

## 피부색과 Haar-like feature를 이용한 실시간 얼굴검출

정중교\*, 박상성\*\*, 장동식\*\*\*

# Real-Time face detection using the Skin color and Haar-like feature

Joong-Gyo Jeong\*, Sang-Sung Park\*\*, Dong-Sik Jang\*\*\*

### 요약

실시간 영상에서 사람의 얼굴을 검출하는 것은 얼굴 인식 분야에 있어서 주요한 관심 분야 중의 하나이다. 본 논문에서는 실시간 입력되는 영상에서 피부색과 Haar-like feature를 이용한 얼굴 검출 알고리즘을 제안 하였다. 제안된 알고리즘은 YCbCr 색 공간에서의 차 연산 기법을 이용하여 이동 물체의 움직임 영역을 ROI(region of interest)로 선정하고 Haar-like feature를 이용하여 얼굴 후보영역을 선정한 다음 피부색 정보를 이용하여 얼굴을 검출 하였다. 특히, 가변적으로 선정되는 ROI영역에 대하여 피부색 정보와 특징 정보를 이용함으로써 실시간 영상에 대하여 처리 속도의 향상과 비슷한 특징 또는 색상을 가진 영상이 얼굴로 검출되는 오류를 방지하였다. 실험 결과는 기존의 연구에 비해 30%의 처리 속도 향상과 96.8%의 검출 성공률을 보였다.

### Abstract

Face detection in real-time video constitutes one of the major trend in face recognition. In this paper, we propose a face detection algorithm using the skin color and Haar-like feature in real-time video. The proposed algorithm is followed by three sequences; First, moving objects are detected by difference-method in YCbCr coordinates, and then by using Haar-like features, face candidate regions of the moving objects is selected. Finally we extract the most possible face candidates by comparing the pixel values of face candidates with the skin color. In order to prevent a mistake, we use similar features or skin color to detect a face by selecting a adaptive ROI and improve the processing speed in real-time video. The computer simulation shows the validity of the proposed method that the processing speed is improved by 30% than previous works and the detection success rate is 96.8%.

▶ Keyword : 피부색(Skin Color), 얼굴 검출(Face Detection), 움직임 검출(Motion Detection)

• 제1저자 : 정중교

• 접수일 : 2005.06.30, 심사완료일 : 2005.09.05

\* 고려대학교 산업시스템정보공학과, \*\* 고려대학교 산업시스템정보공학과

\*\*\* 고려대학교 산업시스템정보공학과 교수

## 1. 서론

인간의 시각이 아닌 카메라를 통해 들어오는 실시간 영상에서 컴퓨터가 사람의 얼굴을 검출하는 것은 로봇, 군사, 의료, 보안, 제어분야 등에서 중요한 관심분야이다. 하지만 다양한 환경적 요소로 인해 많은 제약이 따르며 아직도 많은 연구가 진행되고 있다[1][2].

기존의 얼굴 검출을 위한 방법은 크게 이미지 기반의 방법과 특징 기반의 방법으로 나누어지며 특징 기반 방법으로는 저-레벨 분석, 특징 분석, 능동 형상 모델이 있다. 이미지 기반 방법으로는 선형 부분 공간 방법, 신경망을 이용한 방법, 통계적인 방법 등이 있다[3][4].

실시간 영상에서의 얼굴 검출은 빠른 연산이 필연적이기 때문에 기존의 연구에서는 주로 특징 기반의 방법인 컬러정보와 얼굴 형태의 정보를 이용한 방법들이 제시되어왔다 [5]. 컬러를 사용한 방법은 구현이 쉽고, 빠르며, 계산량이 적다는 장점을 가지고 있으나 입력영상에서 비슷한 컬러의 물체가 있는 경우 잘못된 검출을 하게 된다. 또한 얼굴 형태의 정보를 사용하는 방법은 색상이나 조명의 변화에 영향을 받지 않으나 복잡한 영상에서는 유사한 모양의 물체를 얼굴로 판단하는 오류를 가지고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 피부색 정보와 얼굴 형태 정보를 모두 사용하여 얼굴을 검출하는 방법들이 연구되어왔다. 하지만 동시에 두 가지 정보를 획득하고 조합함에 있어서 어려움이 있으며, 많은 연산을 수행하는 문제점을 가지고 있기 때문에 실시간 영상에서 얼굴을 검출하기에는 적합하지 않다[6][7].

