

碩士學位論文

색상분포와 특징점을 이용한 얼굴인식



濟州大學校 大學院

情報工學科

李 貞 夏

2002年 12月

색상분포와 특징점을 이용한 얼굴인식

指導教授 金 壯 亨

李 貞 夏

이 論文을 工學 碩士學位 論文으로 提出함



李貞夏의 工學碩士學位 論文을 인준함

審査委員長 安 基 中 ①

委 員 金 壯 亨 ①

委 員 李 尙 俊 ①

濟州大學校 大學院

2002年 12月

Face Recognition Using Skin Color Distribution
and Facial Feature in Color Images

Jung-Ha Lee

Supervised by professor Jang-Hyeong Kim

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF MASTER OF
ENGINEERING

DEPARTMENT OF INFORMATION ENGINEERING
GRADUATE SCHOOL
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

2002. 12.

목 차

SUMMARY	I
I. 서 론	1
II. 이론적 고찰	3
1. 얼굴 영역 추출 기술	3
2. 색상정보의 정규화	6
3. 윤곽선 검출	10
4. 정지영상의 정규화기술	14
1) 명도 정규화	14
2) 회전변환	15
3) 보간법	16
III. 얼굴인식 알고리즘 설계	17
1. 색상요소 분석 및 변환	17
1) 색상의 정규화	17
2) 정규화된 색상공간에서의 얼굴색 정보 분석	18
3) 색상분포를 이용한 색상변환	20
2. 얼굴특징 추출	21
1) 눈 영역 추출	22
2) 기울어진 얼굴의 회전	23
3) 입 영역 추출	24
3. 흐림도	25
IV. 실험결과 및 고찰	26
1. 실험환경	26
2. 실험 및 결과	27
V. 결 론	31
참고문헌	32

SUMMARY

In this paper, I proposed the face detection method based on skin-color distributions and facial features extraction algorithm in color image. For extraction face, I proposed the color information transforming method using general skin-color distribution. Facial features are extracted through edge transformation. This detection process reduces calculation time by a scale-down scanning from segmented region. Eye is selected by scanning a region from center point to upper point in face. The mouth is selected from the geometrical relationship of the eyes and edge transformation. I can detect face in various facial expression, skin-color difference and tilted face images.

I. 서 론

오늘날 얼굴 추적, 표정인식, 얼굴 인식 등에 관한 연구가 활발히 진행됨에 따라 사람과 컴퓨터간의 상호작용에 대한 관심이 증가하게 되었다. 얼굴정보는 범죄자 검색시스템, 개인용 컴퓨터의 접근 제어, 공공기관의 보안 시스템, 컴퓨터 게임, 3D TV의 시청자 검색 시스템 등의 분야에서 널리 이용될 수 있다. 이러한 응용이 자동화되기 위해서는 얼굴영역의 추출에 대한 연구가 선행되어야 한다. 일반 영상에서 나타나는 얼굴 영역은 다양한 조명의 변화, 얼굴 영역의 위치와 크기, 표정의 변화, 얼굴의 회전 등이 다양하여 그대로 사용할 수가 없기 때문이다. 이러한 이유에도 불구하고 복잡한 배경에서의 얼굴 영역 추출에 대한 연구는 90년대에 들어와서 본격적으로 진행되었으며, 실시간 얼굴 영역 추출에 대한 연구는 90년대 중반에 들어서야 비로소 진행되기 시작했다.

얼굴 영상이 배경과 확실히 구분되는 특징으로는 피부색 및 눈, 코, 입 등의 얼굴 구성요소와 이들의 상대적인 위치관계를 들 수 있다. 이중에서도 특히 피부색은 다른 특징들에 비하여 배경과 확실히 구별되는 특징으로서, 칼라정보를 다루기 쉬어지면서 얼굴 검출 시스템에서 피부색정보를 이용한 추출이 많이 사용되고 있다.[1][2] Wavelet[3]이나 neural network[4]를 이용한 방법으로 얼굴영역을 검출할 수 있으나 이 방법들은 시간이 소요되는 작업이다.

본 논문에서는 시간소요가 적은 색상 정보를 이용해 얼굴영역을 검출하고자 한다. 먼저 여러 얼굴을 통한 피부색의 평균과 분산을 구하고 이를 이용하여 가우시안 변환을 통해 영상에서 피부색부분을 찾는다. 일반적으로 얼굴추출영상에서 얼굴영역이 크다는 가정 하에 찾은 피부색부분에

서 가장 큰 영역을 차지하는 부분을 얼굴 영역으로 하였다. 얼굴영역을 검증하기 위해 얼굴의 구성요소 중 눈과 입을 찾도록 하였다. 눈과 입은 얼굴영역 내에서의 상대적 위치와 윤곽선 처리를 통해 찾도록 하였다.

본 논문은 모두 5장으로 구성하였다. 1장 서론에서는 본 논문의 필요성과 개요에 대해 서술하였고, 2장에서는 얼굴검출을 위한 이론적 고찰을 하였으며, 3장에서는 본 실험에서 사용된 알고리즘에 대해 서술하였다. 4장에서는 제안된 알고리즘을 실험을 통해 그 결과를 살펴보았으며, 끝으로 5장에서는 본 논문에서 제안된 얼굴검출 실험의 효용성과 향후연구방향을 모색하였다.



II. 이론적 고찰

1. 얼굴 영역 추출 기술

얼굴 영역 추출은 입력된 영상에서 배경과 얼굴을 분리하는 기술로서 정확한 얼굴 인식 및 얼굴영상 검색을 위한 중요한 기술이다. 얼굴 영역 추출의 궁극적인 목적은 영상에 나타나는 얼굴의 위치, 크기, 방향, 조명 등에 상관없이 영상에서의 얼굴 영역을 찾아 이를 추출하는 것이다. 그러나 영상에서의 사람 얼굴은 색상, 모양, 크기, 질감 등에 대한 변화가 무척 심하기 때문에 일정한 시간 안에 정확하게 얼굴 영역을 추출하기는 무척 힘들다. 그래서 많은 연구들이 정면 얼굴 영상만을 다루거나 배경이 일정하다고 가정하거나 영상안에 등장하는 사람의 수가 정해져 있다고 하는 등 일정한 제약조건을 두고 진행되어 왔다.[5] 얼굴 영역 추출에 사용되는 영상은 크게 동영상과 정지영상으로 나눌 수 있다. 또 이들은 다시 칼라영상과 흑백영상으로 나눌 수 있고, 얼굴 영역 추출에 사용되는 영상이 어떤 영상이냐에 따라 얼굴 영역 추출 위한 접근 방법이 달라지게 된다. 동영상을 사용한 연구에서는 속도 측면이 매우 강조되기 때문에 여러 가지 제약조건을 두어 얼굴 영역 추출 시간을 단축하였다. 영상의 배경은 변하지 않고 움직이는 물체가 사람, 영상에 등장하는 사람의 수가 정해져 있다는 가정이 그 예이다. 이러한 가정을 통하여 일정한 상황에서는 빠른 속력으로 비교적 정확하게 얼굴 영역을 추출할 수 있으나 이러한 방법론으로는 앞의 가정을 만족하지 않는 일반 영상에서의 얼굴 영역 추출은 불가능하다. 따라서 본 논문에서는 동영상이나 입력영상의 제약조건이 필요하지 않은 정지칼라영상을 사용하기로 하였다.

