(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2021-0099489
(43) 공개일자 2021년08월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B60W 40/08 (2006.01) *B60W 50/14* (2020.01)
G06K 9/00 (2006.01) *G08B 21/06* (2014.01)
(52) CPC특허분류
B60W 40/08 (2013.01)
B60W 50/14 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-0044067
(22) 출원일자 2020년04월10일
심사청구일자 2020년04월10일
(30) 우선권주장
1020200012877 2020년02월04일 대한민국(KR)

(71) 출원인
인하대학교 산학협력단
인천광역시 미추홀구 인하로 100(용현동, 인하대학교)
(72) 발명자
김덕환
서울특별시 양천구 목동로 230, 103동 1004호(목동, 아이파크아파트)
울라샨
서울특별시 서초구 남부순환로 2567(서초동)
김주환
경기도 과천시 부림4길 29(부림동)
(74) 대리인
양성보

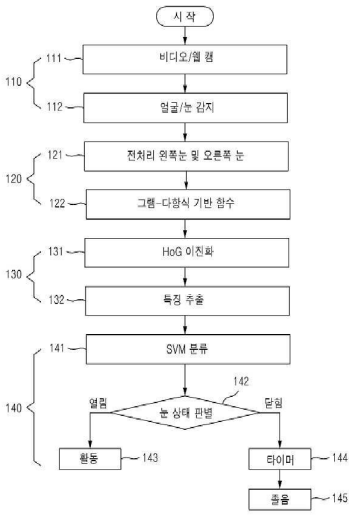
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 **SVM을 이용한 눈 깜빡임 분류를 위하여 최적화된 사전 처리를 통한 운전자 졸음 감지 방법 및 장치**

(57) 요 약

SVM을 이용한 눈 깜빡임 분류를 위하여 최적화된 사전 처리를 통한 운전자 졸음 감지 방법 및 장치가 제시된다. 본 발명에서 제안하는 SVM을 이용한 눈 깜빡임 분류를 위하여 최적화된 사전 처리를 통한 운전자 졸음 감지 방법은 실시간 카메라 또는 오프라인 비디오 스트림을 사용하여 운전자의 얼굴 이미지를 감지하는 단계, 감지된 운전자의 얼굴 이미지에 대하여 그램-다항식(gram polynomial) 기반 함수를 이용하여 전처리하는 단계, 전처리된 운전자의 얼굴 이미지에 대해 특징 추출부를 사용하여 특징을 추출하는 단계 및 추출된 특징을 이용하여 분류부를 통해 학습하고, 눈의 상태를 판별하여 졸음을 감지하는 단계를 포함한다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
G06K 9/00221 (2013.01)
G08B 21/06 (2021.01)
B60W 2040/0827 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1415166498
과제번호 G02N0566000703
부처명 산업통상자원부
과제관리(전문)기관명 한국산업기술진흥원
연구사업명 미래형자동차 RND 전문인력양성사업
연구과제명 미래형자동차 R&D 전문인력양성 사업 (3차년도)
기 여 율 1/2
과제수행기관명 한국전자정보통신산업진흥회
연구기간 2019.03.01 ~ 2020.02.29
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1345295316
과제번호 2018R1D1A1B07042602
부처명 교육부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 기본연구(교육부)
연구과제명 [Ezbaro] 고가용성, 고신뢰성 클라우드 시스템을 위해 딥러닝 기술을 적용한 Key-Value 기반의 지능형 소프트웨어 정의 스토리지
기 여 율 1/2
과제수행기관명 인하대학교
연구기간 2019.03.01 ~ 2020.02.29

명 세 서

청구범위

청구항 1

실시간 카메라 또는 오프라인 비디오 스트림을 사용하여 운전자의 얼굴 이미지를 감지하는 단계;

감지된 운전자의 얼굴 이미지에 대하여 그램-다항식(gram polynomial) 기반 함수를 이용하여 전처리하는 단계;

전처리된 운전자의 얼굴 이미지에 대해 특징 추출부를 사용하여 특징을 추출하는 단계; 및

추출된 특징을 이용하여 분류부를 통해 학습하고, 눈의 상태를 판별하여 졸음을 감지하는 단계

를 포함하는 운전자 졸음 감지 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

실시간 카메라 또는 오프라인 비디오 스트림을 사용하여 운전자의 얼굴 이미지를 감지하는 단계는,

실시간 카메라 또는 오프라인 비디오 스트림을 사용하여 프레임을 캡처하고, 캡처된 프레임으로부터 운전자의 얼굴과 눈을 감지하는

운전자 졸음 감지 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

감지된 운전자의 얼굴 이미지에 대하여 그램-다항식(gram polynomial) 기반 함수를 이용하여 전처리하는 단계는,

감지된 운전자의 눈을 왼쪽눈과 오른쪽눈으로 분리하고, 분리된 왼쪽눈과 오른쪽눈의 각각의 이미지에 대하여 중복 픽셀을 감소시키고, 픽셀에서 무작위성을 생성하기 위해 그램-다항식(gram polynomial) 기반 함수를 이용하여 전처리하는

운전자 졸음 감지 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

전처리된 운전자의 얼굴 이미지에 대해 특징 추출부를 사용하여 특징을 추출하는 단계는,

HoG 및 LBP를 이용하는 특징 추출부를 사용하여 각각의 이미지에 대해 특징을 추출하고, HoG를 이용하는 경우, 먼저 이미지에 대한 이진화를 수행하는

운전자 졸음 감지 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

추출된 특징을 이용하여 분류부를 통해 학습하고, 눈의 상태를 판별하여 졸음을 감지하는 단계는,

분류부의 정확도를 향상시키기 위해 특징 추출부는 픽셀 정보를 기반으로 운전자의 분리된 왼쪽눈과 오른쪽눈의 각각의 이미지에 대하여 가장자리 및 모서리를 획득하는

운전자 졸음 감지 방법.

청구항 6

실시간 카메라 또는 오프라인 비디오 스트림을 사용하여 운전자의 얼굴 이미지를 감지하는 인식부;

감지된 운전자의 얼굴 이미지에 대하여 그램-다항식(gram polynomial) 기반 함수를 이용하여 전처리하는 전처리부;

전처리된 운전자의 얼굴 이미지에 대해 특징 추출부를 사용하여 특징을 추출하는 특징 추출부; 및

추출된 특징을 이용하여 분류부를 통해 학습하고, 눈의 상태를 판별하여 졸음을 감지하는 분류부

를 포함하는 운전자 졸음 감지 장치.

