

# 순차 임계 설정법을 이용한 비디오에서의 실시간 얼굴검출

## Real Time Face Detection in Video Using Progressive Thresholding

예수영\*, 이선봉\*\*, 금대현\*\*, 김효성\*, 남기곤\*

Soo-Young Ye\*, Seon-Bong Lee\*\*, Dae-Hyun Kum\*\*,  
Hyo-Sung Kim\*, Ki-Gon Nam\*

### 요약

얼굴검출은 얼굴인식과 비디오감시 시스템, HCI등 응용분야가 다양하므로 많은 연구가 필요하다. 따라서, 본 논문에서는 실시간으로 얼굴을 검출하기 위하여 카메라에서 연속 얼굴 영상을 획득 한 후, 이 영상을 YCbCr 칼라 공간으로 변환하였다. 변환된 칼라 공간에서는 필터를 이용하여 피부색만을 분리하여 연결성분 분석으로 얼굴후보 블록을 결정하였다. 또한 외부 환경 변화에 영향을 받지 않기 위해 밝기 분포 평준화를 수행하였다. 밝기 분포를 평준화한 영상에서는 눈 영역이 다른 영역에 비해 뚜렷하게 구별되기 때문에 임의의 임계값을 적용하여 이진화 영상으로 변환 후 눈 검출을 할 수 있었다. 순차 임계값은 낮은 값에서부터 순차적으로 값을 증가시키면서 눈을 검출하고, 실패 하였을 경우는 임계값이 조정되어 다시 눈을 검출한다. 순차 임계법에 의해 검출된 눈 영역은 정규화과정을 거친 후 역전파 알고리즘을 이용하여 눈 검증을 실시하고, 최종적으로 얼굴 검출을 수행하였다.

### Abstract

A face detection plays an important role in face recognition, video surveillance, and human computer interaction. In this paper, we propose a progressive threshold method to detect human faces in real time. The consecutive face images are acquired from camera and transformed into YCbCr color space images. The skin color of the input images are separated using a skin color filter in the YCbCr color space and some candidated face areas are decided by connected component analysis. The intensity equalization is performed to avoid the effect of many circumstances and an arbitrary threshold value is applied to get binary images. The eye area can be detected because the area is clearly distinguished from others in the binary image. Progressive threshold method searches for an optimal eye area by progressively increasing threshold from low values. After progressive thresholding, the eye area is normalized and verified by back propagation algorithm to finalize the face detection.

**Keywords** : Face Detection, Eye Detection, Back propagation, Progressive Thresholding

### I. 서론

컴퓨터의 급속한 발달로 인하여 컴퓨터 비전 기술을 이용한 생체인식에 대한 관심과 수요가 증대되고 있다. 이에 따라 지문, 얼굴, 음성 및 홍채 인식 등의 생체정보를 이용한 인식 시스템이 점차 상용화 되고 있다. 이들 중 얼굴 인식은 자신의 신체 일부를 인식 장치에 직접 접촉시키지 않아도 되고, 사용자의 특정 행위를 요구하지 않는 비강제적인 방식으로 이루어지기 때문에, 모든 생체 인식 방법 중 실시간에 가장 적합한 방법이

다. 얼굴 인식의 전형적인 응용분야는 보안 및 무인감시 시스템, HCI(human computer interaction) 등으로 나눌 수 있다. 보안 시스템에는 출퇴근, 금고, 주택, 회원 관리 등의 분야에 응용되며, 무인감시 시스템은 아파트, 공항, 도시 우범 지역 등에 활용이 되고 있다. HCI는 계기판 조작, 가전제품, 인터넷 결제 등의 분야에 활용되어지고 있다. 얼굴 인식은 얼굴의 각도, 밝기, 표정 등의 사소한 변화 및 영상의 복잡한 배경에도 많은 영향을 받는다[1],[2],[3]. 따라서 얼굴 인식 분야 연구는 이러한 문제점들을 극복하기 위하여 다양한 연구가 필요하다. 얼굴인식에 대한연구는 얼굴의 기하적인 특징, 즉 눈, 코, 입 등의 위치나 크기 또는 이들 간의 거리를 이용하여 얼굴을 인식하는 방법[4],[5]과 얼굴이미지를 데이터베이스에 저장된 템플릿영상과 비교하여 서로간의 상관성을 분석하여 얼굴을 인식하는 방법등이 있다[6],[7].

\*부산대학교 전자공학과      \*\*대구경북과학기술원  
논문 번호 : 2006-2-15      접수 일자 : 2006. 3. 16

심사 완료 : 2006. 6. 15

※본 연구는 과학기술부의 "대구경북과학기술원" 기관 고유연구사업비지원으로 수행되었습니다.