정지영상에서의 얼굴 추출 방법에 사용되는 대표적인 두 가지 방법으로 얼굴 구성요소(눈, 코, 입)를 이용하는 방법과 얼굴 형판을 이용하는 방법을 들 수 있다. 얼굴 구성 요소를 이용하는 방법은 우선 영상에서 얼굴 구성 요소인 눈, 코, 입 등을 찾아 이들의 조합으로 얼굴 영역을 결정하는 방법이다. 이 방법은 얼굴 구성요소들이 검출되었기 때문에 검출된 얼굴의 크기를 정규화한다던가 할 때 용이하고, 얼굴 영역 전체를 한번에 검출해 내는 것이 아니기 때문 조명의 영향에서 벗어 날 수 있으며 얼굴에 나타나는 표정변화에의 영향 또한 적게 받을 수 있다는 장점이 있다. 하지만 이 방법은 검출된 얼굴 구성 요소들을 하나의 얼굴 영역으로 결정하는 방법 등이 난해하다는 단점 때문에 그다지 각광을 받지 못하고 있다. [5]

현재까지 연구된 얼굴 형판을 이용한 얼굴 영역 추출 방법으로 예제영상을 이용한 방법[6], 형판 정합에 의한 방법[7], 신경망을 이용한 방법[4], 퍼지 이론에 의한 방법[8], 얼굴의 색상 정보를 이용한 방법[1], K-L변환에 의한 방법[9], Kullback relative information을 이용한 방법[10] 등이 있다. 이 외에도 얼굴 영역 검출속도를 높이기 위하여 특정한 제한 조건을 두어 얼굴 영역을 결정하는 방법 등도 많이 제안되고 있다.




Fig 1. 얼굴 영역 검출

예제 영상을 이용한 방법과 신경망을 이용한 방법은 어느 정도의 회전, 기울어짐, 표정변화 등에 대처할 수 있는 유연성과 빠른 추출 속도를 내는 장점이 있지만, 얼굴영역이 아닌 비 얼굴 영역을 학습시킬 적절한 예가 없고 학습 방법에 따라 얼굴 영역 검출 결과에 차이가 보이며 학습시간이 길고 회전이나 기울어짐이 심해질 경우 검출률이 현저하게 떨어진다는 단점이 있다. 형판 정합에 의한 방법과 퍼지 이론에 의한 방법은 단순한 배경에 대해 뛰어난 성능을 나타내나 복잡한 배경을 갖는 영상이나 어린이, 대머리 얼굴과 같이 형판과 잘 일치하지 않는 영상의 경우 성능이 떨어지는 단점이 있다. 얼굴의 색상 및 형태정보를 이용한 방법은 구현이 용이하나 얼굴의 위치 및 크기를 한 번에 결정할 수 있는 장점이 있으나, 조명의 변화에 의한 오류가 있다는 단점이 있다. K-L 변환을 이용한 방법은 비교적 안정적인 성능을 나타내는 대머리 영상 등 특수한 영상에 대해서도 얼굴 영역의 추출이 가능하나 많은 처리시간이 필요하다는 문제가 있다.[4]

본 논문에서는 얼굴영역을 추출하기 위하여 얼굴의 색상정보와 구성요소를 이용하였다. 얼굴 영상이 배경과 확실히 구분되는 특징으로는 피부색 및 눈, 코, 입 등의 얼굴 구성요소와 이들의 상대적인 위치관계를 들 수 있다. 이중에서도 특히 피부색은 다른 특징들에 비하여 배경과 확실히 구별되는 특징으로서, 얼굴 후보 영역 추출을 위하여 널리 사용되고 있다. 색상정보는 정규화된 색상모델을 사용하여 조명의 변화에 따른 색상의 변화를 최소화 하였다.

2. 색상정보의 정규화

영상처리분야에서 색상은 영상에서 관심의 대상이 되는 물체의 영역을 추출해 낼 수 있는 정보로 중요한 역할을 한다. 일반적으로 색상은 약 400nm에서 700nm까지의 파장을 지닌 가시광선 영역의 전자기파를 의미하는 것이다. 모든 색상은 소위 주요 컬러(RGB)라는 서로 다른 파장의 길이를 가지는 세 가지 성분의 조합과 빛의 휘도성분(brightness)으로 표현된다. 인간의 망막으로 받아들이는 위와 같은 세 가지의 주요 컬러 성분은 서로 독립적인 컬러 매칭 함수와 적절한 스펙트럼 함수로서 표현된다.


$$R = \int_{v_1}^{v_2} r(v)U(v)dv$$
$$G = \int_{v_1}^{v_2} g(v)U(v)dv$$
$$B = \int_{v_1}^{v_2} b(v)U(v)dv$$

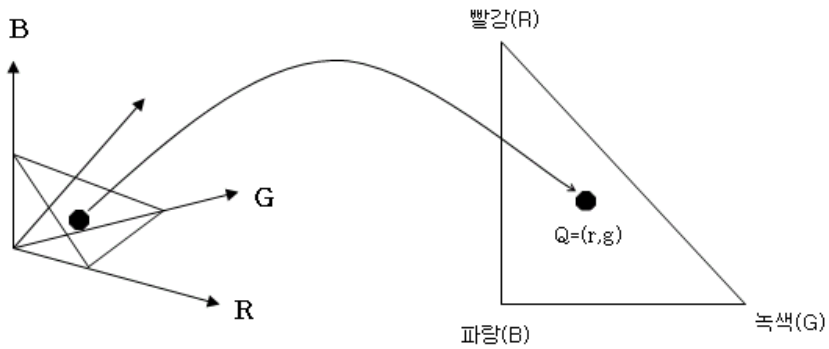
(식1)

여기서 v 는 빛의 주파수.

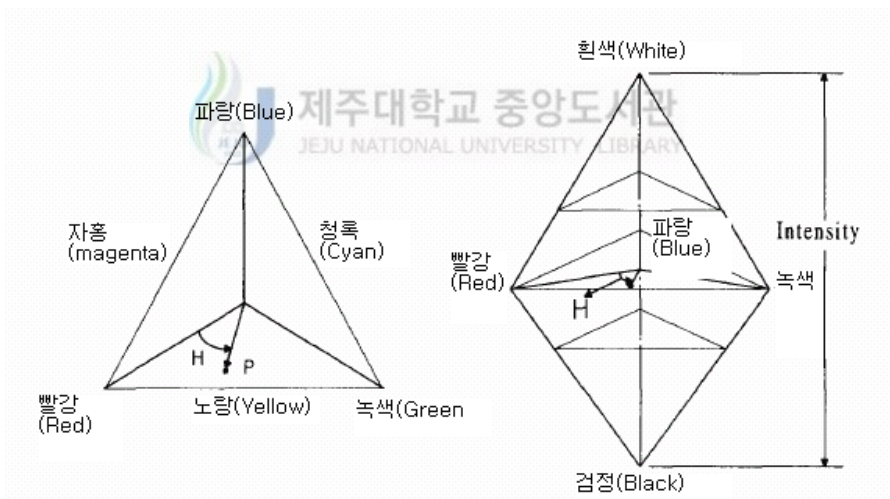
대부분 사용되는 하드웨어의 종류에 따라 여러 가지 컬러모델을 이용한다. 일반적으로 비디오 카메라는 RGB모델을 가장 많이 사용하고 있으며 이 모델은 다른 컬러모델로 쉽게 변환이 가능하다. 비디오 카메라나 프레임 그래버는 아날로그 신호를 각각의 화소에 대해 세 개의 [0,1,.....255]의 값으로 변환한다. 즉 한 화소는 각각 [0,1,.....255]값을 가지는 RGB의 조합 $Q=(R,G,B)$ 으로 표현된다. 하지만 이 모델은 하나의 색상뿐만 아니라

빛의 휘도까지 포함한 값이다.

