

지능형 졸음 운전 경고 시스템

Intelligent Drowsiness Drive Warning System

주영훈 · 김진규 · 나인호

Young Hoon Joo, Jin Kyu Kim and In Ho Ra

군산대학교 전자정보공학부

요 약

본 논문에서는 비전을 이용한 영상처리 기술을 기반으로 운전자의 피로도를 측정하여 졸음운전을 판단하는 실시간 비전 시스템을 제안한다. 제안된 시스템은 얼굴 영상 분석과 퍼지 이론을 이용하여 운전자의 졸음 또는 부주의함을 경고함으로써 교통사고를 미연에 방지하는 시스템이다. 본 논문에서는 실시간 얼굴 탐색 알고리즘 개발을 위해 퍼지 색상 필터와 가상 얼굴 모형을 이용하여 얼굴 위치 및 눈 영역을 보다 빠르게 검출하고, 눈 깜박임의 빈도수(eye blinking frequency)와 눈의 닫힘 지속 기간(eye closure duration)을 측정하는 방법은 제안한다. 그 다음, 측정된 데이터를 기반으로 퍼지논리를 사용하여 운전자의 피로도를 결정하고 졸음운전 여부를 판단하는 방법을 제안한다. 마지막으로, 제안된 방법은 여러 실험을 통해 그 우수성과 응용 가능성을 증명한다.

Abstract

In this paper, we propose the real-time vision system which judges drowsiness driving based on levels of drivers' fatigue. The proposed system is to prevent traffic accidents by warning the drowsiness and carelessness using face-image analysis and fuzzy logic algorithm. We find the face position and eye areas by using fuzzy skin filter and virtual face model in order to develop the real-time face detection algorithm, and we measure the eye blinking frequency and eye closure duration by using their informations. And then we propose the method for estimating the levels of driver's fatigue based on measured data by using the fuzzy logic and for deciding whether drowsiness driving is or not. Finally, we show the effectiveness and feasibility of the proposed method through some experiments.

Key Words : Drowsiness warning system, vehicle safety, eye blinking frequency, eye closure duration

1. 서 론

최근 지능형 자동차에 대한 연구는 자동차 개발업체를 중심으로 늘어나고 있다. 기존 자동차에 지능을 부여하기 위해 다양한 응용 및 제어알고리즘이 개발되고 있다. 예로, 야간 투시기능, 레이저 센서를 이용한 안전거리주행, 차세대 GPS(Global Positioning System), 차선추적, 탈선경보시스템, 외장 에어백, 졸음운전 경고 시스템 등이 있다[1-3]. 최근 교통사고 통계자료를 보면 교통사고의 원인은 졸음운전이 상당부분 차지하고 있음을 알 수 있다[4]. 졸음운전 시에는 운전자의 주의력이 크게 감소하게 되어 운전자의 운전 조작 및 방어 조작 능력이 현저하게 저하된다. 운전자의 주의력이 감소하게 되면 졸음 상태나 수면상태에 직면하게 되며, 눈이 감기거나 머리를 바로 세우는 것이 어렵다. 이러한 졸음운전의 주요인은 육체적인 피로와 과도한 시각의 사용이며, 고속도로 상에서 흔히 발생하는 단조로운 운전, 긴 운전 시간, 불충분한 수면 시간 및 휴식 등이 졸음운전의 원인에 해당한다. 유럽, 미국, 일본 등은 운전자의 졸음이나 피로에 의한 대비책으로 여러 안전장치의 개발에 많은 인력과 투자가 이루어지고 있다. 유럽의 DRIVE, 미국의 IVHS,

일본의 ASV등은 국가적 계획을 세우고 수년 전부터 상업화가 가능한 졸음 방지 장치의 개발에 박차를 가하고 있다 [5-7]. 졸음운전으로 인한 사고를 막고, 미연에 예방할 수 있는 시스템을 개발하기 위해 졸음을 감지할 수 있는 시스템이 필요하다.

졸음운전과 관련하여 대표적인 방법들은 운전자의 패턴 분석, EEG(Electroencephalogram), 비전을 이용한 운전자 상태 감시에 관한 연구들이 있다. 운전자의 패턴 분석은 손의 압력 또는 핸들 조작 패턴등과 같은 다양한 운전자들의 운전 패턴을 수용하여 모델링하기 어렵기 때문에 실제 적용하기에 어렵다. EEG와 같은 뇌파를 이용한 방법은 정확성은 뛰어나지만 운전자에게 강압적이기 때문에 적용하기 어렵다[8]. 하지만 카메라를 이용하여 운전자의 눈의 형태 변화를 통한 졸음판단은 상당히 신뢰도가 높고 운전자에게 비강압적인 방법으로 비전 기반 시스템에서 실제 사용되고 있는 방법이다[1-2]. 그러나, 이러한 비전 기반 시스템은 조명 변화에 매우 취약하며 특히 주간환경에서 차량이 움직일 경우 다양한 조명환경에 노출되고, 미세한 눈의 움직임을 정확하게 파악하기 위해선 급변하는 조명상태를 극복해야만 한다. 이런 환경을 극복하기 위해 적외선 광원을 사용하여 적외선 광원에 대한 동공의 반응을 이용하였다[9]. 하지만 이런 연구는 태양빛에 의한 적외선 광원의 노출은 배제하고, 제약된 조명 환경에서 이루어졌다.

따라서 본 논문에서는 교통사고로부터 운전자의 생명과

접수일자 : 2007년 1월 15일

완료일자 : 2008년 1월 29일

물질적인 손실을 예방하기 위해 지능형 졸음운전 경고 시스템을 제안한다. 제안된 방법은 단일 카메라를 이용한 시스템으로 주간 환경에서 발생하는 다양한 조명변화를 극복하고, 퍼지 논리를 이용한 효율적인 졸음운전 경고시스템이다. 즉, 본 논문에서는 실시간 얼굴 탐색 알고리즘 개발을 위해 퍼지 색상 필터와 가상 얼굴 모형을 이용하여 얼굴 위치 및 눈 영역을 보다 빠르게 검출하고, 눈 깜박임의 빈도수와 눈의 닫힘 지속 기간을 측정하는 방법은 제안한다. 그 다음, 측정된 데이터를 기반으로 퍼지논리를 사용하여 운전자의 피로도를 결정하고 졸음운전 여부를 판단하는 방법을 제안한다. 마지막으로, 제안된 방법은 여러 실험을 통해 그 우수성을 증명한다.