본 연구에서는 얼굴영역 검출을 위하여 입력영상을 YCbCr 칼라영역으로 변환하여 얼굴후보영역에서 얼굴영역을 검출한다. 얼굴 검출은 검출된 얼굴영역을 그레이 영상으로 변환 후 전처리과정을 거친 후 2진 영상으로 변환 시킨다. 이때 2진 영상으로 변환하는 과정에서 순차임계 설정법을 이용하였고, 순차적으로 증가하는 임계값을 이용하여 2진 영상으로 변환한 후 두 눈의 위치를 검출 할 수 있다. 그리고 검출된 두 눈의 간격을 기준으로 얼굴영역을 정규화 함으로써 카메라에서 입력되는 영상을 이용하여 실시간 얼굴 인식에 응용할 수 있다.

## II. 순차 임계 설정법을 이용한 얼굴 검출

순차 임계설정법을 이용하여 얼굴을 검출하기 위해서는 먼저 피부색 필터를 이용하여 얼굴 후보 영역을 선택하고, 선택된 영역을 로그 변환하여 밝기 분포를 평균화 한다. 평균화 된 영역에 순차 임계 설정법을 이용하여 눈을 검출한다. 검출 된 눈은 얼굴 영역을 정규화하고 검증하는데 이용된다. 이러한 과정들을 거쳐 얼굴 검출을 수행하는 전체 시스템 블록도는 그림1에 나타내었다.

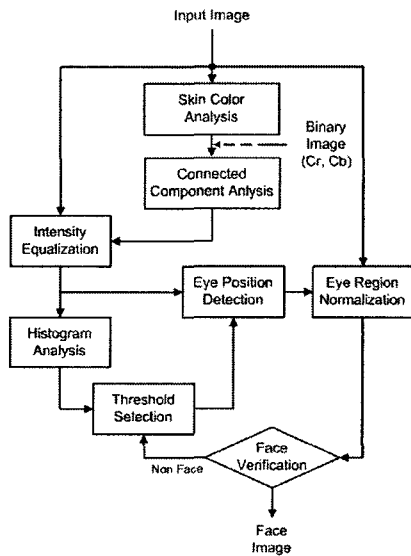


그림 1. 시스템 블록도.

Fig. 1. System block diagram.

### 2.1 피부색 필터를 이용한 얼굴 후보 영역 검출

얼굴 후보영역을 검출하기 위하여 입력영상을 YCbCr 칼라 공간으로 변환한다. 변환된 칼라 공간에서 정의된 피부색 영역을 이용하여 피부색만을 분리하였다. 편의상 본 논문에서는 이러한 과정을 피부색필터라 정의하였다. 피부색 필터를 거친 후 얼굴의 형태학적 사전지식을 이용하여 얼굴 후보 영역을 검출한다. 칼라공간에서 피부색 영역은 특정한 영역에서 나타난다. 특히 YCbCr 칼라공간에서 피부색 영역은 밝기에 따른 칼라 값의 변화가 심하지 않아 다른 칼라공간에 비해 조명과 인종에 대해서 효과적이다. YCbCr 칼라공간은 밝기를 나타내는 Y 성분과 색차를 나타내는 Cb, Cr 성분으로 구성되고, 주로 비디

오 코딩과 같은 영상압축 분야에서 사용된다[8]. 그림 2는 HHI(Heinrich Hertz Institute) 데이터베이스 영상을 이용하여 YCbCr 칼라공간에 피부색을 나타낸 그림이다 [9],[10].

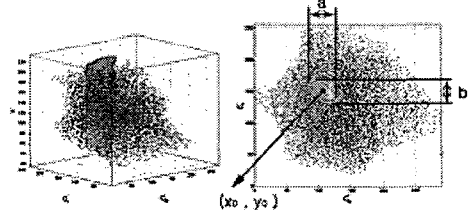


그림 2. YCbCr 칼라공간에서의 피부색 영역.

(a) YCbCr 칼라공간, (b) CbCr 칼라공간.

Fig. 2. Skin color area at the YCbCr space.

(a) YCbCr color space (b) CbCr color space.

그림 2(b)은 색차성분인 Cb, Cr의 피부색 영역이 칼라공간에 정의된 그림이다. 회색 영역의 타원은 얼굴 후보를 위한 피부색 필터로 사용된다. RGB 칼라 입력 영상은 피부색 분할을 위하여 YCbCr 칼라영상으로 변환된다.