정규화 색상모델은 전체 분포에서 빛의 휘도성분을 제외시킨 값이다.



(a)



(b)

Fig 2. (a) 정규화 색상 모델 개념 (b) 정규화된 색상모델과 HSI모델과의 관계

Fig 2(a)는 정규화 색상모델의 개념을 설명한다.

RGB공간상에서의 한점 $Q=(R, G, B)$ 는 색상뿐만 아니라 휘도를 지니고 있

다. 만약, 공간의 두 점 $Q_1=[r_1, g_1, b_1]$ 와 $Q_2=[r_2, g_2, b_2]$ 이 (식2)와 같은 관계를 지니고 있다면

$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{g_1}{g_2} = \frac{b_1}{b_2} \quad (\text{식 2})$$

이 두 점은 같은 색상을 가지고 있으나 다른 휘도값을 가지고 있다는 의미이다. 인간의 시각체계는 여러 가지 다른 밝기와 환경에 의한 조명의 변화에 대해 색상을 구분할 수 있는 능력을 지니고 있으며 순수한 하나의 색상을 표현할 때 휘도는 적은 영향을 미친다. 그리고 조명의 변화에 색상은 영향을 받지 않으나 휘도는 큰 변화를 가지게 된다. 따라서, RGB공간상의 한 점에 대해 정확한 색상을 유지하면서 조명의 변화를 제거할 수 있는 정규화 과정을 거칠 필요가 있다.




$$\begin{aligned} r &= \frac{R}{R+G+B} \\ g &= \frac{G}{R+G+B} \\ b &= \frac{B}{R+G+B} \end{aligned} \quad (\text{식 3})$$

RGB모델의 3차원 공간상의 점들이 위와 같은 정규화과정을 거치게 되면 순순한 컬러 정보만을 지니게 된다.

$$r + g + b = 1 \quad (\text{식 4})$$

그리고, (식4)와 같은 관계를 가지게 되어 세 개의 요소 중 두개의 요소로 컬러를 표현할 수 있다. 즉 $R^3 \Rightarrow R^2$ 의 매핑 관계로 차원을 낮출 수 있어 계산상에서도 효율적이다. 정규화 과정을 거친 색상모델에서는 화소에 대한 색상정보를 $q = (r, g)$ 로 나타낼 수 있으며, 이는 각 색상 성분이 8비트로 나타내 진다면 기존 RGB모델에서 표현가능한 256^3 가지의 색상 정보 중 휘도의 변화에 덜 민감한 $255^2/2$ 개의 색상정보를 정규화 색상모델에서 표현할 수 있음을 의미한다. 또한 이 정규화 과정은 인간의 시각체계를 잘 표현한다는 HSI모델과 밀접한 관련을 가지고 있다. Fig 2(b)에서 삼각형 위의 한 점에 대해 Hue 정보는 삼각형의 중심에서 R을 이은 직선에 대해 이루는 각도를 의미하며 Saturation 정보는 삼각형의 중심과의 거리를 의미한다. 그리고 Intensity는 Fig 2(b)에서 중간에 위치한 삼각형에 대해 직교상의 거리를 의미한다.



제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY CENTRAL LIBRARY

$$H = \cos^{-1} \left\{ \frac{\frac{1}{2}[(R-G) + (R-B)]}{[(R-G)^2 + (R-B)(G-B)]^{1/2}} \right\}$$

(식 5)

$$S = 1 - \frac{3}{(R+G+B)} [\min(R, G, B)]$$

$$I = \frac{1}{3}(R+G+B)$$

즉 정규화과정을 거친 RGB모델은 HSI모델에서 Intensity를 제거하고 Hue와 Saturation성분을 구좌표계에서 직교좌표계로 나타냈다고 할 수 있다. (식5)에서도 알 수 있듯이 HSI모델보다는 정규화를 거친 RGB모델이 더 수식적을 간단하고 계산상에서도 효율적이다.

3. 윤곽선 검출

윤곽선 검출 알고리즘은 여러 가지 종류가 있으며, 윤곽선 검출은 미분 연산자에 의한 밝기 값의 변화를 이용하여 찾아내는 것이다. 하지만 직접적인 계산보다는 미분연산자의 역할을 해주는 마스크를 이용하여 빠른 계산을 하는 것이 더욱 효과적이다. 연산방법은 Fig. 3과 같이 원 영상 안의 픽셀들을 마스크의 동일 위치에 해당하는 픽셀들과 곱하고 모든 픽셀을 더하여 중심 픽셀에 할당한다.[11]

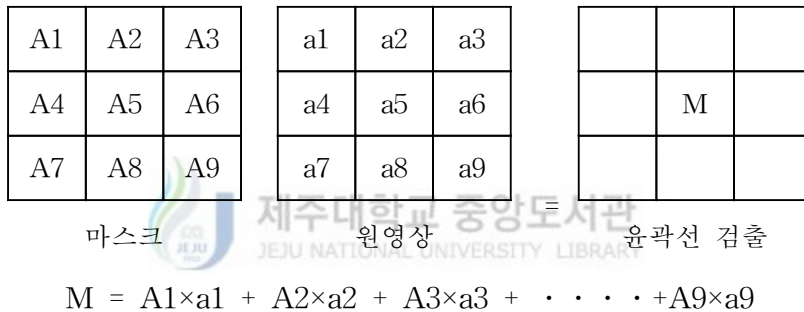


Fig. 3 윤곽선 검출을 위한 마스크 연산

미분 연산자에 따른 마스크의 형태는 각각 다를 수 있지만 모든 픽셀의 합은 0이 되는 특징이 있다. 즉 어떤 종류의 마스크이든지 마스크를 이루는 픽셀의 합은 0이 되어야한다. 이러한 마스크의 특징을 이용한 대표적인 윤곽선 검출 마스크에는 소벨(Sobel), 프르윗(Prewitt), 로버트(Robert), 라플라시안(Laplacian) 마스크 등이 있다.

1) 소벨 마스크(Sobel Mask)

윤곽선 검출의 가장 대표적인 미분연산자인 소벨 마스크는 2차 미분 연산자이며 기울기의 크기는 $G = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}$ (단, G_x 는 x 축 편미분, G_y 는 y 축 편미분)이다. 프로그램의 간결성을 위하여 기울기의 크기를 $G = |G_x| + |G_y|$ 로 할 수 있다.

-1	0	1	1	2	1
-2	0	2	0	0	0
-1	0	1	-1	-2	-1

Fig. 4 소벨 마스크

소벨 마스크는 연산속도가 비교적 느리며 잡음 부분도 윤곽선으로 인식할 만큼 밝기 정도에 매우 민감한 특성이 있다. 소벨 마스크 연산후 임계값을 이용하여 잡음을 제거할 수 있다.

