

컬러정보와 부분 템플릿을 이용한 얼굴영역, 요소 및 회전각 검출

이 미 애[†] · 박 기 수^{††}

요 약

얼굴영상을 효율적으로 처리하기 위해선 먼저 입력영상에서 얼굴영역과 얼굴을 구성하는 각 요소를 검출하고 얼굴의 회전각을 추정하는 전처리과정이 필요하다. 본 논문에서는 다양한 얼굴의 크기와 머리회전, 조명의 변화가 허용되고 피부색과 비슷한 배경이 얼굴에 병합되는 경우에도 얼굴과 요소들(눈, 입)을 강건하게 검출할 수 있는 방법을 제안한다. 변환된 HSV 컬러 좌표계상의 대역적 피부 색상정보와 히스토그램을 이용한 피부 색상정보로 얼굴후보영역을 지정한 뒤, 같은 방법으로 얼굴후보영역 안에서 입술영역을 검출한다. 입술영역의 횡축 기울기로 x축에 대한 회전각을 추정한 후, 얼굴의 모양정보와 요소의 위치정보를 이용해 얼굴임을 확정한다. 다음으로 양안의 조합으로 이루어진 부분 템플릿매칭을 통해 눈을 검출한 뒤, 얼굴의 넓이를 참조한 3차원 공간상에서의 눈의 위치를 계산하여 y축 회전각을 추정한다. 다양한 얼굴영상에 대해 실험을 실시한 결과, 본 알고리즘의 유효성을 확인하였다.

Detection Method of Human Face, Facial Components and Rotation Angle Using Color Value and Partial Template

Mi-Ae Lee[†] · Ki-Soo Park^{††}

ABSTRACT

For an effective pre-treatment process of a face input image, it is necessary to detect each of face components, calculate the face area, and estimate the rotary angle of the face. A proposed method of this study can estimate an robust result under such conditions as some different levels of illumination, variable face sizes, face rotation angels, and background color similar to skin color of the face. The first step of the proposed method detects the estimated face area that can be calculated by both adapted skin color information of the band-wide HSV color coordinate converted from RGB coordinate, and skin color information using histogram. Using the results of the former processes, we can detect a lip area within an estimated face area. After estimating a rotary angle slope of the lip area along the X axis, the method determines the face shape based on face information. After detecting eyes in face area by matching a partial template which is made with both eyes, we can estimate Y axis rotary angle by calculating the eye's locations in three dimensional space in the reference of the face area. As a result of the experiment on various face images, the effectuality of proposed algorithm was verified.

키워드 : 피부색(Skin Color), HSV 색상공간(HSV Color Space), 부분템플릿(Patial Template), 회전각(Rotaryangle)

1. 서 론

얼굴은 인체의 어떤 부위보다 사람의 개성과 감정이 잘 나타나며, 공개적이고 비접촉에 의해 얼굴영상을 획득할 수 있는 특징이 있다. 따라서 오래 전부터 개인식별, 표정인식 연구에 얼굴영상이 이용되어 왔으며, 최근에는 사람과 컴퓨터와의 휴먼인터페이스, 생체인증 시스템 연구 등에도 널리 이용되고 있다[1-3]. 얼굴정보를 이용하는 이러한 연구들의 효율적인 처리를 위해서는, 전처리과정으로 입력영상에서 얼굴영역과 얼굴을 구성하는 요소(눈, 입)들의 강건한 검출이

필요하다.