변환된 칼라영상에서 Cb, Cr 성분은 식(1)을 이용하여 피부색 영역에 포함 되면 1의 값으로, 포함되지 않으면 0의 값으로 설정되어 피부색이 분할된 하나의 이진 영상으로 나타난다.

$$S(i, j) = \begin{cases} 1 & \text{if } \frac{(x-x_0)^2}{a^2} + \frac{(y-y_0)^2}{b^2} \leq 1 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

여기서, 영상의 픽셀 위치를 나타내는 x는 Cb 성분, y는 Cr성분을 나타내고, x<sub>0</sub>, y<sub>0</sub>는 스킨 칼라 영역을 나타내는 타원형의 중심을 나타낸다. a와 b는 Cb, Cr 평면에서 타원형의 장축과 단축을 나타낸다.

피부색으로 분할된 이진영상은 얼굴 후보영역의 구분을 위하여 각 영역에 대한 연결 성분을 검색하고 검색된 각 영역들은 사각블록을 형성한다. 형성된 사각형블록은 그림 3에 나타낸 얼굴 후보 영역 조건을 만족 하면 얼굴 후보 영역으로 등록한다.

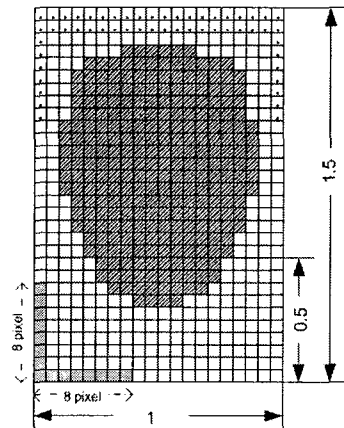


그림 3. 얼굴 후보 영역.

Fig. 3. Face candidate region.

즉, 가로와 세로비가 1: 0.5~1.5를 만족하고, 또한 가로, 세로 모두 적어도 8 pixel 이상이어야 한다. 그리고 사각블록안의 픽셀수가 전체 면적의 반 이상이 채워져야 한다.

그림 4는 얼굴 후보 영역 검출을 수행한 단계별 결과 영상이다. 그림 4(a)는 실시간으로 비디오에서 획득된 입력영상이고, (b)는 입력 영상을 YCbCr 칼라 공간으로 변환한 후 피부색 필터로 2진화 한 영상이다. (c)는 그림 4(b)를 연결성분 분석으로 영역화 한 후 얼굴 후보 영역 조건을 만족하는 영역을 나타낸 것이다. (d)는 원 입력상위에 찾아진 얼굴 후보 영역을 나타내었다.

그림 5는 두 사람이 같이 있는 영상에서 얼굴 후보를 검출 하는 과정을 나타낸 영상들이다.

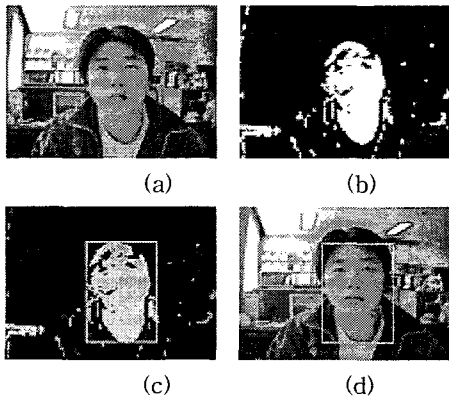


그림 4. 얼굴 후보 검출 단계별 영상들 (한사람).  
(a) 입력영상, (b) 피부색 필터에 의한 이진화,  
(c) 연결성분 분석 영상, (d) 얼굴후보 영역 검출.

Fig. 4. Images of the face candidate detection(One person).

- (a) Input image, (b) Binary image by skin color filter,
- (c) Connected component analysis image,
- (d) Face candidate detected on the input image.

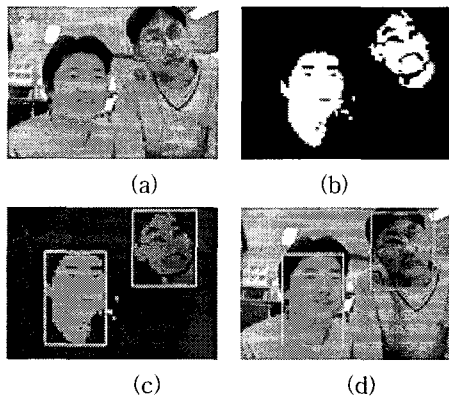


그림 5. 얼굴 후보 검출 단계별 영상(두사람).  
(a) 입력영상, (b) 피부색 필터에 의한 이진화,  
(c) 연결성분 분석 영상, (d) 얼굴후보 영역 검출.

Fig. 5. Image of the face candidate detection(Two persons).

- (a) Input image, (b) Binary image by skin color filter,
- (c) Connected component analysis image,
- (d) Face candidate detected on the input image.

