

눈 검출 및 눈동자 추적 기반을 통한 졸음운전 경보 시스템 구현

Implementation of Drowsiness Driving Warning System based on Eyes Detection and Pupil Tracking

민지홍, 김정철, 홍기천
수원대학교 정보통신공학과

JiHong Min, Jung-Chul Kim, Kicheon Hong
Dept. of Information and Telecommunications Engineering
The University of Suwon
E-mail : cklove77@suwon.ac.kr

요 약

본 논문에서는 자동차를 운전 시에 운전자의 얼굴과 눈의 영역을 자동으로 검출하고 눈동자를 추적하여 운전자의 졸음 여부를 판단하는 효과적인 시스템 구현방법을 제안한다. 복잡한 배경에서 얼굴과 눈을 검출하는 방법은 Haar-like feature의 원리를 이용하고 졸음운전으로 판단하는 방법은 눈동자 영역의 특성과 눈동자의 검출 유무, 움직임 등의 인식을 통하여 졸음운전 경보시스템의 실용화에 대한 가능성을 확인한다.

1. 서론

눈동자 추적 기술의 활용은 홍채 인식을 시작으로 졸음운전 판단이나 눈동자 좌표계를 통한 마우스 작동 기술, 응시 위치 추적 기술 등 매우 미래지향적이고 계속해서 응용분야에 대한 연구가 활발히 진행되고 있는 기술이다. 본 논문에서는 이러한 눈동자 추적 기술을 구현하기 위해 Haar-like feature를 이용한 얼굴 영역과 눈 영역 검출 및 검출된 눈 영역 데이터에서 임계치를 이용한 눈동자 검출 방법을 사용하였다[1]. 눈 검출과 얼굴 검출은 실시간으로 입력되는 동영상에서 얼굴과 눈을 정하는 것이다. 눈 영역 검출에 있어 얼굴 영역을 검출하는 이유는 눈 영역 검출 시 얼굴 영역 내에서 만의 처리 과정을 통하여 빠른 검출 속도를 구현하기 위함이다. 본 논문에서는 복잡한 배경에서의 얼굴 검출과 눈동자의 검출, 졸음유무의 판단 방법에 대해 논의 한다.

2. 얼굴과 눈 검출 방법

AdaBoost 학습 알고리즘에 의해서 얼굴과 눈을 잘 표현하게 할 수 있도록 프로토타입을 정하는데, 이것을 가지고 얼굴과 눈 검출 알고리즘인 Haar-like feature에서 주로 사용하므로 효율적인 얼굴 검출 및 눈 검출이 가능하다.[2]

2.1 Haar-like feature의 프로토타입

Haar-like feature를 사용하는 이유는 단순 합에 대한 연산만 계산하여 방법이 간단하며 방식 또한 간단하다. 얼굴과 눈 검출에 있어서 pixel을 이용한 연산이 아닌 얼굴과 눈의 특징을 이용하여 각 영역 안에 있는 픽셀들의 값을 더하여 영역의 합을 구하고 그 값들에 가중치(weight)를 곱한 합만을 계산한다는 것이다. 그러므로 정지 영상이 아닌 동영상으로의 적용이 용이하다.

그림1은 Haar-like feature의 prototype들로서 윈도우에서 특징에 맞게 위치가 변하기 때문에

인식할 영상의 따라 많은 특징값을 나타내는 것이 가능해진다.

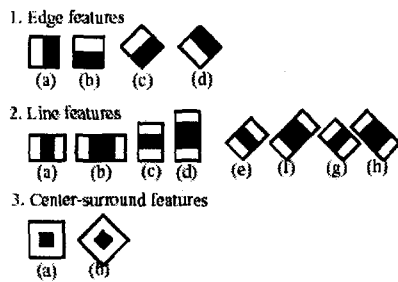


그림 1 Prototype of Haar-like feature

2.2 AdaBoost를 이용한 인식률 향상

본 논문에서는 Boost 알고리즘 중에서 단순하고 효율적인 AdaBoost 학습 알고리즘을 사용함으로써 얼굴과 눈으로 판단 할 확률을 높인다. 이 알고리즘은 장점은 classifier하는 stage가 올라 갈수록 각 Haar-like feature의 프로토타입들의 위치가 얼굴의 미세한 정보까지도 나타내는 장점을 가지고 있다. AdaBoost 학습 알고리즘으로 얻은 특징값들은 그림 2와 같이 단계(stage) 별로 그룹화(classifier)한다.