2. 본 론

졸음 운전 경고 시스템은 CCD 칼라 카메라를 이용하여 입력된 영상으로부터 얼굴 영역 및 눈 영역을 검출하기 위해서 얼굴 영역 추출 알고리즘과 얼굴 구성 요소 추출 알고리즘을 이용한다. 얼굴 영역 추출 알고리즘은 다양한 주변 환경의 조건에서도 강인하게 얼굴 영역을 추출할 수 있는 퍼지 색상 필터를 사용한다. 또한, 얼굴 구성 요소 추출 알고리즘은 가상 얼굴 모형을 이용하여 정확하고 빠르게 눈 영역을 추출한다[10]. 추출된 눈의 영역은 측정된 눈의 양 끝점에서 눈의 최상단 점이 이루는 각을 측정하는 방법을 이용하여 눈의 형태를 측정하고, 측정된 눈의 형태 정보를 이용하여 운전자의 눈 깜박임 빈도수와 PERCLOS를 이용하여 눈의 닫힘 지속 시간을 측정하여, 졸음운전 경고를 위한 운전자의 피로도 판단의 정보로 이용된다.

2.1 퍼지 색상 필터를 이용한 얼굴 영역 검출

사람의 피부색을 이용한 얼굴 영역 검출은 얼굴색의 다양함과 주변 환경의 조도 변화에 따른 피부색 변화로 인해 매우 힘든 일이다. 기존의 피부색을 이용한 얼굴 영역 추출 방법은 대부분 고정된 피부색 범위를 찾고 이를 바탕으로 피부색을 분리하는 방법을 사용하였다. 하지만 이러한 방법은 조도 환경의 변화 및 얼굴의 변화에 강인하게 대처하지 못하는 단점을 가진다. 본 논문에서는 이러한 문제를 해결하고 빠르게 얼굴 영역을 검출하기 위해 퍼지 모델 기반 색상 필터를 사용한다. 퍼지 색상 필터는 식 (1)과 같은 규칙으로 구성된다.

$$R_i: \text{IF } x_1 \text{ is } M_{i1} \text{ and } x_2 \text{ is } M_{i2} \text{ and } x_3 \text{ is } M_{i3} \text{ THEN } y_i(x) = d_i \quad (1)$$

여기서, $[x_1, x_2, x_3]$ 은 얼굴 색상 정보이며 각각 색상의 색상, 채도, 명도 값을 갖는다. M_{i1}, \dots, M_{i3} 는 조건부 퍼지 집합이며, $y_i(x)$ 는 i 번째 규칙의 결론부 출력이며, d_i 는 결론부 변수를 나타내며, $x = [x_1, x_2, x_3]^T$ 는 입력 벡터를 나타낸다. 소속 함수는 다음과 같은 가우시안 소속 함수를 사용한다.

$$\mu_{M_j} = e^{-\frac{(c_j - x_j)^2}{v_j^i}} \quad (2)$$

여기서, c_j^i 와 v_j^i 는 i 번째 규칙의 j 번째 입력의 중심

값과 분산을 나타낸다. 최종 퍼지 규칙의 최종 출력 $Y(x)$ 은 다음과 같다.

$$Y(x) = \frac{\sum_{i=1}^l h_i(x) d_i}{\sum_{i=1}^l h_i(x)} \quad (3)$$

$$h_i(x) = \prod_{j=1}^3 \mu_{M_j}(x_j) \quad (4)$$

여기서, l 은 퍼지 규칙의 수이다. 색상 필터링에 소모되는 시간을 단축시키기 위해 퍼지 규칙 수는 적을수록 좋다. 최종 퍼지 규칙의 최종 출력은 명확한 얼굴 피부색에 대한 소속 정도를 나타내지 못하기 때문에 다음과 같은 후처리 과정을 사용하여 명확한 피부색에 대한 소속 정도를 얻는다.

$$\hat{Y}(x) = \begin{cases} 1, & |Y(x) - 1| \leq |Y(x)| \\ 0, & |Y(x) - 1| > |Y(x)| \end{cases} \quad (5)$$

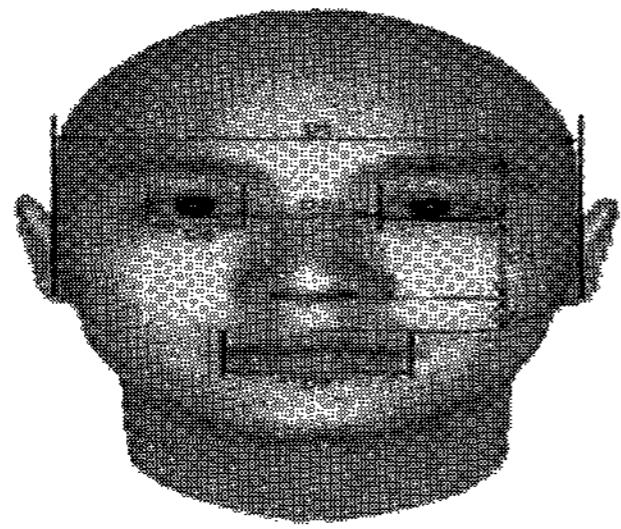
여기서, $\hat{Y}(x)$ 는 입력 픽셀이 x 일 때 색상 필터가 적용된 최종 픽셀의 값이다. 본 논문에서는 퍼지 색상 필터가 피부색에서는 1의 값을 가지고 피부색이 아닌 곳에서는 0의 값을 가지도록 동정된다. 최종적으로 유전 알고리즘을 사용하여 조건부 소속 함수의 파라미터 c_j^i 와 v_j^i 그리고 결론부 파라미터 d_i 가 동정된다. 동정에 사용된 유전 알고리즘은 MATLAB의 GAtool을 이용하여 구현되었으며, 동정에 사용된 학습 데이터는 피부색 데이터가 100개, 배경색 데이터 100개가 사용되었다. 퍼지 색상 필터를 이용해 얼굴의 후보 영역을 찾은 후 정확한 얼굴 영역을 추출하기 위해서는 히스토그램 분석 기법을 사용하였다.

