

# 운전자 제스처 인식을 위한 얼굴 검출 알고리즘

## Face Detection Algorithm for Driver's Gesture Recognition

한철훈, 양현창, 심귀보

Cheol-Hoon Han, Hyun-Chang Yang, and Kwee-Bo Sim

중앙대학교 전자전기공학부

(E-mail: [kbsim@cau.ac.kr](mailto:kbsim@cau.ac.kr))

### 요 약

자동차의 수가 점점 증가함에 따라 교통사고도 그 만큼 증가하고 있다. 교통사고의 주요 원인 중 하나가 졸음운전이나 부주의한 운전에 의한 것이다. 따라서 Real-Time으로 운전자의 제스처를 인식하여 졸음운전이나 부주의에 의한 사고를 사전에 예방하여 보다 안전한 운전을 돕는 서비스가 필요시 되고 있다. 본 논문에서는 운전자의 제스처 인식에 전처리 과정으로 운전자의 상반신에 대한 영상데이터에서 Adaboost를 이용하여 복잡한 배경과 다양한 환경에서 강인하게 얼굴 영역을 찾는 알고리즘을 소개한다.

**Key Words** : Gesture Recognition, Driver, Haar-like feature, Adaboost, Face Detection

### 1. 서 론

자동차의 산업 및 기술이 발전함에 따라 기존의 기계적인 부분에서 서비스적인 부분으로 관심이 점점 바뀌고 있는 추세이다. 이와 같은 추세에 발맞추어 운전자에게 보다 안정적이며 편리한 운전 환경을 조성하기 위한 방법으로 감정 및 인지 인식에 대한 관심이 점점 높아지고 있다. 또한 자동차의 수가 점점 증가함에 따라 교통사고도 그 만큼 증가하고 있다. 특히 졸음운전으로 인한 교통사고는 대부분 중상 내지 사망에 이르는 대형사고로 이어지는 통계가 매스컴을 통해 널리 보도되고 있어 졸음운전이 얼마나 치명적인지를 보여준다[1].

본 논문에서는 안전운전을 위한 보조시스템으로 카메라를 이용하여 졸음운전과 더불어 부주의한 운전에도 대해서도 경고를 하여 사전에 교통사고를 방지하는 시스템을 목표로 하여 그 전 처리 과정으로 운전자의 얼굴을 검출하는 알고리즘을 구현한다.

기존의 얼굴 검출을 위한 방법은 크게 이미지 기반의 방법과 특징 기반의 방법으로 나누

어지며 특징 기반 방법으로는 low level 분석, 특징 분석, 능동 형상 모델이 있다. 이미지 기반 방법으로는 선형 부분 공간 방법, 신경망을 이용한 방법, 통계적인 방법 등이 있다 [2][3].

본 논문에서는 실시간 영상에서 얼굴을 검출함에 있어서 처리 속도와 정확도를 높이기 위해 Haar-like feature를 이용한 특징 기반으로 Adaboost 학습 알고리즘을 사용하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 제스처 인식의 방법에 대해 설명하고, 2.1절에서는 얼굴후보영역추출, 2.2절에서는 Haar-like feature를 이용한 특징점 검출방법, 2.3절에서 Adaboost 알고리즘을 이용한 얼굴추적 대해 기술한다. 3장에서는 제안된 방법을 실험한 결과를 도시하며 4장에서 결론을 맺는다.

### 2. 운전자의 제스처 인식 방법

일반적으로 제스처는 인간의 생각이나 감정을 표현하고 강조하기 위한 신체 또는 팔다리의 움직임이라고 정의되어진다. 이는 단순히 일상생활에서의 의미를 나타낸 것으로, 카메라를 통하여 입력되는 2차원 영상에서의 제스처는 시공간 속에서 어떤 의미를 지닌 연속적인

감사의 글 : 이 논문은 2007년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임(KRF-2007-313-D00493). 연구비지원에 감사드립니다.

패턴의 집합이라고 정의할 수 있다.

제스처를 인식하기 위해서는 운전자의 얼굴 영역이 중점으로 검출되어야 하며, 이 부분이 제대로 동작하지 않는다면 제스처 인식이 구현될 수 없다. 따라서 실시간 얼굴 검출 알고리즘(real-time face tracking system)에 적용하기 위해서는 얼굴 검출 알고리즘의 처리 속도 또한 중요하게 고려되어야 한다.

얼굴 영역의 검출은 다음의 각 절에서 자세하게 설명하기로 한다.