2) 프로윗 마스크(Prewittl Mask)

소벨 필터의 결과와 거의 같은 결과 값을 나타내는데 응답시간이 약간 빠르며 마스크의 형태는 비슷하나 밝기의 경계에 대해 비중을 약간 다르게 주어서, 윤곽선 검출 시 윤곽선이 덜 부각되어 나타나도록 한다.

-1	0	1	1	1	1
-1	0	1	0	0	0
-1	0	1	-1	-1	-1

Fig. 5 프로윗 마스크

3) 로버트 마스크(Robert Mask)

윤곽선 검출 마스크 중 기본이 되는 마스크이고 매우 민감한 필터이다. 계산 속도가 빠르며 작은 커널을 사용하기 때문에 매우 민감하다. 또한 매우 민감한 에지만을 검출해내며 마스크의 모양은 45도 기울기를 가지고 있다.

0	0	-1	-1	0	0
0	1	0	0	1	0
0	0	0	0	0	0

Fig. 6 로버트 마스크

4) 라플라시안 마스크(Laplacian Mask)

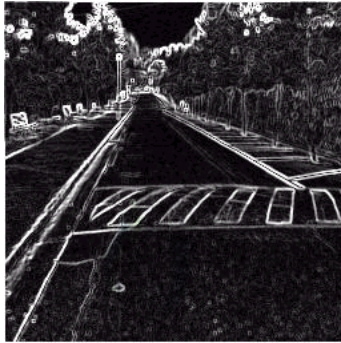
라플라시안 마스크는 연산 속도가 매우 빠르며 2차 미분 연산자를 사용하여 모든 방향의 윤곽선을 검출해 낸다. 그리고 다른 연산자와 비교하여 날카로운 윤곽선을 검출하고, 하나의 마스크로 윤곽선 검출을 수행한다.

-1	-1	-1
-1	8	-1
-1	-1	-1

Fig. 7 라플라시안 마스크



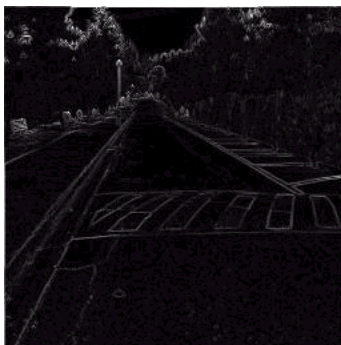
원영상



소벨(Sobel)



프리윗(Prewitt)



로버트 (Roberts)



라플라시안 (Laplacian)

Fig. 8 윤곽선 검출 예

4. 정지영상의 정규화 기술

얼굴 검색 시스템에서의 커다란 문제는 조명에 의한 명도의 변화, 카메라와의 거리에 의한 얼굴 크기변화, 카메라 또는 인물에 의한 영상의 기울어짐 등이 있다. 이는 검색을 위해 비교시 심각한 영향을 미치게 되어 검색 성능을 떨어뜨리는 작용을 한다. 따라서 이를 교정하는 정규화 기술이 필요하다.

1) 명도 정규화

사진 영상의 입력시 조명의 영향을 받게된다. 약간의 조명차이는 보상이 가능하나 조명에 의해 명백히 왜곡되는 화상은 처리가 불가능하며 이에 대한 대책이 알려진 것이 거의 없다. 다만 비선형 변환이나 신경망 등으로 이러한 문제를 해결하고자 했으나, 비선형 변환의 경우 왜곡의 특성이 알려져 있어야한다는 문제점이 있고, 신경망의 경우 추론을 통해 지워진 정보를 복구할 수 있는 가능성은 있으나 아직 많은 연구가 필요한 실정이다. 여기서 명도 교정은 사진 영상 촬영시에 심각한 왜곡이 있는 경우를 제외하고, 조명 및 피부색 그림자 등에 의한 명도 변환에 적응하기 위한 기술을 의미한다.

영상의 명도변화에 적응하기 위한 일반적인 방법으로는 히스토그램 평활화나 히스토그램 신장 등을 사용하게 된다. 그러나 이와 같은 영상처리 방법을 수행한다고 하더라도 피부색이 검거나 그림자가 드리워진 얼굴 등의 경우 주변 배경과의 구분이 모호해진다. 더구나 주변 배경이 피부색보다 밝은 경우 영상 전체에 대해서 히스토그램 균일화를 수행하면 얼굴 영역의 명도 분포가 적용전보다 어두워지게 되므로 얼굴 영역 추출이 어려워지게 된다. 따라서 본 논문에서는 히스토그램 균일화를 탐색영역 내에

서만 적용하여, 조명 및 피부색, 그림자에 의한 명도 변화에 적응할 수 있도록 하였다.

2) 회전(Rotate)변환

영상의 회전변환은 원 영상을 원하는 각도만큼 회전시키는 변환을 말한다. 이 회전변환은 기울어진 영상을 회전을 통하여 바르게 위치시키는데 주로 사용되어진다. 회전변환은 Sine 함수와 Cosine 함수를 이용하여 좌표를 변환한다. 이 때 Sine 함수에서 얻어진 값과 Cosine 함수에서 얻어진 값이 정확히 정수좌표로 매핑되지 않을 경우가 있다. 이러한 원인으로 영상에도 보간법을 사용하여 빈 홀을 없앨 수 있고 영상의 품질 저하현상을 보상하여 준다.

영상을 그림과 같이 반시계방향으로 θ 도 회전한 식은 (식 6)과 같다.

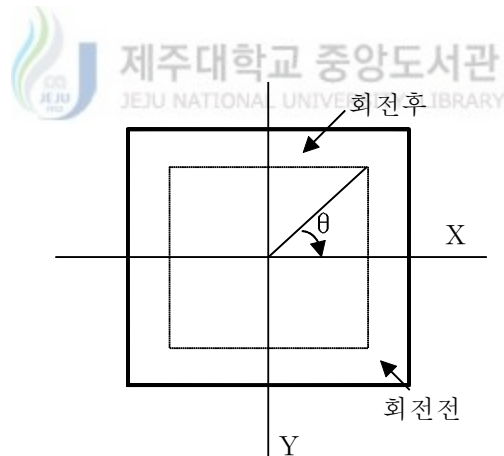


Fig 9. 영상데이터의 회전변환

$$\begin{aligned}
 X &= x\cos\theta + y\sin\theta \\
 Y &= -x\sin\theta + y\cos\theta
 \end{aligned}
 \tag{식 6}$$

3) 보간법

영상의 크기를 확대, 축소 혹은 회전시 영상의 해상도를 높이기 위한 방법으로 가장 쉬운 방법으로는 최근접 이웃 보간법(nearest neighbor interpolation)이 있고, 좀 더 좋은 품질을 위하여 평균값을 이용한 보간법(Mean value interpolation)이 사용되어진다.

- 최근접 이웃 보간법

원하는 픽셀의 위치와 가까운 것을 사용하는 것으로 매우 간단한 방법이다. 이 방법은 빈 픽셀에 이웃하는 픽셀의 값을 할당하므로 계단 현상이 나타나며 좀 더 정확한 확대 영상을 필요로 하는 영상처리 프로그램에서는 한계가 있다. 이를 극복하는 방법으로 평균값을 이용하는 방법이 있다.