청구항 7

제6항에 있어서,

인식부는,

실시간 카메라 또는 오프라인 비디오 스트림을 사용하여 프레임을 캡처하고, 캡처된 프레임으로부터 운전자의 얼굴과 눈을 감지하는

운전자 졸음 감지 장치.

청구항 8

제6항에 있어서,

전처리부는,

감지된 운전자의 눈을 왼쪽눈과 오른쪽눈으로 분리하고, 분리된 왼쪽눈과 오른쪽눈의 각각의 이미지에 대하여 중복 픽셀을 감소시키고, 픽셀에서 무작위성을 생성하기 위해 그램-다항식(gram polynomial) 기반 함수를 이용하여 전처리하는

운전자 졸음 감지 장치.

청구항 9

제6항에 있어서,

특징 추출부는,

HoG 및 LBP를 이용하는 특징 추출부를 사용하여 각각의 이미지에 대해 특징을 추출하고, HoG를 이용하는 경우, 먼저 이미지에 대한 이진화를 수행하는

운전자 졸음 감지 장치.

청구항 10

제6항에 있어서,

분류부는,

분류부의 정확도를 향상시키기 위해 특징 추출부는 픽셀 정보를 기반으로 운전자의 분리된 왼쪽눈과 오른쪽눈의 각각의 이미지에 대하여 가장자리 및 모서리를 획득하는

운전자 졸음 감지 장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 SVM을 이용한 눈 깜빡임 분류를 위하여 최적화된 사전 처리를 통한 운전자 졸음 감지 방법 및 장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 거듭되는 긴 운전은 인간의 마음을 지치게 하는 일이다. 운전사는 주로 혼잡한 고속도로 한복판에서 운전 중 졸음운전을 하거나 졸음운전에 시달린다. 두 경우 모두 위험하며 불행으로 이어질 수 있다. 과거에 운전자의 피로 때문에 일어난 끔찍한 사고들이 보고되었다. 지난 몇 년 동안, 연구원들은 유망한 노력을 했고 졸음을 감지하기 위한 광범위한 알고리즘을 제안했다. 대부분의 연구자가 따르는 기술에는 주로 두 가지 흐름이 있다: 1) 카메라를 센서로 사용하는 시각 기반 알고리즘, 2) 웨어러블 바이오센서를 이용한 졸음 감지를 위한 생체 신호 기반 방법이다. 2)의 경우 운전자가 웨어러블 기기 사용을 주저하거나 주행 중 착용하는 것을 잊어버릴 수 있어 졸음이 올 경우 사람의 실수로 인한 사고로 이어질 수 있다. 반면 차량 내부에 설치된 단순 카메라는 자동으로 켜지고 차 안에 있는 다른 전자제품과 함께 작동하기 시작할 수 있다. 졸음 감지를 위해 카메라의 이미지를 사용할 수 있는 가능성에 기초하여, 컴퓨터 비전과 기계 학습 기법을 사용하는 많은 알고리즘이 제안되었다. 종래기술에서 저자들은 이미지 처리 기법(확장된 Sovel 필터)을 적용하여 눈꺼풀의 곡선을 찾아내고, 눈꺼풀의 모양을 보고 눈꺼풀이 닫혀 있는지, 열려 있는지 구분하고 있다. 이와 유사하게, 딥러닝 방법을 사용하여 높은 세밀도로 눈을 뜨게 하는 정도를 감지한다. 종래기술에서 눈 상태 감지는 선형 지원 벡터 머신(Support Vector Machine; SVM)에 의해 달성된다. 또 다른 종래기술에서 졸음 감지 시스템은 (i) 얼굴 감지 및 피부 부분을 분할하여 얼굴이 아닌 배경 제거, (ii) 눈 추적 및 하품 감지가 상관 계수 템플릿 매칭에 의해 수행되고, 특징 벡터는 각 상이 연결되며, (iii) 이진 선형 지원 벡터 머신 분류기는 연속적인 프레임을 피로 상태와 피로하지 않은 상태로 분류하는데 사용된다. 여기서, 특징 추출을 위해 Sobel 필터를 사용해 Sobel 감지기가 이미지를 가로 방향과 세로 방향 모두에서 작고 분리 가능하며 적분된 값의 기능을 가진 필터로 가장자리를 추출했다. 따라서, Sobel 필터는 눈의 경계를 결정하기 위해 사용되며, 감지된 눈은 눈 템플릿을 생성하기 위해 분할된다. 그런 다음 이항 선형 SVM을 이러한 눈 템플릿(열림/닫힘)과 하품(입)을 훈련하여 졸음(피로/무피로)을 분류한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0003] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 종래기술의 비전 기반 졸음 감지를 보다 최적화되고 견고한 알고리즘으로 제안하여 거짓(false) 매치를 줄이고 정확도를 높일 수 있는 방법 및 장치를 제공하는데 있다. 특징 추출 전 사전처리 단계로 그램-다항식(gram-polynomial) 기반 함수를 제안하고, 이를 이용하여 눈 깜빡임 감지를 위한 SVM 분류기의 성능을 향상시킬 수 있는 방법 및 장치를 제안한다.

과제의 해결 수단

[0004] 일 측면에 있어서, 본 발명에서 제안하는 SVM을 이용한 눈 깜빡임 분류를 위하여 최적화된 사전 처리를 통한 운전자 졸음 감지 방법은 실시간 카메라 또는 오프라인 비디오 스트림을 사용하여 운전자의 얼굴 이미지를 감지하는 단계, 감지된 운전자의 얼굴 이미지에 대하여 그램-다항식(gram polynomial) 기반 함수를 이용하여 전처리하는 단계, 전처리된 운전자의 얼굴 이미지에 대해 특징 추출부를 사용하여 특징을 추출하는 단계 및 추출된 특징을 이용하여 분류부를 통해 학습하고, 눈의 상태를 판별하여 졸음을 감지하는 단계를 포함한다.

[0005] 실시간 카메라 또는 오프라인 비디오 스트림을 사용하여 운전자의 얼굴 이미지를 감지하는 단계는 실시간 카메라 또는 오프라인 비디오 스트림을 사용하여 프레임을 캡처하고, 캡처된 프레임으로부터 운전자의 얼굴과 눈을 감지한다.

