

컬러와 에지정보를 결합한 조명변화에 강인한 얼굴영역 검출방법

(A New Face Detection Method using Combined Features of
Color and Edge under the Illumination Variance)

지 은 미 [†] 윤 호 섭 ^{**} 이 상 호 ^{***}
(Eun Mi Ji) (HoSub Yoon) (Sang Ho Lee)

요 약 본 논문은 온라인 얼굴 인식에서 전처리에 해당하는 얼굴 검출방법을 다룬다. 기존의 얼굴 검출 방법에서 에지 정보만을 이용한 얼굴 검출 방법과 컬러 정보를 이용한 얼굴 검출 방법의 단점을 상호 보완하기 위해 본 연구에서는 에지 정보와 컬러 정보를 결합한 얼굴 검출 방법 및 중심 영역 컬러 샘플링을 이용한 얼굴 검출방법을 개발하였다. 즉, 사람의 얼굴 영역이 비슷한 컬러를 가진 배경 영역과 결합(Merge)되는 것을 막기 위해 먼저 적응형 에지 검출 알고리즘을 수행하여 배경과 얼굴 영역을 각각의 고립 영역으로 분할한다. 제안된 적응형 소벨(Sobel) 에지 검출기는 배경 영역과 얼굴 영역의 경계에서 항상 에지가 발생할 수 있도록 에지가 많이 검출되고 입력 영상의 밝기 변화에 강인하다. 이로 인해 얼굴 영역이 하나의 영역이 아닌 여러 영역으로 분할되어 나타날 수 있으므로, 각 영역들의 컬러 정보를 이용해 병합한 후, 최종 얼굴 영역을 MBR(minimum bounding rectangle) 형태로 검출하였다. 이때 병합된 최종 얼굴 영역 후보가 너무 크거나 혹은 너무 작으면, 중심 영역 샘플링 방법을 이용해 다시 얼굴 영역을 검출한다. 총 2100장의 얼굴 영상 데이터베이스를 통해 실험한 결과 본 연구에서 제안한 방법을 사용해 96.3%의 높은 얼굴 영역 검출 성공률을 얻을 수 있었다.

키워드 : 얼굴 피부색 검출, 에지 검출, 영역 샘플링

Abstract This paper describes a new face detection method that is a pre-processing algorithm for on-line face recognition.

To complement the weakness of using only edge or color features from previous face detection method, we propose the two types of face detection method. The one is a combined method with edge and color features and the other is a center area color sampling method. To prevent connecting the people's face area and the background area, which have same colors, we propose a new adaptive edge detection algorithm firstly. The adaptive edge detection algorithm is robust to illumination variance so that it extracts lots of edges and breakouts edges steadily in border between background and face areas.

Because of strong edge detection, face area appears one or multi regions. We can merge these isolated regions using color information and get the final face area as a MBR (Minimum Bounding Rectangle) form. If the size of final face area is under or upper threshold, color sampling method in center area from input image is used to detect new face area.

To evaluate the proposed method, we have experimented with 2,100 face images. A high face detection rate of 96.3% has been obtained.

Key words : Face Skin Area Detection, Edge Detection, Centroid Sampling

[†] 정 회 원 : 예천대학교 컴퓨터통신계열 교수
emji@hcc.ac.kr

^{**} 종신회원 : 한국전자통신연구원
yoonhs@etri.re.kr

^{***} 종신회원 : 충북대학교 전기전자컴퓨터공학부 교수
shlee@chuucc.chungbuk.ac.kr

논문접수 : 2002년 5월 8일
심사완료 : 2002년 9월 9일

1. 서 론

초고속 인터넷이 대중화 됨에 따라 컴퓨터의 보급이 급속히 진전되어 IT 산업이 점차 활성화되고 있다. 이에 따라 컴퓨터 사용자의 보안 및 인증에 대한 수요가 증대되어, 지문, 홍채, 서명, 얼굴, 음성 등의 생체 정보를 이

용한 인증 소프트웨어가 점차적으로 상용화 되어 보급되고 있다. 이중 지문 인증 소프트웨어는 가장 일반적으로 보편화되어 상용화되고 있으나, 지문 인증용 기기에 인식 결과가 종속되고, 사람의 직업에 따라 지문 인식 결과의 신뢰성이 낮아 지는 등 한가지 생체 정보만을 사용한 인증 시스템의 개발에는 한계가 있다. 그러므로 현재 다양한 생체 정보를 결합한 다중 생체 인증 시스템의 구현이 시도되고 있다. 다중 생체 인증 시스템을 구현하는데 있어 얼굴 인식 시스템은 사용자 하여금 거부감 없이 인증을 수행할 수 있고, 또한 입력 카메라로 컴퓨터에 기본으로 탑재되는 추세인 PC 카메라를 이용할 수 있다는 점에서 비용상 장점을 가진다.

얼굴 인식을 위한 연구 현황을 단계별로 분류해 보면 입력된 영상으로부터 얼굴 부위를 정확히 검출하기 위한 연구[1][2], 얼굴 영상의 해석 및 분석을 통해 등록된 얼굴과 입력된 얼굴이 동일한지 판별하는 연구(인증)[3], 입력된 얼굴이 데이터베이스의 어떤 얼굴과 동일한지 판별하는 연구(인식)[4], 그리고 얼굴의 특징 부위들을 분석하여 표정을 인식하는 연구 등으로 대별할 수 있다[5].