본 논문에서는 실시간 영상에서 얼굴을 검출함에 있어서 처리 속도와 정확도를 높이기 위해 다음과 같은 알고리즘을 제안하였다. 움직임 검출을 통해 ROI를 선정한 후 Haar-like feature를 이용한 특징 기반으로 얼굴 후보 영역을 선별하고 후보 영역에 대하여 피부색을 가진 픽셀의 비율을 이용하여 얼굴을 검출하였다. 움직임 검출을 이용하여 ROI를 선정하는 것은 검색할 영역의 축소로 인해 처리속도를 크게 향상시킨다. 얼굴 후보 영역선정에서 사용된 형태 기반 방법은 사전에 Haar-like feature를 사용하여 학습된 분류기를 이용하기 때문에 빠른 시간 내에 얼굴 후보 영역을 선정할 수 있으며 얼굴 크기 변화에 구애 받지 않으며 유사한

색상을 가진 영상을 얼굴로 인식하는 오류를 막을 수 있는 장점을 가지고 있다.

제안된 알고리즘은 선정된 후보 영역에 대하여 얼굴 검출을 위해 피부색을 이용함으로써 유사한 특징을 가진 배경이나 물체가 얼굴로 검출되는 오류를 방지하였다.

## II. 전제적인 알고리즘 개요

본 논문에서 제안하고 있는 얼굴 검출 알고리즘의 전체적인 순서는 (그림 1)과 같다.

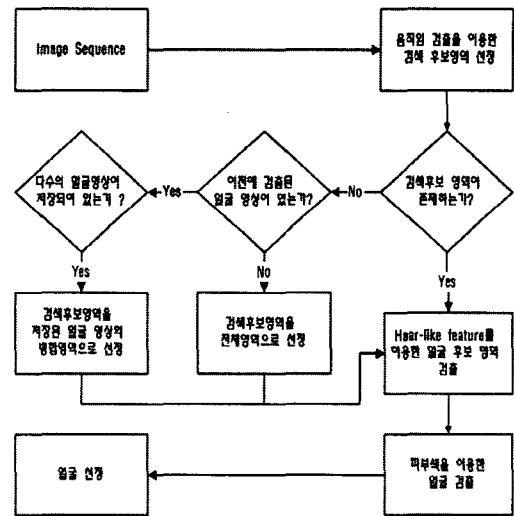


그림 1. 제안된 알고리즘 흐름도  
Fig 1. Proposed Algorithm flowchart

실시간 영상에서 연속적인 두 개의 프레임에 입력받아 움직임을 검출하고 이것을 이용하여 검색 영역을 선정한다. 움직임을 검출되지 않는 경우에는 이전의 프레임들에서 검출된 얼굴 영역의 위치 정보를 기반으로 검색 영역을 선정한다. 버퍼에 저장된 이전의 얼굴 위치가 없는 경우에는 전체 영상을 검색 영역으로 선정한 후, 선택된 검색 영역에 대하여 Haar-like feature를 이용하여 얼굴 후보 영역을 선정한다. 선정된 얼굴 후보 영역들은 피부색 정보를 이용하여 얼굴로 선정된다.

### III. 움직임 검출과 ROI선정

본 논문에서는 실시간 입력되는 영상에서 검색 영역을 선정하기 위해 프레임마다 가변적으로 ROI를 선정하였다. 실시간으로 들어오는 모든 영상 프레임마다 각 프레임의 전체 영역을 ROI로 선정하면 계산량이 많고 처리시간이 많이 걸린다. 그래서 각 프레임마다 움직임을 검출하여 검출된 영역을 ROI로 선정하였다. 실시간 영상에서 ROI가 선정되지 않은 경우에는 검출된 움직임이 없는 경우이므로 정지 영상으로 판단하여 이전 영상에서 검출된 얼굴 영역의 위치를 기반으로 이전에 검출된 얼굴 영상이 한명인 경우에는 2배 확대된 범위를 설정하고 두 명 이상인 경우에는 각 위치를 병합하여 ROI로 설정하였다. 만약 사전에 검출된 얼굴 영역이 없는 경우는 이전 영상들이 정지 영상이며 어떠한 위치에서도 얼굴이 검출될 가능성이 있기 때문에 전체 프레임에 대하여 검색을 실시하였다. 움직임 영역 검출 및 ROI 선정 순서는 (그림 2)에 나타내었다.