[0006] 감지된 운전자의 얼굴 이미지에 대하여 그램-다항식(gram polynomial) 기반 함수를 이용하여 전처리하는 단계는 감지된 운전자의 눈을 왼쪽눈과 오른쪽눈으로 분리하고, 분리된 왼쪽눈과 오른쪽눈의 각각의 이미지에 대하여 중복 픽셀을 감소시키고, 픽셀에서 무작위성을 생성하기 위해 그램-다항식(gram polynomial) 기반 함수를 이용하여 전처리한다.

[0007] 전처리된 운전자의 얼굴 이미지에 대해 특징 추출부를 사용하여 특징을 추출하는 단계는 HoG 및 LBP를 이용하는 특징 추출부를 사용하여 각각의 이미지에 대해 특징을 추출하고, HoG를 이용하는 경우, 먼저 이미지에 대한 이진화를 수행한다.

[0008] 추출된 특징을 이용하여 분류부를 통해 학습하고, 눈의 상태를 판별하여 졸음을 감지하는 단계는 분류부의 정확도를 향상시키기 위해 특징 추출부는 픽셀 정보를 기반으로 운전자의 분리된 왼쪽눈과 오른쪽눈의 각각의 이미지에 대하여 가장자리 및 모서리를 획득한다.

[0009] 또 다른 일 측면에 있어서, 본 발명에서 제안하는 SVM을 이용한 눈 깜빡임 분류를 위하여 최적화된 사전 처리를

통한 운전자 졸음 감지 장치는 실시간 카메라 또는 오프라인 비디오 스트림을 사용하여 운전자의 얼굴 이미지를 감지하는 인식부, 감지된 운전자의 얼굴 이미지에 대하여 그램-다항식(gram polynomial) 기반 함수를 이용하여 전처리하는 전처리부, 전처리된 운전자의 얼굴 이미지에 대해 특징 추출부를 사용하여 특징을 추출하는 특징 추출부 및 추출된 특징을 이용하여 분류부를 통해 학습하고, 눈의 상태를 판별하여 졸음을 감지하는 분류부를 포함한다.

발명의 효과

[0010] 본 발명의 실시예들에 따르면 종래기술의 비전 기반 졸음 감지를 보다 최적화되고 견고한 알고리즘으로 제안하여 거짓(false) 매치를 줄이고 정확도를 높일 수 있다. 또한, 특징 추출 전 사전처리 단계로 그램-다항식(gram-polynomial) 기반 함수를 제안하고, 이를 이용하여 눈 깜빡임 감지를 위한 SVM 분류기의 성능을 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0011] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 SVM을 이용한 눈 깜빡임 분류를 위하여 최적화된 사전 처리를 통한 운전자 졸음 감지 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 SVM을 이용한 눈 깜빡임 분류를 위하여 최적화된 사전 처리를 통한 운전자 졸음 감지 장치의 구성을 나타내는 도면이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 그램-다항식(gram polynomial) 기반 함수를 이용하여 전처리하는 과정을 설명하기 위한 도면이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 MRL 아이 데이터 세트를 나타내는 도면이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 또 다른 아이 데이터 세트를 나타내는 도면이다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 활동 중인 눈 상태에 대한 제안된 알고리즘의 MATLAB 프로그램 결과이다.

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 졸음 눈 상태에 대한 제안된 알고리즘의 MATLAB 프로그램 결과이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0012] 운전자의 졸음은 안전 조치에서 가장 중요하며, 감지되지 않고 적시에 제공되지 않으면 사망을 초래할 수 있다. 수년 동안, 차 안에 장착된 카메라의 이미지/비디오를 이용함으로써 수많은 시각 기반 졸음 감지 알고리즘이 제안되어 왔다. 본 발명에서는 피부톤이 다르고 카메라 상태가 다른 보이지 않는 얼굴에 효율적으로 작용하는 실시간이며 보다 일반화되고 강력한 졸음 감지 시스템을 제안했다.

[0013] 본 발명의 실시예에 따르면, 얼굴 및 눈 감지를 위해 Viola-Jones 알고리즘을 이용한다. 눈 상태(닫힘/열림) 인식을 위한 대부분의 기존 솔루션인 SVM 분류부는 특정 데이터 세트에 대해 훈련되며, 이 데이터 세트는 특정 피부톤의 특징에 대해 일반화되지 않고 편향적이다. 특징(feature, 형상) 추출 전, 전처리 단계로서 그램-다항식(gram-polynomial) 기반 함수를 제안한다. 제안된 기법은 그램-다항식 기반의 불필요한 픽셀을 여과한다. 이를 통해 특징 추출부는 눈꺼풀 이미지 내부의 중요한 모서리 및 가장자리 감지를 위해 상당한 정보에 초점을 맞출 수 있으며, 이는 다시 분류부의 정확도를 높인다.

[0014] 제안한 기법은 소멸 후 픽셀에서 무작위성을 생성하여 한 클래스에 대한 분류부의 편향성을 감소시킨다. LBP, HoG 등 다양한 특징 추출부를 분석하였으며, 졸음 감지를 위한 눈 상태 분류에 SVM 분류부를 사용하였다. 본 발명의 실시예에서는 37명의 다른 사람의 이미지를 포함하고 SVM 훈련을 위한 적외선 이미지를 포함하여 완전히 다른 조명 조건을 가진 MRL 아이 데이터 세트를 사용했으며, 테스트를 위해 다양한 조명 및 세 개의 피부톤을 포함하는 완전히 다른 10개의 피사체를 가진 웹캠 카메라를 사용했다. 이하, 본 발명의 실시 예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.

[0016] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 SVM을 이용한 눈 깜빡임 분류를 위하여 최적화된 사전 처리를 통한 운전자 졸음 감지 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

[0017] 제안하는 SVM을 이용한 눈 깜빡임 분류를 위하여 최적화된 사전 처리를 통한 운전자 졸음 감지 방법은 실시간 카메라 또는 오프라인 비디오 스트림을 사용하여 운전자의 얼굴 이미지를 감지하는 단계(110), 감지된 운전자의

얼굴 이미지에 대하여 그램-다항식(gram polynomial) 기반 함수를 이용하여 전처리하는 단계(120), 전처리된 운전자의 얼굴 이미지에 대해 특징 추출부를 사용하여 특징을 추출하는 단계(130) 및 추출된 특징을 이용하여 분류부를 통해 학습하고, 눈의 상태를 판별하여 졸음을 감지하는 단계(140)를 포함한다.