얼굴 영상을 처리하기 위해선 기본적으로 얼굴 검출 단계를 거쳐야 한다. 초기의 얼굴검출 방법들은 주로 연구실 환경에서 입력 영상이 얼굴 영역 만을 포함한다고 가정하거나 또한 단일 색조의 배경만이 존재한다고 가정하고 매우 간단한 방법으로 얼굴 영역을 검출하여 신뢰성 있는 결과를 얻었다[6][7]. 그러나 실용화를 목표로 하는 얼굴인식시스템을 개발 할 때는 배경, 조명 상태, 얼굴과 카메라와 거리, 입력 얼굴의 상하좌우 각도,

얼굴 표정, 카메라의 입력 특성 등의 다양한 환경에서 강한 얼굴 검출 결과를 얻을 수 있어야 한다. 다음 표 1에서는 최근에 발표된 두개의 survey[1][2]논문으로부터 얻어진 얼굴 검출 방법의 분류를 볼 수 있다.

위의 분류표와 같이 얼굴 검출 기법으로 다양한 기법들이 시도되어져 왔다. 그러나 위의 여러 방법들 중 특별히 모든 방법을 통틀어 어떠한 경우에도 얼굴 검출에 가장 유용하다고 알려진 방법은 없다. 즉, 위의 논문들에서 언급된 실험 결과는 각 실험 환경(즉, 얼굴 다중 존재유무, 명암 혹은 컬러 처리, 입력 카메라의 성능, 배경의 제한, 얼굴 표정 제한, 안경의 유무 등)에 따라 달라질 수 있다.

본 연구의 실험 환경은 기존 CCD카메라 영상에 비해 상대적으로 저 화질인 십만원 대 이하의 일반 PC 화상 카메라에서 얻어진 320*240 해상도 24bit RGB 영상으로부터 사용자 인증 시스템 구현을 위한 얼굴 영역을 검출하고자 한다. 또한 본 연구에서는 입력 영상에서 하나의 얼굴 영역만을 검출하며, 만일 두 명 이상의 얼굴이 존재하면, 영상의 중심에 가까운 얼굴 영역만을 검출한다. 또한 입력 영상 획득 시 일반 사무실이나 방에서 획득하여 배경에 제한을 두지 않으며, 남녀노소 및 안경의 유무에 관계없이 얼굴을 검출하고자 한다.

본 연구에서 얼굴 검출에 사용하고자 하는 방법은 에지와 컬러 정보를 결합한 방법과 중심 영역 컬러 샘플링 방법으로 표 1에서 특징 기반 방법 중 Multiple Features에 가깝다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2 장에서는 에지 정보와 컬러 정보를 결합한 얼굴 영역 검출방법에 대하

표 1 단일 영상에서의 얼굴 검출 방법 분류

Approach	Method	Representative works
Feature-based	Low-level	Edge: Grouping of edges
		Gray-levels (Texture): Space Gray-Level Dependence matrix (SGLD)
		Color: Mixture of Gaussian
		Motion: Second order temporal edge operator
		Multiple Features: Integration of skin color, size, shape
	Feature analysis	Feature Searching: anthropometrics measures
	Active shape	Constellation analysis: gradient-type operator
Snake: term sensitive to the image gradient		
Deformable template: integral energy		
Appearance-based	Eigenface	Eigenvector decomposition and clustering
	Distribution-based	Gaussian distribution and multiplayer perception
	Neural networks	Ensemble of neural networks and arbitration schemes
	Support Vector Machine(SVM)	SVM with polynomial kernels
	Naive Bayes Classifier	Joint statistics of local appearance and position
	Hidden Markov Model(HMM)	Higher order statistics with HMM
	Information-Theoretical App.	Kullback relative information

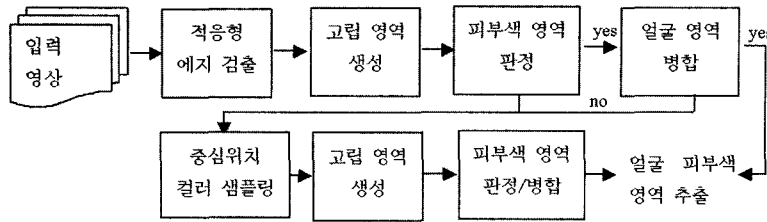


그림 1 얼굴 영역 검출의 전체 모듈별 흐름도

여 설명하고, 제 3장에서는 2장에서 실패한 영상에 대해 중심 영역 컬러 샘플링을 이용한 얼굴 영역 검출 방법을 설명한다. 제 4장에서는 실험결과 및 고찰에 대해 설명하고 마지막으로 5장에서 결론을 기술한다.

2. 에지 정보와 컬러 정보를 결합한 얼굴 영역 검출 방법

얼굴을 검출하는 방법 중 가장 쉽고 일반적으로 사용하는 방법으로 low-level 특징인 에지나 명암 및 컬러를 사용하는 방법들을 들 수 있다. 에지 정보를 이용한 얼굴 검출 방법은 주로 얼굴 영상에서 에지를 검출한 후, 고립 영역을 생성하고, 고립 영역에서 눈과 같은 특정한 모양의 영역을 사전 지식 및 각종 검증 작업을 통해 검출하고 이를 바탕으로 얼굴 구성 요소를 추출하는 방법이다[8]. 이 방법은 주로 안경을 끼지 않은 남자의 경우는 무리 없이 수행되나, 다양한 헤어 스타일의 여자 및 안경을 낀 영상에서는 특정 고립 영역 검출이 실패할 가능성이 높다. 명암을 이용한 얼굴 검출 방법은 공간 명암 정보 매트릭스를 이용해 얼굴 영역을 검출하거나, 가버(Gaber) 필터나 웨이브렛(Wavelet)[9]필터를 적용하여 얼굴 영역을 검출한다. 이 방법은 계산 시간은 표 1에 기술된 타 방법에 비해 오래 걸리나 비교적 정확히 얼굴 영역을 검출할 수 있다. 그러나 이 방법 역시 근본적으로 명암 특징을 이용하므로 입력 영상의 명암 변화 및 다양한 배경 하에서 오류가 발생할 확률이 높다.