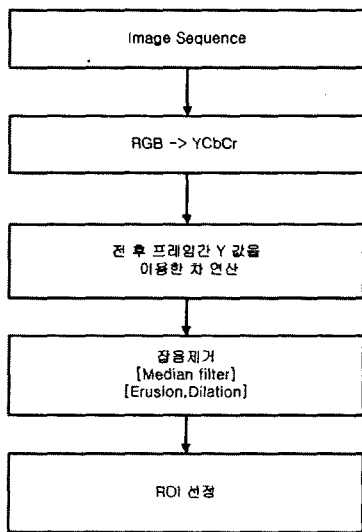


그림 2. 움직임 영역 검출 및 ROI 선정 흐름도  
Fig 2. Motion detection and ROI selection flowchart

움직임을 탐지하기 위한 방법은 상관 기반 기법, 광류 기반 기법, 움직임 기반 기법, 차 영상 방법 등이 있는데 본 논문에서는 구현이 쉬우며 계산이 적다고 알려진 차 영상 방법을 사용하였다(8). 입력된 영상은 YCbCr 색 공간으로 변환 시키고 연속되는 두 영상을 가지고 Y값을 이용하여 차 영상을 구한다. 카메라로부터 입력된 RGB 체계의 칼라 모델은 수식(1)과 같은 변환 행렬을 이용하여 분리된다.

$$\begin{pmatrix} Y \\ Cb \\ Cr \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ -0.16874 & -0.33126 & 0.5 \\ 0.5 & -0.41869 & -0.08131 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} \quad (1)$$

수식(2)은 변환된 영상에서 Y 성분을 이용하여 차 영상을 계산하는 식을 나타내었다.

$$D(x, y) = |I_t(x, y) - I_{t-1}(x, y)| \quad (2)$$

수식(2)에서  $D(x, y)$ 는 구해진 차 영상이다. 차 영상이 구해지면 전처리 과정을 통하여 20이상의 임계값보다 큰 픽셀의 경우에는 1로 설정하고 그렇지 않으면 0으로 설정하여 이진 영상으로 변환하였다. (그림 3)은 이진 영상과 잡음 제거 영상을 나타내었다.



(a) 이진 영상 (b) 잡음 제거 영상

그림 3. 이진 영상과 잡음 제거 영상  
Fig 3. Binary image and noise-removed image

변환된 영상에는 주변 환경 및 조명 등에 의해 잡음이 존재하게 된다. 따라서 변환된 이진 영상에 대하여 3\*3 메디안 필터(Median filter)와 형태학적필터인 팽창(dilation) 연산과 침식(erosion)연산을 사용하여 잡음을 제거하였다(9).



(a) 입력 영상 (b) ROI 영상

그림 4. 입력 영상과 ROI 선정 영상  
Fig 4. Input image and ROI image

잡음이 제거된 영상은 움직임이 검출된 영역의  $(x, y)$ 좌표의 최대 최소의 좌표 값을 계산하여서 ROI를 선정한다. (그림 4)는 (a) 입력영상 (b) 변환된 영상에서의 좌표 값을 이용하여 ROI를 선정하여 해당 영역을 박스로 표시한 것이다.

입력된 영상에서 다수의 사람이 존재하는 경우에는 한사람만이 움직일 수도 있고 나머지 사람들의 움직임은 검출되지 않을 수도 있다. 이런 문제를 해결하기 위해서 이전에 검출된 얼굴 위치를 검색하여 검색된 영역이 움직임 영역 안에 포함되지 않는다면 해당 영역의 좌상변 좌표와 움직임 영역으로 검출된 우하변 좌표로 이루어지는 영역을 ROI로 선정하였다.

#### IV. 얼굴 후보 영역 선정

본 논문에서는 얼굴 후보 영역을 위하여 이전 단계에서 선정된 ROI에 대하여 사전에 선정된 얼굴 영상에 대하여 Haar-like feature를 사용하여 특징 값을 추출한 후 AdaBoost 학습 알고리즘을 적용하여 생성된 계층적 구조를 가진 분류기를 사용하였다[10][11].

Haar-like feature 를 통해 얼굴 후보 영역에 대하여 추출되는 값은 Haar-like feature의 사각형에 포함되는 픽셀의 합과 사각형내의 검은색의 영역에 포함되는 픽셀의 값의 합의 차이 값이다. 얼굴 후보 영역을 검출하기 위해 사용한 Haar-like feature들은 (그림 5)에 나타내었다.