## 2.2 로그 변환에 의한 밝기분포의 평준화

피부색 필터를 이용하여 검출된 얼굴 후보 영상들은 눈 검출 과정을 거친 후 얼굴 검출을 수행해야 한다. 우선 얼굴 후보 영역의 위치정보를 입력영상의 Y성분 이미지 즉, 그레이 이미지 위에 놓는다. 그레이 이미지 상의 얼굴 후보 영역에서 눈을 검출 하게 된다. 이 입력 영상을 이용하여 조명과 외부 변인의 영향에 대해 보다 강인한 결과를 얻기 위하여 밝기 분포 평준화를 수행한다. 밝기 분포의 평준화는 히스토그램 평활화[11]와 로그 변환[12] 그리고 그레이스케일 모폴로지[13] 순으로 수행되며, 이러한 과정은 눈의 특성을 더욱 더 부각시키는데 사용된다. 그림 6는 밝기분포 평준화 과정을 거친 입력 영상들과 히스토그램을 보여준다.

밝기분포 평준화 과정이 수행된 영상의 히스토그램을 보면, 명암이 보상되어 눈 영역의 밝기가 다른 부분에 비해 강조되어 나타남을 볼 수 있다.

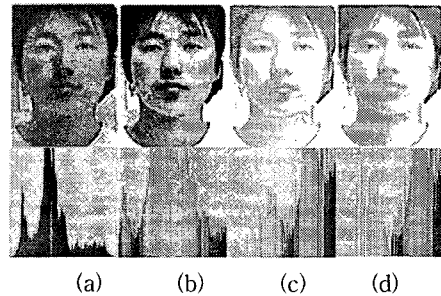


그림 6. 밝기 분포평준화 결과 영상과 히스토그램.

- (a) 입력 영상과 히스토그램,
- (b) 히스토그램 평활화 영상과 히스토그램,
- (c) 로그 변환 영상과 히스토그램,
- (d) 모폴로지 영상과 히스토그램.

Fig. 6. The results of the intensity equalization and histogram.

- (a) Input image and histogram,
- (b) Histogram equalization image and histogram,
- (c) Log transformation image and histogram,
- (d) Morphology image and histogram.

## 2.3 순차 임계 설정법을 이용한 눈 검출

밝기 분포를 평준화한 영상에서 눈 영역의 밝기는 얼굴 영상의 다른 부분에 비해 매우 어둡기 때문에 임의의 임계값을 적용하여 이진화된 영상으로 변환한 후 눈 영역을 검출하는 것이 용이하다.

사용되는 임계값은 낮은 임계값에서부터 순차적으로 증가시키면서 설정되어야 한다. 순차적으로 증가하는 임계값은 식 (2)와 같다.

$$T_i = T_0 + i \times \Delta T \quad i = 0, 1, 2, 3, \dots \quad (2)$$

여기서,  $T_0$ 는 초기 임계값이며,  $\Delta T$ 는 순차적으로 증

가하는 임계값의 증가량을 나타낸다. 초기 임계값  $T_0$ 는 입력 영상의 밝기분포 평균화 과정을 거친 후의 영상 히스토그램에서 가장 낮은 화소의 밝기 값으로 선택하였다. 최대 임계값  $T_{max}$ 는 220으로 설정하여 실험을 수행하였다. 그림 7은 순차적으로 증가하는 임계값의 선택 방법을 나타내었다.

초기 임계값  $T_0$ 에서  $\Delta T$ 만큼씩 증가 시켜  $T_{max}$ 까지 증가 시켜 순차 임계값을 결정하였다.

본 연구에서는 임계값의 증가량은 5로 하였다. 밝기분포 평균화 과정을 거친 영상은 식 (2)로부터 선택된 해당 임계값에 의해 이진화 영상으로 변환된다. 획득되어지는 이진화 영상은 임계값에 따라 분할되어 영상이 나타난다.

즉, 이진화는 색차값을 나타내는 Y 성분의 영상에서 화소들의 밝기 값이 해당 임계값  $T_i$ 이하가 되면 1, 그렇지 않으면 0으로 화소 값을 변화 시켜 얻을 수 있다.

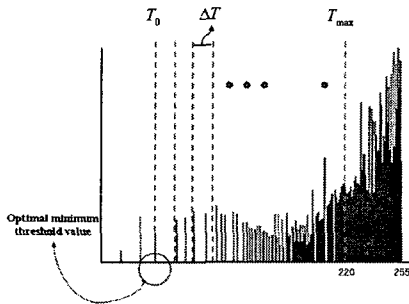


그림 7. 임계값 선택.  
Fig 7. Threshold value selection.