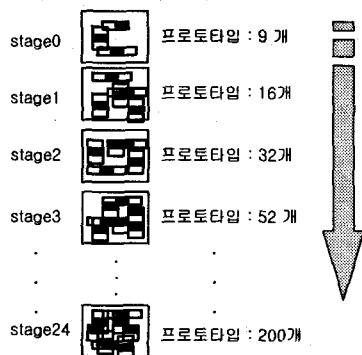


그림 2 프로토타입들의 증가 블록도

이러한 그룹화는 더 강력한 인식 알고리즘을 구현하기 위한 것으로 단계를 거듭할수록 전 단계보다 더 많은 수의 특징값을 만들어서 그룹화를 하며 본 논문에서는 얼굴은 25단계, 눈은 18 단계로 그룹화를 하여 실험한다.

2.3 Haar-like feature를 이용한 얼굴 및 눈 검출 방법

얼굴과 눈의 영상 이미지 데이터를 받아 얼굴과 눈 부분에 윈도우를 씌운 후 그 영역에 대해서 Haar-like feature 값을 구한다. 그 다음 AdaBoost 학습 알고리즘을 통해 선택된 Haar-like feature를 그룹화 하여 저장한다. 이때 첫 번째 단계의 그룹에서는 가장 적은 9개의 Haar-like feature 가 들어간다. 단계는 총 25단계로 그룹화 되고 이때에는 200개의 프로토타입

이 들어가게 된다. 이렇게 그룹화한 데이터들은 텍스트 파일로 저장이 되어 얼굴 검출과 눈 검출에 있어서 hidden cascade로 사용이 된다. 본 논문에서는 얼굴 검출의 경우 24*24크기의 윈도우로 정해졌고 25개의 단계로 높은 단계로 올라갈수록 Haar-like feature의 개수도 증가하고 각각의 프로토타입들도 세밀한 부분까지 위치하게 된다[3]. 또한 눈 검출의 경우 35*16크기의 윈도우로 19개의 단계로 구현한다.

2.4 Haar를 이용한 얼굴 검출과 눈 검출의 원리

그림3은 Haar-like feature를 이용한 얼굴 검출 원리를 간단하게 표현한 것이다. 즉 한 프레임의 영상에서 훈련된 얼굴의 그룹을 이용하여 얼굴 영역의 세밀한 정보를 얻기 위하여 영상을 피라미드 구조의 형식으로 줄여나가며 얼굴 영역을 결정을 하게 된다. 그러한 과정에서 얼굴 영역은 줄인 영상을 복원하는 과정에 여러 개의 후보영역이 생기게 되며 그 영역의 평균을 낸 한 영역을 출력으로 하게 된다[4].

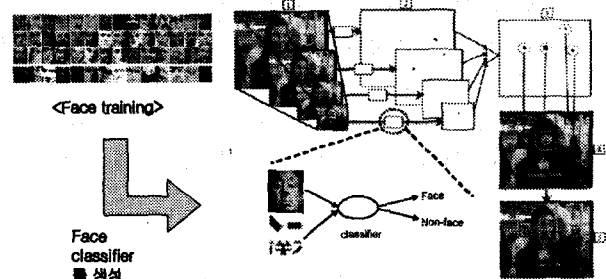


그림 3 Haar Face Detection의 흐름도

그림 4는 Haar-like feature를 이용한 눈 검출 원리를 표현한 것으로 위에서 검출된 얼굴 이미지 데이터 내에서 눈 영역을 검출하게 되기 때문에 훨씬 빠른 검출 성능을 보일 수 있다.

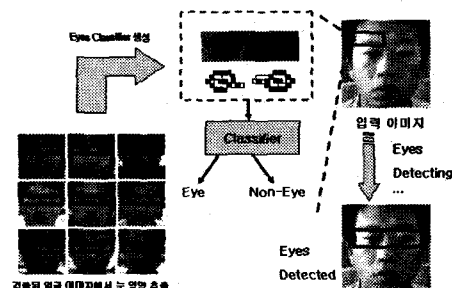


그림 4 Haar Eyes Detection의 흐름도

3. 눈동자의 추적 방식과 줄임 판단

Haar-like feature를 이용하여 추출된 눈 영역 데이터는 영상의 밝기 값만을 이용하여 흑백 이미지를 얻은 후 임계치를 이용하여 영상을 이진

화 한다. 눈동자 영역의 경우 밝기값이 매우 낮기 때문에 적절한 임계치를 이용하여 눈동자를 추출하게 된다.

3.1 눈동자 추적의 방식

그림 5는 눈동자 추적 방식을 보여주고 있다. 이 때 검출된 눈동자의 영역은 녹색으로 표시하여 구별을 둔다.