### 2.1 얼굴 후보 영역 추출

사람의 피부색(skin color)은 얼굴 검출에 있어서 훌륭한 특징점이 될 수 있다. 비록 사람마다 피부색이 다르지만 이러한 차이의 주된 이유는 색상보다는 밝기(intensity)의 차이에 있다는 것이 여러 논문을 통해 입증되었다.[4][5].

특정한 조명에서 피부색은 얼굴의 회전이나 크기의 변화에 강인한 특성을 가진다. 이러한 이유로 얼굴 검출 시스템에서 피부색을 특징점으로 많이 이용한다. 본 논문에서는 이러한 피부색을 모델링하는 방법으로 YCbCr 컬러 모델을 사용하였다. 휘도는 Y로 기호화 되고 푸른 정보와 붉은 정보는 Cb, Cr로 기호화 된다.

RGB에서 YCbCr로의 변환은 다음과 같은 공식에 의해 계산된다.

$$Y = 0.2990R + 0.5870G + 0.1140B$$

$$Cb = -0.16874R - 0.33126G + 0.50000B$$

$$Cr = 0.50000R - 0.41869G - 0.08131B$$

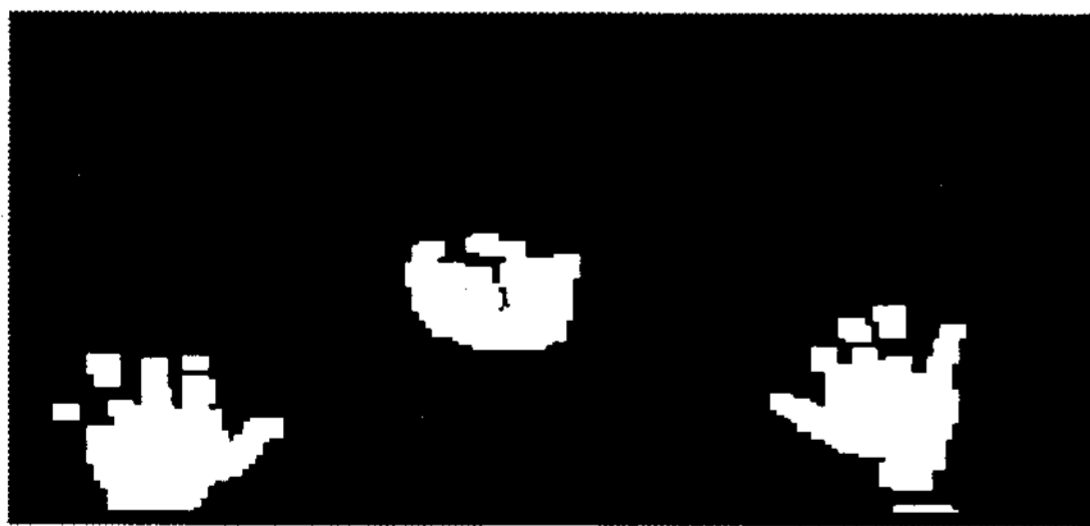


그림 1 YCbCr 컬러모델에 의해 선택된 얼굴 후보영역

### 2.2 Haar-like feature 특징점 검출 방법

Haar 변환은 영상에서 수평, 수직 및 대각 방향으로 에지를 다른 스케일로 분해하는 것이고 이를 변형시키고 첨가시킨 형태인 Haar-like 웨이블릿이 많이 쓰이고 있다.

분류기 추출 방법으로 사각 특징 점을 이용한 Adaboost 방법은 학습시간이 매우 오래 걸린다는 단점이 있지만, 실행속도가 다른 방법에 비해 빠르고 인식률도 좋은 편이어서 실시간으로 얼굴을 인식하기에 적합한 방법이라고 생각된다. 최근에 논문에도 실행속도를 향상시키기 위해 사각 특징 점[6]을 사용하거나 변형한 사각 특징 점을 사용하고 있다.

얼굴 검출 및 추적 부분에서는 피부색(skin color)을 이용해서 얼굴의 후보영역을 찾고, 그 찾은 얼굴에 대해서 일곱 가지의 사각 특징 점(rectangle feature)[7]을 이용한 강분류기를 적용시켜서 얼굴을 검출하게 된다.