이진화 영상에서 1로 나타나는 영역을 블록이라 하고, 이 블록들은 해당 임계값에 따라 새롭게 생성되거나 사라지기도 하고, 또는 다른 블록들과 병합이 되기도 한다. 그림 8은 순차적으로 증가하는 임계값에서 이진화가 수행된 결과 영상이다. 이 영상에서는 임계값이 165가 되었을 때 이진영상에서 눈 영역이 나타나는 것을 볼 수 있다.

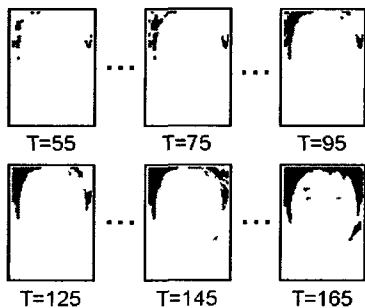


그림 8. 증가하는 임계값에 따른 이진영상.  
Fig. 8. Binary image about increasing threshold value.

이진화된 영상의 블록들을 연결 성분 분석(connected component analysis)[16]을 이용하여 군집화를 수행하였다.

각 영역들은 눈 후보 영역으로 사용된다.

각 임계값에 의해 획득된 눈 후보 영역의 무게 중심점들은 두 쌍의 모든 조합들에 대해 그림 9에 나타난 눈의 형태학적 사전지식을 만족하는지를 확인한다.

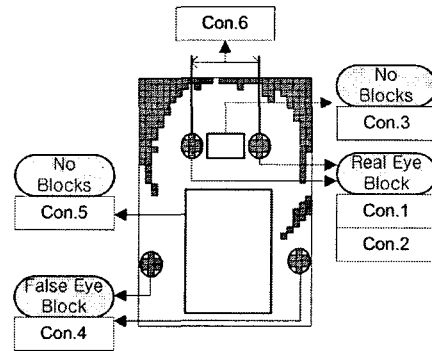


그림 9. 형태학적인 사전지식.  
Fig. 9. Morphologic knowledge.

그림 9에서 얼굴후보영역의 총 픽셀 갯수를  $N$ , 눈 영역의 총 픽셀갯수를  $E$ , 눈 영역의 원주 길이를  $C$ 라 할 때, 첫 번째 조건으로 얼굴후보영역에 대한 눈 영역의 총 픽셀 비는 식 (3)의 관계를 만족해야 한다.

눈영역은 일반적으로 전체 얼굴영역에 비해 적은 영역을 차지한다. 그러므로 눈 검출 과정에서 넓은 영역이 검출되면 그 눈 검출은 잘못 된 검출이므로 식(3)과 같은 제약조건을 두어 눈 검출을 보다 용이하게 하였다.

두 번째 조건으로는 눈 영역의 둥근 정도를 나타내는 원형율(circular ratio)을 이용 하는 것이다.

눈영역은 타원형의 형태를 가지는 특징이 있으므로 눈영역의 원형율을 계산하고, 그 원형율이 식 (4)를 만족하는지를 검사한다.

$$E / N < 1 / 15^2 \tag{3}$$

$$0.1 < 4\pi \times E / C^2 < 0.5 \tag{4}$$

세 번째 조건은 눈 영역 사이에는 다른 블록들이 존재하지 않아야하고, 네 번째 조건은 눈 영역들은 얼굴 후보 영역의 최외각 경계에 인접하지 않아야한다. 다섯 번째 조건은 눈 영역 아래에 다른 블록들이 존재하지 않아야하고, 여섯 번째 조건은 눈 영역 중심사이에는 약 20 - 60개의 픽셀이 있어야한다.

이러한 사전지식을 만족하는 모든 눈 후보의 조합들에 대해 정규화된 상호상관 계수를 계산한다[14],[15]. 사전지식을 만족하지 않는 경우의 조합들은 눈 후보에서 제외시켰다. 그리고 가장 높은 상관계수를 가지는 조합이 최종적인 눈 포인트가 된다. 이 과정을 수행하면서 임의의 임계값에서 눈을 찾는데 실패하는 경우 순차적으로 임계값을 증가시키면서 임계값이 최대값이 될 때 까지 일련의 과정을 반복적으로 수행하게 된다.

2.4 얼굴 영역 정규화 및 검증

눈 검출단계에서 두 눈을 찾게 되면, 두 눈의 간격을 기준으로 눈 영역을 정규화 한 후 신경회로망 알고리즘을 이용하여 얼굴 인지 아닌지를 검증하게 된다. 얼굴 영역 정규화 과정은 그림 10과 같이 두 눈( $P_n, P_m$ )간의 거리 정보  $L$ 과 기울기 정보  $\theta_{nm}$ 를 이용하여 기울어진 얼굴의 위치를 보정하고 상·하·좌·우로 일정한 크기만큼 잘라내어 정규화를 시킨다.