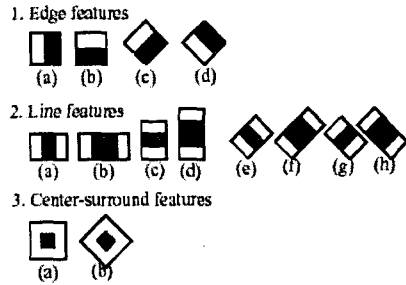


그림 5. Haar-like features  
Fig 5. Haar-like features

제안된 방법에서는 영상 내에 사용된 특징 값들을 추출하고 다양한 비율에 대하여 신속하게 처리를 하기 위해서 Integral image를 도입하였다. 입력된 영상의 좌표 값이  $(x, y)$ 인 경우의 Integral image는  $(x, y)$ 좌표의 좌상변의 모든 픽셀들의 합을 포함한다. 수식(3)은 Integral image를 나타내었다.

$$ii(x, y) = \sum_{x' < x, y' < y} i(x', y') \dots\dots\dots (3)$$

$ii(x, y)$ 는 Integral image이며  $i(x, y)$ 는 원 이미지이다. 수식(4)을 순환적으로 사용하면 수식(3)을 효율적으로 계산할 수 있다.

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

$$ii(x, y) = ii(x-1, y) + s(x, y) \dots\dots\dots (4)$$

$s(x, y)$ 는 누적된 열의 합이며 식(4)을 이용하여 Integral image 을 계산할 경우 원래의 이미지의 범위를 넘기 때문에  $s(x, -1) = ii(-1, y) = 0$ 라는 조건을 둔다.

추출된 특징 값들은 분류기를 학습시키기 위해 사용된다. 분류기의 학습에 사용된 AdaBoost 알고리즘은 다수의 특징 집합으로부터 작은 수의 핵심적인 특징을 선택하는 알고리즘으로서 성능이 뛰어난 분류기를 만들어내며 연속적인 영상에서 적용하기에 적합한 장점들을 가지고 있다[12][13]. 최종 생성되는 분류기는 계층적인 구조를 가지고 있으며 사전의 초기화 작업을 통해 동일한 사이즈인 20개의 얼굴 이미지와 얼굴이 아닌 이미지 20개를 선정한 후 분류기에게 1000번의 학습을 수행하도록 하였다. 학습을 위해 사용된

사진을 ORL 얼굴 데이터 베이스에서 임의로 선택하여 사용하였다(14). (그림 6)은 학습에 사용된 얼굴 이미지들을 나타내었다.

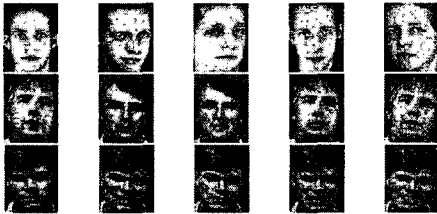


그림 6. 얼굴 학습을 위한 얼굴 이미지들  
Fig 6. face images for learning face

사진 초기화 작업을 통해 분류기가 학습되면 입력된 영상에 대하여 분류기를 적용한다. 얼굴이 검출될 가능성이 많은 영역에서는 "1"을 결과로 나타내며 없다고 판단되는 영역에서는 "0"을 결과 값으로 나타낸다. 계층적인 구조를 가진 최종 학습되어 있는 분류기는 내부에 여러 단계의 분류기를 가진다. 분류기는 24\*24의 크기의 Search Window를 이동하면서 내부에 각 단계에 포함되어 있는 분류기를 사용하여 모든 위치를 검토한다. 계층적 분류기를 사용함으로써 얼굴영상이 위치하지 않은 영역에 대하여 빠르게 제외를 시키고 얼굴이 포함된 영역에 대하여 더 많은 계산을 수행하게 함으로서 효율성을 높인다. (그림 7)은 얼굴 후보 영역 검출을 위한 계층적 분류기의 판단 구조를 나타내었으며 (그림 8)은 최종 생성된 계층적 분류기를 사용하여 이전 단계에서 선정된 ROI에서 검출된 얼굴 후보 영상을 나타내었다.