[0018] 본 발명의 실시예에 따르면, 공개적으로 이용할 수 있는 데이터 세트 MRL 아이 데이터 세트를 기반으로 2-클래스 문제(다시 말해, 열린/닫힌 눈)에 대한 SVM 분류기를 훈련하여 졸음 감지에 사용했다.

[0019] 단계(110)에서, 실시간 카메라 또는 오프라인 비디오 스트림을 사용하여 운전자의 얼굴 이미지를 감지한다. 실시간 카메라 또는 오프라인 비디오 스트림을 사용하여 프레임을 캡처하고(111), 캡처된 프레임으로부터 운전자의 얼굴과 눈을 감지한다(112).

[0020] 단계(120)에서, 감지된 운전자의 얼굴 이미지에 대하여 그램-다항식(gram polynomial) 기반 함수를 이용하여 전처리한다. 단계(110)에서 감지된 운전자의 눈을 왼쪽눈과 오른쪽눈으로 분리하고(121), 분리된 왼쪽눈과 오른쪽눈의 각각의 이미지에 대하여 중복 픽셀을 감소시키고, 픽셀에서 무작위성을 생성하기 위해 그램-다항식(gram polynomial) 기반 함수를 이용하여 전처리한다(122).

[0021] 특징 추출 전, 전처리 단계로 그램-다항식 기반 함수를 제안했는데, 이는 졸음 감지에 필요한, 중요한 정보만 제공하고 중복 픽셀을 떨어뜨리는 소멸 기법이다. 이를 통해 특징 추출부는 중요한 픽셀 정보를 기반으로 가장자리 및 모서리를 얻을 수 있으며, 이후 분류기의 정확도를 향상시킬 수 있다.

[0022] 단계(130)에서, 전처리된 운전자의 얼굴 이미지에 대해 특징 추출부를 사용하여 특징을 추출한다. HoG 및 LBP를 이용하는 특징 추출부를 사용하여 각각의 이미지에 대해 특징을 추출한다(132). 특히, HoG를 이용하는 경우, 먼저 이미지에 대한 이진화를 수행한다(131).

[0023] HoG(Histogram of Oriented Gradients), LBP(Local Binary Pattern) 등의 특징 추출부를 이용하여 제안된 기법을 분석하였다. 비록 얼굴과 눈 감지는 Viola-Jones 알고리즘에 의해 수행되지만, 눈 이미지는 사람마다 다른 눈썹과 이마와 같이 추가적인 배경을 포함한다. 제안하는 소멸 기법은 픽셀에서 무작위성을 생성하여 한 클래스에 대한 편향성을 줄이고 시스템을 보다 일반화하고 견고하게 만든다.

[0024] 단계(140)에서, 추출된 특징을 이용하여 SVM 분류를 통해 학습(141)하고, 눈의 상태를 판별(142)하여 졸음을 감지한다. 분류부의 정확도를 향상시키기 위해 특징 추출부는 픽셀 정보를 기반으로 운전자의 분리된 왼쪽눈과 오른쪽눈의 각각의 이미지에 대하여 가장자리 및 모서리를 획득한다.

[0025] 더욱 상세하게는, MRL 아이 데이터 세트에 대한 SVM 분류부를 통해 훈련했다. 테스트는 웹캠과 오프라인 비디오 스트림을 사용하여 수행하였다. 각 눈(좌우)은 동일한 SVM 분류부로 구분되며, 눈이 열린 상태로 분류되는 경우, 활동 상태(143)로 판단한다. 두 눈이 모두 닫힌 것으로 분류되면 알고리즘은 닫힐 연속 프레임을 모니터링하고 미리 정해진 시간(예를 들어, 2초)의 타이머(144)가 경과하면 졸음 상태(145)로 판단하여 신호음을 울리며 경고를 발한다.

[0027] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 SVM을 이용한 눈 깜빡임 분류를 위하여 최적화된 사전 처리를 통한 운전자 졸음 감지 장치의 구성을 나타내는 도면이다.

[0028] SVM을 이용한 눈 깜빡임 분류를 위하여 최적화된 사전 처리를 통한 운전자 졸음 감지 장치(200)는 인식부(210), 전처리부(220), 특징 추출부(230) 및 분류부(240)를 포함한다.

[0029] 인식부(210)는 실시간 카메라 또는 오프라인 비디오 스트림을 사용하여 운전자의 얼굴 이미지를 감지한다. 실시간 카메라 또는 오프라인 비디오 스트림을 사용하여 프레임을 캡처하고, 캡처된 프레임으로부터 운전자의 얼굴과 눈을 감지한다.

[0030] 전처리부(220)는 감지된 운전자의 얼굴 이미지에 대하여 그램-다항식(gram polynomial) 기반 함수를 이용하여 전처리한다. 인식부(210)에서 감지된 운전자의 눈을 왼쪽눈과 오른쪽눈으로 분리하고, 분리된 왼쪽눈과 오른쪽눈의 각각의 이미지에 대하여 중복 픽셀을 감소시키고, 픽셀에서 무작위성을 생성하기 위해 그램-다항식(gram polynomial) 기반 함수를 이용하여 전처리한다.

[0031] 특징 추출 전, 전처리 단계로 그램-다항식 기반 함수를 제안했는데, 이는 졸음 감지에 필요한, 중요한 정보만 제공하고 중복 픽셀을 떨어뜨리는 소멸 기법이다. 이를 통해 특징 추출부는 중요한 픽셀 정보를 기반으로 가장자리 및 모서리를 얻을 수 있으며, 이후 분류기의 정확도를 향상시킬 수 있다.

[0032] 특징 추출부(230)는 전처리된 운전자의 얼굴 이미지에 대해 특징을 추출한다. HoG 및 LBP를 이용하는 특징 추출부를 사용하여 각각의 이미지에 대해 특징을 추출한다. 특히, HoG를 이용하는 경우, 먼저 이미지에 대한 이진화를 수행한다.

[0033] HoG(Histogram of Oriented Gradients), LBP(Local Binary Pattern) 등의 특징 추출부를 이용하여 제안된 기법을 분석하였다. 비록 얼굴과 눈 감지는 Viola-Jones 알고리즘에 의해 수행되지만, 눈 이미지는 사람마다 다른 눈썹과 이마와 같이 추가적인 배경을 포함한다. 제안하는 소멸 기법은 픽셀에서 무작위성을 생성하여 한 클래스에 대한 편향성을 줄이고 시스템을 보다 일반화하고 견고하게 만든다.