2.2 가상 얼굴 모형을 이용한 눈 영역 추출기법

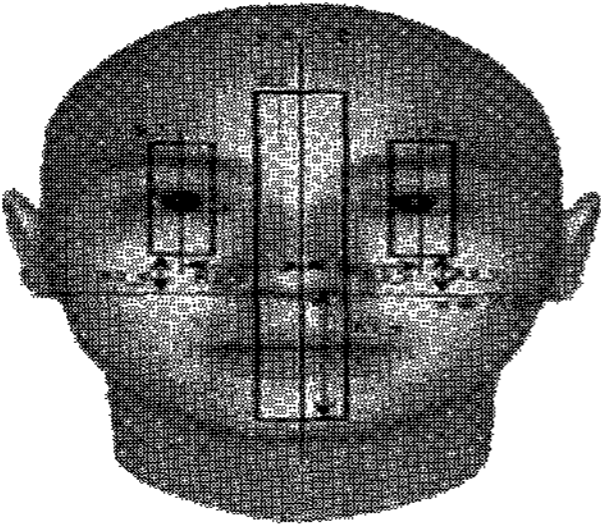
가상 얼굴 모형은 얼굴 영역 분석의 정확도를 높이고 수행 시간을 줄이기 위해 제안된 얼굴 구성 요소간의 정보를 기반으로 한 얼굴 모형이다. 그림 1은 가상 얼굴 모형이 가지고 있는 얼굴 구성 요소간의 정보 종류를 나타낸다. 눈 영역을 검출하기 위하여 눈썹, 눈, 요소의 특징을 중점으로 가상 얼굴 모형은 구성된다. 그림 1(b)는 히스토그램 기법을 사용하여 각 영역을 추출하기 위한 3가지의 탐색 공간을 나타낸다. 탐색 공간 R1은 코와 입의 위치를 찾기 위해 사용되는 탐색 공간이며, R2와 R3은 눈과 눈썹의 위치를 찾기 위한 탐색 공간이다. 탐색 공간의 폭과 길이는 추출된 얼굴 가로 길이와 가상 얼굴 모형의 정보를 바탕으로 결정된다[10].

가상 얼굴 모형을 이용해 얼굴 구성 요소인 눈과 코 영역을 추출하기 위해서 히스토그램 분석 방법을 사용한다. 얼굴 영상이 분석된 후 눈의 특징 벡터를 추출하는 과정이 필요하다. 표 1과 그림 2는 눈 영역의 특징 벡터 추출영역을 나타낸다.

정확한 특징 벡터 추출을 위해 기하학적 정보 및 형태적 정보를 모두 사용하는 방법을 사용한다. 추출된 특징 벡터는 그 영상의 크기와 개개인의 얼굴 크기가 다른 관계로 정규화가 필요하다. 본 연구에서는 추출된 얼굴 영역 중 가장 확실한 추출이 가능한 눈가로 길이 m 을 이용하여 모든 특징 벡터 값을 정규화 한다. 템플릿 변형을 통한 비교는 변형에 많은 시간을 필요로 하기 때문에 본 연구에서는 식 (6)과 같은 방법을 통해 유사도를 산출한다.



(a) 가상얼굴 모형



(b) 얼굴 탐색 공간

그림 1. 가상 얼굴 모형

Fig. 1 Model of virtual face

표 1. 눈 영역 특징 벡터

Table 1. Feature vectors in eye-region

특징 벡터	설명	크기
X_eyebrow	양 눈썹 사이 간격	1×1
X_eyeyebrow	눈썹과 눈 사이의 거리	1×1
X_eyenose_1, X_eyenose_2	코와 눈과의 거리	2×1
Shape_eye	눈 모양 템플릿과 에러	4×1

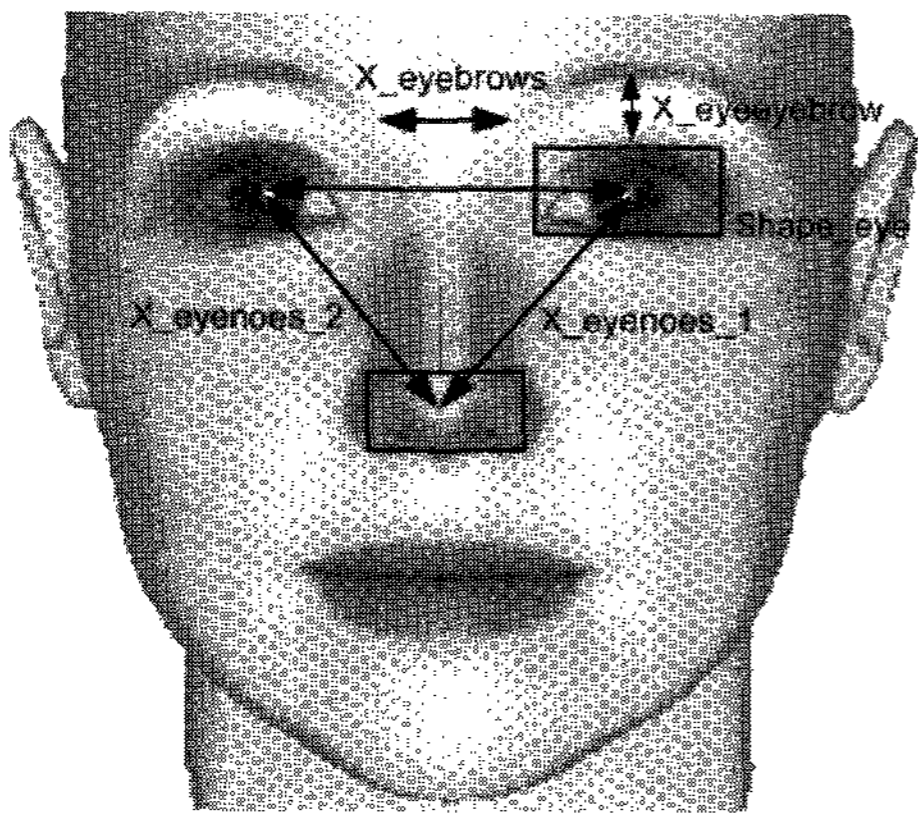


그림 2. 눈 영역 특징 벡터

Fig. 2 Feature vector in eye region

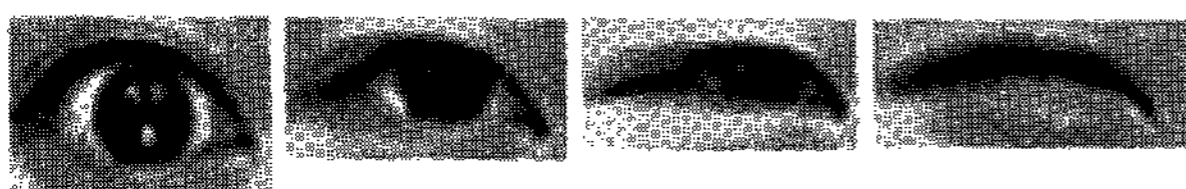


그림 3. 눈 모양 템플릿

Fig. 3 Template for eye

$$similarity = |e_{width}| + |e_{height}| + |e_{ratio}| + |e_{pixel}| \quad (6)$$

여기서, $|e_{width}|$ 는 템플릿의 가로길이 오차, $|e_{height}|$ 는 세로 길이 오차, $|e_{ratio}|$ 는 가로 세로 비 오차 그리고 $|e_{pixel}|$ 는 내부 픽셀 수 오차는 나타낸다. 그림 3은 논문에서 사용한 눈 모양 템플릿이다. 표 2는 논문에서 사용된 템플릿 세부 값이다.

