 영역의 구분이 뚜렷해지지 않아서 눈이 연속적으로 개방 및 폐쇄가 진행되는 상황에서 인식에 대한 오류가 많이 발생한다. 그리고 밤 data-3의 경우 운전자가 안경을 착용하고 있어서 안경에 비치는 잔상으로 인해 오검출 확률이 증가되어 밤 data-1과 밤 data-2 보다 인식률이 떨어지는 것을 볼 수 있다. 밤 data-1와 밤 data-2 그리고 밤 data-3에 대한 데이터는 PERCLOS 기준에 따라서 양쪽 눈 폐쇄의 누적값이 31% 이상인 82프레임, 81프레임, 85프레임이 누적될 때 운전자가 졸음운전을 하는 중이라 판단하고 경고 메시지를 출력한다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

표 4-10 눈 개폐를 통한 밤 운전자 졸음판단 인식률

분류		오른쪽 눈 인식률 (%)	왼쪽 눈 인식률 (%)	졸음판단 인식률 (%)
밤	data-1	83.96	87.17	85.56
	data-2	85.67	86.72	86.19
	data-3 (안경착용)	80.23	84.29	82.26

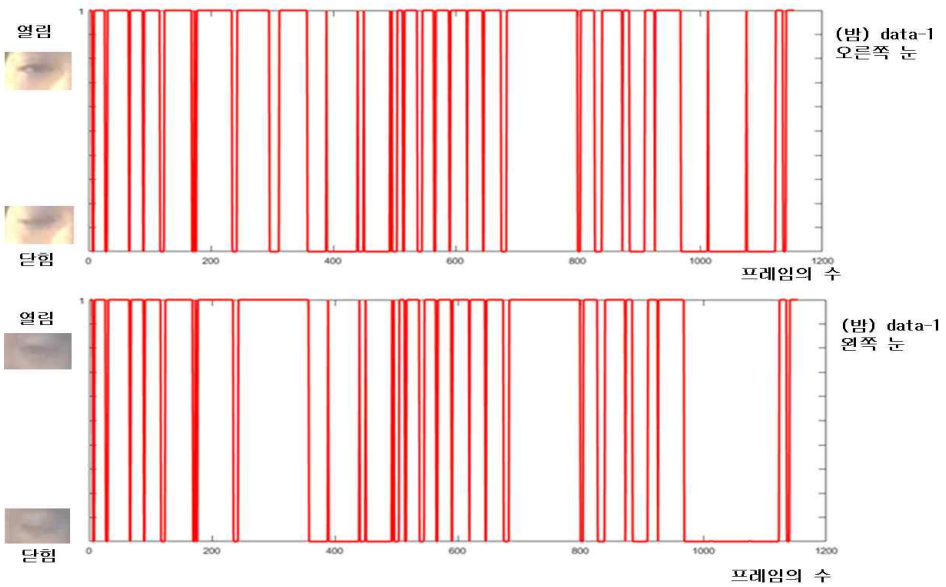

그림 4.10 밤 주행영상에서 data-1 데이터베이스에 대한 눈 개폐여부 판단

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

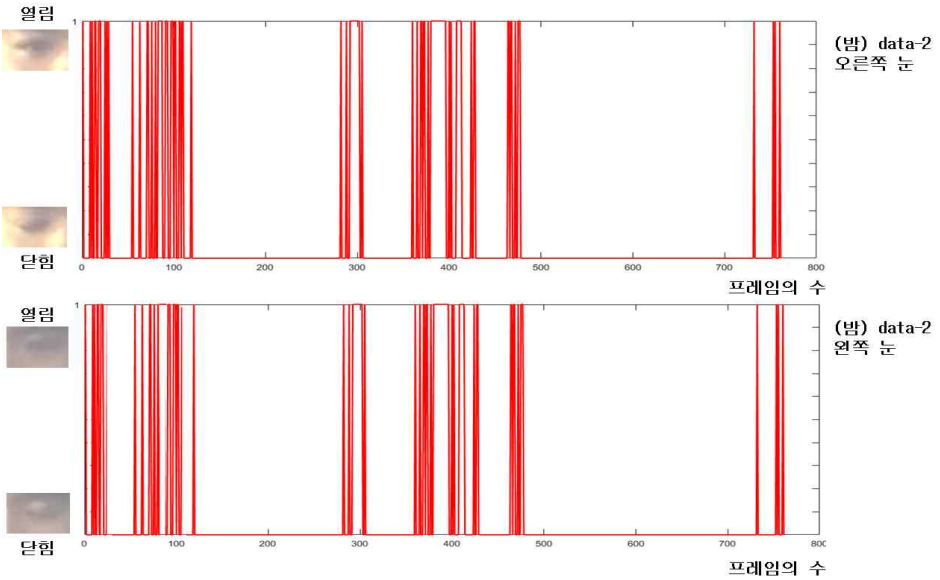

그림 4.11 밤 주행영상에서 data-2 데이터베이스에 대한 눈 개폐여부 판단

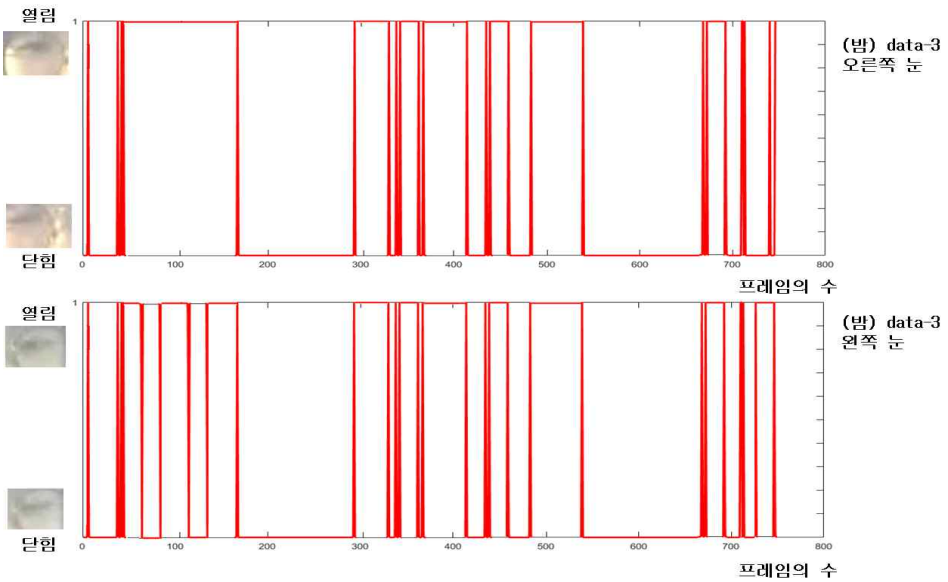

그림 4.12 밤 주행영상에서 data-3 데이터베이스에 대한 눈 개폐여부 판단

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

5장 결론

본 논문에서는 자동차의 산업 및 기술이 발전함에 따라 자동차의 수요가 많아지고 그에 대한 교통사고의 횟수도 늘어 이러한 자동차사고의 피해 중 가장 큰 사망자를 내는 졸음운전사고를 미리 방지할 수 있는 방법에 대해서 연구했다.