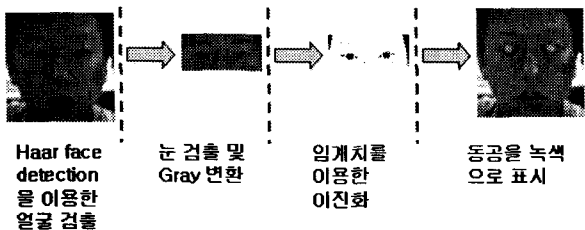


그림 5 눈동자 추적의 흐름도

3.2 졸음 유무 판단

졸음 유무는 그림 6에서 보는 바와 같이 이진화와 대칭성 조사를 마친 이미지중 눈을 감은 이미지는 검은 영역이 길게 되어지는 특성과 졸음 운전 시 고개가 기울어져 눈동자의 영역이 기울어지는 특성, 눈동자는 어느 정도 원의 형태를 갖는다는 조건하에 판단하였다. 결과적으로 눈을 지속적으로 감고 있거나 고개가 기울어져 눈동자나 얼굴의 검출이 계속 이루어지지 않을 경우 졸음운전으로 판단되는 확률은 높아지는 것이다.

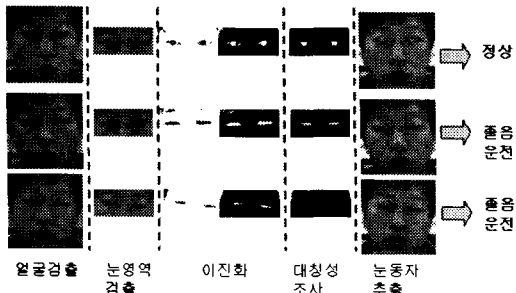


그림 6 졸음운전 판단의 과정

4. 실험 결과

첫 번째 실험에서는 눈영역 검출을 위해 사용할 얼굴 데이터를 추출해 내기 위해 10명의 사람을 이용한다. 이 때 얻은 얼굴 이미지 10장을 이용하여 눈 영역 추출을 두 번째 실험하고 마지막 실험에서는 눈 이미지에 대해 임계치를 적용하여 눈동자만을 추적하는 실험을 한다. 모든 실험에서는 안경을 쓴 사람 5명과 쓰지 않은 사람 5명으로 총 10명을 대상으로 하였는데 안경을 쓴 사람 5명을 따로 한 것은 눈 영역 검출 및 눈동자 추적 시에 영향에 대해 알아보기 위함이다. 표 1

은 24*24 윈도우 크기에 Haar-like feature의 프로토타입에 대한 훈련된 데이터 및 표 2는 35*16 윈도우 크기의 프로토타입에 대한 훈련된 데이터를 표시한다.

```
<haar_face type_id="opencv-haar-classifier">
<size>20 20</size>
<stages>
<>
<!-- stage 0 -->
<trees>
<>
<!-- tree 0 -->
<>
<!-- root node -->
<feature>
<rects>
<>3 7 14 4 -1.</>
<>3 9 14 2 2.</></rects>
<tilted>0</tilted></feature>
<threshold>4.0141958743333817e-003</threshold>
<left_val>0.03379411907346249</left_val>
<right_val>0.8378106951713562</right_val></></>
<>
<!-- tree 1 -->
```

표 1 훈련된 얼굴 데이터베이스

```
<haar_eye type_id="opencv-haar-classifier">
<size>35 16</size>
<stages>
<>
<!-- stage 0 -->
<trees>
<>
<!-- tree 0 -->
<>
<!-- root node -->
<feature>
<rects>
<>
13 4 9 9 -1.</>
<>
16 4 3 9 3.</></rects>
<tilted>0</tilted></feature>
<threshold>0.0102830100804567</threshold>
<left_val>-0.8216220736503601</left_val>
<right_val>0.5776131153106690</right_val></></>
<>
<!-- tree 1 -->
```

표 2 훈련된 눈 데이터베이스

4.1 얼굴 검출 실험

우선 10명의 실험자를 웹 카메라 앞에 위치시켜 복잡한 배경 하에서의 얼굴 검출을 실험한 결과 모두 얼굴 검출이 성공하는 결과를 얻었다. 얼굴 영상을 얻는 방법은 그림 7과 같은 방법으로 화면에서 얼굴이 있을 시에 얼굴영역만을 자동으로 추출하여 저장하는 방식을 이용하였다. 그림 8은 같은 방법으로 10명의 실험자에게서 얻은 얼굴 데이터이고 이들 중 5명은 안경을 쓴 사람을 실험 대상으로 선정하였다.