컬러 정보를 이용한 얼굴 검출 방법은 주로 사람의 피부색을 등록하고, 등록된 피부색 정보를 이용하여 새로 입력된 영상에서 피부색을 찾는 방법이다[10]. 이 방법은 입력 장치(카메라)가 동일하고 동일한 조명 상태에서 좋은 검출 결과를 얻을 수 있으나, 카메라가 다르고(사용자는 다양한 특성의 카메라를 갖고 있을 수 있다) 조명 상태가 다르다면(즉, 사무실 환경에서 뒤에 창이 존재하는 경우 아침부터 저녁까지 점차적으로 조명 상태가 변화한다) 좋은 성능을 기대하기 힘들다.

이와 같이 단지 하나의 정보만을 사용하여 얼굴을 검출하는 방법은 여러 가지 환경 변화에 적응하여 좋은 결과를 낼 수 없으므로 본 연구에서는 에지 정보와 컬러 정보를 결합하여 얼굴을 검출하는 방법을 제안한다.

즉, 본 연구에서는 그림 1과 같이 연속적인 입력 영상으로부터 에지 정보 및 컬러 정보를 효율적으로 결합한 후, 후보 영역의 검증, 병합 및 재 이진화를 거쳐 입력 영상의 컬러에 적응하여 얼굴 영역을 검출 할 수 있는 방법을 설명한다.

2.1 적응형 소벨(Sobel) 에지 검출

제안된 방법은 얼굴을 검출하기 위해 기본적으로 “사람의 얼굴 영역과 배경 영역은 에지로 분리 가능하다”라는 가정을 사용한다. 일반적으로 카메라의 상태가 정상적이고 초점이 맞아 있다면 입력 영상에서 얼굴 영역과 배경 영역은 에지로 구분되어 별도의 영역으로 나누어진다. 하지만 사람의 옷 색상이나 조명 상태에 따라 수평 에지 정보가 끊어질 수 있는데 이를 방지하기 위해 일반적인 소벨 에지 검출 기법보다 수평 에지를 많이 검출할 수 있는 에지 검출기가 필요하다. 또한 얼굴 영상 처리에서 주로 사용되는 1차 미분 에지 검출 방법은 입력 영상에 대해 마스크를 적용하여 에지 강도(Edge Strength)를 측정된 후, 에지로 판별하고자 할 때 고정된 임계치를 사용하여 에지 인지를 판별하는 방법이 주로 사용된다. 이러한 방법은 입력 영상의 밝고 어두움에 따라 즉, 조명 변화에 따라 에지의 양을 조절할 수 없는 단점이 있다. 이러한 단점을 해결하기 위해 본 연구에서는 영상에 적용되는 마스크상의 국부적인 특징에 따라 임계치를 결정하는 그림 2와 같은 적응형 소벨 에지 검출기를 제안하여 에지를 검출하였다.

에지 결정:

```
temp = abs(H) + abs(V);
sum = sum/64;
if (sum == 0.) sum = 1;
if (temp/sum > 1.0) then edge;
else non-edge;
```

$$V = 0.5 \otimes \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix} \quad H = 2.0 \otimes \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix} \quad \text{Sum} = 1.0 \otimes \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

그림 2 적응형 소벨 에지 검출을 위한 마스크

본 연구에서 사용된 적응형 소벨 에지 검출기를 분석해 보면 수평 방향 에지는 그림 2의 H로부터 얻어지고, 수직 방향 에지는 V로, 수평 수직 에지 강도의 평균 명암도는 SUM으로 구해진다. 그림 2에서 수직 방향 에지의 강도에는 0.5를 곱하여 에지 강도를 낮추었고, 수평 방향 에지의 강도에는 2.0을 곱하여 에지 강도를 높였음을 알 수 있다. 또한 SUM은 전체 마스크 상에 16을 곱한 결과와 같으므로 16으로 나누면 평균 명암 강도를 얻게 되나, 좀더 에지를 많이 검출 할 수 있도록 64로 나누어 주었다. 즉, 위의 에지 결정 조건에서 기본적으로 temp, 즉 수평 수직 에지 강도가 크면 에지가 많이 검출되며, 이에 비해 sum 값은 작으면(마스크내의 명암도가 어두우면) 작을수록 에지가 많이 검출되고, sum값이 크면(마스크내의 명암도가 크면) 클수록 에지가 적게 검출됨을 알 수 있다.

즉, 마스크내의 밝기 변화에 따라 각 화소별로 가변적으로 에지 인지를 결정하므로 고정된 임계치를 이용한 에지 검출에 비해 조명 변화에 강인한 에지 검출 결과를 얻을 수 있다.

그림 3에서 (a)는 입력 영상, (b)는 일반적 소벨 에지 검출 결과, (c)는 제안된 적응형 소벨 에지 검출 결과를 각각 표시한다.

