졸음방지시스템 개발을 위한 졸음감지에 관한 연구

정경호, 김법중, 김동욱, 김남균*
전북대학교 대학원 의용생체공학과
*전북대학교 의과대학 의공학교실

A Study on the Drowsinss Detection for Development of Drowsiness Prevention System

K. H. Chong, B. J. Kim, D. W. Kim, and N. G. Kim*
Dept. of Biomedical Engineering, Graduate School, Chonbuk National University
*Dept. of Biomedical Engineering, College of Medicine, Chonbuk National University

ABSTRACT

The purpose of this study is to identify the cause of driver's drowsiness and to get information about driver's drowsiness from facial image using computer vision. We measured the driver's movements of a head and shoulders in the highway and street. We also measured the eye blink duration and yawning duration of normal and drowsy drivers. From the results, we confirmed that the measurement of eye blink and yawning might be a way of drowsy detection.

서론

항공기 조종사나 기차 또는 자동차 운전자들의 안전과 주의력에 대한 관심이 최근 급증하고 있다. 한 예로서 영국 항공기 조종사의 40%가 졸음비행을 한다고 보고한바 있으며, 특히 자동차 대형사고의 대부분은 졸음운전으로 인하여 일어난다. 자동차 운전에 어느정도 익숙한 사람은 누구나 졸음운전의 위험에 직면하고 있으며, 졸음을 느끼고 있으면서도 이렇다할 대응책을 마련하지 못하고 있는 것이 현실이다. 유럽, 호주, 일본등의 자동차 발전국가들에서도 신뢰성있고 상업화가 가능한 졸음감지장치실현에 많은 인력과 연구 투자가 이루어지고 있지만, 지난 수년동안 많은 실패를 기록했으며, 아직까지 완벽하게 상업화된 시스템은 없는 것으로 알려져 있으나, 수년이내에 실용화를 목적으로 활발한 연구가 이루어지고 있다[1]. 그러나, 국내에서는 아직까지 이 분야에 대한 연구개발이 미흡한 실정이다.

자동차 졸음운전의 감지는 크게 운전자의 생리신호의 변화를 측정하여 판단하는 방식[1]과 운전자의 얼굴변화를 영상으로 처리하여 판단하는 방식[2]이 있다. 첫 번째 방식은 운전자의 뇌파나 심장의 박동수를 측정하여 졸음을 판단하기 때문에 정확성이 매우 높다. 하지만 전극등을 몸에 부착하는 접촉방식이기 때문에 실제 적용함에 있어서는 매우 부적합하다. 또 다른 방식인 카메라를 이용하여 운전자의 얼굴을 분석, 판단하는 것은 첫 번째 방법보다는 정확성이 뒤떨어지지만 실제 운전자에게 적용함에 있어서는 비접촉방식이기 때문에 매우 유용하다.

본 논문에서는 두 번째 방법인 컴퓨터 비젼을 이용하여 운전자의 깜박임시간과 하품시간을 측정하여 졸음을 감지하였다. 졸음이 오는 경우에는 흔히 하품에 의하여 허파의 환기가 이루어지고, 뇌의 활동을 회복시켜 정신이 맑아지게 되므로[8] 하품을 측정하는것은 졸음감지에 매우 유용하다.

또한 졸음의 원인과 운전자 거동과의 관계를 규명하기위해 3 차원 위치측정장치를 이용하여 운전자의 머리와 양 어깨의 움직임을 측정하였다. 운전자의 거동측정은 운전자의 졸음을 각성시키는데에 관련되어 있으며, 운전자의 졸음을 각성시키는 방법으로는 경보음 발생, 향을 터뜨림, 의자에 진동을 발생, 강제 브레이크 시스템등을 고려하고 있다. 본 연구에서는 졸음을 감지하고 각성시킬 수 있는 시스템을 개발하기 위한 초기단계로서 운전자의 거동을 측정하고, 졸음을 감지하였다.