두개의 사각형으로 구성된 특징 점의 값은 두개의 사각형 영역내의 밝기 값들의 합의 차이이다. 각각의 영역은 동일한 크기와 모양을 가진다. 세 개의 사각형으로 구성된 특징 점의 값은 바깥쪽 두 개의 사각형 영역내의 밝기 값의 합에서 가운데 사각형 영역의 밝기 값의 합을 뺀 값이다. 끝으로 네 개의 사각형으로 구성된 특징 점의 값은 대각선 방향의 두 쌍의 사각형 영역의 밝기 값의 합의 차이이다.

#### 1. 에지 특성



#### 2. 라인 특성



#### 3. 중심 특징



#### 4. 대각선 특징



그림 2. 대각 사각 특징 점

이러한 특징 점 값은 integral image[17]라 불리는 이미지의 표현 방식을 이용하여 쉽고 빠르게 계산 할 수 있다. 이미지 상의 위치  $(x, y)$ 에서의 integral image의 값은 식(1)과 같이 좌표  $(x, y)$ 의 왼쪽과 위쪽에 위치한 픽셀들의 밝기 값의 합을 나타낸다.

$$ii(x, y) = \sum_{x' \leq x, y' \leq y} i(x', y') \quad (1)$$

여기에서  $ii(x, y)$ 는 integral image를 나타낸다. 그리고  $i(x, y)$ 는 원래의 입력 이미지를 나타낸다. 그리고 다음의 순환식(2), (3)을 이용하여 integral image를 쉽게 구할 수 있다.

$$s(x, y) = s(x, y - 1) + i(x, y) \quad (2)$$

$$ii(x, y) = ii(x - 1, y) + s(x, y) \quad (3)$$

여기서  $s(x, y)$ 는 열 방향 픽셀 값들의 합이고  $s(x, -1) = 0$ ,  $ii(-1, y) = 0$  이다.

Integral image를 이용하면 어떠한 사각형 영역내의 픽셀 값들의 합도 image의 네 점을 참조함으로써 빠르게 구할 수 있다.

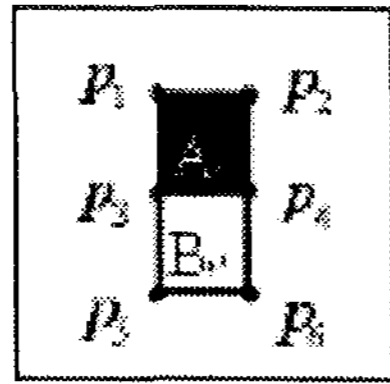


그림 3. 사각 특징 점 계산 예

그림 3에서 두 개의 사각형 각각의 합 사이의 차이 값은 integral image 상의 6개의 점을 참조하여 다음과 같이 간단히 구할 수 있다.

Two-rectangle feature value

$$\begin{aligned} &= \sum_{(x, y) \in B} i(x, y) - \sum_{(x, y) \in A} i(x, y) \\ &= (ii(p_6) + ii(p_3) - ii(p_4) - ii(p_5)) \\ &\quad - (ii(p_4) + ii(p_1) - ii(p_2) - ii(p_3)) \\ &= ii(p_6) + 2ii(p_3) - ii(p_5) - 2ii(p_4) - ii(p_1) + ii(p_2) \end{aligned}$$

### 2.3 Adaboost을 이용한 얼굴 검출 방법

Adaboost 학습 알고리즘은 다수의 특징 집합으로부터 작은 수의 핵심적인 특징을 선택하는 알고리즘으로서 연속적인 영상에서 적용하기에 적합한 장점을 가지고 있다.[8][9] 얼굴의 이미지와 얼굴이 아닌 이미지를 가장 잘 판단할 수 있는 앞 절에서 보인 형태의 사각형 특징 점을 찾도록 설계된다. 각각의 특징 점에 대해서 판단의 에러를 최소화 할 수 있는 최적의 임계값을 결정하여야 한다. 약 분류기(weak classifier)  $h_j(x)$ 는 다음과 같다.

$$h_j(x) = \begin{cases} 1 & \text{if } p_j f_j(x) < p_j \theta_j \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4)$$

식(4)에서  $f_j$ 는 특징 점,  $\theta_j$ 는 임계값 그리고 부등호의 방향을 표시하는 parity  $p_j$ 로 구성된다.

본 논문에서 임계값을 구하는 방법은 Haar-like feature를 계산하고, 그 결과가 가우시안 분포라는 가정 하에 평균과 분산을 구한 후, 얼굴과 비 얼굴의 가우시안 분포가 만나는 점을 임계값으로 설정하였다.

Adaboost의 학습에 사용된 얼굴 이미지들을 그림 4에 나타내었다.