2.2 고립 영역 생성

적응형 소벨 에지 검출기를 사용하면 입력 영상은 그림 3의 (c) 에서와 같이 에지와 비 에지 화소로 이진화된다. 본 연구는 그림 3의 (c)에서 에지에 속하지 않은 고립 영역들 중에 얼굴 피부색 영역이 존재하므로 이를

검출하면 얼굴 피부색 영역을 찾을 수 있다는 가정을 이용한다. 그러므로 에지로 분리된 고립 영역을 찾기 위해 일반적인 동치 테이블을 이용한 2-pass 레이블링 알고리즘을 적용하여 레이블링을 수행하였다. 그림 3의 (c)에 대해 8방향 레이블링 알고리즘을 수행한 결과를 그림 4에서 볼 수 있다.

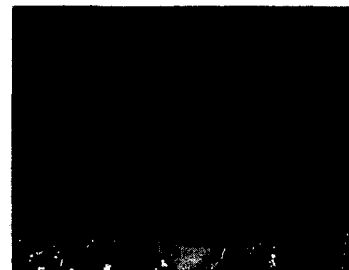


그림 4 고립 영역 생성 결과

그림 4에서와 같이 분리된 각각의 고립 영역들은 다음과 같은 정보들을 갖게 된다.

- 평균 컬러 정보: 입력 영상으로부터 획득된 영상은 RGB 24bit 해상도를 갖는다. RGB 컬러 정보는 영상의 밝기 변화에 따라 매우 민감하게 변화하므로, 밝기 정보와 컬러 정보를 분리한 YIQ나 HSV 컬러 좌표계로 변환하여 정보를 저장하기도 한다. 본 연구에서는 평균 RGB컬러 정보 및 평균 YIQ 컬러 정보 둘 다를 저장한다. 다음은 RGB를 YIQ로 변환하는 공식이다.



(a) 입력 영상

(b) 소벨 에지 검출

(c) 적응형 소벨 에지 검출

그림 3 에지 검출 결과

$$\begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.596 & -0.275 & -0.321 \\ 0.212 & -0.523 & 0.311 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

- 평균 명암 정보: 각 고립 영역이 얼굴 영역으로 결정되기 위해서는 최소(명암도 50), 최대(명암도 220) 사이의 밝기 정보를 가져야 하므로 평균 명암 정보를 검출한다.
- 위치 정보: 각 고립 영역으로부터 중심 위치 및 MBR(Minimum Bounding Rectangle) 정보를 추출한다.
- 크기 정보 : 각 고립 영역의 MBR 크기 및 실제 영역의 MBR 크기 정보를 추출한다.

2.3 피부색 영역 판정

각 고립영역에 대한 정보들이 구해지면 다음 단계는 고립 영역 중 얼굴 피부색 영역에 가장 근접한 고립 영역을 찾는다. 즉, 각 고립 영역들의 컬러, 위치 및 크기 정보를 사용하여 얼굴의 피부색 영역에 가장 근접한 한 영역을 얼굴 영역으로 판정한다.

이를 위해 먼저 입력 영상의 중심점에 가장 근접한 고립 영역부터 차례대로 얼굴 영역인지를 검증한다. 이는 일반적인 사용자가 얼굴 인증을 시도할 때 카메라를 바라보며 자기의 얼굴이 카메라의 중심에 놓이도록 움직인다는 가정을 이용한 것이다. 이와 같은 가정은 본 연구의 목적이 얼굴 인증을 통한 컴퓨터 사용 관리라 할 때 호의적인 사용자는 가급적 높은 얼굴 인증의 결과를 얻기 위해 카메라에 자신의 얼굴을 정확히 노출시킬 것이며, 악의적인 사용자는 가급적 자신의 얼굴을 감추려 할 것이다. 그러므로 얼굴 인증 시스템은 호의적인 사용자들을 일차적으로 처리하여 시스템을 구성하여야 하며, 악의적인 사용자의 처리 순서를 늦추는 것이 좋다.

이러한 가정 하에 얼굴이 입력 영상의 중심에 놓여진다면, 앞서 구해진 고립 영역 중 입력 영상의 중심에 가까운 고립 영역은 얼굴 영역일 가능성이 매우 높다. 그러나 때때로 몇몇 오류로 인해 머리카락 영역이나 배경 영역이 입력 영상의 중심에 위치하기도 하는데 이러한 오류를 제거하기 위해 영상의 중심에 가장 근접한 고립 영역들을 대상으로 다음과 같은 조건을 검사한다.

피부색 고립 영역 판정 조건

- 조건1) 피부색 고립 영역의 평균 명암도가 다른 고립 영역들의 평균 명암도에 비해 어둡지 않은가 ?
- 조건2) 피부색 고립 영역의 크기가 일정한 크기 이상 및 이하의 면적을 갖는가 ?
- 조건3) 피부색 고립 영역의 평균 R의 값이 평균 G,

B에 대해 $R > G, R > B$ 의 조건을 만족하는가 ?

조건4) 피부색 고립 영역의 평균 I, Q값이 일정 임계치 내에서 표준 피부색 모델의 I, Q 값과 일치하는가 ?

위의 조건 1)은 현재 처리중인 고립 영역이 머리카락 영역일 경우를 검사하기 위한 조건으로 일반적으로 한국인의 머리카락은 상대적으로 검기 때문에 머리카락 영역이 피부색 영역으로 판정되는 결과를 제거하기 위해 사용된다. 이 조건은 얼굴 영역이 상대적으로 어둡고 주변 배경 영역이 상대적으로 밝게 입력되거나 머리카락이 기타 다른 색으로 염색되었을 경우 오류가 발생할 가능성이 있으나, 본 조건에서는 고립 영역이 오직 검정 머리로 이루어졌을 경우, 이를 제외하기 위한 조건으로 평균 명암도가 매우 낮은 경우만 (Threshold value = 50) 머리카락 영역으로 판정한다.