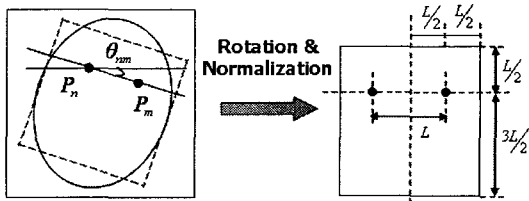


그림 10. 얼굴 영역의 정규화 과정.

Fig. 10. The process of an image normalization.

정규화된 영상은 얼굴 인식과정에서 입력 영상으로 사용된다. 사람 얼굴의 특징인 이목구비가 미세하게 차이가 나기 때문에 눈 사이의 간격( $L$ )을 기준으로 정규화를 수행하면 개인의 특징을 잃어버릴 수 있다고 생각할 수도 있으나 두 눈 사이의 거리는 얼굴의 다른 부위의 특징들에도 영향을 미치므로 개인의 특징을 잃어버리지 않았다.

본 논문에서는 신경망 중에 하나인 역전파(back propagation) 알고리즘[17]을 이용하여 눈인 영상과 아닌 영상을 학습시켰다.

신경망의 입력층의 노드 수는 800개이고, 은닉층은 50개, 출력층의 노드 수는 2개로 하여 실험하였다.

만약 검증과정에서 검증이 실패할 경우 피드백 시스템에 의해 임계값을 증가 시킨 후 눈 검출 단계부터 다시 수행한다. 이 피드백 과정은 얼굴 검증이 성공하거나 최대 임계값이 될 때까지 수행된다.

그림 11는 신경망 학습 데이터인 눈 영상과 아닌 영상을 나타낸다. 눈인 영상과 아닌 영상의 개수는 각각 50개를 사용하였고 training error는 0.02로 하였다. 명암 보정을 위해 히스토그램 평활화가 수행되었다.

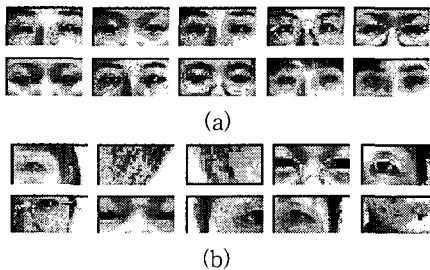


그림 11. 신경망 알고리즘을 위한 학습 데이터  
(a) 눈 영상 (b) 눈이 아닌 영상

Fig. 11. Teaching data for neural network algorithm  
a) Eye images b) Non eye images

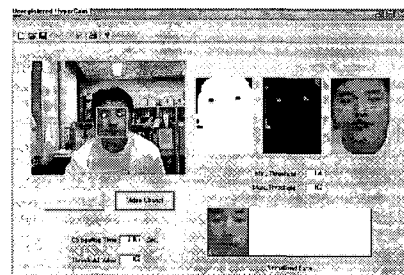
III. 결과 및 고찰

실험은 실내에서 Logitech QuicCam Pro 4000 에서 실시간으로 320×240 크기의 영상을 획득하여 사용하였다. 획득된 영상은 USB bus를 통해 컴퓨터로 전송되고, 컴퓨터에서는 Visual C++ 6.0을 이용하여 이미지를 처리 하였다. 본 실험은 카메라에서 약 0.1초당 하나의 영상을 획득하여 알고리즘을 적용하였다. 적용된 알고리즘은 피부색 필터를 이용하므로 피부색의 양에 따라 얼굴 검출 시간이 달라진다. 얼굴 검출 시간과 순차 임계값은 실시간으로 프로그램상에 나타나도록 프로그램 되어져 있다. 실험결과 평균 0.5초 이내에 실시간으로 얼굴을 검출 할 수 있었다. 그림 12은 본 실험에 사용한 얼굴검출 프로그램 화면이다.

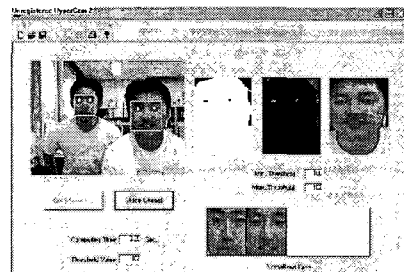
12(a)는 한 사람일 때 얼굴 검출 결과를 나타내었고, 12(b)는 두 사람일 때의 결과를 나타내었다. 그림 13는 실험결과 화면에 나타나는 영상을 나타내었다.