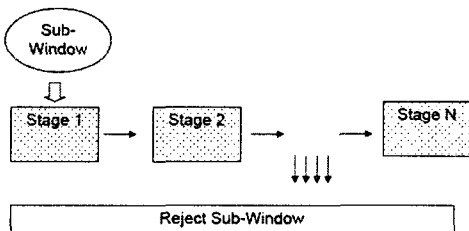


그림 7. 계층적 분류기의 결정 구조  
Fig 7. decision structure of cascade of classifier

움직임 검출을 통하여 ROI는 선정되었으나 얼굴 후보 영역이 검출되지 않은 경우에는 해당 이미지에 대하여 얼굴 영역이 없다고 판단하였다. (그림 9)는 ROI는 선정되었으나 얼굴 후보 영역이 없는 경우를 나타내었다.

제안된 방법만으로는 유사한 특징들을 가진 영역을 얼굴 후보 영역으로 선정할 수 있는 오류를 가지고 있다. 따라서 다음 단계에서 피부색을 이용하여 그러한 오류를 방지 하였다. (그림 10은) 얼굴 후보 영역을 검출할 때 유사한 특징들을 가진 선정된 영상이다.



(a) 검출 실행 영역 (b) 검출된 후보 영역

그림 8. 검출 실행 영역과 검출된 후보 영역

Fig 8. detection execution region and detected candidate region

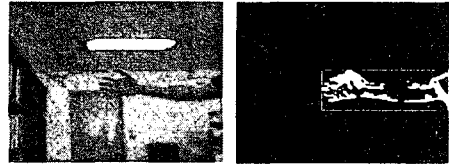


그림 9. ROI와 얼굴 후보 영역이 없는 영상

Fig 9. ROI and image which is not face candidate region



그림 10. 유사한 특징을 가진 영상

Fig 10. Image which have similar feature

## V. 피부색을 이용한 얼굴 검출

ROI에 대하여 최종 생성된 계층적 분류기를 이용하여 선정된 얼굴 후보 영역들은 유사한 특징을 가진 영역 후보 영역으로 검출될 수 있는 문제를 가지고 있기 때문에 검출

된 영역 모두를 얼굴 영역으로 인정할 수는 없다. 그러므로 선정된 영역 중 얼굴이 아닌 영역은 제거되어야 한다.

본 논문에서는 검출된 얼굴 후보 영상에 대하여 피부색을 이용하여 얼굴을 검출하였다. 선정된 영역에 대하여 피부색을 이용하여 유사한 특징을 가진 영역이 후보 영역으로 검출되는 경우 해당 영역을 제외 시켰다. 영역에 포함되는 피부색을 가진 픽셀을 조사하기 위해서 YCbCr 색 공간에서 Cb와 Cr성분을 Chai등이 제안한 피부색 참조 맵을 이용하여 피부색으로 인정되는 경우 1로 설정하고 아닌 경우 0으로 설정하였다(15). 수식(5)은 피부색으로 인정되는 범위를 나타내었다.

$$F(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{if } (77 \leq C_b \leq 127) \\ & \cap (133 \leq C_r \leq 173) \quad \dots (5) \\ 0 & \text{Otherwise} \end{cases}$$

$F(x, y)$ 는 피부색을 가진 픽셀과 아닌 픽셀로 구성된 이진 영상이다. 얼굴 영역으로 판단하는 기준은 사전에 동일한 조명하에서 획득한 3초의 길이를 가진 1000개의 동영상에서 검출된 얼굴 영역에 대하여 피부색을 가진 픽셀의 비율을 조사하여 얼굴로 인정하는 임계값을 선정하였다. 실험 결과에 의해 피부색을 가진 픽셀 수의 비율이 32%이상 80%미만인 경우가 판정 조건으로 선정되었다. (그림 11)은 검출된 얼굴 영역에 대하여 피부색을 이용하여 생성한 이진영상이다.



그림 11. 피부색 참조 맵을 이용하여 생성한 이진 영상  
Fig 11. Binary image using the Skin color map

선정된 기준에 의해 후보 영역들은 얼굴로 검출이 되거나 거부된다. (그림 12)은 피부색을 가진 픽셀의 비율을 이용하여 얼굴을 검출한 결과 거부된 영상이다.



그림 12. 거부된 얼굴 후보 영역  
Fig 12. Refused face candidate region

실시간 입력되는 영상이 모두 단일한 얼굴만이 존재할 수는 없다. ROI에서 다수의 얼굴 후보 영역이 선정된 경우에는 각각의 영역에 대하여 피부색의 검출을 시도한다. (그림 13)은 다수의 얼굴이 존재하는 영상에 대하여 얼굴을 검출한 결과를 나타내었다.