- 평균값을 이용한 보간법

확대 영상에서 주변 픽셀들의 평균값을 계산하여 할당받지 못한 빈 픽셀에 대입시키는 방법이다. 이 때 홀에 값을 할당하기 위하여 주변 픽셀들의 평균을 이용하게 되는데 최대한 많은 주변 픽셀들을 참조하는 것이 영상의 품질을 향상시키게 된다.



Ⅲ. 얼굴인식 알고리즘 설계

본 논문에서는 입력영상에서 얼굴을 검색하기 위해 얼굴영역을 찾는 색상요소분석 및 변환과 얼굴의 구성요소인 눈과 입을 찾는 얼굴특징 추출 두 단계로 접근한다. 먼저 입력영상의 색상정보를 정규화해 휘도성분의 영향을 줄이고 피부색을 이용해 얼굴영역을 검출하기 위하여 얼굴색상의 평균값과 분산값을 구하고 이를 가우시안변환식에 적용하여 색상변환을 실시한다. 색상변환된 영상에서 얼굴영역을 추출하고 얼굴영역을 검증하기 위해 얼굴 구성요소의 상대적위치와 소벨연산자를 이용한 윤곽선 검출을 통해 눈과 입을 찾도록 한다.

1. 색상요소분석 및 변환

1) 색상의 정규화

색상정보는 영상에서 얼굴 영역을 추출하는데 중요한 정보로 사용될 수 있다. 하지만 얼굴의 색을 특징으로 사용할 때에는 하드웨어의 차이(장소, 조명 등)와 개인에 따라 색의 분포가 달라 질 수 있다는 문제점이 있다. 이와 같은 문제점들을 해결하기 위해 정규화된 RGB모델을 사용한다.

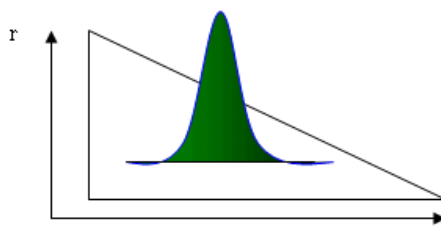
정규화된 RGB모델은 전체 분포에서 빛의 휘도성분을 제외시켜 하드웨어 차이로 인한 조명의 변화나 지역적으로 어두워지는 부분, 개인적인 얼굴 색 변화에 강한 특성을 가진다.

사진이나 카메라로 입력된 영상에서 얼굴을 검출하기 위해 입력영상 각 화소의 RGB색상공간을 사용한다. 이 값에는 색상정보와 함께 휘도 성분도 포함되어 있는데, 여기서는 색상정보만을 이용하므로 (식 3)을 이용해 휘도 성분을 정규화한다.

정규화된 r, g, b는 Fig 2(a)와 같이 r, g만으로 공간을 표현할 수 있다. 이렇게 표현을 하게 되면 화상 입력 시 휘도에 의한 영향을 덜 받고, 색상 성분의 개수가 줄어들어서 계산량이 적다는 장점이 있다.

2) 정규화된 색상공간에서의 얼굴색 정보 분석

정규화된 색상공간에서 얼굴 색상 정보를 분석해 보면 사람의 피부색이 아주 큰 차이를 나타내지는 않기 때문에 Fig. 10처럼 피부색에 대한 색상 발생빈도가 특정 영역을 중심으로 밀집이 되어있는 것을 알 수 있다.[12] 그러므로 입력된 컬러 영상에서 얼굴의 피부색 부분만을 추출하기 위해서 입력 영상의 픽셀값이 얼굴 피부 색상과 비슷한 값을 가지면 높은 확률 값을 가지게 하고, 그 이외의 색상의 영역은 낮은 확률 값을 가지게 하는 방법을 사용하였다. 이를 위해서 서로 다른 환경에서 취득한 영상의 얼굴 영역에 해당하는 화소들의 색상분포 특성을 정규화된 색상의 평균값 $m=(m_r, m_g)$ 및 분산값(σ_r, σ_g) 나타내어, 정규화된 색상 공간에서 2차원 가우시안(Gaussian) 모델링을 사용했다.[13]



g

Fig. 10 정규화된 색상공간의 얼굴 색상 분포

2차원 가우시안 색상분포를 정하면, 실내조명 하에서 피부색상을 포함할 수 있으며 이를 일반 얼굴 색상 분포(General Face Color Distribution)라 정의한다. 2차원 가우시안 분포는 $G(m, \Sigma^2)$ 로 나타낼 수 있다. $m=(m_r, m_g)$ 로 2차원 가우시안 함수의 중앙을 나타낸다. 또 Σ^2 은 각 정규화 색상 성분의 분산을 나타내는 covariance matrix를 의미하며 다음의 식으로 주어진다.

$$\Sigma = \begin{bmatrix} \sigma_r & 0 \\ 0 & \sigma_g \end{bmatrix} \quad (\text{식 7})$$

본 논문에서는 여러 개의 입력영상을 취하여 평균값과 분산 값을 구하였다. 조명을 달리하여 구하였는데 값의 차이는 조금 있었으나 대체로 일정한 범위를 유지하였다. 평균값은 GFCD의 경우 평균값(m_r, m_g)가 (0.344, 0.33)이었고 분산(σ_r, σ_g)은 (0.07, 0.85)이었다. 여기서 인식률을 높이기 위해서 실험에서 나온 분산 값보다 10%정도 큰 값을 사용하여 조명의 변화로 인한 차이를 극복할 수 있도록 하였다.