조건 2)는 앞에서 적응형 소벨 에지 검출기가 입력 영상에서 비교적 많은 에지 들을 검출하면서 작은 잡음 영역들이 피부색 고립 영역으로 판정되는 것을 제거하기 위한 조건 및 에지가 미약하게 나와 고립 영역의 크기가 너무 크게 나온 경우를 제거하기 위한 조건이다. 본 연구에서는 입력 영상 크기의 수평, 수직 길이를 더한 크기를 4로 나눈 값을 최소 면적으로 결정하고 (즉, 입력 영상이 320*240의 해상도라면 $(320+240)/4 = 140$) 최대 면적은 수평 수직 길이를 더한 크기에 20을 곱한 값을 최대 면적으로 결정하였다.

조건 3)은 대부분의 한국인의 피부색 영역을 컬러 분포로 분석해 보면[11] 각 화소 당 R의 값이 G나 B에 비해 높은 값을 가지므로 피부색 고립 영역의 평균 컬러 분포에서도 위와 같은 조건을 만족해야 피부색 영역으로 판정할 수 있다.

조건 4)는 표준 피부색 모델의 I, Q 값을 정해 놓은 고립 영역이 피부색 영역에 해당하는 I, Q 값을 갖는가를 검사하기 위한 조건으로 이의 임계 구간을 넓게 설정한다. 즉, PC 카메라로부터 입력되는 영상의 컬러 변화는 매우 범위가 넓으므로 이를 충분히 포함하도록 임계 구간을 설정한다. 본 연구에서는 고정된 I 및 Q 값의 상하 +20% ~ -20% 정도를 임계구간으로 설정하였다.

이와 같이 여러 고립 영역 중 영상의 중심에 가장 근접한 영역이 위의 조건 4개를 만족하지 않으면 다음으로 입력 영상에 근접한 영역을 차례대로 검사해서 위의 4가지 조건을 만족하는 영역을 찾아 피부색 고립 영역을 판정한다. 만일 모든 조건을 만족하는 영역이 하나도 없다면 제 3 장에서 기술하는 중심 영역 샘플링을 이용한 얼굴 검출 모듈을 수행한다. 그럼 5의 흰색 영역



그림 5 피부색 영역으로 결정된 고립 영역

은 위의 피부색 고립 영역 판정 조건을 거쳐 피부색 영역으로 결정된 영역을 나타낸다.

2.4 피부색 영역 병합

피부색 고립 영역이 찾아지면, 다음 단계는 병합 단계를 거친다. 즉, 입력 영상에서 피부색 고립 영역이 하나만 존재할 수도 있지만, 본 연구에서 사용된 적응형 소벨 에지 검출기는 에지를 강하게 검출하므로 피부색 영역이 여러 영역으로 분리되어 검출되는 경우가 많다. 이렇게 여러 영역으로 분리되었을 경우는 하나의 피부색 영역으로 병합하는 과정이 필요하다. 본 연구에서는 피부색 영역 병합을 위해 다음과 같은 조건을 검사한다.

피부색 고립 영역 병합조건

조건1) 찾아진 피부색 고립 영역들이 평균 R, G, B 값과 유사한 컬러 값을 갖는지 조사

조건2) 선택된 피부색 고립 영역들이 서로 인접한 위치를 갖는지 조사

위의 조건 1)은 동일한 사람의 피부색 분포는 균일한 R, G, B 값을 갖는다는 가정을 이용한 것이다. 일반적으로 배경 영역에 사람의 피부색 영역과 비슷한 잡음 영역이 존재할 경우도 있으므로 후보 영역이 피부색 고립 영역으로 병합되기 위해서는 찾아진 피부색 고립 영역들과 매우 유사한 분포를 갖고 있어야 한다. 본 연구에서는 $R-Th < R_{input} < R+Th$, $G-Th < G_{input} < G+Th$, $B-Th < B_{input} < B+Th$ 의 조건을 만족하는 지 검사하였다. 이때 R, G, B는 구해진 고립 영역들의 평균 R, G, B 값이고, R_{input} , G_{input} , B_{input} 은 입력 영상의 각 화소가 된다. 이때 Th는 컬러의 변동을 처리하기 위한 임계치로써 10의 값을 할당하였다. 병합조건 2)에서는 입력 영상에서 인증 대상인 얼굴 영역을 하나만 찾는다는 것을 의미한다. 즉, 본 연구에서는 여러 명의 얼굴이 입력 영상에 존재하더라도 단지 영상의 중심에 위치한 하나의 얼굴만을 인증 대상으로 삼는다. 그러므로 이미 찾아진 피부색 고립 영역과 위치적으로 근접한 영역만을

병합하도록 조건 2)에서 검사한다. 이때 인접한 영역이란 병합하고자 하는 두 영역의 MBR(minimum bounding rectangle)이 서로 겹치는가를 검사하거나, 또는 두 영역의 MBR이 얼마나 떨어져 있느냐를 검사한다. 본 연구에서는 얼굴 중심 영역과 이마 영역 등이 안경에 의해 분리되는 경우를 처리하기 위해 두 MBR 사이에 높이는 30 화소, 너비는 20 화소 이상 떨어져 있지 않으면 근접한 영역으로 판정하였다.

