

모바일 환경에서 눈 폐쇄 상태 검출을 통한 졸음운전 감지

박유진*, 최영호*, 조해현*, 김계영**

송실대학교 컴퓨터학부

e-mail: yoojin.park1219@gmail.com, caiticth@gmail.com,

haehyuncho@gmail.com, gykim11@ssu.ac.kr

A Drowsy Driver Monitoring System through Eye Closure State Detection Algorithm on Mobile Device

Yoo-Jin Park*, Young-Ho Choi*, Hae-Hyun Cho*, Gye-Young Kim**

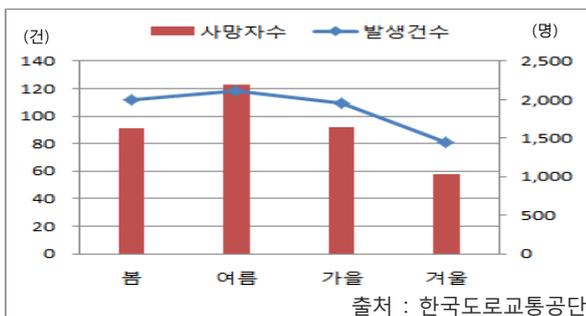
Dept of Computer Science, Soong-Sil University

요 약

본 연구의 목적은 눈 폐쇄 상태 검출 알고리즘을 개발하고, 그것을 바탕으로 모바일 환경의 졸음운전 감지 시스템을 구현하는 것이다. 개발한 알고리즘은 검출된 눈 영역의 이미지를 히스토그램 분석을 통해 실험적으로 얻은 문턱 값으로 이진화 시킨 후 운전자 눈의 폐쇄 상태를 판단한다. 구현한 시스템은 얼굴과 눈 검출이 완료된 상태에서 검출된 눈이 폐쇄 상태인지를 판단한다. 폐쇄 상태인 경우 이 상태가 지속되면 시스템은 운전자가 졸음운전 상태임을 감지하고 경고해준다. 자원이 제한된 모바일의 특성상 이미지 처리의 정확성뿐만 아니라 처리속도의 효율성도 중요한데 이 특성에 맞는 알고리즘을 개발하였고, 이를 바탕으로 졸음운전 감지 시스템 구현에 성공하였다.

1. 연구배경

최근 3년간 졸음운전 교통사고 통계자료에 따르면, 졸음운전으로 인한 교통사고가 총 7,442건 발생하여, 364명이 사망한 것으로 나타났다(그림 1) 참조). 이렇게 사망률이 높은 이유는, 졸음운전으로 인한 사고의 경우 운전자가 사고 발생 시까지 제동 등 방어운전을 하지 못하기 때문이다. 이러한 위험성을 가진 졸음운전을 예방하고자 졸음쉼터와 졸음을 쫓아주는 기계를 설치하는 등 다방면에서 노력들이 시행되고 성과를 거두고 있으나, 여전히 졸음운전으로 인한 교통사고가 전체 교통사고 중 높은 비중을 차지하고 있는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 모바일 환경에서 실행 가능한 졸음운전감지 시스템을 개발하여 졸음운전 예방에 기여하고자 한다.



(그림 1) 2009년 ~ 2011년 계절별 졸음운전사고 발생건수 및 사망자수

본 연구에서는 졸음운전 감지에 가장 효과적이라 알려진 '생리적 특징 감지 방법'[1]을 이용한다. 이 방법은 운전자의 머리 움직임과 눈 깜빡임을 확인하는 식의 '물리적 변화를 감지하는 방법'으로 구현된다.

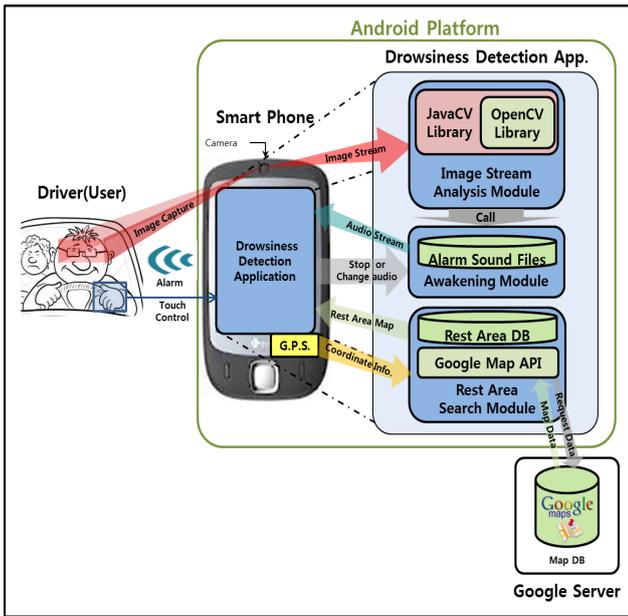
그리고 국내 스마트폰 이용자 수가 급증하는 추세를 반영하여, 모바일 환경에서의 졸음운전 감지 방법을 연구하였고, 보편화된 스마트폰을 사용한 졸음운전 감지 시스템을 구현하였다. 그러므로 별도의 감지장치를 필요로 하지 않기 때문에 적은 비용으로 졸음운전 사고에 대한 예방효과를 얻을 수 있는 점에서 기존 연구들과 차별성이 있다.