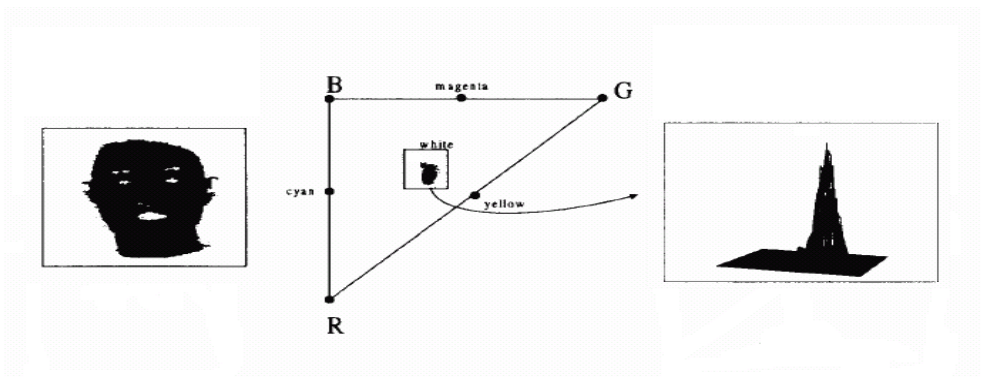


Fig. 11 정규화된 색상 공간에서의 얼굴 색상 분포

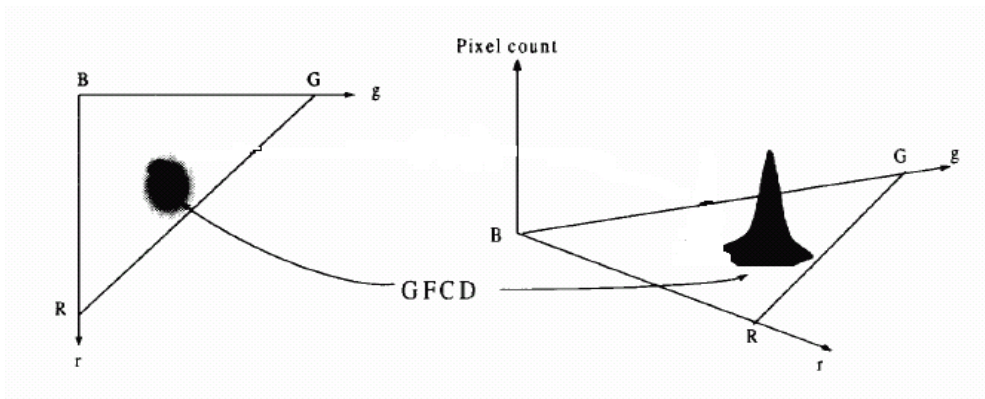


Fig. 12 GFCD의 모델링

3) 색상분포를 이용한 색상 변환

앞에서 정의한 일반얼굴색상분포(GFCD)를 사용해 입력컬러 영상을 얼굴색 화소가 강조된 명암 영상 G로 변환할 수 있다. 이 변환은 각 화소의 색상 정보를 정규화 색상으로 변환한 후 GFCD를 사용하여 얼굴 영역을 강조하는 영상으로 변환한다. 이 색상변환은 정규화된 색상분포(r, g)를 그 색상 정보가 발생할 확률에 따라 밝기 값으로 변환해 주는 기능을 한다. 즉 GFCD에서 색상분포를 정의할 경우 그 평균값 근처에서는 높은 명암 값을 가지고 평균값에서 조금만 멀어지면 급격하게 낮은 명암 값을 가지게 된다. 이를 수식으로 표현하면 (식 8)과 같다.

$$G(x, y) = T(r(x, y), g(x, y))$$

$$G(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma_r\sigma_g} e^{-\frac{1}{2}\left[\left(\frac{r(x,y)-m_r}{\sigma_r}\right)^2 + \left(\frac{g(x,y)-m_g}{\sigma_g}\right)^2\right]} \quad (\text{식 8})$$

<가우시안 변환식>

여기서 (x, y) 는 입력 컬러 영상의 좌표이며, $r(x, y)$ 및 $g(x, y)$ 는 해당 좌표에 해당하는 화소의 정규화 색상성분을 나타낸다. m_r, m_g 는 r 과 g 의 평균, σ_r, σ_g 의 분산에 해당한다.

컬러 영상을 GFCD를 이용해 색상변환하면 얼굴색에 대한 가능성 정도가 0에서 255로 표현되는 명암 영상으로 표현된다. 다음 Fig. 13(b)는 얼굴 영상의 GFCD 색상변환 결과로 얼굴색 영역이 강조된 명암영상 결과를 보여준다.

얼굴색영역이 강조된 색상변환결과에서 얼굴에 해당하는 부분은 일반적으로 입력영상에서 얼굴 이미지가 가장 크다는 것에 착안하여 가장 큰 부분을 찾아 얼굴영역으로 하고 나머지는 제거하는 방법을 사용하였다.

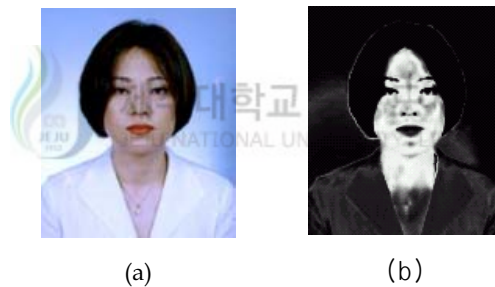


Fig. 13 원영상(a)과 GFCD색상변환(b)

2. 얼굴특징 추출


얼굴영역에서 얼굴의 구성요소 중 눈과 입을 추출한다. 상대적위치를 고려하여 눈과 코의 후보영역을 정하고, 영상을 윤곽선 처리를 통해 눈과 입을 찾는데 이 때 소벨(sobel) 마스크를 이용하였다.

1) 눈 영역 추출

눈이 얼굴에서 상단부분에 존재한다점을 착안하여 앞에서 찾아진 얼굴 영역의 중간위치를 계산하고 중심을 기준으로 상단부분을 눈 후보영역으로 하여 눈의 영역을 찾도록 한다.[14]



$$\text{중심} = (X_{\text{Left}}+X_{\text{Right}})/2, (Y_{\text{Top}}+Y_{\text{Bottom}})/2 \quad (\text{식9})$$


 Fig. 14 얼굴영역의 중심
 JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

눈을 찾기 위해 소벨마스크를 이용하여 원영상에서 윤곽선을 검출한다. 눈 후보영역 중 눈에 해당하는 부분이 가장 많은 에지를 가지고 있으므로 윤곽선 처리한 얼굴 영상을 적당한 크기의 Detection Window로 검색하여 흰색 화소의 개수가 가장 많은 위치를 눈의 후보로 선정한다. Detection Window는 얼굴부위 측정치[15]을 기준으로 얼굴영역의 크기에 맞게 자동 조절할 수 있도록 하였다. 눈을 위한 Detection Window는 얼굴영역 너비의 1/6의 크기를 이용하였다. 선택된 눈의 후보의 위치에서 Detection Window를 수직으로 다시 검색하여 두 번째 눈의 후보를 검출한다. 이들 눈의 후보들 중 y좌표가 작은 것을 눈썹으로, 큰 것을 눈으로 검출한다.[16] Fig 15에서는 윤곽선 처리한 얼굴 영상 데이터에서 10×8

pixel의 Detection Window로 얼굴영역의 윗부분을 검색하여 흰색 화소의 개수가 가장 많은 위치를 눈으로 선정하였다.

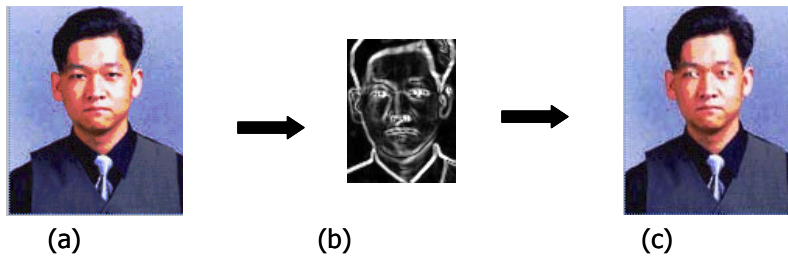


Fig. 15 눈 추출 과정

2) 기울어진 얼굴의 회전

머리가 기울어져 있다면 찾아진 눈의 위치를 기반으로 (식 10)에 의해 기울어진 각도를 계산할 수 있다. 여기서 왼쪽 눈, 오른쪽 눈의 위치를 각각 (x_1, y_1) , (x_2, y_2) 하고 얼굴 영상의 틀어진 각도는 θ 라고 한다. 식10에서 얻어진 각도로부터 틀어진 얼굴영상을 (식 11)을 이용해 회전시킨다.