표 2 눈 영역 템플릿 세부 특징 값

Table 2 Feature information in eye region

템플릿	가로길이	세로길이	가로세로 비	픽셀 수
(a)	0.2229	0.3147	0.6565	13.0924
(b)	0.2309	0.2404	0.4648	9.6083
(c)	0.2325	0.2500	0.4921	10.4971
(d)	0.2327	0.2536	0.4886	11.4341

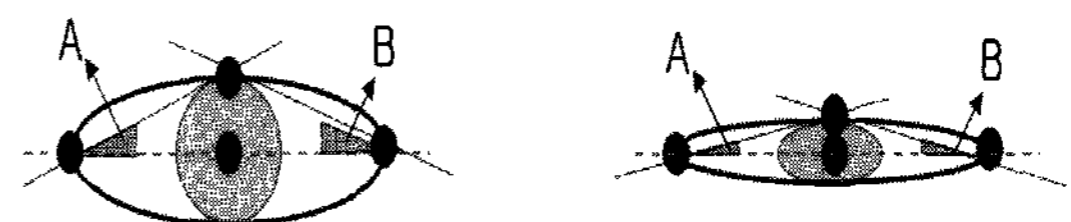
2.3 측정된 눈 영역의 형태 판단

앞에서 검출된 눈 영역을 기반으로 눈꺼풀 상태를 측정하여 눈의 개폐 상태 여부를 측정한다. 눈의 개폐 상태를 측정하는 방법에는 눈의 타원 형태를 이용하여 타원의 비율을 이용한 방법을 주로 사용한다[8]. 본 논문에서는 보다 개폐 상태의 정확한 측정을 위하여 그림 4와 같이 측정된 눈의 양 끝점에서 눈의 최상단 점이 이루는 각을 측정하는 방법을 사용한다. 측정된 2개의 각은 식 (7)과 같이 절대 값의 합으로 표현한다.

$$degree(eye) = |degree(A)| + |degree(B)| \quad (7)$$

눈 끝에 생성된 각각의 절대 값의 합이 임계 값 이상이면 뜬 눈으로 반대로 임계 값 이하인 경우에는 감은 눈으로 판별한다. 임계값의 설정은 최근 5초 동안의 눈의 변화를 측정하여 평균값을 구한 후, 평균값의 3분의 2가 되는 값을 뜬눈과 감은 눈의 임계값으로 설정 하였다.

계속 눈을 감고 있는 경우를 측정하기 위한 임계값은 평균값의 5분의 1로 정하고 임계값 이하의 경우에 대해서는 감은 눈으로 판별한다.



(a) 뜬 눈 상태의 측정 (b) 감은 눈 상의 측정

그림 4. 눈 움직임 측정

Fig. 4 Move measurement of eye

그림 5와 같은 눈의 닫힘 지속시간의 측정은 PERCLOS를 사용한다. PERCLOS는 가장 일반적이며, 여러 연구결과에서 비접촉식 졸음운전 분석방법으로 높은 성능과 신뢰성을 보여주는 방법이다[13]. PERCLOS는 식 (8)과 같이 일정 추적시간 동안 눈을 감고 있는 시간의 누적을 퍼센트로 나타내는 것이다. PERCLOS를 이용하여 일정시간 마다 측정되는 데이터는 운전자의 피로도를 산출하는 정보로 사용된다.

$$PERCLOS(\%) = \frac{\text{눈감은 시간의 누적}}{\text{누적을 위한 일정측정 기간}} \times 100 \quad (8)$$