피부색 고립 영역의 병합 조건을 만족하는 영역들 간의 병합이 이루어지면 최종적으로 인증하고자 하는 얼굴의 피부색 영역이 검출된다. 그림 6은 피부색 병합 조건 검사를 통해 최종적으로 찾아진 얼굴 영역을 보여준다. 일반적인 경우, 본 연구에서 기술된 단계를 거치면 사람의 피부색 영역을 효율적으로 찾을 수 있으나 병합에 의해 찾아진 MBR의 면적이 너무 크거나(MBR > 30,000) 작다면(MBR < 3,000) 역시 제 3장에서 설명할 중심 영역 샘플링 단계로 이동한다.



(a) 병합된 얼굴 영역

(b) 얼굴영역 MBR

그림 6 병합에 의해 찾아진 얼굴 영역

3. 중심 영역 컬러 정보 샘플링에 의한 얼굴 검출

앞서 가정한 “사람의 얼굴과 배경 영상이 에지로 분리 가능하다”란 조건은 입력 영상의 획득 시 카메라의 상태가 정상적이고 초점이 맞아 있는 영상에서는 좋은 결과를 갖는다. 만일 이러한 조건을 만족하지 않는 영상의 입력 시에는 얼굴 영역이 배경 영역과 결합되므로 오류가 발생한다. 그러므로 이러한 초점이 흐린 입력 영상을 처리하기 위해서 본 연구에서는 그림 7과 같이 입

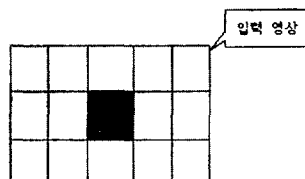


그림 7 얼굴 피부색 영역 샘플링

력 영상의 중심 부분을 일정 크기로 샘플링 한 후, 이 영역에 존재하는 컬러 분포를 사용하여 얼굴 영역을 찾는 방법을 제안한다. 이때 샘플링하는 영역의 수직폭은 전체 입력 영상의 수직 폭을 3등분한 중간 위치의 수직 폭으로 결정하며 수평폭은 전체 수평폭을 5등분한 중간 위치의 수평 폭으로 결정하였다.

3.1 이진화 및 고립 영역 생성

샘플링 영역이 결정되면 다음 단계는 샘플링 영역에서 다음과 같은 피부색 후보 화소 조건을 조사하여 해당되는 화소의 컬러 분포를 누적시킨다.

피부색 후보 화소 검출 조건

- 조건1) 각 화소 당 $R > G, R > B$ 의 조건 만족하는가?
- 조건2) 각 화소의 평균 명암도 $(R+G+B)/3$ 이 임계치 이상의 밝기를 갖고 있는가?

조건 1)은 이미 앞서 기술한 바와 같이 한국인의 얼굴색은 일반적으로 $R > G, R > B$ 의 조건을 만족하므로 이를 조사하는 것이다. 조건 2)에서는 얼굴 피부색이 머리 카락, 눈썹 등의 부분에 비해 밝은 값을 가지므로 이러한 부분을 제외하고 피부색을 검출하기 위한 것으로 임계치는 샘플링된 영역의 평균 명암도를 히스토그램으로 누적 시킨 후, 밝기가 어두운 부분부터 화소 수를 누적하여 전체 화소 수의 20%에 이르는 곳의 명암도를 사용한다. 이 방법은 샘플링된 영역 내에 얼굴이 존재한다면 눈 영역이나 코 영역, 기타 머리카락 영역 등이 피부색 영역 중 전체 면적의 20% 이상 존재하지 않는다는 가정을 이용한 것이다.

샘플링된 영역에서 위의 조건 1)과 조건 2)를 만족하는 화소들의 평균 R, G, B 값을 누적하면, 이를 입력 영상에 존재하는 피부색 영역의 평균 컬러값으로 추정할 수 있다. 즉, 전체 영상에 대해 구해진 위의 평균 R, G, B값을 이용하여 $R - Th < R_{input} < R + Th, G - Th < G_{input} < G + Th, B - Th < B_{input} < B + Th$ 의 조건을 만족하는 지 검사한다. 이때 R, G, B는 평균 R, G, B값이고, $R_{input}, G_{input}, B_{input}$ 은 전체 입력 영상의 각 화소가 된다. Th는 임계치로써 10의 값을 할당하였다. 위의 조건 검사가 끝나면 입력 영상은 피부색 영

역과 다른 영역으로 이진화 되며 다음 단계는 앞서 기술한 고립 영역을 생성하는 레이블링 알고리즘을 수행한 후, 병합 단계를 거쳐 최종적으로 얼굴 영역을 검출하게 된다. 그림 8에서 중심영역 컬러 샘플링에 의해 검출된 얼굴 영역의 예를 볼 수 있다.

4. 실험 및 결과 분석

본 장에서는 실험에 사용된 얼굴 영상 데이터베이스와 실험 환경 및 결과에 관하여 기술한다. 얼굴 검출 테스트를 위한 얼굴 영상 데이터베이스로는 남녀 구분, 안경의 유무, 얼굴 영역의 크기, 배경 및 조명에 제한을 두지 않고 105명으로부터 20장씩 총 2,100장의 영상을 획득하여 구축하였다. 다만, 얼굴 영역을 획득할 때 본 연구에서 강조한 바와 같이 얼굴이 가능한 한 영상의 중심에 위치하도록 시도하였다. 본 얼굴 검출 시스템의 개발을 위해서 사용된 개발 환경으로 하드웨어로는 Pentium 프로세서가 장착된 일반적인 PC 혹은 노트북이 이용되었으며 소프트웨어로는 마이크로 소프트웨어사의 윈도우 OS 환경에서 비주얼 C++ 6.0 이 사용되었다. 얼굴 영상 획득을 위한 카메라로는 시중에서 판매되는 10만원대 이하의 저가형 삼성 Anycam M140, M40 시리즈 및 기타 LG PC 카메라, 인텔 PC 화상 카메라 등 5개 이상 다른 회사 및 다른 종류의 USB 카메라를 테스트하였으며, 모든 카메라에서 320*240 크기로 24bit RGB 해상도로 캡처하였다.