[0034] 분류부(240)는 추출된 특징을 이용하여 SVM 분류를 통해 학습하고, 눈의 상태를 판별하여 졸음을 감지한다. 분류부의 정확도를 향상시키기 위해 특징 추출부는 픽셀 정보를 기반으로 운전자의 분리된 왼쪽눈과 오른쪽눈의 각각의 이미지에 대하여 가장자리 및 모서리를 획득한다.

[0035] 더욱 상세하게는, MRL 아이 데이터 세트에 대한 SVM 분류부를 통해 훈련했다. 테스트는 웹캠과 오프라인 비디오 스트림을 사용하여 수행하였다. 각 눈(좌우)은 동일한 SVM 분류부로 구분되며, 눈이 열린 상태로 분류되는 경우, 활동 상태로 판단한다. 두 눈이 모두 닫힌 것으로 분류되면 알고리즘은 닫힐 연속 프레임을 모니터링하고 미리 정해진 시간(예를 들어, 2초)의 타이머가 경과하면 졸음 상태로 판단하여 신호음을 울리며 경고를 발한다.

[0037] 그램-다항식은 뚜렷한 포인트 집합에 정형화된 연속 다항식이다. 종래기술에서 O'Leary와 Harker는 수치 효율적인 이산 직교 기반의 합성 및 연구에 필요한 대수적 프레임워크를 소개하고, 범위[-1,1]의 이산 포인트에 대해 고유한 다항식 기초를 합성할 수 있음을 보여주었다. 이미지 소멸은 다항식의 계수가 이미지 픽셀의 선형 변환을 나타내는 변환으로 간주할 수 있다. 종래기술에서는 이러한 그램-다항식 기반이 푸리에 기반과 이산 코사인 기반보다 이미지 소멸에 더 적합하다는 것을 보여주었다. 이는 이미지의 주기적 특성 때문이며, 주기적 신호의 경우 푸리에 기반이 잘 수행된다. 또한, 그램-다항식(gram polynomial) 기반은 에일리어싱(aliasing) 및 Gibs 오류를 처리할 때 다른 기준보다 성능이 우수하다. 가우시안 노이즈가 존재하는 경우에도 그램-다항식 기반은 다른 함수에 비해 압축 후 이미지 재구성에 대한 신호 대 노이즈 비율을 더 잘 제공한다. 이전에, 그램-다항식 기반의 소멸 기법은 non-rigid 이미지 등록 및 돌극성(saliency) 감지 문제에 활용되었다. 본 발명에서는 이러한 이미지 소멸 기술을 이용하여 불필요한 정보를 필터링하고 눈 주위에 상당한 픽셀만 허용하며, 이는 제안하는 특징 추출부가 중요한 모서리 및 가장자리를 찾도록 도와준다. 이것은 궁극적으로 분류부의 성능을 향상시킬 수 있다.

[0038] 특징을 계산하기 전, 주어진 이미지의 각 채널이 생략된 그램(truncated Gram) 기반의 직교 여공간(orthogonal complement)에 투영된다.

[0039] $$I_d = I - G_y G_y^T I G_x G_x^T$$

[0040] 여기서 I는 원래의 이미지, x와 y는 이미지 I의 행과 열이다. G_x와 G_y는 그램-다항식 기반 함수이며, I_d는 처리 후 얻은 소멸된 이미지이다.

[0041] 본 발명의 실시예에 따른 모든 실험에, MATLAB R2019a를 사용했다. 얼굴과 눈 감지를 위해 Viola-Jones 알고리즘을 기반으로 하는 "vision.CascadeObjectDetecto"과 같은 MATLAB 내장함수를 사용해 왔다. 마찬가지로 특징 추출에 대해서는 HoG 및 LBP 특징 추출부(예를 들어, extractLBPFeatures)의 내장 함수를 사용해 왔다. SVM 분류기의 경우, "fitcsvm"을 2 클래스(열린/닫힌 눈) 문제로서 사용해 왔다.

[0042] 제안하는 기법은 "HoG 특징을 이용한 디지털 분류"에 MATLAB 예제를 활용했다.

[0044] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 그램-다항식(gram polynomial) 기반 함수를 이용하여 전처리하는 과정을 설명하기 위한 도면이다.

[0045] 앞에서 설명한 바와 같이, 이미지 소멸로 그램-다항식 기반 함수의 수학을 구현하여 제안된 기법을 프로그래밍하고, 중요한 픽셀 추출에 지원하였다. 도 3에서 이를 확인할 수 있다. HoG 특징 추출부가 발견한 모서리 및 가장자리는 제안된 전처리를 적용한 경우에 더욱 우수하다.

[0047] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 MRL 아이 데이터 세트를 나타내는 도면이다.

[0048] 본 발명의 실시예에 따른 검증을 위해 37명의 다른 사람(남성 33명, 여성 4명)의 8만4898개의 이미지로 구성된 MRL 아이 데이터 세트를 사용하였다. 몇 개의 샘플을 도 4에 나타내었다. 그러나 각 이미지에 대한 많은 특징, 메모리 및 계산력 제약으로 인해 37명의 다른 개인들로부터 무작위로 16,000개의 샘플(열린 눈의 경우 8,000개, 닫힌 눈의 경우 8000개)을 선택했다. 테스트 목적으로, 라이브 카메라에서 캡처한 이미지와 인하대학교의 IESL(Intelligent Embedded System Lab)의 신입 회원들의 사전 저장 이미지를 사용해 왔다. 테스트의 경우 MRL 아이 데이터 세트에서 30%의 데이터 세트(16000개 이외의 4800개 이미지)를 사용한다.

[0049] 데이터 세트에서는 이미지의 크기가 다르지만, 86x86 픽셀과 같이 모든 이미지의 크기를 평균 크기로 조정했다. 이는 LBP의 특징 벡터 크기를 26019 포인트로, HoG 특징 추출부를 14400 포인트로 생성한다. 특징 벡터의 치수는 메모리 제약과 계산 전력으로 인한 훈련과 테스트를 위한 샘플의 수에 대한 제한과 함께 이미지의 크기를 더 작게 유지하도록 강요했다.

[0051] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 또 다른 아이 데이터 세트를 나타내는 도면이다.

[0052] MRL 데이터 세트 외에도 인하대학교 IESL(Intelligent Embedded System Lab)에서 10명의 멤버로 구성된 맞춤형 데이터 세트를 생성한다. 몇 개의 샘플을 도 5에 나타내었다.