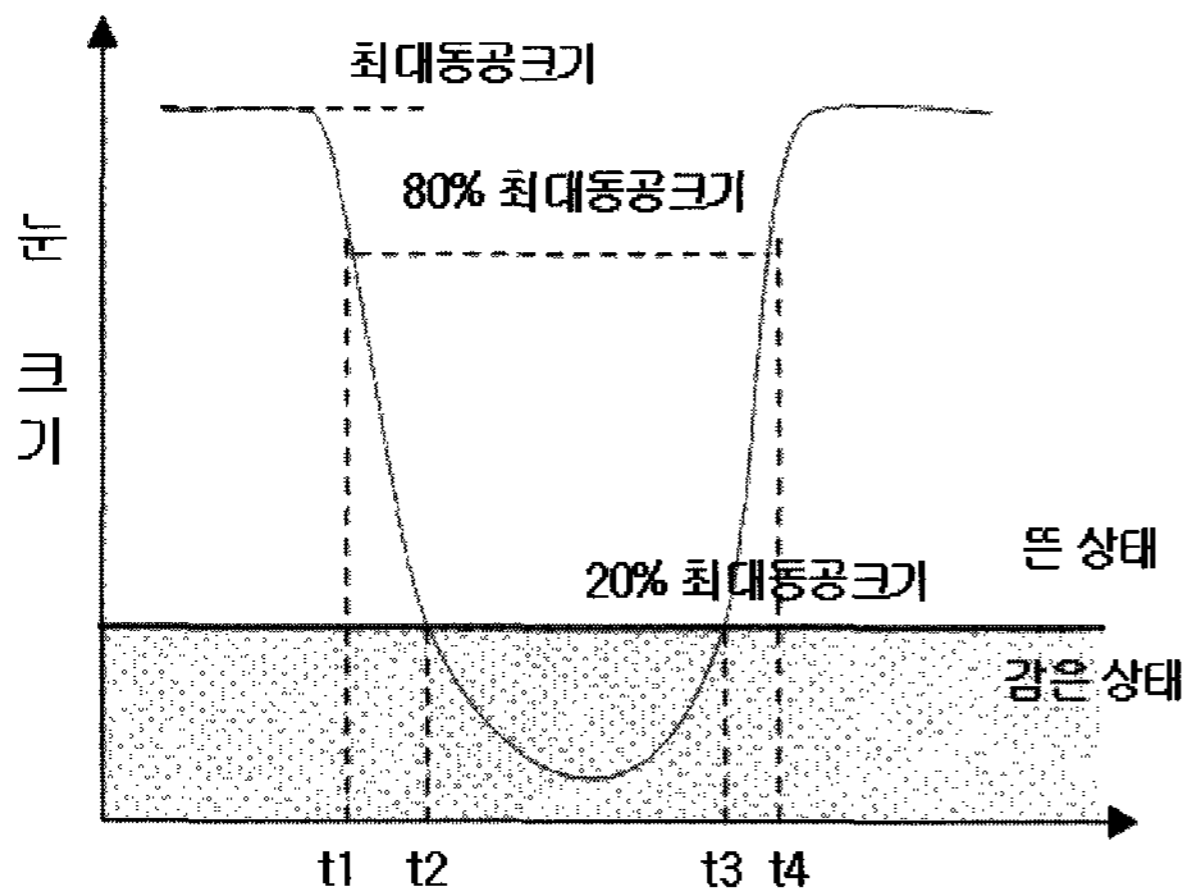


그림 5. 눈 크기에 따른 눈감은 시간
Fig. 5. Closing time according to eye size

2.4 퍼지 논리를 이용한 졸음운전 판단

퍼지 논리는 일반적으로 시스템의 특성이 복잡하거나 정량적인 방법으로 해석하기 어렵고 부정확한 경우 이용한다. 본 연구에서 운전자의 졸음운전을 판단하기 위한 피로감을 인지하기 위해 퍼지 논리를 적용한다. 피로감 인지에서 사용되는 입력 변수는 측정된 눈 깜박임의 빈도수와 눈의 닫힘 지속 시간을 이용한다[14]. 출력 변수인 피로도는 제안한 규칙과 비퍼지화를 근거로 계산된다. 각각의 소속 함수의 설정은 눈 깜박임의 빈도수(Eye linking frequency)와 눈의 닫힘 지속 시간(Eye closure duration)에 따라 설정하였다. 입력 변수인 눈 깜박임의 빈도수와 눈의 닫힘 지속 시간은 다음 식 (9)로 나타낸다.

Shot eye blinking frequency = Triangle (0, 0, 4)
Medium eye blinking frequency = Triangle (3, 8, 13)
Long eye blinking frequency = Triangle (8, 25, 25) (9)

Shot eyelid closure duration = Triangle (0, 0, 5)
Medium eyelid closure duration = Triangle (4, 10, 20)
Long eyelid closure duration = Triangle (8, 30, 30)

운전자의 피로도를 나타내는 출력변수는 식 (10)으로 3 단계로 나타낸다.

Safe = Triangle (0, 0, 4)
Caution = Triangle (3, 5, 9) (10)
Danger = Triangle (8, 10, 10)

그림 6은 입력 및 출력 변수의 소속 함수를 보여준다. 대체로 눈 깜박임의 지속시간은 3-4초 사이이며, 운전자의 눈 깜박임은 0.25-0.3초 정도 지속된다[14]. 입력 변수는 운전자의 신체 상태에 따라 변화한다. 예를 들면, 운전자가 피곤한 상태에서는 눈을 보호하기 위해 무의식적으로 눈감은 상태가 길어진다. 일반적인 사람의 눈 깜박임의 지속 기간은 약 0.3초 정도이다. 운전자의 주의력이 강화되어 있을 경우는 깜박임 빈도수는 높아지며, 눈의 닫힘 지속기간은 낮아진다. 그러나 운전자가 피로할 경우 눈 깜박임 빈도수는 낮아지며, 눈의 닫힘 지속기간은 높아진다. 이러한 눈 깜박임 빈도수와 눈 닫힘 지속기간을 근거로 다음과 같은 9개의 규칙이 정의 된다.

Rule 1 : IF eye blinking frequency is shot AND eyelid

- closure duration is slow, THEN safe
- Rule 2 : IF eye blinking frequency is shot AND eyelid closure duration is medium, THEN safe
- Rule 3 : IF eye blinking frequency is shot AND eyelid closure duration is fast, THEN caution
- Rule 4 : IF eye blinking frequency is shot AND eyelid closure duration is shot, THEN caution
- Rule 5 : IF eye blinking frequency is medium AND eyelid closure duration is medium, THEN caution
- Rule 6 : IF eye blinking frequency is medium AND eyelid closure duration is fast, THEN danger
- Rule 7 : IF eye blinking frequency is medium AND eyelid closure duration is slow, THEN danger
- Rule 8 : IF eye blinking frequency is shot AND eyelid closure duration is medium, THEN danger
- Rule 9 : IF eye blinking frequency is long AND eyelid closure duration is fast, THEN danger