2. 시스템 개요

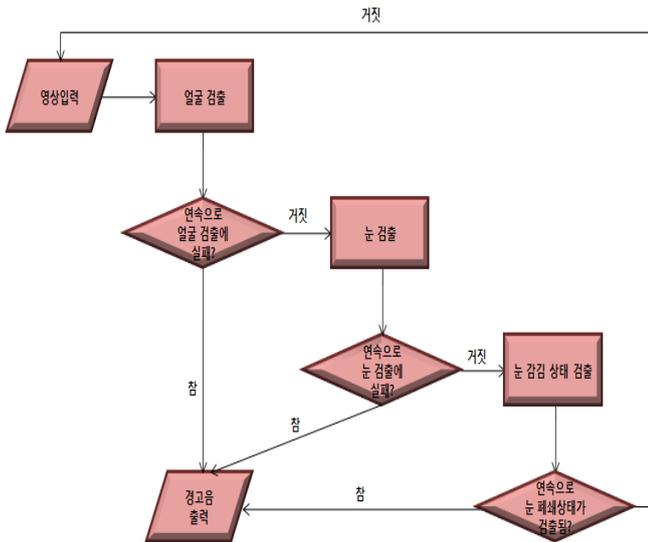
안드로이드 기반의 모바일 기기에서 사용할 수 있도록 연구를 통해 개발한 알고리즘을 사용하는 졸음운전 감지 시스템을 구현하였다. 시스템 동작 화면은 (그림 2)에서 확인 할 수 있고, 시스템의 구조도와, 동작 순서도는 아래의 (그림 3, 4)와 같다.



(그림 2) 졸음운전 감지 시스템 동작 화면



(그림 3) 졸음 감지 시스템 구조도



(그림 4) 졸음 감지 단계의 동작 순서도

3. 얼굴 및 눈 추출을 위한 알고리즘

연구에서 사람의 얼굴 및 눈 추출을 위해 CBCH (Cascade of Boosted Classifier Working with Haar-like Feature) 알고리즘[2]을 사용하였다.

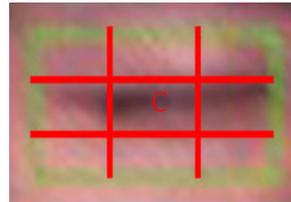
이 알고리즘은 명암도 분포를 이용해 제안된 간단하면서도 빠른 Haar-like 특징을 얼굴 검출을 위한 특징 집합으로 사용하였다. 그리고 인테그랄 이미지를 통해 실시간에 가능한 연산속도로 얼굴 검출을 할 수 있다.

환경 요소에 강인하면서 빠르게 연산이 가능한 얼굴 검출 방법으로서 얼굴 영역 내에서, 간단하고 객체 간의 구별 능력이 있는 특징들을 사용한다. 각 특징들은 Edge, Line, Center-surround 등으로 정의된다.

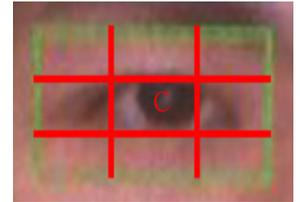
4. 눈 폐쇄 상태 검출 알고리즘

본 연구의 주 목적인 눈 폐쇄 상태 검출 알고리즘을 개발을 위해 다양한 실험적 결과를 기반으로 연구를 진행하였다. 연구 결과, 개발한 알고리즘은 흑백이미지를 기반으로 하는 알고리즘이다. 모바일 환경에서 적용하기 위해 눈 영역을 검출하고, 검출된 작은 눈 영역의 이미지만을 대상으로 한다. 이 방법은 빠른 속도로 눈의 폐쇄 상태를 검출 할 수 있다.

1) 검출된 눈 영역의 분할



(그림 5-1) 감은 눈 영역의 분할



(그림 5-2) 뜬 눈 영역의 분할

먼저, 검출된 눈 영역을 9개로 분할한다. 그리고 분할된 9개의 영역 중, (그림5-1)와 (그림5-2)에서 C라고 표시되어진 부분만을 선택하여 눈 폐쇄상태 분석을 시작한다. 모바일 디바이스의 카메라에서 얻어진 이미지는 YUV¹⁾ 3 채널 이미지이다. 선택된 이미지의 Y영역만을 사용하여 흑백이미지를 추출하고, 히스토그램을 생성한다.