그림 13. 다수 얼굴 검출  
Fig 13. Multitude face detection

검출된 얼굴이 없는 경우는 색상과 특징을 가진 영역이 없으므로 해당 프레임에 대하여 얼굴이 없는 것으로 판단하였다.

## VI. 실험 및 결과

### 6.1 실험 환경

본 실험은 카메라의 움직임이 고정되어있고 조명의 변화가 크지 않은 환경을 가진 일반 사무실에서 녹화한 63개의 동영상을 이용하였다. 실험 영상은 영상에 포함된 사람의 수가 1인인 경우 30개와 2인인 경우 30개 그리고 3인 이상인 경우의 동영상 3개로 구성시켰다. 실시간 얼굴을 검출하는 것을 목적으로 실험이 이루어지기 때문에 고개를 좌·우로 돌리는 문제 등은 고려하지 않았고 입력 영상이 정면 얼굴 영상일 경우만 고려하였다. 본 논문에서 제안하는 방법을 구현하기 위해 소프트웨어로는 VC++6.0을 이용하였

으며 실험에 사용된 하드웨어로는 펜티엄4 1.7GHz 및 512MB의 RAM을 가진 PC와 저가형 PC카메라를 사용하였다. 획득한 영상의 크기는 320\*240의 24비트 컬러영상이며 PC카메라의 초당 처리 속도(FPS , Frame Per Second )는 30이었다.

6.2 시스템 구현

(그림 14)은 실시간 얼굴영역 검출을 위해 구현된 시뮬레이션 화면이다. 입력받은 영상에서 움직임을 추출하고 ROI영역을 선정하며, 얼굴 후보영역을 검출하며 피부색을 이용하여 얼굴을 검출한 결과를 나타내었다.

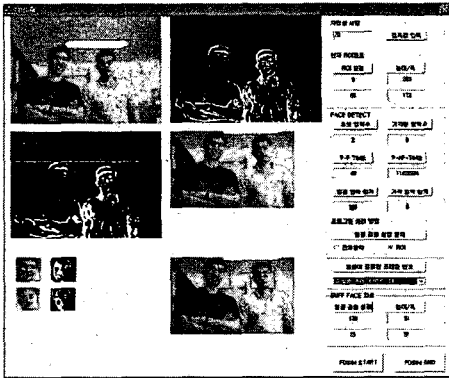
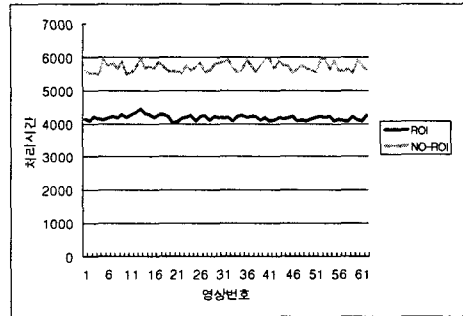


그림 14. 시뮬레이션 프로그램  
Fig 14. simulation program

6.3 실험 결과 및 성능 분석

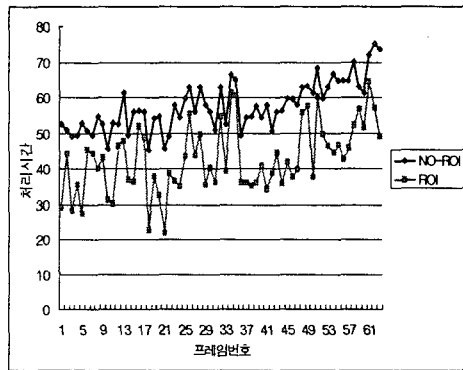
본 제안된 알고리즘을 성능을 측정하고 평가하기 위해 PC카메라에서 획득된 63개의 영상을 사용하여 기존의 방법인 전체 영상의 검출시간과 ROI의 영역선정을 통한 처리속도를 측정하였다. 측정된 값은 각각 100번의 검출 시간을 측정 후 그 평균값을 나타내었다.