그림 7 얼굴 추출 방식

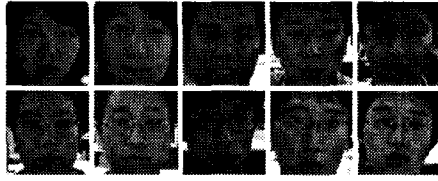


그림 8 검출된 10명의 얼굴 데이터

4.2 눈 검출 실험

눈 검출은 첫 번째 실험에서 얻은 얼굴 이미지 데이터를 가지고 실험하였고 그림 9와 같은 결과를 얻었다. 추출된 눈 영역의 이미지가 흑백인 이유는 눈동자를 추적하기 위해 밝기값만을 사용하기 위함이다. 실험 결과 안경을 쓴 사람 중에 한명이 눈 검출에 실패하였는데 이는 입력 이미지가 너무 어두울 뿐만 아니라 안경의 테가 검출률에 영향을 준 것이다.

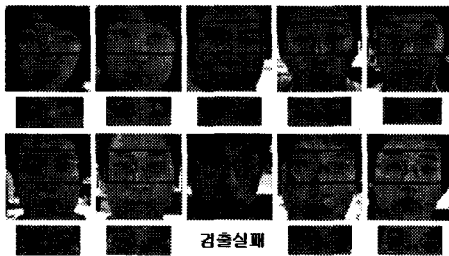


그림 9 눈 검출 실험 결과

4.3 눈동자 추적 실험

눈동자 추적은 눈 검출 실험에서 성공한 9명의 눈 이미지 데이터를 사용하였다. 추출방식은 눈 이미지 데이터에 임계치를 이용하여 이진화 한 후 눈동자 영역에 대해 녹색으로 표시하는 방식을 이용하였는데 눈동자 이외에 머리카락이나 눈썹 등의 부분이 검출이 되지 않는 이유는 눈동자의 위치가 가운데 있기 때문에 어느 정도 밖에 있는 부분은 검색을 하지 않기 때문이다. 그림 10은 눈동자 추적에 대한 결과를 나타내고 있고 그림에서 보는 바와 같이 안경을 쓴 사람이 대체적으로 눈동자 영역 검출률이 떨어진다는 것을 알 수 있다.



그림 10 눈동자 추적 결과

5. 결론 및 토의

본 논문에서는 Haar-like feature를 이용하여 얼굴과 눈을 검출하고 검출된 눈 영역을 기반으로 눈동자를 추적하여 졸음운전을 판단하는 원리에 대해서 논의하였다. 또한 실험에서 다양한 얼굴에서의 눈동자 검출을 통해 안경이 눈동자 검출에 미치는 영향도 확인 할 수 있었다. 이러한 시스템은 신체의 어떠한 접촉도 없이 단순히 카메라에서 입력되는 이미지로 처리되기 때문에 인간과 기계의 편리한 인터페이스가 구현될 수 있지만 밝기에 대한 민감성과 얼굴 자체의 변화가 심하기 때문에 정확한 졸음 판단에 있어서는 문제점이 있다. 그러나 운전자의 상태를 알 수 있는 햅틱 장치를 통한 생체 센서와 하품을 할 때의 입모양 검출, 적외선 센서로 이루어진 카메라 등을 복합적으로 사용한다면 졸음운전의 판단 확률을 실생활에 적용할 수 있을 만큼 충분히 높일 수 있다.

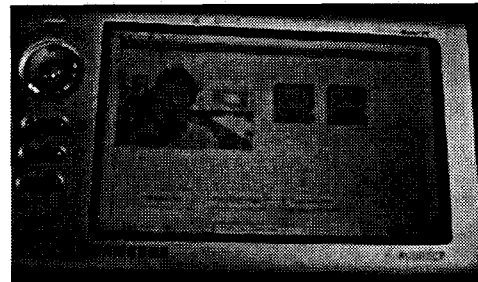


그림 11 현재 개발 중인 임베디드 기반의 졸음운전 경고 시스템

6. 참고문헌

- [1] P. Viola and M.J. Jones, "Robust real-time object detection", Technical Report Series, Compaq Cambridge research Laboratory, CRL 2001/01, Feb. 2001.
- [2] 박성훈, 이재호, 김희율, "Haar-like feature/LDA를 이용한 얼굴 인식", 2004년 제 16회 영상처리 및 이해에 관한 워크샵 발표 논문집, 2004년 1월.
- [3] Alexander Kuranov, Rainer Lienhart, and Vadim Pisarevsky. An Empirical Analysis of Boosting Algorithms for Rapid Objects With an Extended Set of Haar-like Features. Intel Technical Report MRL-TR-july02-01, 2002.
- [4] Kicheon Hong, Jihong Min, Wonchan Lee, and Jungchul Kim. Real Time Face Detection and Recognition System Using Haar-Like Feature/HMM in Ubiquitous Network Environments. Lecture Notes in Computer Science 3480, pp. 1154-1161, 2005.