[0054] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 활동 중인 눈 상태에 대한 제안된 알고리즘의 MATLAB 프로그램 결과이다.

[0055] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 졸음 눈 상태에 대한 제안된 알고리즘의 MATLAB 프로그램 결과이다.

[0056] 제안된 알고리즘은 웹캠을 사용하여 실시간 비디오 스트림에서 테스트된다. 감지된 눈이 열려 있는 경우, 제안된 알고리즘은 도 6과 같이 능동 사용자로 분류한다.

[0057] 한편 사용자가 2초 이상 눈을 감으면 제안 알고리즘은 도 7에서와 같이 졸음 감지를 위한 경보를 생성한다.

[0058] 본 발명에서는, 그램-다항식 기반 정도를 1도에서 9도로 증가시켜, 알고리즘의 성능을 분석하였고, 2도 다항식을 사용하여 기존 시나리오에 대해 보다 나은 결과를 관찰하였다. 정도를 높임으로써, 소멸의 효과는 9도 이후에 결과를 저하시키기 시작했다.

[0059] 최적화된 결과는 표 1과 표 2에 나와 있다.

[0060] <표 1>

[0061]

Dataset (Training/Testing)	Gram Polynomial Yes/No(degree)	Open Eyes (Accuracy)	Closed Eyes (Accuracy)
MRL/MRL	Y(2)-Proposed	95.6%	95.8%
MRL/MRL	Without Pre-processing	84.4%	88.3%
MRL/IESL	Y(2)-Proposed	79.6%	84.1%
MRL/IESL	Without Pre-processing	59.5%	72.7%

[0062] <표 2>

Dataset (Training/Testing)	Gram Polynomial Yes/No(degree)	Open Eyes (Accuracy)	Closed Eyes (Accuracy)
MRL/MRL	Y(2)-Proposed	95.5%	96.3%
MRL/MRL	Without Pre-processing	92.0%	93.6%
MRL/IESL	Y(2)-Proposed	85.6%	71.2%
MRL/IESL	Without Pre-processing	53.6%	68.7%

[0063]

[0064] 제안된 알고리즘에 대한 그램-다항식의 정도는 일반 솔루션에 대해 "2"로 선택된다. HoG 특징, 훈련 및 테스트로 사용되는 MRL 데이터 세트의 정확도, 제안된 기법은 기존의 방법(표 1의 1, 2행)을 능가한다. 마찬가지로, 알고리즘의 견고성을 검증하기 위해, MRL 데이터 세트에서 수행되는 훈련을 하는 동안 피부톤과 테스트용 카메라 조건이 IESL 데이터 세트(웹캠 사용)로 선택되는 등 완전히 다른 데이터 세트에서 테스트했다. 이 시나리오에서 제안된 기법은 표 1의 3, 4행에서 보듯이 분류기의 정확성을 향상시키고 한 등급에 대한 편향성을 감소시킨다.

[0065] LBP 특징 추출부의 경우, 제안 알고리즘은 표 2의 1, 2행과 같이 MRL 데이터 세트를 훈련과 테스트에 사용할 때 유망한 결과를 보여준다. 견고성 검증을 위해 IESL 데이터 세트를 사용하여 테스트를 수행한 후 제안된 기법은 표 2의 3, 4행과 같이 정확도를 크게 향상시킨다.

[0067] 이상에서 설명된 장치는 하드웨어 구성요소, 소프트웨어 구성요소, 및/또는 하드웨어 구성요소 및 소프트웨어 구성요소의 조합으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 실시예들에서 설명된 장치 및 구성요소는, 예를 들어, 프로세서, 콘트롤러, ALU(arithmetic logic unit), 디지털 신호 프로세서(digital signal processor), 마이크로컴퓨터, FPA(field programmable array), PLU(programmable logic unit), 마이크로프로세서, 또는 명령(instruction)을 실행하고 응답할 수 있는 다른 어떠한 장치와 같이, 하나 이상의 범용 컴퓨터 또는 특수 목적 컴퓨터를 이용하여 구현될 수 있다. 처리 장치는 운영 체제(OS) 및 상기 운영 체제 상에서 수행되는 하나 이상의 소프트웨어 애플리케이션을 수행할 수 있다. 또한, 처리 장치는 소프트웨어의 실행에 응답하여, 데이터를 접근, 저장, 조작, 처리 및 생성할 수도 있다. 이해의 편의를 위하여, 처리 장치는 하나가 사용되는 것으로 설명된 경우도 있지만, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는, 처리 장치가 복수 개의 처리 요소(processing element) 및/또는 복수 유형의 처리 요소를 포함할 수 있음을 알 수 있다. 예를 들어, 처리 장치는 복수 개의 프로세서 또는 하나의 프로세서 및 하나의 콘트롤러를 포함할 수 있다. 또한, 병렬 프로세서(parallel processor)와 같은, 다른 처리 구성(processing configuration)도 가능하다.

[0068] 소프트웨어는 컴퓨터 프로그램(computer program), 코드(code), 명령(instruction), 또는 이들 중 하나 이상의 조합을 포함할 수 있으며, 원하는 대로 동작하도록 처리 장치를 구성하거나 독립적으로 또는 결합적으로(collectively) 처리 장치를 명령할 수 있다. 소프트웨어 및/또는 데이터는, 처리 장치에 의하여 해석되거나 처리 장치에 명령 또는 데이터를 제공하기 위하여, 어떤 유형의 기계, 구성요소(component), 물리적 장치, 가상 장치(virtual equipment), 컴퓨터 저장 매체 또는 장치에 구체화(embody)될 수 있다. 소프트웨어는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어서, 분산된 방법으로 저장되거나 실행될 수도 있다. 소프트웨어 및 데이터는 하나 이상의 컴퓨터 판독 가능 기록 매체에 저장될 수 있다.