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \right) \quad (\text{식 } 10)$$

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ -\sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \quad (\text{식 } 11)$$

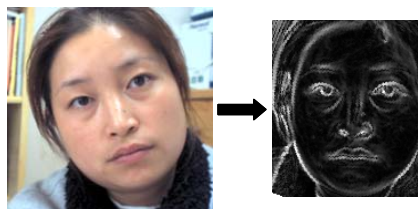


Fig. 16 기울어진 얼굴을 바르게 회전한 결과

3) 입영역 추출

입 영역을 찾기 위하여 눈을 기반으로 한 얼굴 성분 요소들의 상대적 위치 관계를 이용하여 입 후보 영역을 먼저 정한다. 얼굴 성분 요소들의 상대적 위치 관계란 보통 사람 얼굴 내의 눈, 눈썹, 코와 입술에 대한 일반적인 길이 비에 대한 위치 관계를 말한다. 조사된 바에 의하면 얼굴에서의 입 위치는 다음 Fig. 17과 같이 눈을 기반으로 양 눈 사이의 거리 L 과 눈의 중심에서 입까지의 거리가 거의 1대1의 비를 가진다.[17] 이런 특성을 이용하여 $L/4$ 에 해당하는 거리만큼 눈에서 이동하여 L 을 한 번으로 하는 사각형 영역을 입 후보 영역으로 정의한다.

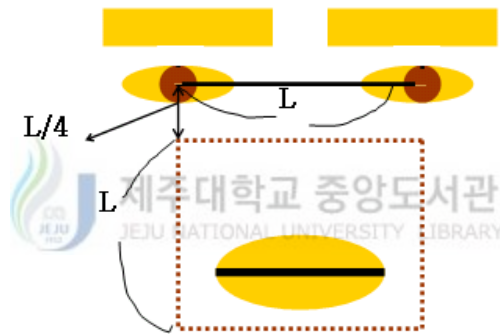


Fig. 17 얼굴 성분의 상대적 상관관계 모델

영역 내에서 정확한 입술 영역을 찾기 위해서 윤곽선이 처리된 영상의 입 후보 영역을 얼굴부위 측정치[15]를 기준으로 적당한 Detection Window을 이용해 검색하여 눈 후보를 검색하는 방식으로 입 후보 영역을 검색하여 좌표 값이 작은 것을 코, 큰 것을 입의 위치로 규정하였다. Detection Window의 크기는 얼굴영역 너비의 1/4의 크기를 이용하였다. Fig 15 영상에서는 입 후보 영역을 15×8 pixel의 Detection Window로 검색하여 입을 찾았다.

3. 흐름도

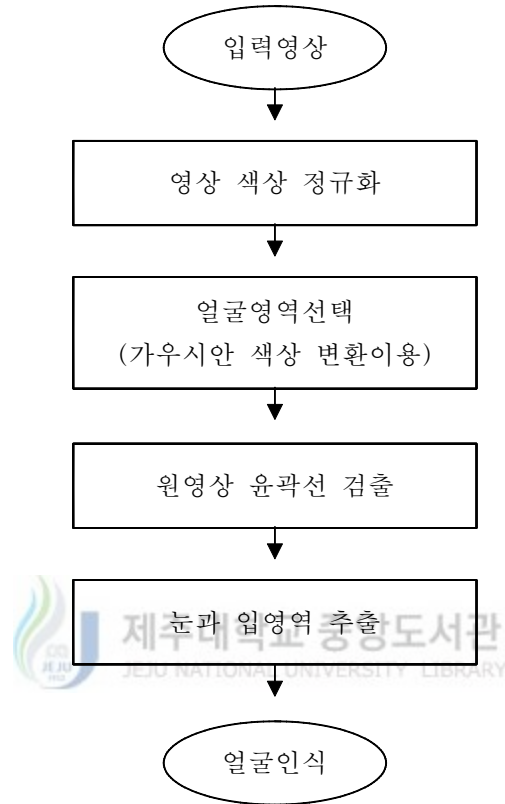


Fig. 18 얼굴검출을 위한 전체 흐름도

IV. 실험결과 및 고찰

본 장에서는 제안된 시스템에 대한 여러 가지 실험 및 성능 확인 및 분석에 대해서 논한다. 칼라 정지영상에서 색상분포를 이용하여 얼굴 영역과 얼굴 특징점을 찾는 방법을 제시하며 실험한다. 여러 종류의 입력영상을 가지고 얼굴역역과 얼굴 특징을 찾을 수 있는가를 실험하고 이에 대해 결과를 분석하였다.

1. 실험환경

본 논문에서 제안된 얼굴추출 시스템의 입력은 RGB 칼라 정지영상이다. 배경이나 옷에 얼굴색과 가까운 색이 포함되어 있는 경우와 표정의 변화, 개인적인 얼굴 색의 변화, 기울어진 얼굴, 정면이외의 조명이 있는 얼굴 등이 포함되도록 영상을 취득하여 실험에 사용하였다. 전체 시스템을 관리하는 컴퓨터는 Pentium IV를 사용하였다. Table.1은 실험에 사용된 실험 환경과 영상에 대해 요약한 것이다.

Table 1. 실험환경

시스템사양	Pentium IV processor 512MB RAM
운영체제	Windows 98 second edition
입력장치	스캔, 카메라
프로그램 언어	Visual C++ 6.0
입력영상의 해상도	RGB영상

2. 실험 및 결과

원영상에서 얼굴색의 평균값과 분산값을 이용해 얼굴 영역을 검출하기 위한 가우시안 변환처리를 위해 먼저 여러 개의 입력영상에서 얼굴색의 평균값과 분산 값을 구하였다. 조명을 달리하여 구하였는데 값의 차이는 조금 있었으나 대체로 일정한 범위를 유지했는데, 평균값(m_r, m_g)는 (0.344, 0.33)이었고 분산(σ_r, σ_g)은 (0.07, 0.85)이었다. 이 값으로 원영상에서 가우시안 변환을 이용하여 Fig. 19(b)와 같이 얼굴 영역을 추출하였다. 추출된 얼굴영역을 Fig. 19(c)와 같이 원영상에서 윤곽선 처리하여, 윤곽선 처리된 영상에서 얼굴영역중 상단 부분을 눈 후보영역으로 하여 눈을 검출하였다. 찾은 눈 영역을 기반으로 입의 후보영역을 지정하고 입을 검출하였다. 눈과 입을 찾기 위해 사용한 Detection Window의 크기는 얼굴영역의 크기에 따라 조절 할 수 있도록 하였다. 눈은 얼굴영역의 1/6의 너비로, 입은 얼굴영역의 1/4 크기로 영상의 윤곽선을 scanning하여 검색하였다.