실험은 1분당 약 600장의 영상들에서 순차임계 설정법을 이용하여 얼굴 검출을 하였다. 비디오에서 입력되는 영상에서 얼굴 영역의 크기가 최소 60×70일 경우 즉, 한 영상에 4명 이하의 사람 얼굴은 잘 검출 할 수 있었으나, 그 이상의 사람일 경우 화면에 얼굴이 잘리거나 겹쳐짐으로 인해 정확하게 검출 할 수 없었다.

13(a)는 피부색 분석에 의해 획득되어지는 얼굴검출 후보영상이고, (b)는 밝기분포 평준화 영상, (c) 이진화 영상, (d)는 연결성분 분석 영상, (e)눈검출 영상, (f)검증된 영상을 나타내었다.



(a)



(b)

그림 12. 얼굴 검출 실험 결과  
(a) 한 사람일 때 (b) 두 사람일 때  
Fig. 12. Results of face detection  
(a) One person (b) Two persons

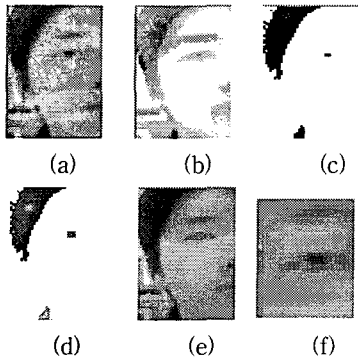


그림 13. 얼굴 검출 결과

- (a) 얼굴 검출 후보      (b) 밝기분포평균화 영상
- (c) 이진화 영상      (d) 연결성분석 영상
- (e) 눈검출 영상      (f) 검증된 영상

Fig 13. Results of the face detection

- (a) Face candidate      (b) Intensity equalization image
- (c) Binary image      (d) Connected component analysis image
- (e) Eye detected image (f) Face verification image

또한 복잡한 배경을 가진 영상은 그렇지 않은 영상과 비교하여 눈 영역의 구별이 모호해지므로 복잡한 배경에서 눈 후보 포인트가 발생하는 경우가 생겨 눈 검출이 어려웠다. 표 1은 실시간 영상에서 실험한 결과를 나타내었다.

표 1. 실험결과

Table 1. Detection Results

Stage	Skin Color Analysis	Rectangle Blocking	Eye Detection	Face Detection
Detection Rate	98.9 %	98.9 %	94.5 %	93.4 %

## VI. 결론

본 논문에서는 사람의 피부색 정보와 얼굴의 형태학적 정보를 이용하여 비디오에서 얻은 영상에 대하여 실시간 얼굴 검출을 할 수 있는 순차 임계 설정 알고리즘을 제안하였다.

얼굴 후보 영역 검출을 위하여 YCbCr 칼라 공간에서 정의된 피부색 필터를 사용하였고, 얼굴 검출을 위하여 밝기분포 평균화과정을 거치고, 순차적으로 증가하는 임계값을 이용하여 이진화된 영상에서 눈 검출을 수행하였다. 검출된 눈 영역을 이용하여 정규화한 영상을 신경망 알고리즘을 이용하여 얼굴인식 아닌지의 여부를 결정한다.

순차 임계값을 이용한 눈 검출은 비교적 간단한 연산 과정으로 정확한 눈 영역을 검출 하여 얼굴을 정규화 할 수 있었다. 또한 두 명이상 일 때도 정확히 각각의 얼굴을 검출 할 수 있었다. 본 연구의 결과를 이용하여 다양한 얼굴인식 연구에 활용 할 수 있으리라 사료된다.