전처리를 위한 종래의 방법으로, 얼굴의 종축과 횡축의 비 및 얼굴영역의 크기를 이용한 모양정보, 얼굴의 각 구성요소의 위치정보, 피부색을 이용한 색상정보, 얼굴동영상에서 획득한 움직임정보를 이용하는 방법 등이 제안되었다. 그러나 이러한 방법들은 단순한 배경에서 정면얼굴을 대상으로 하거나, 조명, 장소에 있어 촬영환경을 고정하는 등 여러 제약조건이 전제되었다. 최근에는 컬러영상으로 색상공간을 표현한 뒤, 얼굴이 가지는 피부색과 요소들의 색상을 이용하여 그 영역을 검출하고 모양정보나 위치정보, 또는 움직임정보들을 결합하는 방법이 제시되고 있다[4-6]. 종래의 방법보다 향상된 결과를 얻을 수 있으나, 고정된 피부 색상

[†] 정 회 원 : 한밭대학교 BK21 사업단 교수

^{††} 정 회 원 : 고신대학교 컴퓨터과학부 교수

논문접수 : 2003년 5월 20일, 심사완료 : 2003년 8월 8일

정보를 적용함으로써 조명 등 촬영환경의 변화에 민감하며, 피부색과 유사한 배경이 얼굴과 병합되거나 머리의 움직임이 있을 경우에는 성능이 급격히 저하되는 단점이 있다.

본 논문에서는 얼굴의 크기와 조명의 변화, 머리회전이 어느 정도 허용되고 피부색과 유사한 배경이 얼굴과 병합되는 등, 다양한 형태의 얼굴영상에서도 얼굴영역과 요소들을 강건하게 검출할 수 있는 방법을 제안한다. 또한, 카메라의 시점변화나 머리의 움직임으로 인한 얼굴의 회전각을 추정하는 알고리즘을 제시한다. 먼저, 변환된 HSV 컬러 좌표계상의 대역적 피부 색상정보와 히스토그램을 이용한 1차 피부 색상정보로 얼굴후보영역을 지정한 뒤, 같은 방법으로 얼굴후보영역 안에서 입술후보영역을 검출한다. 입술 후보영역의 횡축 기울기로 X축에 대한 머리 회전각을 추정하여 머리를 보정한 뒤, 얼굴의 모양정보와 요소의 위치정보를 이용하여 얼굴임을 확정한다. 이 때, 비얼굴로 검증될 경우, 1차 적용된 피부 색상정보는 비얼굴로 검증된 영역 외에서 히스토그램에 의해 다시 지정함으로써, 고정된 피부색 임계값을 적용하는 종래의 방법보다 피부색 배경이나 촬영환경에 따라 영향을 받을 수 있는 피부색 임계값을 유연하게 대처할 수 있다. 다음으로, 머리의 회전에 의해 본래의 눈 형상이 조금 왜곡되어도 대처할 수 있는 방법으로 본 논문에서는 양안의 조합으로 이루어진 부분 템플릿을 이용한다. 확정된 얼굴영역 안에서 매칭을 통해 차례대로 눈을 검출한 뒤, 얼굴의 넓이를 참조한 3차원 공간상에서의 눈의 위치를 계산하여 y축 머리 회전각을 추정한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 색상공간을 이용한 본 연구의 알고리즘을 통해 얼굴후보영역과 입술후보영역을 검출한다. 3장에서는 얼굴의 모양과 위치정보를 적용해 얼굴영역과 입술영역을 확정된 후, 부분 템플릿으로 눈을 검출하는 방법을 제안한다. 4장에서는 머리의 회전각을 추정하는 알고리즘을 설명한다. 5장에서 실험결과를 통해 본 연구의 유효성을 제시하고, 6장에서 결론을 맺는다.

2. 얼굴 및 입술후보영역 검출

입력 영상으로부터 얻어지는 컬러정보는 (그림 1)과 같이 RGB로 표현된다. RGB 컬러를 그대로 사용할 경우, 밝기에



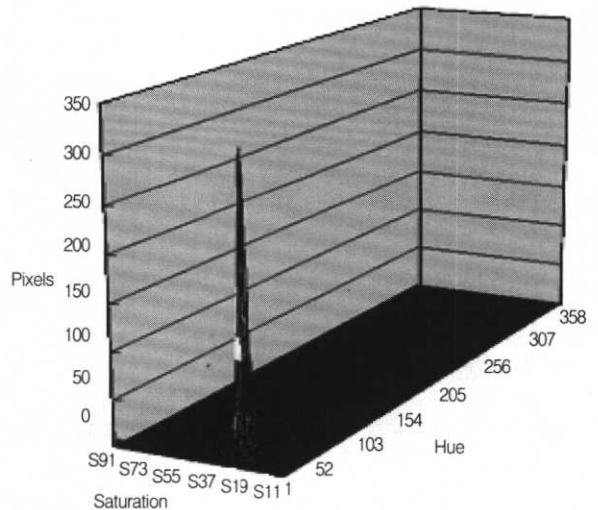
(a) (b)

(그림 1) 컬러영상

매우 민감하여 조명의 변화에 영향을 많이 받는다는 단점이 있다.