실험장치 및 방법

1. 실험장치

본 시스템은 운전자의 거동측정장치와 얼굴영상 획득장치로 구성된다. 먼저 주행중에 운전자의 거동을 측정하기위해 3 차원 위치측정장치인 3-SPACE FASTRAK 을 이용하여 자계를 발생시키는 부분인 transmitter 를 차안에 고정시켰으며, 운전자의 머리와 양 어깨에 각각의 receiver 를 부착시켰다. 다음으로 얼굴영상획득은 정지된 차안에서 frame grabber 와 소형 CCD 카메라를 Note PC 에 장착하여 사용하였으며, 카메라를 계기판과 운전대사

이에 부착시켰다. 운전자는 정지된 차 안에서 카메라와 일정한 거리를 유지하면서 앞 유리창에 모니터를 설치하여 가상 도로 시뮬레이션 프로그램에 따라 실제로 운전하는 느낌을 갖도록 하였다. 시스템 구성도는 그림 1 에 나타나있다.

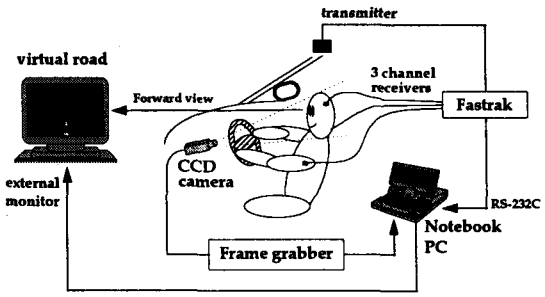

그림 1. 시스템 구성도

2. 실험방법

2.1 운전자의 거동측정

운전자의 거동측정은 주행중에 실시하였으며, 시내주행시와 고속도로주행시로 나누어 각각 30 분씩 실시하였다. 승용차 내부에 Fastrak 의 source coid 을 장착시켰으며, 3 개의 receiver 를 운전자의 머리와 양 어깨에 부착하였다. Fastrak 에서 측정된 공간 좌표 데이타는 RS-232C 를 통하여 486 Note PC 로 전송되었다. 이 실험을 통하여 운전자의 거동이 졸음에 어떠한 영향을 주는지 살펴보았다.

2.2 졸음감지 측정

영상처리

영상을 이용한 얼굴인식 분야에서 눈이나 코, 입등의 특징점들을 추출하는 연구가 그동안 많이 행해져왔다. 얼굴 특징을 추출하는 방법은 템플릿 매칭방법, 기하학적 특징을 기반으로 한 매칭방법, 대칭성을이용하여 투영하는 방법, 가변 템플릿을 이용하는 방법등 여러가지가 있다[3][4][5][6][7]. 본 연구에서는 영상을 획득한 후 연속된 이미지를 오프라인으로 처리하였다. 추출된 영상의 크기는 320 × 200 이며, 256 grey level 로 각 이미지를 PCX 화일로 저장하여 486 PC 에서 C 언어로 처리하였다.

에지추출 및 중심선 설정

얼굴영상에서 에지추출을 수행하면 코나 입에 비해 눈은 거의 일정한 에지가 나타나며 기하학적인 위치와 눈의 대칭성을 조사하면 눈의 위치를 찾을 수 있다.[7] 에지추출에는 여러가지 방법이 있으며, 비교적 균일하고 잡음에 강한 에지를 추출하기 위해 Sobel 연산자를 이용하였다. 에지를 추출한 다음 얼굴의 대략적인 윤곽을 설정한 후 얼굴의 대칭성을 조사하여 중심선을 찾았다. 대칭성은 얼굴의 윤곽안에서 각 후보점을 중심으로 좌우를 접어 해당 픽셀값의 차이를 구하여 이 차이값을 모두 합하였다. 이 합이 최소인 후보점을 대칭점으로 결정하였다[6].

눈 추출 및 깜박임 측정

눈을 추출하기위해 얼굴영역내에서 35 × 20 픽셀 윈도우를 설정하여 일정한 화소수를 갖는 눈 후보 윈도우를 400 ~ 700 개 정도 찾았다. 만약 빛의 영향등으로 인하여 후보 윈도우의 갯수가 400 개 미만이거나 700 개를 초과하면 윈도우안의 기준 화소수를 자동으로 조절하여 눈 후보 윈도우가 400 ~ 700 개 사이가 되도록 하였다. 눈의 기하학적 위치관계와 특징에 따라 후보들을 걸러내면 대부분의 눈 후보 윈도우들은 눈썹, 눈, 코부분에 몰려있게 되므로 겹치는 윈도우를 하나로 묶게 되면 2 개에서 5 개까지 후보를 추출할 수 있다. 그 다음으로 눈의 대칭성을 이용하여 최종적인 후보를 걸러냈으며, 만약 4 개가 후보로 추출되었을 경우 대부분이 눈썹과 눈이므로 서로의 위치관계를 이용하여 최종적인 후보를 찾을 수 있었다. 눈의 깜박임측정은 윈도우안에서 눈의 세로축 폭을 구한뒤, 눈의 open 상태와 close 상태에서 설정된 기준치에 의해 눈의 깜박임을 측정하였다. 그림 2 는 원 영상에서 눈을 추출한 과정을 나타내고 있다.