## 참 고 문 헌

- [1] E. Hjelmås and B. K. Low, "Face Detection: A survey," *Computer Vision and Image Understanding*, vol. 83, no. 3, pp. 236-274, Sep. 2001.
- [2] W. Kongqiao, "Automatic face detection in images with complex background", *Neural Networks and Signal Processing*, vol 2, pp. 1027 - 1030, 2003.
- [3] Q. Huynh-Thu, M. Meguro., and M. Kaneko, "Skin-color extraction in images with complex background and varying illumination", *Proc. Sixth IEEE Workshop on Applications of Computer Vision 2002. (WACV 2002)*, pp. 280 - 285, 2002
- [4] Y. X., Lv, Z. Q. Liu, and X.H. Zhu, "Real-time face detection based on skin-color model and morphology filters", *International Conf. on Machine Learning and Cybernetics*, vol 5, pp. 3203 - 3207, 2003
- [5] J.R. Casas, A.P Sitjes, and P.P Folch,, "Mutual feedback scheme for face detection and tracking aimed at density estimation in demonstrations", *IEE Proc. Vision, Image and Signal Proc.*, vol. 152, pp 334 - 346, 2005.
- [6] Y. H. Kwon, d. V. Lobo, "Face detection using templates", *Computer Vision & Image Processing. Pattern Recognition*, vol. 1, pp. 764 - 767, 1994.
- [7] J. Wang, K. N Plataniotis, A.N. Venetsanopolous, "Combining features and decisions for face detection", *IEEE International Conf., Acoustics, Speech, and Signal Processing, Proceedings, (ICASSP '04)*, vol. 5, pp. 17-21, 2004
- [8] J. Huang, Y. Wang, " Compression of color facial images using feature correction two-stage vector quantization", *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 8, pp.102-109, 1999.
- [9] R. L. Hsu, M. Abdel-Mottaleb, and A. K. Jain, "Face detection in color images," *IEEE Transactions on Pattern Analysis Machine Intelligence*, vol. 24, no. 5, pp.696-706, May 2002.
- [10] O. Ikeda, "Segmentation of faces in video footage using HSV color for face detection and image retrieval", *Proceedings ICIP 2003 International Conf. on Image Processing*, vol.3, pp. 14-17, 2003.
- [11] Hidai, K., Mizoguchi, H., Hiraoka, K., Tanaka, M., Shigehara, T. Mishima, T. "Robust face detection against brightness fluctuation and size variation", *IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, vol. 2, pp.1379 - 1384, 2000.
- [12] Michailovich, O.V., Tannenbaum, A., "Despeckling of

medical ultrasound images", *IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics and Frequency Control*, vol. 53, Issue 1, pp. 64 - 78, 2006.

[13] Hai H., Kawaguchi, T., Nagata, R., "Eye detection based on grayscale morphology", *IEEE Region 10 Conference on Computers, Communications, Control and Power Engineering*, vol. 1, pp. 28-31, 2002.

[14] L. Tao and H. K. Kwan, "Automatic localization of human eyes in complex background," *IEEE Int. Symp. on Circuits and Systems*, vol. 5, pp. 669-672, 2002.

[15] W. Xiaohong. Z. Rongchun. "A New Method for Image Normalization", *Proc. of Int. Symp. on Intelligent Multimedia, Video and Speech Processing*, pp. 356-359, 2001.

[16] Gonzalez and R. Woods *Digital Image Processing*, Addison-Wesley Publishing Company, 1992, Chap. 2.

[17] B. Srinivasan, U.R. Prasad, N.J. Rao, " Back propagation through adjoints for the identification of nonlinear dynamic systems using recurrent neural models", *IEEE Transactions on Neural Networks*, vol. 5, Issue 2, pp. 213 - 228 , 1994.



**금 대 현(Dae-Hyun Kum)**  
 2001년 2월 계명대 자동차공학(공학사)  
 2003년 2월 계명대 자동차공학(공학석사)  
 2003~2005 LG전자 연구원  
 2005~현재 대구경북과학기술연구원 연구원



**김 효 성(Hyo-Sung Kim)**  
 1998년 2월 동서대 전자공학과(공학사)  
 2000년 2월 부산대 전자공학과(공학석사)  
 2005년 2월 부산대 전자공학과(공학박사)  
 관심분야 : 영상처리, 패턴인식, 신호처리, 컴퓨터비전



**남 기 곤(Ki-Gon Nam)**  
 1997년 2월 부산대 전자공학과(공학사)  
 1981년 2월 부산대 전자공학과(공학석사)  
 1989년 2월 부산대 전자공학과(공학박사)  
 1990년 3월 ~ 현재 부산대학교 전자공학과 교수, 부산대학교 컴퓨터 및 정보통신 연구소 연구원  
 관심분야 : 영상처리, 패턴인식, 신호처리, 컴퓨터 비전



**예 수 영(Soo-Young Ye)**  
 1996년 2월 동서대 전자공학과(공학사)  
 1998년 2월 부산대 전자공학과(공학석사)  
 2004년 2월 부산대 의공학협동과정(공학박사)

관심분야 : 신호처리, 영상처리, 패턴인식, 의공학



**이 선 봉(Seon-Bong Lim)**  
 1989년 2월 부산대 기계공학과(공학사)  
 2000년 2월 부산대 기계공학과(공학석사)  
 2004년 2월 부산대 기계공학과(공학박사)  
 1990년~1993년 일본 오사카대학 제어공학과 연구원

1994년~2005년 대우정밀(주) 기술연구소 수석연구원

2005년~현재 대구경북과학기술연구원 지능형시스템 연구팀장

관심분야 : 지능형 시스템 기반 기술 및 응용 연구, IVN System, MBD(Model Base Development), 지능형 시스템 융합 기술 분야