얼굴영상에서 획득한 피부색 컬러를 밝기가 제외된 색상공간을 이용해 히스토그램으로 나타내면, (그림 2)와 같이 그 분포가 집중되어 있음을 알 수 있다. 이것은 밝기정보를 분리한 색상공간에서는 피부색영역을 어느 정도 안정적으로 확보할 수 있음을 의미한다. RGB 컬러를 밝기정보와 두 개의 색상정보로 분리해 활용하는 대표적인 색상공간으로 YCbCr[9, 10], YIQ[11], HSV[12, 13], CIELAB[14]가 있다. 그 외에, RGB 색상성분을 유지하면서 밝기의 변화를 억제하는 정규화된 색상모델이 제안되기도 하였다[7, 8].

피부색을 이용한 종래의 얼굴검출 방법은, 피부색의 고정된 임계값을 이용하거나, 검출된 피부색의 가장 큰 영역이 얼굴부위임을 전제하는 제약조건이 적용되었다. 그러나 촬영이 이루어지는 장소가 같은 곳이라 하더라도 날씨, 시간대, 카메라의 종류에 따라 입력영상의 컬러값은 조금씩 변하며, 사람들의 피부색 또한 차이가 있으므로 고정된 임계값으로 각 입력영상에 대한 피부영역을 대응하기에는 한계가 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 피부색상 검출에 고정된 임계값을 정하지 않고 입력영상에 따라 얼굴일 확률이 높은 피부영역을 구하여 점진적으로 확장하는 방법이 제안되었다[13]. 그러나 영역확장을 위한 시점이 다수인 까닭에 얼굴영역 결정시 결함, 제가 용이하지 않고, 피부색과 유사한 배경이 얼굴영역과 병합된 경우나 회전얼굴에는 얼굴확정에 어려움이 있다.



(그림 2) HSV 색상공간 상에서 피부색(그림 1)(a)에 대한 HS 히스토그램

본 논문에서는 사람의 시각체계와 비교적 유사하고 밝기 정보를 용이하게 분리할 수 있는 HSV 색상공간을 사용하였다. RGB 컬러값으로 표현된 얼굴영상을 HS(색상과 채도)와 V(명도)로 분리한 후, HS 값만 활용함으로써 조명의 변화에 따른 컬러 값의 영향을 억제할 수 있는 이점이 있다.

본 논문에서 사용되는 실험대상은 자연스런 표정의 얼굴을 전제로 얼굴의 크기, 머리회전, 조명의 변화가 어느 정도 허용되고 피부색과 비슷한 배경이 존재하거나 얼굴에 병합되는 것을 허용한다.

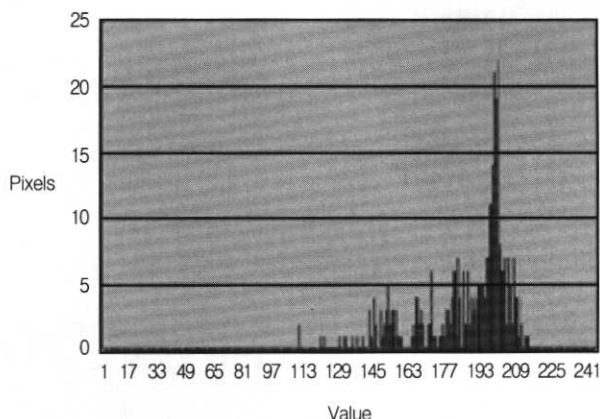
입력된 얼굴영상으로부터 얼굴영역을 검출하기 위해 먼저, 변환된 HSV 컬러 좌표계상의 대역적 피부 색상정보와 히스토그램을 이용한 피부 색상정보로 얼굴후보영역을 지정한다. 같은 방법으로 얼굴후보영역 안에서 입술후보영역을 검출한다. 이 때, 피부 색상정보와 입술 색상정보의 대역적 임계값은 여러 다른 환경에서 카메라로 직접 촬영한 얼굴영상(120매)과 웹 상에서 구한 얼굴영상(30매)의 피부 값 분포를 사전 조사한 후, 피부 및 입술 색상값 중 최대치와 최소치를 임계영역으로 적용하였다. 또한, 사전 실험을 통해 피부색상의 문턱값을 구했다.