2) 흑백이미지 히스토그램과 이진화

위에서 얻어진 C영역의 이미지의 이진화를 위해서 히스토그램을 분석한다. 본 연구를 위해 제작한 히스토그램은 각 영역의 크기를 4로 고정하였다. 즉, 흑백 이미지내의 각 픽셀은 0에서 255 값을 갖는데 이것을 4로 나누어 총 64개의 영역으로 단순화 하여 히스토그램을 만들었다. 그리고 화소 값이 가장 많이 분포한 영역을 선택하였고, 이 영역의 값에 5/6²⁾ 곱한 결과를 눈 폐쇄상태 검출을 위한 문턱 값(Threshold)으로 결정하였다.

이진화는 그렇게 구해진 문턱 값으로 수행된다. 문턱 값과 255사이의 값은 이진화된 이미지에서 흰색으로 나타내고, 문턱 값보다 작은 값은 검은색으로 나타낸다. 이 과

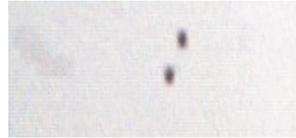
1) 여기서 Y는 영상의 밝기 혹은 휘도(luminance) 성분을 나타내며, Sync 펄스를 포함한다. 따라서 Y 신호만으로도 흑백 영상을 Display할 수 있다. U와 V 신호는 색상 정보를 나타내며, 색상 반송파 신호의 두 개의 직교 위상과 혼합되어 색차(crominance) 신호를 형성한다. 이후에 Y 신호와 UV 신호가 합쳐진다.

2) 적절한 문턱 값을 계산하기 위하여 많은 실험을 하였다. 실험 결과, 화소 값이 가장 많이 분포한 영역의 값의 5/6부분이 눈 폐쇄상태 검출을 위해 이미지 이진화를 수행하기 위한 가장 적당한 문턱 값으로 결정되었다.

정에서 눈을 뜬 경우에는 검은색에 가까운 영역이 문턱 값으로 정해지기 때문에 전체적으로 흰색이미지가 만들어진다. 그리고 눈을 감은 경우에는 피부영역의 색이 문턱 값으로 정해지므로 속눈썹이 나타나는 부분만 검은색으로 나타난다. (그림 5-1)에서 선택된 영역의 이미지 이진화 결과는 (그림 6-1)과 같고, (그림 5-2)에서 선택된 영역의 이미지 이진화 결과는 (그림 6-2)와 같다.



(그림 6-1) 감은 눈 C영역의 이진화



(그림 6-2) 뜬 눈 C영역의 이진화

위 (그림 6-1, 6-2)에서 검은색 화소의 개수를 비교해 보면 눈의 폐쇄 상태를 쉽게 검출해 낼 수 있다. 눈을 뜬 경우에는 대부분 검은색 화소의 개수가 10개미만으로 나타났다. 아래 <표 1>에서 위 알고리즘을 사용한 눈 폐쇄 상태 판단에 대한 실험 결과를 확인 할 수 있다.

<표1> 개발한 알고리즘을 사용한 눈 폐쇄상태 판단 실험 결과

(BPC = Black Pixel Count, 검은색 화소의 개수)

	BPC	판단 결과		BPC	판단 결과
	눈을 감은 경우	203		X	눈을 뜬 경우
235		X	4	O	
221		X	3	O	
109		X	2	O	
81		X	4	O	
66		X	3	O	
195		X	5	O	
87		X	100	X	
88		X	3	O	
223		X	4	O	
152		X	5	O	
224		X	6	O	
83		X	1	O	
198		X	0	O	
235		X	0	O	
229		X	0	O	
232		X	0	O	
95		X	0	O	
153		X	2	O	
67		X	3	O	
201	X	4	O		

5. 실험 및 평가

1)평가 방법

성능 평가 방법

- 시스템을 실행하여 10개의 영상 프레임을 처리하는데

걸리는 시간을 측정

- 모든 얼굴 요소가 검출되었을 때의 프레임 처리 시간만을 고려
- 처리시간 = 10개의 영상 화면을 처리하는데 걸리는 시간

정확도 평가 방법

- 졸음운전 판단 정확도=(졸음운전으로 판단된 횟수) / (졸음동작시도 횟수)
- 정상운전 판단 정확도=(정상적으로 판단된 횟수) / (정상동작시도 횟수)
- 10명에 대해 10번씩 졸음감지를 테스트하여 평균값으로 평가