[0069] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를

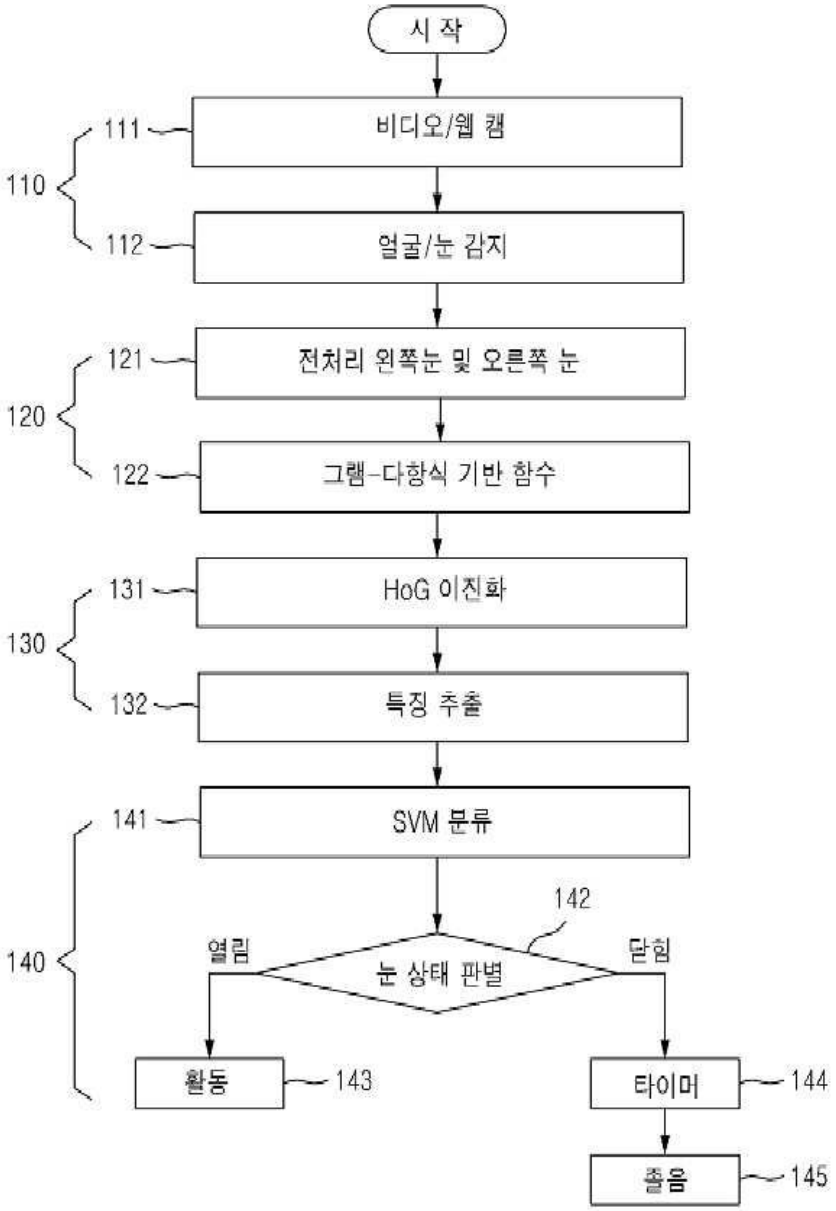
포함한다.

[0070] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

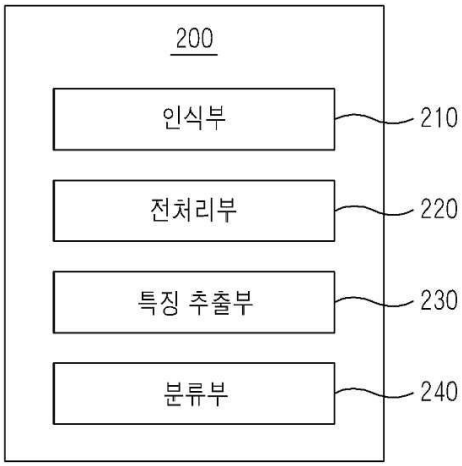
[0071] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