<표 1> 대역적 임계영역

대 상	피부 색상	입술 색상
H 임계영역	$0 < H < 60$	$0 < H < 15$
S 임계영역	$0.13 < S < 0.68$	$0.3 < S < 1.0$

위의 방법을 알고리즘으로 정리하면 다음과 같다.

- 단계 1: RGB 입력영상을 HSV 컬러 좌표 값으로 분리한다.
- 단계 2: 피부색상에 대한 HS의 대역적 임계영역값 <표 1>으로 단계 1에서 얻은 HSV 컬러영상을 검색, 해당하는 화소들을 계수한 후, (그림 2)와 같은 3차원 히스토그램을 구한다.
- 단계 3: 단계 2에서 구한 히스토그램의 정점에 해당하는 화소들의 V(명도)값에 대해 2차원 히스토그램을 구한다(그림 3).
- 단계 4: 단계 2와 단계 3에서 구한 정점값을 1차 얼굴 대표 색상값으로 가정한다. 단계 1에서 구한 HSV 컬러영상 중, 1차 얼굴 대표 색상값에 해당하는 화소를 순차적으로 검색, 해당되는 화소를 찾는다.
- 단계 5: 단계 4에서 채택된 화소와 그 이웃하는 화소들과의 컬러값의 차가 문턱 값($H = \pm 10, S = \pm 0.2$) 이하이면, 이웃 화소를 같은 영역으로 간주하여 영역을 확장하는 범람방식(Flood)으로 1차 얼굴후보영역을 결정한다.
- 단계 6: 입술색상에 대한 HS의 대역적 임계영역 값 <표 1>을 이용하여 1차 얼굴후보영역 안에서 입술영역을 검출 한다. 얼굴영역 안에서는 입술부위가 가장 큰 영역으로 검출됨이 예상되므로, 레이블링을 통해 최대 영역만 남기고 그 외의 부분은 제거한다.



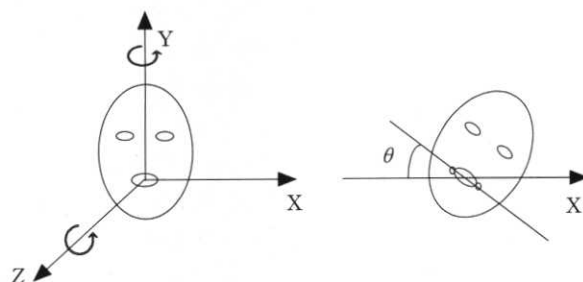
(그림 3) V값에 대한 히스토그램

이로서 촬영환경에 따라 달라지는 피부색상 값을 위의 알고리즘을 통해 1차적으로 확정할 수 있다. 입술영역은 얼굴의 구조적 특성상, 주변이 피부색만 존재한다고 예상되므로, 유사색과의 병합을 배제할 수 있어 대역적 임계영역 값만으로 입술후보영역을 정했다. 그러나 얼굴영역보다 피부색에 유사한 배경이 더 큰 영역으로 존재할 경우, 위의 알고리즘만으로는 얼굴검출이 용이하지 않다.