표 1. 처리 시간 비교  
Table 1. Process time comparison



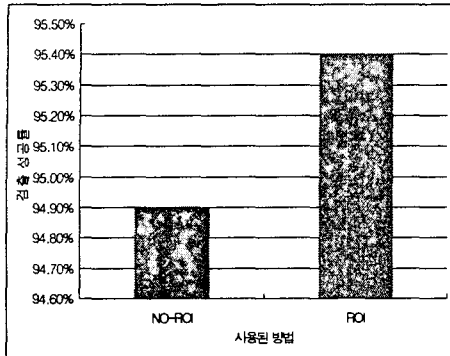
〈표 1〉에서 보이는 것처럼 움직임이 검출된 프레임에 대하여 얼굴 검출을 전체 영역에 대하여 시도하는 경우와 ROI를 이용하여 처리하는 경우의 처리시간을 비교하였다. 실험을 수행한 결과는 ROI를 적용하지 않은 경우에는 5500ms ~ 6000ms 의 시간이 소요되었으며 ROI에 대하여 시도하는 경우에는 4050 ~ 4250ms 의 시간이 소요됨을 알 수 있다.

표 2. 프레임 당 처리 속도 비교  
Table 2. Frame processing speed comparison



동영상내 ROI의 크기는 가변적으로 변하며 처리시간은 크기에 비례하게 된다. 〈표 2〉에서는 64개의 프레임 가진 63개의 동영상에 대하여 ROI를 선정하여 적용한 영상과 적용하지 않은 영상간의 각 프레임의 평균 처리시간을 비교하였다. 실험 결과는 ROI를 사용하면 평균적으로 각 프레임의 처리시간이 감소함을 나타내었다.

표 3. 검출 성공률 비교  
Table 3. Detection success rate comparison



실시간 영상에서 얼굴의 검출의 정확성은 신뢰성의 근거가 된다. 유사한 색상과 형태를 가진 배경을 가진 영상을 검사하게 되면 색상만을 기반으로 하는 경우와 에지만을 이용하여 얼굴 검출을 시도하는 경우에는 사람의 얼굴과 비슷한 물체를 잘못 인식하는 경우가 ROI를 이용한 경우보다 더 발생하였다. ROI를 선정하면 입력 영상에서 필요 없는 배경을 제외함으로써 수행할 검사 영역을 줄임으로서 검출 성공률이 증가된다. <표 3>는 구현된 시뮬레이션 프로그램을 이용하여 ROI를 선정한 경우와 미 선정한 경우에 있어서 검출 성공률을 비교하여 제안된 방법이 검출 성공률이 증가됨을 보였다. 실험에 사용된 동영상에 따라 성공률은 차이를 보인다. 따라서 <표 3>에 나타난 검출 성공률은 각 동영상에 대한 평균을 나타내었다. 실험에 사용된 얼굴 검출 방법은 피부색을 이용한 방법을 적용하지 않고 Haar-like feature에 의한 방법만을 사용하여 측정하였다.

표 4. 다른 방법과의 오류율 비교  
Table 4. Error rate comparison with other method

	Edge-Color	Haar-like feature	제안된 알고리즘
오류율	9.7%	6.1%	3.2%

피부색만을 이용한 검출은 유사한 색상이 검출되는 문제점을 가지고 있으며 형태정보를 이용한 비슷한 모양이 검출되는 문제점을 가지고 있다. <표 4>은 기존 연구에서 사용하던 피부색과 에지 정보를 이용한 방법, 특징 정보만을 이용한 방법과 제안된 방법의 평균 오류율을 비교하였다. 실험결과 제안된 알고리즘이 기존의 방법에 비해 낮은 오류율을 나타내어서 정확도가 향상되었음을 알 수 있다. 위에서

언급한 4가지의 실험을 통해서 본 논문에서 제시한 알고리즘이 실시간 영상에서 얼굴 검출에 있어서 약 30%의 처리 속도의 향상과 96.8%의 정확도를 보였다.

## Ⅶ. 결론

구현된 시뮬레이션 결과는 입력된 영상 내에서 검색 영역을 가변적으로 적용함으로써 얼굴 검출을 위해 필요한 연산의 양을 최소화하여 효율성이 향상이 된다는 것을 보여주었으며, Haar-like feature를 이용하여 얼굴 형태의 특징값을 이용하여 얼굴을 검출함으로써 유사한 색상이 얼굴로 검출하는 것을 방지하였다. 또한, 선정된 영역에 대하여 조명에 비교적 강인한 YCbCr 색 공간에서 피부색 정보를 사용하여 얼굴을 검출하여 비슷한 모양의 특징들을 가진 영상이 얼굴로 선택되는 것을 방지하여 얼굴 검출의 정확성이 향상됨을 보여주었다.