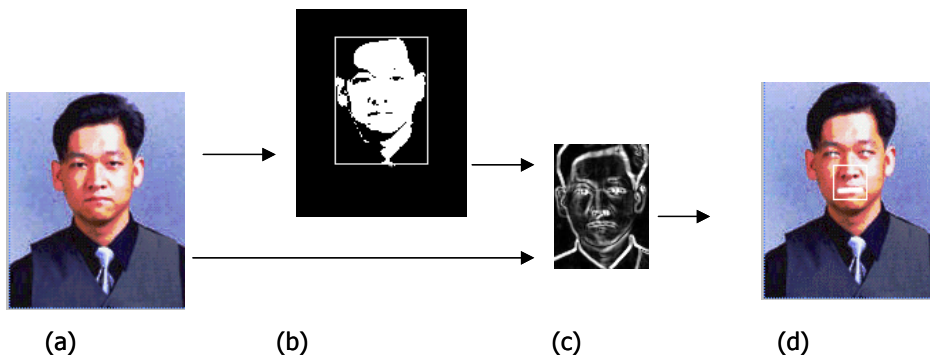


Fig 19. 얼굴검출과정

입력한 영상은 개인 얼굴색의 변화나 얼굴표정에 상관없이 올바른 결과를 얻었다. Fig.20은 정면영상의 정면조명을 받는 얼굴에 대한 검색결과이다. Fig.21은 Fig.20에서의 얼굴영상과 얼굴색이 조금 다른 경우에 대한 검색결과로 얼굴색의 변화에 대해서도 올바른 결과를 얻을 수 있었다. Fig.22은 표정의 변화가 있는 영상으로 웃는 얼굴의 영상을 이용하였다. 웃는 얼굴로 인해 눈이 작아지는 특성이 있으나 실험에서는 올바른 결과를 얻을 수 있었다. 또한 Fig.22은 얼굴 고개를 약간 돌린 경우의 얼굴을 이용하였다. 얼굴이 약간 돌린 경우라도 양쪽 눈이 다 보이는 경우는 올바른 결과를 얻을 수 있었다. 또한 입 부분에 다른 물질이 있었으나 눈을 기준으로 하여 입을 찾으므로서 좋은 결과를 얻을 수 있었다. 그러나 영상에서 얼굴보다 더 큰 얼굴색배경이 존재할 때 배경을 얼굴부분으로 인식하는 오류가 있었다. 또한 조명에 있어서 머리 위 조명이나 정면조명 이외의 조명에서는 얼굴안에서의 반사나 그늘로 인해 얼굴색 분포가 정면조명에 비해 부정확함을 알 수 있다.



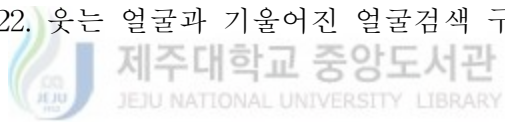
Fig 20. 정면얼굴의 얼굴검색 구현결과



Fig 21. 피부색이 다른 정면얼굴의 얼굴검색 구현결과



Fig 22. 웃는 얼굴과 기울어진 얼굴검색 구현결과



V. 결 론

본 논문에서는 컬러 정지영상에서 얼굴영역과 얼굴의 눈, 코, 입을 추출하는 방법을 제안하였다. 조명의 영향을 줄이기 위해 정규화 색상 모델을 사용하였으며, 개인의 얼굴색 변화를 흡수 할 수 있도록 일반적인 얼굴색 분포를 정의하여 얼굴영역을 찾는데 사용하였다. 이 방법은 얼굴색을 나타내는 영역이 아닌 다른 임의의 색영역을 찾고자 할 때에도, 찾는 색의 색상분포를 이용하여 관심이 있는 색상영역을 찾아내는데 이용할 수 있다. 얼굴영역을 추출한 후에는 윤곽선 검출과 상대적 위치정보를 이용해 얼굴의 특징인 눈과 입을 추출하였다.

이 시스템은 얼굴색의 평균과 분산을 이용해 얼굴영역을 추출하므로써 얼굴의 크기, 얼굴표정이나 개인의 얼굴색의 변화에 관계없이 좋은 결과를 나타낼 수 있었다. 색상정보 같은 연산이 간단한 방법을 사용하고 얼굴의 상대적 위치정보를 이용해 탐색영역을 제한함으로써 얼굴탐색이 단순하고 빠른 시스템을 구현할 수 있었다. 이러한 색상정보를 이용한 영역 검출은 동영상에서의 움직임 검출과 같이 이용되어 움직이는 색상영역을 검출하는데 이용되어 질 수 있을 것이다. 향후 얼굴영역을 검증하는 방법과 양쪽 눈이 보이지 않을 정도로 기울어진 얼굴에 대한 검출 연구가 과제라 할 수 있겠다.

참 고 문 헌

- [1] Nada Bojic and Khee K. pang, "Adaptive skin segmentation for had and sholder video sequence," in Proc. SPIE Visual Comm. And Image Proc., vol. 4067, pp.704-711, 2000.
- [2] Douglas Chai, "Face Segmentation Using Skin-Color Map. in Videophone Applications." IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, col.9, no.4, pp.551-564, June 1999.
- [3] Rogerio S. Feris, Roberto M. Cesar Junior "Tracking Facial Features Using Gabor Wavelet Networks," Computer Graphics and Image Processing, 2000.
- [4] Henry A.Rowley, Shumeet Baluja and Takeo Kandade, "Neural Network-Based Face Detection," Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transaction on, vol.20, pp.23-38, 1998.
- [4] 한국인식기술, "얼굴영상에 기반한 신원확인시스템개발", 1999.
- [6] K. K. Sung and T. Poggio, "Example-based learning for view based human face detection", TR AI Memo 1521, MIT, 1994
- [7] 이미숙, 이성환, "얼굴 영상의 이해를 위한 복잡한 배경에서의 정면 얼굴 영역의 실시간 추출", 한국정보과학회 추계학술 발표회 논문집, pp.609-612, 1996년 10월

- [8] Q. Chen, H. Wu, and M. Yachida, "Face Detection by Fuzzy Pattern Matching", Proc. 5th Int. Conf. on Computer Vision, pp.591-596, 1995.
- [9] M. A. Turk and A. P. Pentland, "Face recognition using eigenfaces", in Proc. Int. Conf. on Pattern Recognition, pp.586-591. 1991
- [10] A. J. Colmenarez and T. S. Huang, "Face detection with information-based maximum discrimination", in Proc. of the IEEE Computer Society Conference on-Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 782-787, 1997
- [11] 장동혁, "New Visual C++를 이용한 디지털 영상처리의 구현", 2001.
- [12] H. Martin Hunke, "Locate and Tracking of Human Faces with Neural Networks", CMU-CS-94-155, August 1994.
- [13] "색상 움직임을 이용한 얼굴 특징점 자동 추출" 전자공학회 논문지, 제 35권, S편, 제8호, pp.1077~1089, Aug. 1998
- [14] C. W. Jurng, J. S. Kim, S. G. Jahng, J. S. Choi, "Face Detection Algorithm Using Skin-Color Distribution and Facial Features in Color Images", International Technical Conference on Circuits/Systems, Computers and Communications (ITC-CSCC2001), Tokushima Japan, July, 2001.

- [15] 윤훈용, 정석길, “한국성인의 머리 및 얼굴부위 측정치에 관한 연구”,
IE Interfaces Vol.15, No.2, pp.199~208, June 2002.
- [16] 유태인, 오일석, “색채 분포 정보에 기반한 얼굴 영역 추출”, 정보과
학회 논문지(b) 제 24권 제 2호, pp.180~192, 1997년 2월.
- [17] 홍승준, 구자윤, 권영현, 이건상, “화자 식별과 얼굴 인식을 이용한
대규모 보안 시스템”, 이학기술연구지 제 2권, pp.91~96, 2000.