3. 얼굴영역 확정 및 요소 검출

1차 얼굴 대표색상값의 확장으로 얼굴후보영역이 결정되면 이것이 얼굴인가를 판별하는 과정이 필요하다. Z축에 따른 얼굴회전은 입술도 같은 방향으로 회전하므로, 입술후보영역의 좌우측 끝점을 연결하여 횡(X)축에 대한 기울기 값을 구한 뒤, 다음 식 (1)을 이용하여 얼굴의 기울기를 보정한다. 이 때, (x_r, y_r) 는 중심점이며, θ 만큼 회전시 점 (x, y) 로부터 점 (x', y') 을 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} x' &= x_r + (x - x_r) \cos \theta - (y - y_r) \sin \theta \\ y' &= y_r + (x - x_r) \sin \theta + (y - y_r) \cos \theta \end{aligned} \quad (1)$$

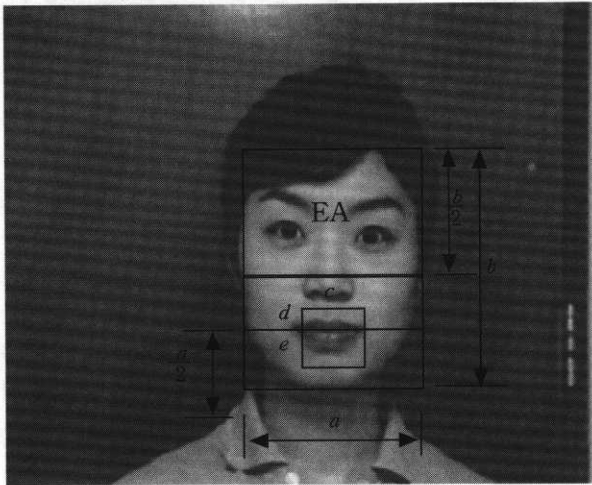


(그림 4) 머리의 회전축과 얼굴 기울기

3.1 얼굴영역 검출

얼굴영역임을 확정하기 위하여 본 논문은 얼굴의 모양정보와 요소의 위치정보를 참조하여 다음 세 가지를 판별조

건으로 사용하였다. 첫째, (그림 5)와 같이 얼굴 기울기가 보정된 입술 좌우 끝점을 연결하여 a 을 구하면, 얼굴모양이 일반적으로 타원임을 고려할 때, $a < b$ 가 성립되어야 한다. 둘째, 입술후보영역의 횡축길이 c : a 가 1:2.0~3.5 사이에 존재해야 한다. 셋째, 요소의 위치정보에 따라 입술후보영역이 EA에 포함되어서는 안된다. 얼굴후보영역이 위의 세 조건을 만족하면 얼굴 영역임을 확정한다.



(그림 5) 얼굴의 모양정보와 요소의 위치정보

3.2 입술영역 검출

얼굴영역이 확정되면 입술영역을 검출한다. 이 때, 레이블링 작업으로 인해 윗입술과 아랫입술 중 어느 한쪽만 검출될 수 있는데, 횡축입술길이 c 를 구한 뒤, (그림 5)에서처럼 c (횡축입술길이) : d (윗입술) : e (아랫입술)의 비를 입술모양 정보를 참조하여 3:1:2로 정한다. 이 값은 입술이 열렸을 때를 고려하여 조금 크게 확정된 값이다.

3.3 눈 검출

본 논문은 검출된 얼굴영역이 머리의 회전으로 인해 본래의 눈 형상이 조금 왜곡되어도 유연하게 대처할 수 있는 방법으로 부분 템플릿을 이용한 매칭법을 제안한다. 사람의 눈은 좌우측이 대칭성을 가지고 있지만, low-level 영상에선 비슷한 패턴으로 이루어짐을 알 수 있다. 이러한 점에 착안하여 양안의 조합을 통해 부분 템플릿을 설정한 후, 그 레이 영상으로 변환시킨 얼굴영역에서 매칭을 행한다.