본 논문은 운전자의 졸음을 알 수 있는 생체신호 및 영상기반 방법 중에서 운전자가 주행도중에 생체신호를 측정하기 위해 부착시키는 장비들로 불편함을 느끼지 않도록 영상기반 방법을 선택하여 실험하였다. 운전자의 낮과 밤 주행도중 영상에서 눈과 입을 이용한 개폐판단 방법으로 졸음을 판단하기 위해서 기존에 사용되는 Viola-Jones 알고리즘에 공간적 상관관계를 추가한 제안된 방법으로 운전자의 얼굴 및 눈과 코, 입을 검출하여 기존의 방법보다 최대 13.78% 증가된 검출률을 보여 제안된 방법에 유효성을 보였다. 제안된 방법으로 검출된 운전자의 낮과 밤 주행영상에서 어두운 환경에서는 검출이 힘들기 때문에 히스토그램 평활화를 이용한 조명의 정규화 과정을 통해 검출을 했다. 각각의 데이터베이스를 통해 검출된 운전자의 눈과 입의 RGB이미지를 밝기 값을 제외시키는 그레이스케일이미지로 변환하고 최대-최소 명도 값을 이용한 임계값으로 이진화를 시키고 라벨링을 통해 특징값을 구한다. 구해진 특징값을 통해 눈과 입에 대한 두께분포를 이용하여 이진분류에 최적화 및 좋은 성능을 보이는 SVM을 통해 눈 개폐를 판단한다. 운전자의 졸음상태 분석을 위해 효율적이고 공증된 방법인 PERCLOS 방법을 이용하여 폐쇄에 대한 누적된 프레임을 통해 운전자의 졸음을 판단한다. 최종적으로 낮 주행 데이터베이스에 가장 높은 입 개폐 인식률은 98.26%이고 눈 개폐 인식률은 90.72% 이며 밤 주행 데이터베이스에서 가장 높은 입 개폐 인식률은 94.24% 이고 눈 개폐 인식률은 86.19%이다. 전체적으로 밤 주행 영상에서 낮 주행영상보다 인식률이 떨어지는데 이는 히스토그램 평활화를 하여도 낮 주행 때보다 영역의 구분이 뚜렷하지 않아 인식률이 떨어지는 것으로 판단된다. 향후 연구에서는 조명의 변화에 대한 문제를 해결하기 위해 다른 전처리과정 및 운전자의 시선에 대한 특징분포를 이용한 방법을 추가하여 복합적이며 더욱 정확하고 세밀한 졸음판단 분석을 연구할 예정이다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

참고문헌

[1] Article of the Korean times 2009-04-03.

[2] http://polinlove.tistory.com/9247 2015-04-05

[3] Korea Road Traffic Authority. "Estimation and assessment of 2016 traffic accident Cost, 2017.

[4] H. Han, U. Chong, "Electroencephalogram-based driver drowsiness detection system using AR coefficients and SVM," Journal of Korean Institute of Intelligent Systems, Vol.22, No.6, pp.768-773, 2012.

[5] 한형섭, 송경영, "EIV와 MLP를 이용한 뇌파 기반 운전자의 졸음 감지 시스템," 한국통신학회 논문집, Vol.39, No.10, pp.887-895, 2014.

[6] 조준모, "운전자의 안전을 위한 도심지역 자동차 애드혹 통신망의 뇌파전송 성능평가." 한국콘텐츠학회 논문집, Vol.11, No.6, pp.26-32, 2011.

[7] G. Li, B. L. Lee, W. Y. Chung, "Smartwatch-based wearable EEG system for driver drowsiness detection," IEEE Sensors Journal, Vol.15, No.12, pp.7169-7180, 2015.

[8] C. T. Lin, C. H. Chuang, C. S. Huang, S. F. Tsai, "Wireless and Wearable EEG system for evaluating driver vigilance," IEEE Transactions on Biomedical Circuits and Systems, Vol.8, No.2, pp.165-176, 2014.

[9] K. T. Chui, T. F. Kim, H. R. Chi, B. W. K. Ling, K. W. Chung, "An accurate ECG-based transportation safety drowsiness detection scheme," IEEE Transactions on Industrial Informatics, Vol.12, No.4, pp.1438-1452, 2016.

[10] Y. Sun, X. (Bill) Yu, "An innovative nonintrusive driver assistance system for vital signal monitoring," IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics, Vol.18, No.6, pp.1932-1939, 2014.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

[11] S. J. Jung, H S. Shin, W. Y. Chung, “Driver fatigue and drowsiness monitoring system with embedded electrocardiogram sensor on steering wheel,” IET Intelligent Transport Systems, Vol.8, No.1, pp.43-50, 2014.

[12] R. N. Khushaba, S. Kodagoda, S. Lal, 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.

[13] C. H. Han, K. B. Sim, “Development of driver's emotion and attention recognition system using multi-modal sensor fusion algorithm,” Journal of Korean Institute of Intelligent Systems, Vol.18, No.6, pp.754-761, 2010.