표 2는 본 연구에서 제안한 방법을 이용하여 얼굴 피부색 영역을 검출한 결과를 보여준다.

표 2 실험 결과

	프레임 수 (%)	검출 성공			실패 (%)
		Edge-color (%)	중심영역 샘플링(%)	전체 (%)	
남(79명)	1580 (75.2%)	1177 (74.5%)	332 (21.0%)	1509 (95.5%)	71 (4.5%)
여(26명)	520 (24.8%)	423 (81.3%)	90 (17.3%)	513 (98.7%)	7 (1.3%)
전체(105명)	2100 (100%)	1600 (76.3%)	422 (20%)	2022 (96.3%)	78 (3.7%)

표 2의 실험 결과에서 전체 얼굴 검출 성공률은 96.3%를 보였다. 이중 얼굴 영역을 에지 및 컬러 정보를 이용하여 분리한 경우가 76.3%, 중심영역 컬러 샘플링에 의해 분리한 경우가 20%로 나타났다. 표2에서 얼굴 영역 검출 성공 및 실패의 판정은 얼굴 영역으로 검출된 MBR을 분석하여 결정된다. 즉, 찾아진 MBR안에



그림 8 중심 영역 컬러 샘플링에 의해 검출된 얼굴 영역

얼굴 구성 요소인 두 눈과 입이 포함되어 있고, MBR 크기가 실제 얼굴 피부색 MBR 크기 보다 120%를 초과하지 않아야 성공으로 판정한다.

중심 영역 컬러 샘플링을 이용하여 얼굴 영역을 검출한 예는, 입력 영상에서 얼굴 영역과 배경 영역이 결합되었거나, 에지가 많이 나와 얼굴 영역이 작은 고립 영역들로 분리되었거나, 얼굴이 크게 입력되어 얼굴 영역의 고립 영역 크기가 임계치 이상으로 큰 경우이다. 이러한 경우는 표 2와 같이 전체 영상에서 16 ~ 21% 정도 발생하였다.

표 3에서는 얼굴 영역 검출 시 발생하는 오류를 에지 및 컬러를 결합한 방법 및 중심 영역 샘플링 방법으로 나누어 분석한 결과를 보여준다.

표 3 얼굴 영역 검출 시스템의 오류 분석

	Edge-color	중심영역 샘플링	전체
남	50	21	71
여	5	2	7
합	55	23	78

표 3을 분석해 보면 에지 및 컬러 결합을 이용한 얼굴 검출 오류가 중심영역 샘플링에 의한 오류보다 두 배 이상 높게 나타남을 볼 수 있다. 이는 중심 영역 샘플링의 경우 전체 영상에 대해 수행하는 것이 아니라 에지 및 컬러 결합을 이용한 방법에서 얼굴이 검출되지 못한 경우에만 수행된 결과이기 때문이다. 에지 및 컬러



(a) 얼굴의 고립 영역과 배경 영역이 연결되어 나타날 경우



(b) 에지의 고립 영역이 얼굴 전체 영역으로 병합되지 못한 경우

그림 9 에지 및 컬러 결합 얼굴 검출 오류

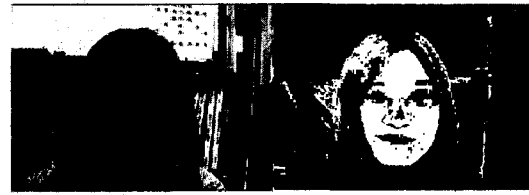
결합 방법을 이용한 얼굴 검출의 오류를 분석해 보면 대부분의 오류가 그림 9의 (a)와 같이 얼굴의 고립 영역과 배경 영역이 에지로 분리되지 않아 연결되어 나타나거나, (b)와 같이 일부 얼굴 영역이 얼굴 전체영역으로 병합되지 못한 경우 발생하였다.



(a) 중심 영역에 얼굴 피부색과 동일한 영역이 주변에 존재



(b) 얼굴 영역의 밝기가 어두워 찾아진 MBR안에 입을 포함하지 못했을 경우



(c) 얼굴의 피부색과 머리카락의 색이 동일한 경우

그림 10 중심영역 샘플링방법의 얼굴 검출 오류

중심 영역 샘플링에서 발생하는 오류로는 그림 10의 (a), (b), (c)에서와 같이 영상의 중심 영역에 얼굴 피부색과 동일한 영역(주변 사람)이 존재하여 병합되거나, 얼굴 영역의 밝기가 어두워 찾아진 MBR안에 입을 포함하지 못한 경우, 또는 머리카락의 색이 얼굴 피부색과 동일한 경우 발생하였다.

표 4에서는 실험에 사용된 실험영상 2100장 중 안경 유무, 얼굴 크기 및 조도에 관한 분석을 보여준다.