제안된 알고리즘은 실시간 얼굴 검색 시스템이나 얼굴 인식을 위한 전처리 과정으로 사용될 수 있으며 검출된 얼굴의 특성을 이용하여 실시간 감정 인식 등에 활용될 수 있다. 향후 연구에서는 보다 정밀한 얼굴 검출을 위해 외부 환경적 요인에 강인하며 고개를 좌·우로 돌리는 경우에 있어서의 효율적인 얼굴 검출 방법에 대한 연구가 필요하다.

## 참고문헌

- [1] Waring, C.A Liu, X., Systems, "face detection Using Spectral Histograms and SVMs", Man and Cybernetics, Part B, IEEE Transactions on Volume 35, Issue 3, June 2005 Page(s): 467 - 476
- [2] Stathopoulou, Ioanna-Ourania, and Tsihrintzis, G.A, "An improved neural-network-based face detection and facial expression classification system", Systems, Man and Cybernetics, 2004



- IEEE International Conference on Volume 1, 10-13 Oct. 2004 Page(s):666 - 671 vol.1
- [3] 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.
  - [4] Ming-Hsuan Yang, "Recent Advances in Face Detection", IEEE ICPR 2004 Tutorial, Cambridge, United Kingdom, August 22, 2004.
  - [5] 이형수 "얼굴의 색상과 모양정보를 이용한 조명 변화에 강인한 얼굴 추적 시스템 구현", 한국정보처리학회 논문지B, 제10B권6호, pp.711-718, 2003.
  - [6] 지은미, 윤호섭, 이상호, "컬러와 에지 정보를 결합한 조명변화에 강인한 얼굴 영역 검출방법", 정보과학회 논문지, Vol.29, No.11, 809~817, Dec.2002.
  - [7] 권혁봉, 권동진, 장연동, 윤영복, 안재형, "YCbCr 색 공간에서 피부색과 윤곽선 정보를 이용한 얼굴 영역 검출", 한국멀티미디어학회논문지, 제7권1호, pp.27-34, 2004.
  - [8] 임종석, 김옥현, "이동 카메라 영상에서 컬러 정보를 이용한 다수 보행자 검출 및 추적", 정보처리학회논문지B 제11-B권 제3호, pp.317- 326, 2004.
  - [9] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, Digital Image Processing, Prentice-Hall, 2002.
  - [10] Paul Viola and Michael J. Jones. Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features. IEEE CVPR, 2001.
  - [11] Rainer Lienhart and Jochen Maydt. "An Extended Set of Haar-like Features for Rapid Object Detection." IEEE ICIP 2002, Vol. 1, pp. 900-903, Sep. 2002.
  - [12] R. Schapire and Y. Singer. "Improving boosting algorithms using confidence-rated predictions," 1999.
  - [13] Y. Freund and R. Schapire, "Experiments with a New Boosting Algorithm," In Proceedings of ICML-96, pp. 148-156, 1996.
  - [14] F. Samaria, A. Harter, "Parameterisation of a Stochastic Model for Human Face Identification," Proceedings of 2nd IEEE Workshop on Applications of Computer Vision, Sarasota FL.1994.
  - [15] D.Chai, K.N.Ngan, "Face Segmentation Using Skin-Color Map in Videophone Applications", IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, Vol.9, No.4, Jun.1999.
  - [16] 홍성용, "구속조건을 적용한 다이아몬드 탐색 알고리즘에 의한 고속블록정합움직임추정", 한국컴퓨터정보학회논문지, 1598-849X, 제8권4호, pp.13-20, 2003.
  - [17] 조경식, 구자영, "예측맵을 이용한 얼굴탐색의 가속화 기법", 한국컴퓨터정보학회논문지, 1598-849X, 제8권2호, pp.31-36, 2003.

**저 자 소 개**



**정 중 교**  
 2001년 2월 연세대학교 전산학과 졸업  
 2003년~현재 고려대학교 산업시스템 정보공학과 석사 과정



**박 상 성**  
 2001년 2월 동양대학교 산업공학과 졸업  
 2003년 2월 고려대학교 산업공학과 석사  
 2003년~현재 고려대학교 산업시스템 정보공학과 박사 과정



**장 동 식**  
 1979년 2월 고려대학교 산업공학과 졸업  
 1985년 2월 텍사스 주립대 산업공학 석사  
 1988년 2월 텍사스 A&M 산업공학 박사  
 1989년~현재 고려대학교 산업시스템 정보공학과 교수