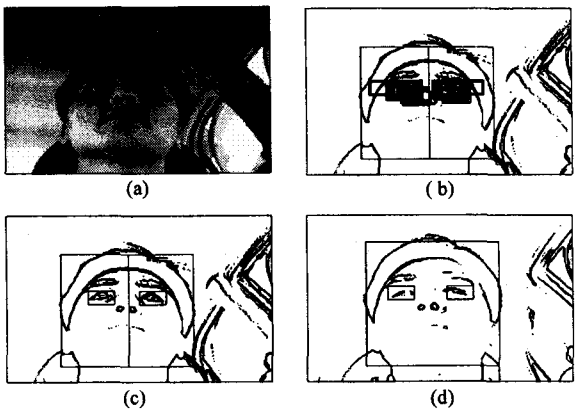

그림 2. (a) 256 그레이 이미지 (b) 여러개의 눈 후보추출 (c) 추출된 눈 영역 (d) 감은 눈 영역 추출

입 추출 및 하품 측정

추출된 눈의 위치를 이용하여 대략적인 입의 위치를 구할 수 있었다. 왼쪽 눈동자와 오른쪽 눈동자의 좌표를 각각 (x1, y1)와 (x2, y2)라 하면 입의 위치는 다음과 같다[6].

입의 x 좌표 : x1 ~ x2

입의 y 좌표 : ((y1+y2)/2 + (x2-x1)) ~

((y1+y2)/2 + (x2-x1) × 2)

하품의 측정은 입 영역에서 히스토그램을 구하여 입의 크기를 계산한 후, 하품할때에는 입모양이 최대가 되므로 보통 말할때의 입크기를 넘어서면서 일정한 시간을 초과하면 하품으로 간주하였다.

그림 3 은 눈의 위치를 이용하여 추출된 입 영역을 나타내고 있다. 그림으로부터 알 수 있듯이 하품시에는 입모양이 최대가 되며, 세로축 히스토그램을 구해보면 확연한 차이가 나므로 이를 이용하여 하품을 판단하였다.

그림 3. (a) 추출된 입 영역 (b) 하품시의 입 영역 추출

실험 및 결과

1. 운전자의 거동측정

운전자의 거동측정은 시내주행시와 고속도로주행시에 각각 30 분씩 측정하였다. 그림 4 와 그림 5 는 각각 시내주행시와 고속도로주행시 머리와 양어깨의 움직임을 나타낸 것이다.

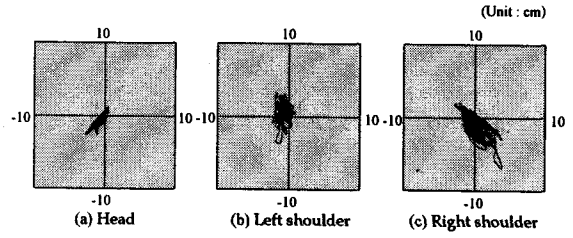

그림 4. 시내주행시 운전자의 머리와 양어깨의 움직임

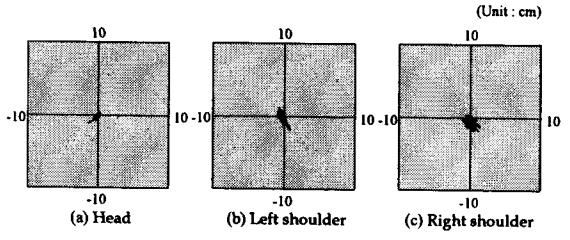

그림 5. 고속도로주행시 운전자의 머리와 양어깨의 움직임

그림에서 알 수 있듯이 고속도로주행시 운전자의 거동이 시내주행시에 비해 매우 작았으며, 이는 운전상태가 단조롭다는 것을 의미한다. 몸의 움직임은 졸음을 각성시키는 효과가 있으나, 본 실험결과로부터 고속도로주행시 몸의 움직임이 적다는 것은 졸음이 오기 쉽다는 것을 의미하여, 졸음의 한 원인이 된다는 것을 알 수 있었다. 실제로 피험자의 보고에 의하면 시내주행시보다 고속도로주행시 졸음을 더 느낄 수 있다고 보고하고 있다.