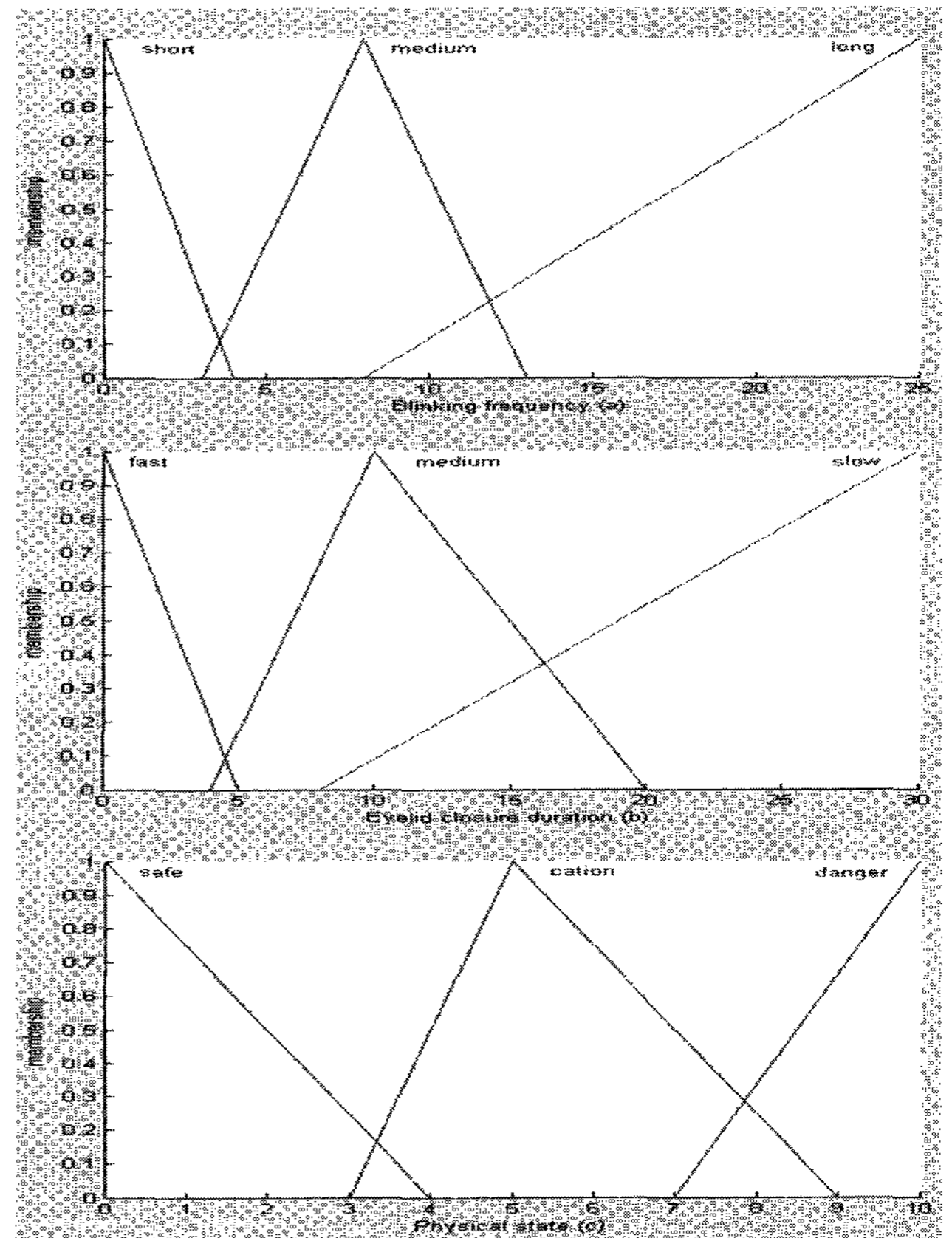


그림 6. 입력 변수(a, b)와 출력 변수(c)의 소속 함수
Fig. 6 Membership function of input(a, b) and output variables

제안된 시스템의 입력변수인 눈 깜박임의 빈도수와 눈 감김 지속기간은 입력된 이미지의 영상분석을 근거로 "Shot eye blinking frequency~Long eye blinking frequency", "Shot eyelid closure duration~Long eyelid closure duration"으로 전환된다. 최종적으로 출력 값은 비퍼지화 방법인 무게 중심법을 사용한다.

$$CG = \frac{\sum_{i=1}^k y_i \times B_i}{\sum_{i=1}^k B_i} \quad (11)$$

최종적으로 출력 값은 방정식 식 (9)에서 식 (10)을 통해 얻을 수 있다. 최종 출력 값은 운전자의 피로여부를 결정하여 졸음운전을 판단할 수 있다. 그림 7은 본 시스템의 운전자의 졸음운전 여부를 결정하는 퍼지 제어 영역을 나타낸다.

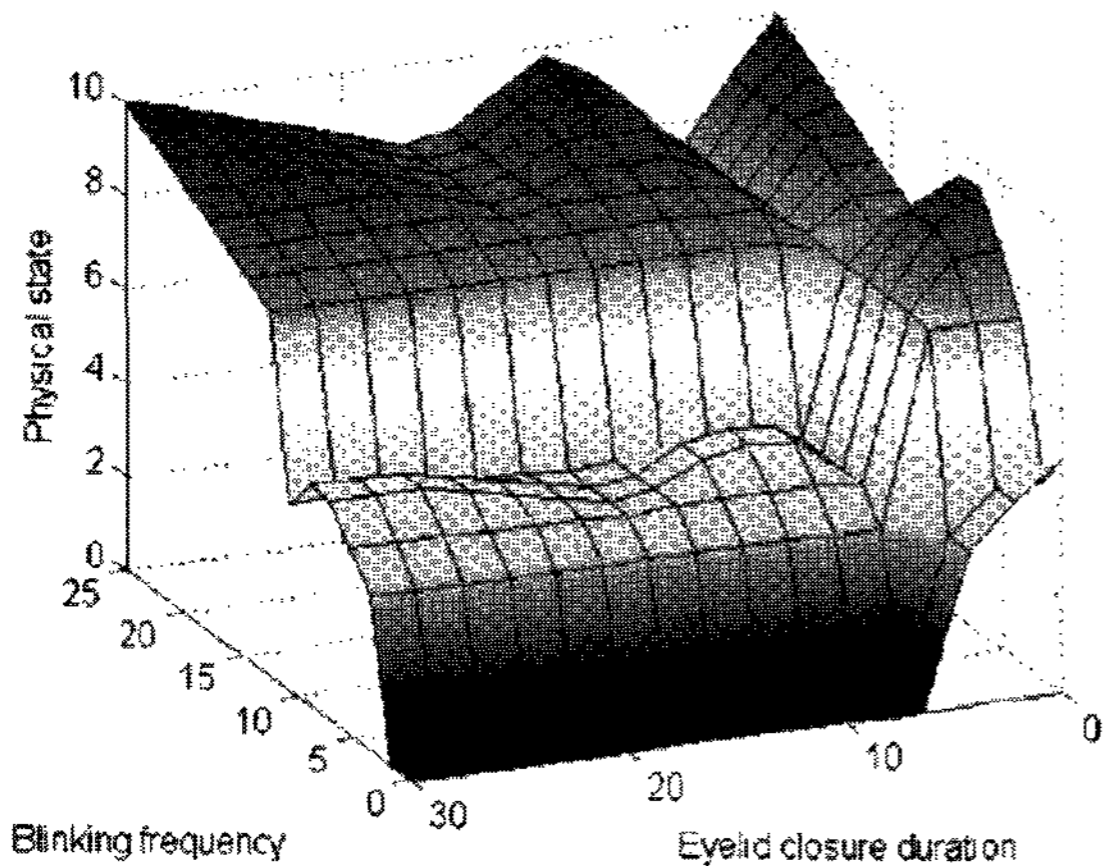


그림 7. 졸음운전 경고시스템의 퍼지제어 영역
Fig. 7 Fuzzy control surface for drowsiness drive warning system

3. 실험 및 결과 고찰

본 논문에서 실험에 사용된 영상은 CCD카메라로부터 얻은 320×240크기의 24bit 컬러 영상이며, 프레임 속도는 10frame/sec이다. 안전상의 문제가 있기 때문에 실제 운전 중이 아닌 실내에서 운전을 가정하고 실험영상을 획득 하였다. 실험영상은 주간운전 상황으로 설정하였으며, 강한 햇빛 으로부터 운전자의 눈을 보호하기 위해 사용하는 선글라스 에 의한 눈의 가려짐 문제는 본 실험에서 고려하지 않았다. 카메라와 운전자의 거리범위(0.5~1m)안에서 운전자의 얼굴 및 눈 영역 검출을 실행하게 된다. 그림 8은 10명의 운전자의 얼굴 및 눈 영역을 검출한 영상이다. 복잡한 배경 하에서 운전자는 안경 착용상태 와 안경 미착용상태에서 얼굴 및 눈 영역 검출 실험결과 모두 검출을 성공하는 결과를 얻었다.