[14] C. Zhang, H. Wang, R. Fu, “Automated detection of driver fatigue based on entropy and complexity measures,” IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, Vol.15, No.1, pp.168-177, 2014.

[15] 한철훈, 심귀보, “Eye Tracker와 헤드 제스처 인식을 이용한 안전운전 시스템 개발,” 한국지능시스템학회 논문집, Vol.18, No.2, pp.133-137, 2008.

[16] 권보철, 신동원, “외부 환경 변화에 강인한 에지 검출을 통한 차선의 스플라인 생성,” 한국방송 미디어공학회 논문지, Vol.17, No.6, pp.1069-1079, 2012.

[17] R. O. Mbouna, S. G. Kong, M. G. Chun, “Visual analysis of eye state and head pose for driver alertness monitoring,” IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, Vol.14, No.3, pp.1462-1469, 2013.

[18] F. Vicente, Z. Huang, X. Xiong, F. D. I. Torre, “Driver gaze tracking and eyes off the road detection system,” IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, Vol.16, No.4, pp.2014-2027, 2015.

[19] J. M. Choi, H. Song, S. H. Park, C. D. Lee, “Implementation of driver fatigue monitoring system,” The Journal of Korean Institute of

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Communications and Information Sciences, Vol.37, No.8, pp.711-720, 2012.

[20] 강수민, 허경무, 양연모, “눈 영상의 히스토그램을 이용한 운전자의 졸음 상태 체크 시스템 개발,” 제어로봇시스템학회 논문집, Vol.21, No.4, pp.330-335, 2015.

[21] C. Lee, C. H. Rhee, “Region based fuzzy neural networks for face detection,” Journal of Korean Institute of Intelligent Systems, Vol.11, No.1, pp.39-44, 2001.

[22] I. K. Park, K. S. Kim, S. C. Park, 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.3, pp.255-265, 2007.

[23] M. Blanco, J. L. Bocanegra, J. F. Morgan, G. M. Fitch, A. Medina, 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.

[24] 송혁, 최진모, 이철동, 최병호, 유지상, “졸음 인식과 안전운전 보조시스템 구현,” 대한 전자공학회 논문집, Vol.49, No.3, pp.30-39, 2012.

[25] 민지홍, 김정철, 홍기천, “눈 검출 및 눈동자 추적 기반을 통한 졸음운전 경보 시스템 구현,” 한국지능시스템학회 학술발표 논문집, Vol.15, No.2m pp.249-252, 2005.

[26] Y. H. Joo, J. K. Kim, I. H. Ra, “Intelligent drowsiness drive warning system,” Journal of Korean Institute of Intelligent Systems, Vol.18, No.2, pp.223-229, 2008.

[27] J. H. Choi, H. S. Kim, Y. G. Kim, D. G. Han, “Implementation of drowsiness driving prevention system using facial features of sleepy state in RGB-D based interest area,” Summer Conference of The Institute of Electronics Engineers, pp.698-701, 2014.

[28] J. K. Sung, I. H. Choi, S. M. Park, Y. G. Kim, “Measure and analysis

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

of open-close frequency of mouth and eyes for sleepiness decision," The Journal of the Institute of Internet, Broadcasting and Communication(IIBC), Vol.14, No.3, pp.89-97, 2014.

[29] 김태형, 임웅, 심동규, "운전자 졸음 검출을 위한 눈 개폐 검출 알고리즘 연구," 대한 전자공학회 논문집, Vol.53, No.7, pp.67-77, 2016.

[30] J. Lee, H. Yoo, "A method to identify the identification eye status for drowsiness monitoring system," Transactions of The Korean Institute of Electrical Engineers, Vol.63, No.12, pp.1667-1670, 2014.

[31] S. Darshana, D. Fernando, "Efficient PERCLOS and gaze measurement methodologies to estimate driver attention in real time," International Conference on Intelligent Systems, pp.27-29, 2014.

[32] P. Viola, M. J. Jones, "Robust real-time face detection," International Journal of Computer Vision, Vol.57, pp.137-154, 2004.