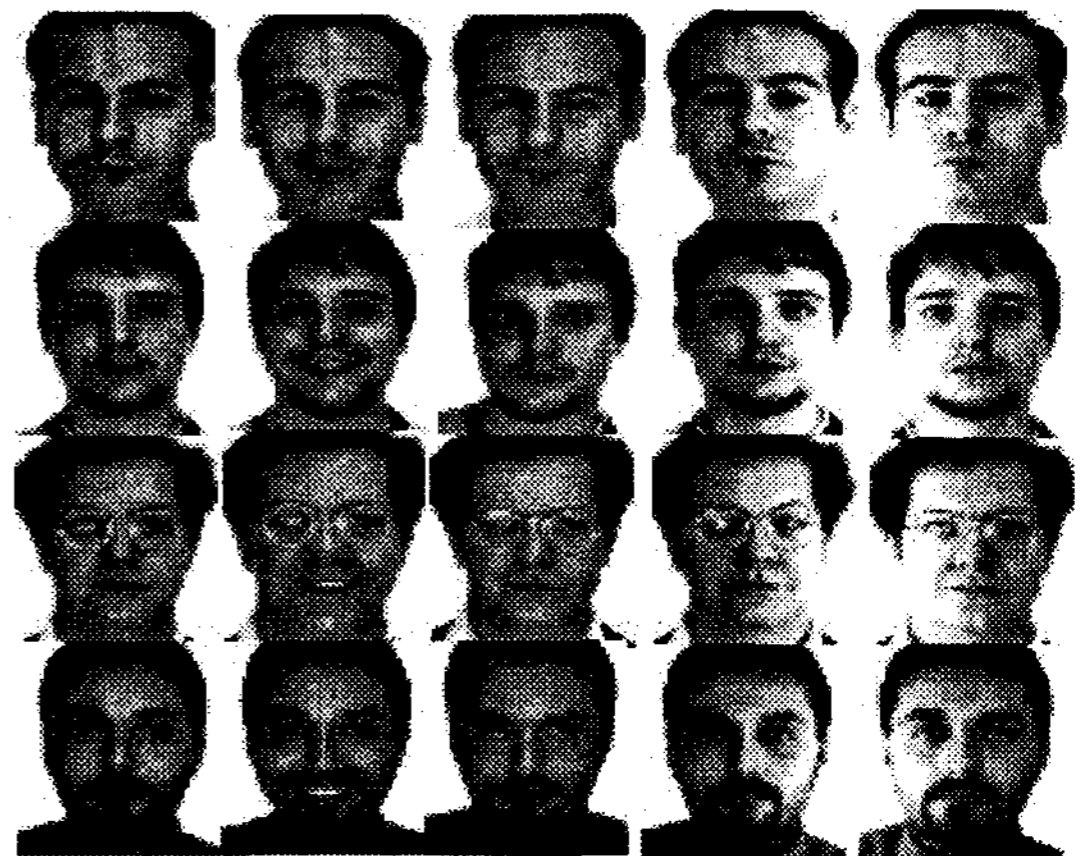


그림 4. 얼굴인식실험에서 사용된 데이터 셋

사전 초기화 작업을 통해 분류기가 학습되면 입력된 영상에 대하여 분류기를 적용한다.

얼굴이 검출될 가능성이 많은 영역에서는 "1"을 얼굴이 아니라고 판단되는 영역에서는 "0"을 결과 값으로 나타낸다. 계층적인 구조를 가진 최종 학습되어 있는 분류기는 내부에 여러 단계의 분류기를 가진다.

분류기는 24x24크기의 Search Window를 이동하면서 내부에 각 단계에 포함되어 있는 분류기를 사용하여 모든 위치를 검토한다. 계층적 분류기를 사용함으로써 계산 시간의 효율성을 높일 수 있다.

아래의 그림 5는 계층적 분류기(cascade of classifier)를 나타낸다.