도면

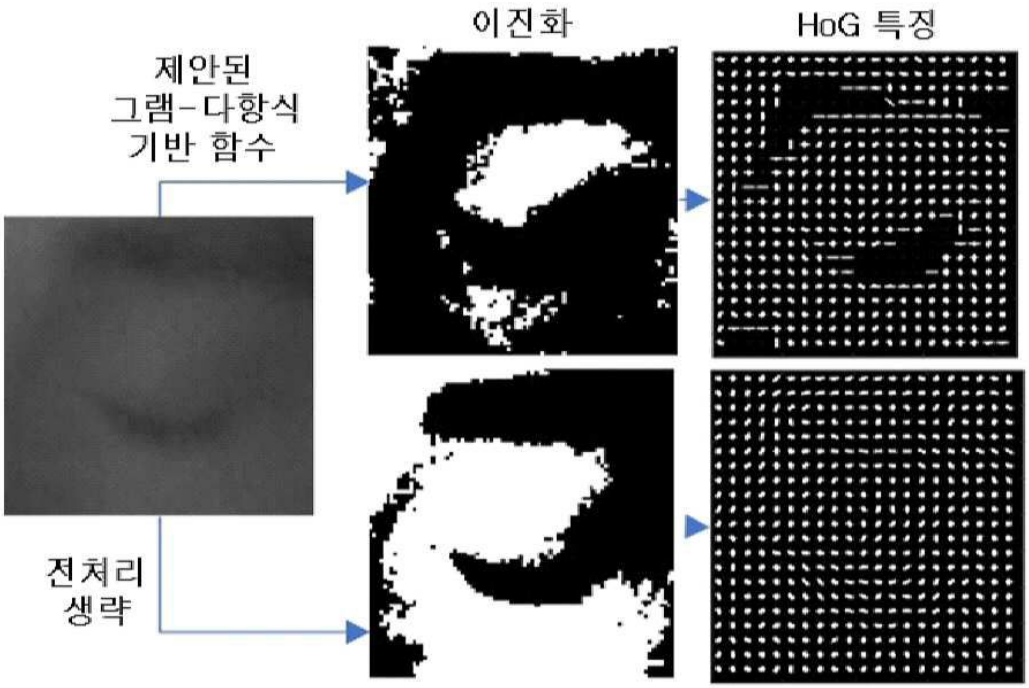
도면1



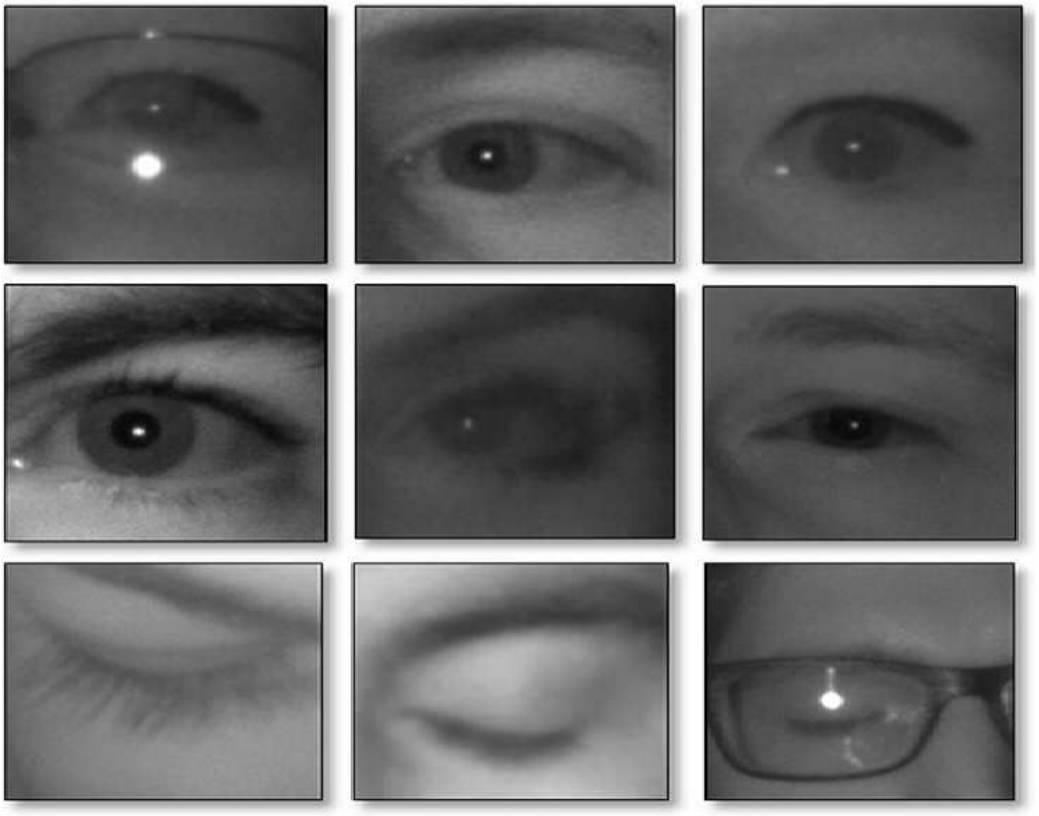
도면2


200
인식부
210
전처리부
220
특징 추출부
230
분류부
240

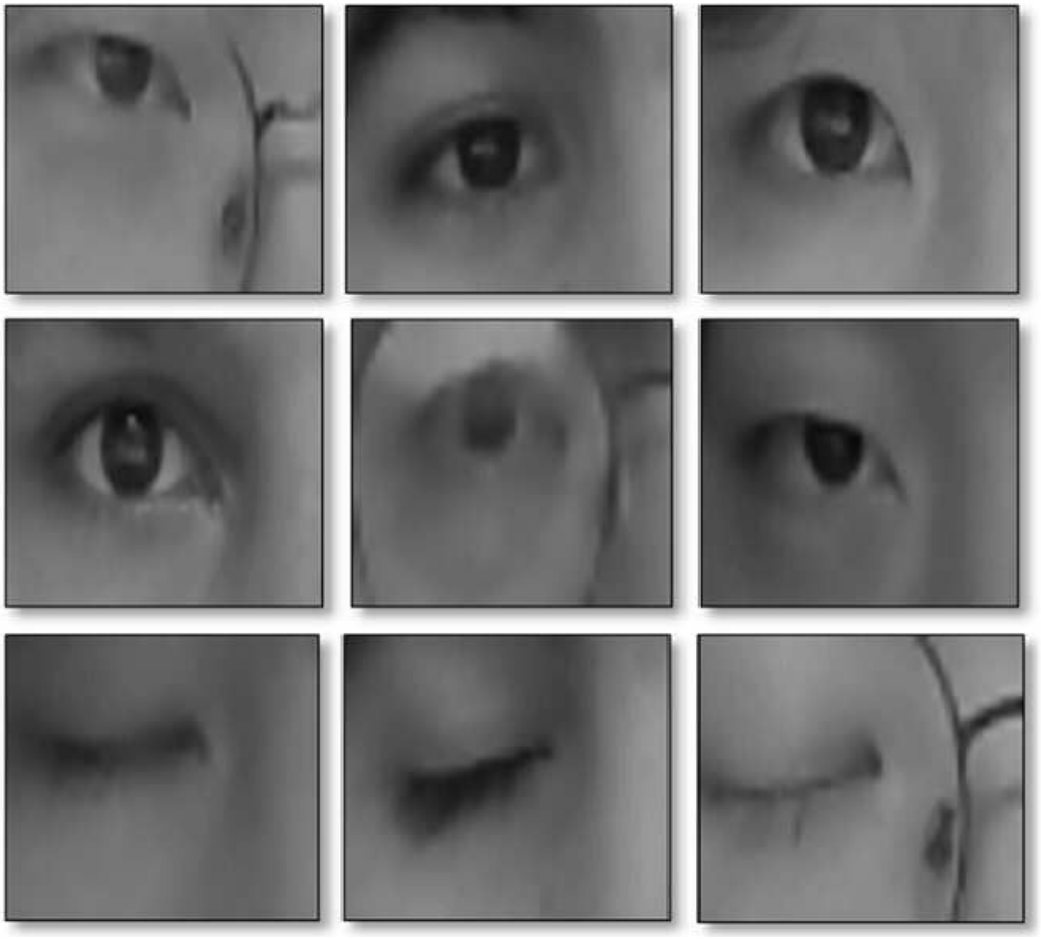
도면3


이진화
HoG 특징
제안된
그램-다항식
기반 함수
전처리
생략

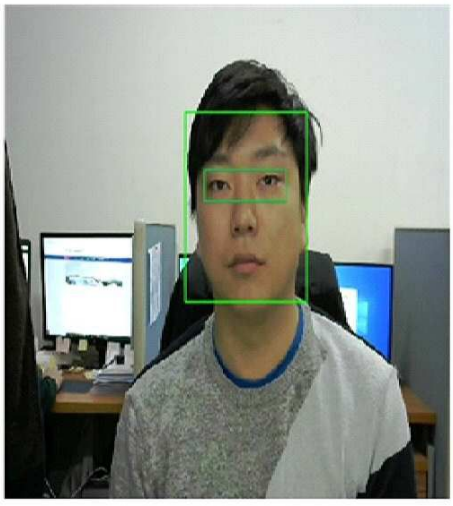
도면4



도면5



도면6







도면7