[33] 김재도, 한영준, "적분영상 기반 특징 정보 예측을 통한 고속 보행자 검출," 한국 전기전자학회 논문집, Vol.17, No.4, pp.469-477, 2013.

[34] J. H. Kim, K. H. Jang, J. H. Lee, Y. S. Moon, "Multi-target classification method based on adaboost and radial basis function," The Institute of Electronics Engineers of Korea Computer and Information, Vol.47, No.3, pp.22-28, 2010.

[35] P. Viola, M. J. Jones, "Fast and robust classification using asymmetric adaboost and a detector cascade," Advances in Neural Information Processing System 14, MIT Press, Cambridge, MA, 2002.

[36] B. Froba, A. Ernst, "Face detection with the modified census transform," in Proceedings of the Sixth IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition (FGR' 04), pp.91-96, 2004.

[37] S. L. Ham, N. Kwak, "Binary classification by the combination of adaboost and feature extraction methods," Journal of the Institute of Electronics Engineers of Korea, Vol.49, No.4, pp.42-53, 2012.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

[38] 서지원, 이지은, 곽노준, “사각 특징을 추가한 Viola-Jones 물체 검출 알고리즘,” 한국 전기전자학회 논문집, Vol.49, No.3, pp.18-29, 2012.

[39] R. Lienhart, A. Kuranov, V. Pisarevsky, “Empirical analysis of detection cascades of boosted classifiers for rapid object detection,” Proceedings of the 25th DAGM Symposium on Pattern Recognition, Magdeburg, Germany, 2003.

[40] 김정훈, 김기백, “그림자가 있는 자동차 번호판을 위한 히스토그램 매칭 기반의 이진화,” 한국방송 미디어공학 방송공학회 논문지, Vol.19, No.1, pp.56-63, 2014.

[41] 전미진, 이준재, “가우시안 혼합 모델 기반의 영상 히스토그램 평활화,” 멀티미디어학회 논문지, Vol.15, No.6, pp.748-760, 2012.

[42] C. Cortes, V. Vapnik “Support vector networks,” Machine Learning, Vol.20, No.3, pp.273-297, 1995.

[43] U. Trutschel, B. Sirois, D. Sommer, M. Golz and D. Edwards, “PERCLOS : an alertness measure of the past,” 6th International Driving Symposium on Human Factors in Driver Assessment, Training, and Vehicle Design, pp.172-179, 2011.

[44] L. M. Bergasa, J. Nuevo, M. A. Sotelo, R. Barea, M. E. Lopez "Real-time system for monitoring driver vigilance," IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, Vol.7, No.1, pp.63-77, 2006.

[45] 박일권, 김광수. “조명에 강인한 눈꺼풀 움직임 측정기반 운전자 감시 시스템,” 한국정보과학회 정보과학회 소프트웨어 및 응용 논문지, Vol.34, No.3, pp.255-265, 2007.

[46] H. D. Rosario, J. S. Solaz, N. Rodriguez, L. M. Bergasa, “Controlled inducement and measurement of drowsiness in a driving simulator,” IET Intelligent Transport Systems, Vol.4, No.4, pp.280-288, 2010.

[47] A. Dasgupta, A. Geroge, S. L. Happy, A. Routray, “A vision-based system for monitoring,” IEEE Transactions on Intelligent Transportation

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

System, Vol.14, No.4, pp.1825-1838, 2013.

[48] B. Mandal, L. Li, G. S. Wang, J. Lin, “Towards detection of bus driver fatigue based on robust visual analysis of eye sate,” IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, Vol.18, No.3, pp.545-557, 2017.

[49] M. Bappaditya, L. Liyuan, W. S.Gang, L. Jie, “Towards detection of bus driver fatigue based on robust visual analysis of eye state,” IEEE Transactions on Intelligent Transportation System, Vol.18, No.3, pp.545-557, 2016.

[50] M. Weber 1999, Faces 1999 Front database, Available: http://www.vision.caltech.edu/archive.html, 1999.

Collection @ chosun