이 때, 영상에 따라 입력된 얼굴크기가 달라지므로, 얼굴 기울기가 보정된 얼굴영역의 횡축 길이 a 을 이용하여 템플릿의 크기를 조정한다(횡축길이 : 템플릿 길이 = 4 : 1). a 을 횡축얼굴 길이로 채택한 이유는, 종(Y)축에 대하여 머리가 회전할 경우, 귀 부분도 피부색 확장으로 검출될 수 있다. 이럴 경우, 실제의 횡축 얼굴길이보다 훨씬 큰 값을 취하게 되므로, 얼굴크기에 비례하는 템플릿을 얻지 못하게 된다.

본 논문은 사전 실험에서 정면얼굴과 회전얼굴의 횡축길이의 차가 가장 적은 곳이 a 임을 확인했다. 부분 템플릿은 실험영상 중, 얼굴 크기가 같은 얼굴 10매(N)의 양안을 조합하여 구성하였다.

$$Partial\ Template = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \frac{Right\ Eye + Left\ Eye}{2} \quad (2)$$

위의 방법을 알고리즘으로 정리하면 다음과 같다.

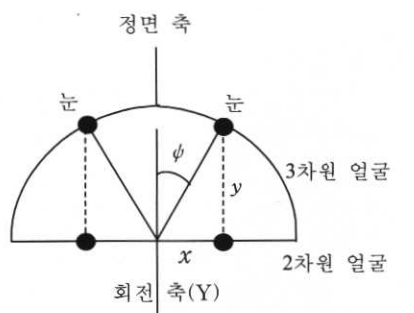
- 단계 1: 2장에서 구해진 입술후보영역의 횡축 기울기로 X축에 대한 회전각을 추정한 뒤, 얼굴의 기울기를 보정한다.
- 단계 2: 얼굴의 모양정보와 입술의 위치정보를 이용하여 얼굴임을 판별한다. 이때, 얼굴후보영역이 비얼굴로 판별되면, 1차 얼굴후보영역을 제외한 나머지 피부 색상영역으로 2장의 단계 2, 단계 3을 실행한다. 새로 구한 정점값을 2차 얼굴 대표 색상값으로 설정하고, 피부 색상영역 전체에 대해 다음 알고리즘을 다시 실행해 나간다.
- 단계 3: 얼굴영역이 확정되면 입술영역을 검출한다.
- 단계 4: 눈은 얼굴의 위치정보 상, (얼굴종축길이)/2의 위쪽에 존재함을 알고 있으므로, 부분 템플릿 매칭으로 (그림 5)의 EA영역 안에서 두 눈을 순차 검출한다.
- 단계 5: 하나의 얼굴과 요소들을 검출하고 난 뒤, 다음 얼굴을 검출하기 위해서는 얼굴검출이 성공한 부분을 제외한 나머지 피부색상영역만 가지고 2장의 단계 2부터 알고리즘을 반복한다.

본 실험에서는 연속적으로 3번까지 비얼굴로 판단되면, 더 이상 얼굴검출대상이 없으므로 판단하고 실행을 끝낸다.

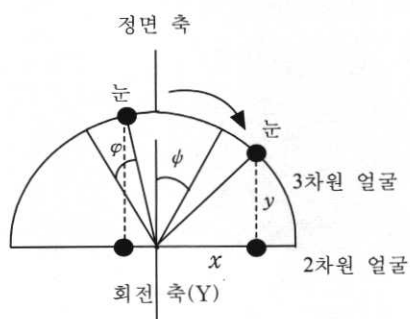
4. 머리의 회전각 추정

얼굴영상을 이용하는 많은 연구분야의 성능향상 및 다양한 응용을 위해서는 얼굴영역과 각 요소들을 검출하는 것 외에, 머리의 움직임을 전처리로서 추정할 필요가 있다. 특히, 얼굴인식 연구나 얼굴을 이용하는 생체인증 시스템연구 등은 머리회전으로 인해 얼굴이 부분적으로 왜곡되면 인식이 현저히 저하되는 문제가 있다.