2)평가 결과

<표2> 성능 평가 결과

횟수	처리시간(s)	횟수	처리시간(s)
1	3.241	11	2.866
2	2.408	12	2.646
3	2.333	13	2.9
4	2.672	14	2.741
5	2.74	15	2.688
6	2.808	16	2.78
7	2.606	17	2.872
8	3.132	18	3.337
9	3.298	19	3.091
10	3.381	20	2.359

<표3> 정확도 평가 결과

횟수	평균 졸음운전 판단 정확도 (%)	평균 정상운전 판단 정확도 (%)
1	90	100
2	70	90
3	60	100
4	100	100
5	50	50
6	80	90
7	90	100
8	80	90
9	90	100
10	70	90

6. 경제적 · 산업적 측면에서의 기대효과 및 활용방안

본 연구의 결과물은 모바일 단말기만을 사용해 작동한다는 점에서 하드웨어 생산에 추가적인 비용이 발생하지 않고 유연한 유지보수가 가능하다는 장점이 있다. 즉시 현재 시장에 판매되고 있는 단말기들에 적용하여 사용할 수 있으며 상품의 가격을 효과적으로 조정할 수 있기 때문에 상품성이 높다.

또한, 졸음운전의 예방으로 도로교통사고 발생 위험률을 낮추는데 기여할 수 있다. 도로교통공단의 2010년 통계

자료에 의하면 교통사고로 인해 발생한 사고비용이 12조 9599억 원이었다. 그리고 졸음운전으로 인해 사망한 사람은 매년 340명 정도로 간과할 수 있는 수치가 아니다. 때문에 졸음운전을 효율적으로 방지할 수 있다면, 이로 인한 인적, 재산 피해를 크게 줄일 수 있을 것이다.

7. 결론 및 향후 연구

본 연구를 통해 눈 폐쇄상태 검출 알고리즘을 개발하였고, 이를 통해 모바일 기기 환경에서 높은 정확도와 빠른 처리속도로 졸음운전을 예방할 수 있는 효과적인 시스템을 구현하는데 성공 하였다.

하지만, 개발한 알고리즘을 사용하는 눈 폐쇄 상태 검출 방법은 후광이나 너무 어두운 조명으로 인하여 피부 영역이 어둡게 나오는 경우 검출 정확도가 떨어진다. 이는 어두운 이미지와 밝은 이미지 각각에 대한 피부 영역의 색상 값을 보정함으로써 개선될 것으로 보인다. 따라서 피부 영역 값을 적절히 보정하는 방법이 필요한데, 적당한 조명 아래의 피부 색상과 같은 밝기를 항상 가지도록 보정하는 '빛 보상' 이라는 방법을 적용하는 것으로 본 졸음 감지 솔루션의 검출 정확도를 개선할 수 있을 것이다. 문제는 빛 보상을 스마트 폰에 적용하는데 추가적인 이미지 처리 비용이 발생할 수 있다. 따라서 빛 보상을 적용하기 위해서는 그에 적합한 하드웨어 자원이 뒷받침되어야 할 것이다.

이번 연구에서는 졸음운전 감지 시스템 구현을 목적으로 눈 폐쇄 상태 검출 알고리즘을 개발하였지만, 이 알고리즘은 모바일 기반의 환경에서 다양한 방법으로 응용될 수 있다. 예를 들면 이 기술로 모바일 단말기에서 사용자의 눈 폐쇄 상태를 조사하여 눈 폐쇄의 반복적인 주기를 이용하여 전신마비 장애인에게 눈 동작을 이용한 새로운 인터페이스를 제공하는 등, 눈 폐쇄 상태 검출 기술을 눈 동작 인식을 필요로 하는 다양한 분야의 개발에 사용할 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

- [1] Weirwille, W.W., 1994, "Overview of Research on Driver Drowsiness Definition and Driver Drowsiness Detection", 14th International Technical Conference on Enhanced Safety of Vehicles, pp. 23-26.
- [2] 임준식, 김수형, 2007, "피부색에 기반한 Cascade of Boosted Classifier working with Haar-like feature를 이용한 얼굴 영역 검출", 한국멀티미디어학회 춘계학술발표논문집, pp. 578-581.
- [3] M. Betke, W.J. Mullally, and J.J. Magee, 2000, "Active detection of eye scleras in real time," IEEE CVPR Workshop on Human modeling, Analysis and Synthesis.
- [4] R.-L. Hsu, M. Abdel-Mottaleb, and A.K. Jain, 2000, "Face detection in color images," Pattern Analysis and Machine Intelligence, pp. 696-706.
- [5] 김병수, 이현, 김희율, 2010, 한양대학교 전자컴퓨터통신공학과 한국전자통신연구원, "휴대 단말용 입체 영상 디스플레이를 위한 눈 검출 알고리즘", pp. 1-5.