운전 중에 발생하는 다양한 조명의 변화에 따른 얼굴 및 눈 영역 검출을 실험하기 위하여 원본 영상에 각 단계별로 인위적으로 명암 값을 조절하여 실험하였다. 실험영상은 10명의 운전자를 대상으로 실시하였으며, 각 단계는 원본영상을 기준으로 10%씩 명암 값을 높이거나 낮춤으로서 운전 중에 발생하는 여러 조명 변화를 인위적으로 연출하였다. 그림 9는 여러 단계에 따른 실험 결과를 나타낸 그림이다. 결과는 표 3과 같다. 표에서 보는 바와 같이 다양한 조명 변화에도 성공적으로 검출하는 것을 확인할 수 있다.

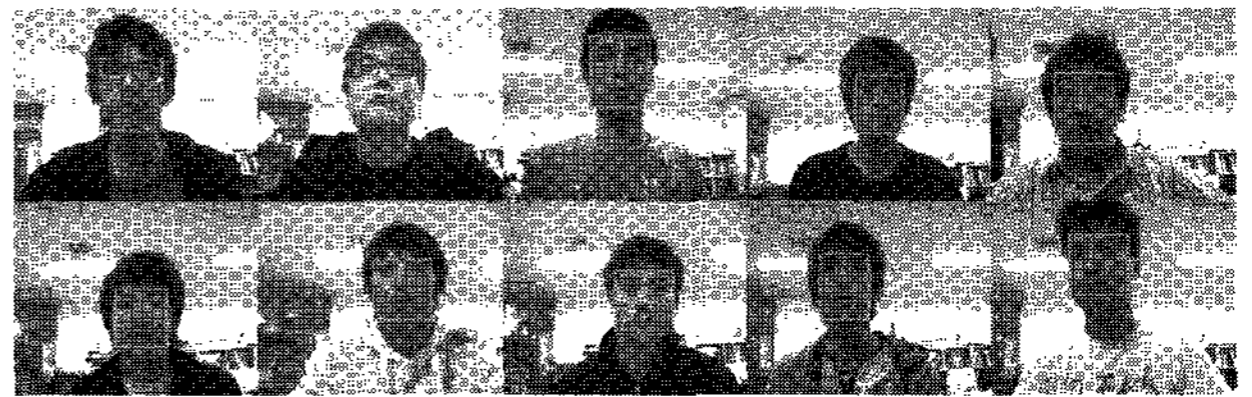


그림 8. 얼굴 및 눈 영역
Fig. 8. Face and eye region

표 3 조명 변화에 따른 얼굴 및 눈 영역 추출률
Table 3 Extraction ratio of face eye region for illumination changing

구분/프레임수	I	II	III	IV	V	평균 추출률
프레임 수	500	620	620	620	670	
얼굴 영역	490	610	600	595	640	
눈 영역	485	600	590	585	620	
추출성공률	96.5%	97%	95.6%	95%	94%	96%

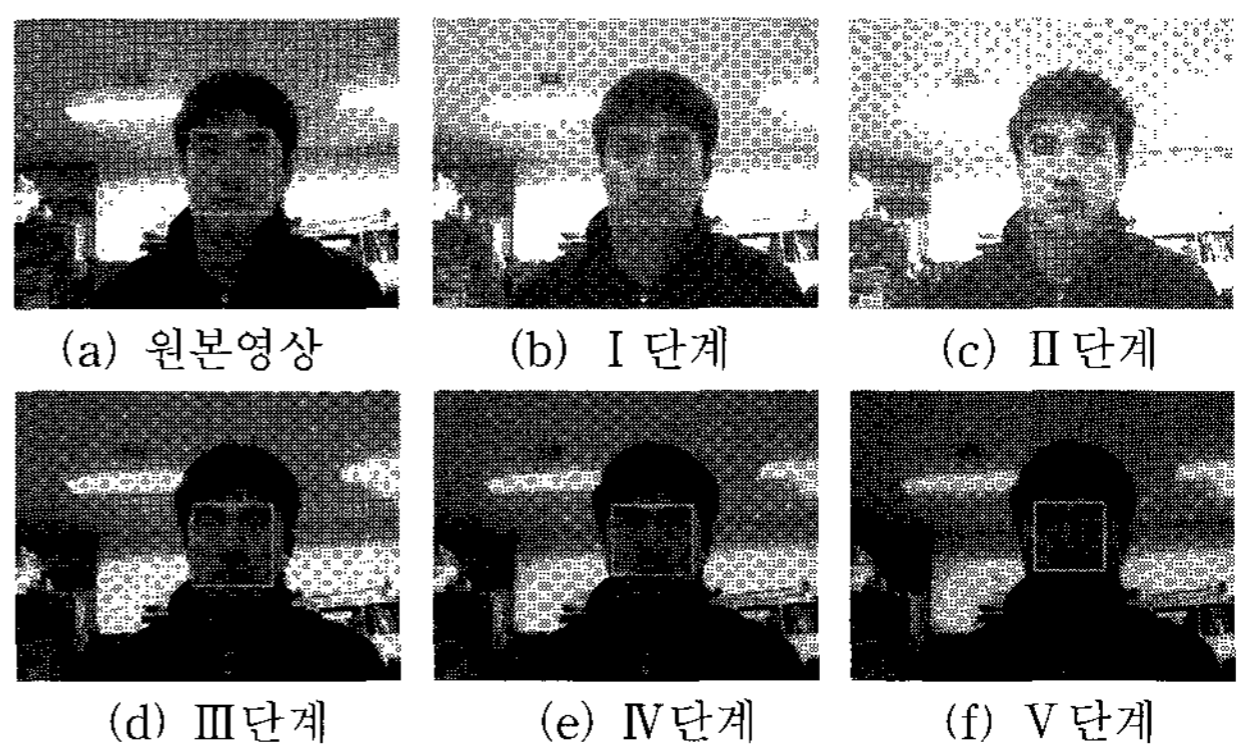


그림 9. 조명변화에 따른 얼굴 및 눈 영역 추출률
Fig. 9 Extraction ratio of face eye region according to illumination changing