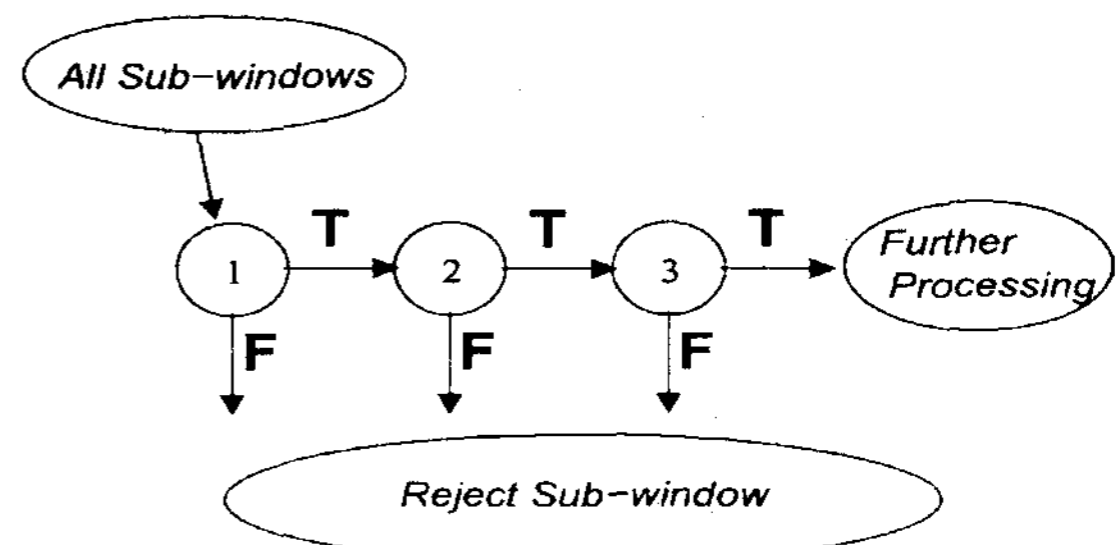


그림 5. 계층적 분류기의 결정 구조

### 3. 얼굴 영역 검출 구현 및 실험

입력 이미지가 들어오면 이 이미지에서 피부색을 기준으로 얼굴 후보 영역을 구하게 된다.

얼굴 후보 영역에서 학습에서 얻어진 약분류기를 직접 이미지에 대입해서 임계값을 기준으로 얼굴임을 판단한다.

본 실험을 통해 Haar-like Feature가 Adaboost 학습 알고리즘을 통해서 수많은 프로토 타입 가운데 얼굴을 가장 잘 표현하는 것들이 선택되어 얼굴특징 값으로 사용될 수 있음을 알 수 있다.



그림 6. Adaboost를 이용한 얼굴 영역 검출 영상

### 4. 결론 및 향후 과제

본 논문의 목적은 얼굴을 중점으로 하는 운전자의 제스처를 인식하기 위한 전처리 과정으로 Haar-like feature를 이용하여 Adaboost 학습 알고리즘으로 구현하였다. 이는 실시간 처리를 목적으로 하는 시스템에서 적합하다는 결론을 얻을 수 있었다.

향후 연구에서는 보다 정밀한 얼굴 검출을 위해 외부 환경적 요인에 강인한 검출 방법에 대해 보완을 하여야 하며, 이를 바탕으로 한 운전자의 제스처를 인식하는 알고리즘을 구현할 계획이다.

### 참 고 문 헌

- [1] 강동주, "교통사고 유형별 사고발생 특성 및 요인분석," 한양대석사논문, 1994.
- [2] M. Yang, D. Kriegman, and N. Ahuja, "Detecting faces images: A survey," IEEE trans. Pattern Anal. Machine Intell., vol. 24, no.1, pp.34-58, jan. 2002.
- [3] Ming-Hsuan Yang, "Recent Advances in

Face Detection", IEEE ICPR 2004 Tutorial, Cambridge, United Kingdom, August 22, 2004.

- [4] J. Yang and A. Waibel, "A real-time face tracker," Proc. Third Workshop on Applications of Computer Vision, pp. 142-147, 1996
- [5] H.P. Graf, T. Chen, E. Petajan, and E. Cosatto, "Locating Faces and Facial Parts," Proc. First Int'l Workshop Automatic Face and Gesture Recognition, pp. 41-46, 1995
- [6] P. Viola and M. Jones, "Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features," in Proc. IEEE Int'l Conf. on CVPR, pp. 511-518, 2001
- [7] Sung Uk Jung, "Efficient Rectangle Feature Extraction for Real-Time Facial Expression Recognition based on AdaBoost," Division of Electrical Engineering Department of Electrical Engineering & Computer Science, pp. 70, 2005.
- [8] R. Schapire and Y. Singer. "Improving boosting algorithms using confidence-rated predictions," 1999.
- [9] Y. Freund and R. Schapire, "Experiments with a New Boosting Algorithm", In Proceedings of ICML -96, pp. 148-156, 1996.
- [10] P.Viola, M.J.Jones, "Robust Real-Time Face Detection," International Journal of Computer Vision, Vol.57, No.2, pp. 137-154, 2004