2. 졸음감지 모의실험

모의실험은 23-24 세의 남자 3 명(안경 1 명)을 대상으로 실시하였다. 실험시간은 오후 2 시였으며, 햇빛이 적당히 드는곳에 위치한 정지된 차안에서 행하였다. 졸음감지실험을 정지된 차안에서 실시한 이유는 졸음운전을 주행중에 측정하는 것이 매우 위험스럽기 때문이다. 각 피험자에 대해 정상상태와 졸음상태로 나누어 측정하였으며, 정상상태에서의 실험은 충분한 휴식과 수면을 취한 후 실시하였다. 졸음상태에서의 실험은 며칠동안 잠을 자지 않고 졸음이 쉽게 오도록 유도하여 실시하였다. 표 1 은 정상상태와 졸음상태에서 운전자의 얼굴을 영상으로 처리한 결과를 나타낸다.

표 1. 정상상태와 졸음상태에서의 영상처리 결과

(Unit : sec)

Subject	State	Eye blink duration	Yawning duration
A	N	3.1	0
	D	8.8	3.4
B	N	6.2	0
	D	12.0	2.1
C (glasses)	N	2.9	0
	D	54.0	0

N : Normal state, D : Drowsy state
Measurement time : 90 sec

표 1 에서 N 은 정상상태, D 는 졸린상태를 나타낸다. 실험시간 30 분중에서 측정시간은 90 sec 였으며, 340 프레임을 얻었다. 눈의 깜박임 수을 정확하게 측정하려면 15 frame/sec 이상으로 영상처리를 해야 하지만, 본 실험에서는 졸음 판단의 지표로서 일정시간동안 눈의 깜박임시간과 하품시간을 이용하였기 때문에 3~4 frame/sec 로 영상처리를 하여도 충분히 졸음을 감지할 수 있었다. 실험결과 A, B 의 경우 졸린상태에서는 눈의 깜박임 시간이 정상 상태에 비해 2 ~ 3 배정도 길게 나타났다. 그러나, C 의경우 졸음시 실눈을 뜨고 운전하는 습관이 있음으로 하여 눈의 깜박임시간이 다른피험자에 비해 매우 크게 나타났다. 하품에 대하여 살펴보면 보통상태에서 A, B, C 는 하품을 하지 않았으며, 졸린상태에서 C 는 하품을 하지 않았으나, A, B 는 하품을 하고있어, 하품이 졸음운전에 관련되어 있음을 알 수 있었다.

그림 6 은 피험자 B 에 대해 정상상태와 졸음상태에서의 눈의 개폐형태를 나타낸것이다. 그림 6 의 (a)에서는 눈의 깜박임 수가 22 개였으며, (b)에서는 27 개였다. 또한 눈의 감은 수가 2 frame 이상인 깜박임수를 살펴보면, (a)는 22 개중에서 2 개이

지만, (b)는 27 개중에서 13 개나 되었다. 전체 실험 시간동안 깜박임 수는 비슷하나, 깜박임 시간은 (a)가 6.2sec 이고, (b)는 12.0sec 이므로 졸음상태에는 정상상태에 비해 약 2 배정도 길다는 것을 알 수 있다. 따라서 눈의 깜박임 수 보다는 깜박임 시간을 졸음판단의 측정 파라미터로 사용하는것이 보다 바람직함을 알 수 있었다.