표 4 실험 영상에 대한 분석

안경 (frame 수)	얼굴 크기 (면적)		영상 전체 평균 명암도		얼굴 영역 평균 명암도		
	유	무	최소	최대	최소	최대	
1140	960	2056	26808	81	156	61	213

5. 결론

본 연구에서는 일반 PC카메라에서도 컬러 정보를 이용해 얼굴 영역 검출이 가능함을 보였다. 즉, 사용자 인증을 위해 PC 카메라를 이용하여 얼굴 영역을 획득하면 영상처리용 CCD카메라나 일반 캠코더에 비해 영상 질이 떨어지고 배경 및 조명에 따라 영상의 컬러 분포가 심하게 왜곡됨을 알 수 있다. 기존의 컬러를 이용한 얼굴 검출 방법들은 이러한 경우 고정된 임계치를 사용함으로써 영상의 변화에 적절하게 대응할 수 없었다[12]. 본 연구에서는 이러한 단점을 해결하기 위해 먼저 적용형 에지로 영상을 분할하고 분할된 영역 중 피부색영역을 찾거나, 얼굴이 존재할 가능성이 높은 중심 영역을 샘플링한 후, 컬러 임계치를 자동으로 결정하여 얼굴 영역을 찾음으로써 입력 영상의 밝기와 주변 배경 및 영상의 질에 강인한 얼굴 검출 방법을 제시하였다. 또한 제안된 방법을 영상 데이터베이스에 적용하여 실험한 결과 영상의 질이 낮음에도 불구하고 96.3%의 높은 성공률을 보였다. 향후 연구로는 현재 추출된 MBR 영역 안에서 사용자 인증을 위한 눈, 코, 입 등과 같은 얼굴 구성 요소 추출 알고리즘을 개발하는 것이다.

참고 문헌

[1] M.-H. Yang, D.J. Kriegman, and N. Ahuja, "Detecting Faces in Images: A Survey," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 24, No.1, pp. 34-58, Jan. 2002.

[2] E. Hjelmås, B.K. Lee, *Face Detection: A Survey, "Computer Vision and Image Understanding,"* vol. 83, pp. 236-274, 2001

[3] Jianzhuang Liu, Yong Tsui Lee. Graph-based method for face identification from a single 2D line drawing. *IEEE Transactions on Pattern Analysis & Machine Intelligence*, vol.23, no.10, Oct. 2001, pp.1106-19. USA.

[4] R. Chellappa, C.L. Wilson, and S. Sirohey, "Human and machine recognition of faces: A survey," *Proceedings of the IEEE*, vol. 83, no. 5, pp. 704-740, May, 1995.

[5] Takehara T, Ochiai F, Suzuki N. Fractals in emotional facial expression recognition. *Fractals-An Interdisciplinary Journal on the Complex Geometry of Nature*, vol.10, no.1, March 2002, pp.47-52. Singapore.

[6] G. Yang and T. Huang, "Human face detection in a scene," *IEEE Int. Conference of Computer Vision and Patten Recognition*, pp.453-458, 1993.

[7] V. Govindaraju, S. N. Srihari, and D.B. Sher, "A

computational model for face location," *IEEE Int. Conference of Computer Vision*, Osaka, Japan, pp.718-721, 1990.

[8] Jianzhuang Liu, Yong Tsui Lee. Graph-based method for face identification from a single 2D line drawing. *IEEE Transactions on Pattern Analysis & Machine Intelligence*, vol.23, no.10, Oct. 2001, pp.1106-19. USA.

[9] 이찬호, 박주철, 최형일, "정규화된 웨이블릿 특징에 의한 얼굴 인식", *정보과학회논문지 SA*, v.27 no.10, p.1046-1053, 2000.10.

[10] 박현남, 조형제, "조명의 영향을 최소화하기 위한 전처리 기법이 적용된 얼굴 인식", *정보처리학회논문지*, v.7 no.3, p.1000-1012, 2000.3.

[11] 유태웅, 오일석, "색채 분포 정보에 기반한 얼굴 영역 추출", *한국정보과학회 논문지 (B)*, 제 24권, 제2호, pp. 180-192, 1997.

[12] 장선아, 유지상, "색상 정보를 이용한 얼굴 영역 추출", *한국통신학회논문지*, Vol. 25, No. 6B, pp. 1012-1020. 2000.



지은미

1984년 3월 ~ 1988년 2월 숭실대학교 전자계산 공학사. 1988년 2월 ~ 1990년 2월 숭실대학교 대학원 전자계산 공학석사. 1999년 2월 ~ 2001년 2월 충북대학교 대학원 박사과정 수료. 1991년 ~ 1995 한국과학기술연구원 정보전자연구부 연구원. 1995년 ~ 현재 혜천대학 컴퓨터통신계열 조교수. 관심분야는 Computer Vision, Network Security, Database



윤호섭

1985년 3월 ~ 1989년 2월 숭실대학교 전자계산 공학사. 1989년 3월 ~ 1991년 2월 숭실대학교 대학원 전자계산 공학석사. 1998년 3월 ~ 2001년 2월 한국과학기술원 전기전산학과 박사과정 수료. 1991년 1월 ~ 현재 한국전자통신연구원 컴퓨터소프트웨어연구소 선임연구원. 관심분야는 Computer Vision, Pattern recognition



이상호

1972년 3 ~ 1976. 2 숭실대학교 전자계산 공학사. 1979년 3 ~ 1981. 2 숭실대학교 대학원 시뮬레이션 공학석사. 1985년 3 ~ 1989. 2 숭실대학교 대학원 컴퓨터네트워크 공학박사. 1981년 3월 ~ 현재 충북대학교 전기전자 및 컴퓨터 공학부 교수. 관심분야는 Protocol Engineering, Network Security, Network Management, Network Architecture