그림 10은 운전자의 과도한 움직임으로 눈 영역이 검출이 되지 않는 경우를 보여 준다. 다음과 같은 영상은 주로 좌우 방향 또는 아래 방향을 인지할 때 나타나는 현상인데 이때는 시스템이 얼굴과 눈 영역을 다시 검출 가능할 때 까지 대기하게 된다. 시스템의 졸음운전 판단 여부를 확인하기 위하여 10명의 실험 운전자를 대상으로 실험영상 데이터를 수집하였다. 수집된 실험영상은 졸음여부가 없을 경우의 영상과 졸음이 발생하는 영상으로 구분된다. 입력된 영상으로부터 시스템이 제대로 동작하고 신뢰성이 있는지 평가 하였다. 표 4의 영상 1, 2는 졸음여부가 없는 영상이고, 영상 3-5 는 졸음이 발생하는 영상이다. 표에서 확인할 수 있는 것처럼 운전자가 피로할 경우 눈 깜박임 빈도수는 낮아지며, 눈의 닫힘 지속시간은 높아진다. 또한 눈 깜박임 빈도수와 눈의 닫힘 지속시간에 여부에 따라 졸음여부에 대하여 판단을 할 수 있음을 보여준다.



그림 10. 눈 영역 검출 실패의 예
fig. 10 Measurement failure example of eye region

4. 결 론

본 논문에서는 다양한 조명변화 속에서도 단일 카메라를 통하여 졸음운전을 판단하는 실시간 시스템을 제안하였다. 자체 수집한 데이터를 통해 제안한 시스템이 여러 조명환경에서도 안정적으로 동작함을 보였다. 본 논문에서 제안한 퍼지 색상 필터와 가상 얼굴 모형을 이용하여 얼굴 위치 및 눈 영역을 보다 빠르게 검출하고, 퍼지논리를 이용하여 운전자 졸음경고 프로그램의 가능성을 여러 실험 결과를 통하여 확인하였다.

향후, 생체 센서와 입모양, 머리 움직임 등의 보다 복잡한 정보를 사용하여 경고율과 시스템의 신뢰성을 보다 높일 수 있는 연구가 추가적으로 필요하다.

표 4. 입력영상에 따른 졸음판단
Table 4 Drowsiness judgment of Input image

	프레임 수	눈 깜박임 빈도수	눈의단합 지속시간	PERCLOS	결과
영상 1	400	140	42	10.5%	Safe
영상 2	700	200	130	18%	Caution
영상 3	400	20	120	30%	Danger
영상 4	500	29	160	32%	Danger
영상 5	700	40	280	40%	Danger

참 고 문 헌

[1] T.Hayami, K. Matsunaga, K. Shidoji, and Y. Matsuki, "Detecting drowsiness while driving by measuring eye movement-a pilot study," *Proceedings of The IEEE 5th International Conference on Intelligent Transportation Systems*, pp. 156-161, 2002.

[2] H. Ueno, M. Kaneda, and M. Tsukino, "Development of drowsiness detection system," *Proceedings of Vehicle Navigation and information Systems*, pp. 15-20, 1994.

[3] M. V. Winsum, D.E. Waard, and K. A. Brookhuis, "Lane change manoeuvres and safety margins," *Transportation Research Part F*, Vol. 2, pp. 139-149, 1999.

[4] J. H. Richardsom, "The development of a driver alertness monitoring system", *Fatigue and Driving, Taylor & Francis*, pp. 219-229, 1995.

[5] K. A. Brookhuis, "The use of physical measures to validate driver monitoring", *Advanced*

Technology for Road Transport : IVHS and ATT, ARTECH HOUSE, pp. 365-376, 1994.

[6] S. Fairclouht, "Psychophysiological measures of work load and stress", *Advanced Technology for Road Transport : IVHS and ATT, ARTECH HOUSE*, pp. 377-392, 1994.

[7] Renner, G and Mehring, S, "Lane departure and drowsiness-two major accident causes-one safety system," *Transport Research Laboratory, TRL Report*, pp. 220, 1997.

[8] J. Qiang and Y. Xiaojie, "Real-time eye, gaze, and face pose tracking for monitoring driver vigilance," *Real-time Imaging*, Vol. 8, Issue 5, pp. 357-377, 2002.

[9] O. Kenj and S. Mitsuo, "A drowsiness detection system", *Technical report, Mitsubishi Electric Advance*, 1997

[10] 주영훈, 정근호, 김문환, 박진배, 이재연, 조용조, "감정 인식을 위한 얼굴 영상 분석 알고리즘," *퍼지 및 지능시스템 학회*, Vol 14, No. 7, pp. 801-806, 2004.

[11] F. Hwa, "Crash problem Size Assessment : Large truck crashes related primarily to driver fatigue," *Federal Highway Administration, Office of Motor Carriers*, 1998, 8.

[12] 박일권, 김광수, 박상철, "조명에 강인한 눈꺼풀 움직임 측정기반 운전자 감시 시스템," *한국정보과학회*, pp. 255-265, 2007

[13] H. Morimoto, D. Koons, A. Amir, and M. Flickner, "Pupil detection and tracking using multiple light sources", *Image and Vision Computing*, Vol 18, pp. 331-335, 2000

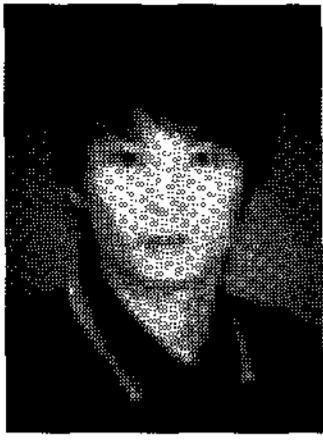
[14] J. D. Wu and T. R. Chen, "Development of a drowsiness warning system based on the fuzzy logic images analysis," *Expert Systems with Applications*, Vol. 34, Issue 2, pp. 1556-1561, 2008.

저 자 소 개



주영훈(Young Hoon Joo)

2008년 제 18권 제 1호 참조



김진규(Jin Kyu Kim)
2007년 : 군산대 전자정보공학부 졸업
2007년~현재 : 동 대학원 전자정보공학과 석사과정

관심분야 : 지능형 제어, 감정인식, 패턴 인식, 퍼지 이론.

Phone : 010-4652-9300

E-mail : kjk3242@kunsan.ac.kr



나인호(In Ho RA)
2007년 : 울산대 전자계산학과 졸업.
1991년 : 중앙대 대학원 공학석사,
1995년 : 동 대학교 공학박사.
1995년~현재 : 군산대 전자정보공학부 교수.

관심분야 : 멀티미디어 통신, 무선센서네트워크, 유비쿼터스 컴퓨팅, 텔레메틱스 시스템

Phone : 063-469-4697

E-mail : ihra@kunsan.ac.kr