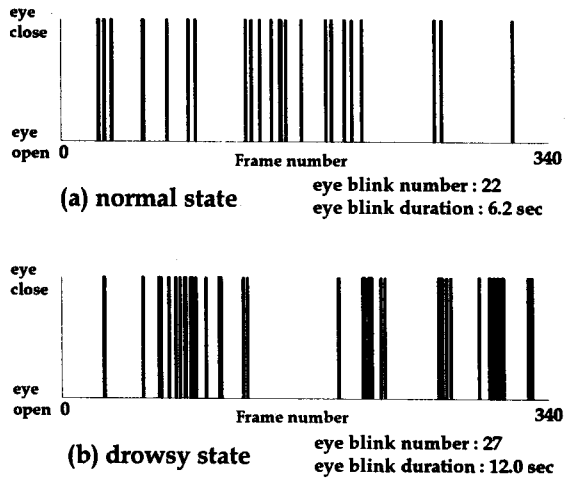

그림 6. 정상상태와 졸음상태에서 눈의 개폐형태

고찰

운전자의 거동측정 결과 단조로운 운전이 졸음의 한 원인이 된다는 것을 알 수 있었으며, 이를 입증하는 사실은 현재 개발되고 있는 졸음각성 시스템중에 운전석 의자를 진동시키는 것이 이에 해당한다. 그러나 상용화를 목적으로 한다면 경보음을 울리거나 향을 터트리는거나 의자를 진동시키는 것등은 어느정도 사용하면 운전자가 둔감함을 느끼기 때문에 큰 도움은 주지 못하리라 생각된다. 졸음방지시스템 개발에 있어서 졸음을 각성시키는 일은 졸음을 감지하는 일보다 훨씬 중요하다. 왜냐하면 대부분의 운전자들은 졸음을 느끼면서도 이렇다할 조치를 취하지 못하고 있기 때문이다. 졸음감지에 있어서 졸음 운전자의 얼굴특징은 개인마다 약간씩 차이가 있었으나, 이를 정량적으로 분석하기 위해서 눈의 깜박임시간과 하품을 고려하였다. 영상처리에 있어서 피험자 A 를 예로 들면, 얼굴의 좌우 기울임이 크게 나타날 경우 비교적 큰 오차가 발생하였다. 안경을 쓴 피험자 C 의 경우 눈과 입을 추출하는데에 큰 어려움이 없었으나, 눈의 개폐가 정확하지 않은 경우 졸음 판단이 어려웠다. 향후과제로는 얼굴이 좌우로 기울리는 경우에도 눈과 입의 위치를 찾을 수 있는 알고리즘을 개발하는 것과, 졸음의 판단유무에 대해 보다 정확하게 정량적으로 분석하는 것, 그리고 실시간으로 눈과 입의 위치를 추적하고[5], 일단 졸음운전이 판단되면 단계별로 운전자를 각성시킬 수 있는 시스템을 개발하는 것이다.

결론

본 연구에서는 졸음의 원인을 분석하기 위하여 운전자의 거동을 측정하였으며, 졸음을 감지하기 위해 운전자의 얼굴을 영상으로 받아들여 처리하였다. 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 단조로운 운전자의 거동이 졸음의 한 원인이 된다는 것을 알 수 있었다.
2. 눈의 깜박임 수을 정확하게 얻으려면 15 frame/sec 이상을 얻어야 하지만, 본 연구에서는 3~4 frame/sec 를 얻어도 충분히 졸음을 감지할 수 있었다. 따라서 처리시간을 단축시켰으며, 실시간 처리시 효율성을 높일 수 있다.
3. 본 실험에서는 졸음 판단의 지표로서 눈의 깜박임 수보다는 깜박임 시간을 이용하고 졸음의 시작단계에 생겨나는 하품을 고려하여 졸음감지를 정량적으로 분석하였다.

참고문헌

[1] 이 상국, B. Decoux, R. Debrie, M. Hubin, "*Traffic security and detection of the driver's low vigilance state*", 제 6 회 센서기술학술대회 논문집, 10/11 Nov. 1995, Korea, pp.54-62.

[2] Tomoaki Nakano. et al., "*System for driver's eye movement detection*", J. of Soc. Automobile Engineers of Japan, Technical note, 1995, pp. 74-76.

[3] R. Brunelli and T. Poggio, "*Face Recognition: Feature versus Templates*", IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 15, NO. 10, 1993, pp. 1042-1052.

[4] A. L. Yuille, P. W. Hallinan, and D. S. Cohen, "*Feature extraction from faces using deformable templates*", International Jounal of Computer Vision, Vol. 8, No. 2, 1992, pp. 99-111.

[5] X.Xie, "*Real-Time Eye Feature Tracking from a Video Image Sequence Using Kalman Filter*", IEEE Transaction on System, Man, and Cybernetics, Vol. 25, No. 12, 1995, pp. 1568-1577.

[6] 유태웅, 오일석, "컬러 정면 얼굴 영상으로부터 얼굴 영역 및 특징 추출", HCI 학술대회, 1996, pp. 181-186.

[7] 소정, 윤호섭, "다중 모드 인터페이스에서 시선 활용을 위한 눈 위치 추출", HCI 학술대회, 1996, pp. 198-204.

[8] 계몽사 CD ROM 백과.