머리가 좌우로 회전하는 Z축에 대해선 입술의 끝점을 이용해 간단히 추정할 수 있었다. 이에 반해 Y축에 대해선 현실적으로 한 장의 얼굴영상만으로 3차원 정보인 회전각을 추정하기란 용이하지 않다. 본 논문은 2장, 3장에서 제안한 방법으로 검출된 얼굴영역과 눈 영역을 이용해 회전각을 검출한 후, 그 성능을 검증해 보고자 한다.



(a) 정면얼굴



(b) Y축에 대한 회전얼굴

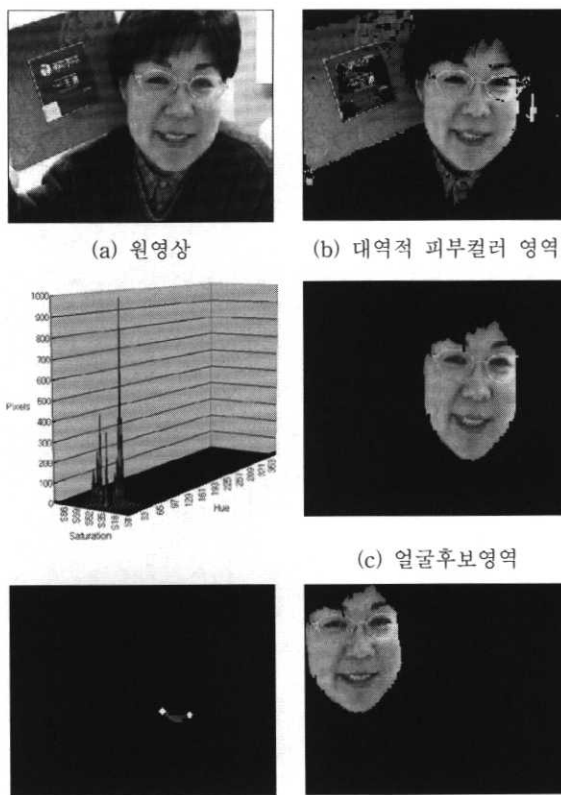
(그림 6) 2차원 영상에서의 눈 위치를 3차원 공간에서 표현

(그림 6)에서 원의 지름은 (그림 5)의 a 값인 얼굴의 횡축 길이로 나타냈다. 2차원 영상에서 얼굴 영역 안의 눈의 위치를 3차원 얼굴에 투영시킬 경우, (그림 6)과 같이 나타낼 수 있다. (그림 6)(a)는 정면얼굴로서, 3차원 상에 눈의 위치를 나타내며 회전 축(Y)과 두 눈 사이의 각도 ψ 가 정면 축을 중심으로 일정하다고 볼 수 있다. (그림 6)(b)는 회전 축을 중심으로 머리를 회전했을 경우, 두 눈도 같이 회전함을 보여주고 있다. 3차원 공간상의 회전각 ϕ 은 식 (3)을 이용하여 구할 수 있다. 이 때, ϕ 는 예비실험을 통해 정면얼굴들로부터 미리 획득한 평균각이며, ϕ 는 회전축을 기준으로 회전 전의 눈의 위치와, 회전 후 3차원 얼굴에서의 눈의 위치 사이에서 얻어진 각도와와의 차이이다.

$$\text{회전각}(\phi) = \arctan \frac{x}{y} - \psi \quad (3)$$

5. 실험 결과

실험에 사용된 얼굴영상은 눈을 감지 않은 자연스런 표정의 입력영상을 전제로, 배경, 얼굴의 크기, 얼굴의 움직임 등을 고정하지 않았다. 다만, 강한 조명이나 부분 조명, 햇빛 등으로 컬러값이 심하게 왜곡되는 영상은 실험대상에서 제외하였다. (그림 4)와 같이 머리 회전이 이루어질 때, Z축에 대해선 $\pm 90^\circ$ 까지 허용하였고, Y축은 양안 모두 그 형상을 어느 정도 유지할 수 있는 $\pm 40^\circ$ 까지 회전을 허용하였다.



(그림 7) 배경이 병합된 경우의 예

색상이 짙은 안경은 본 실험에서 배제하였으나, 그 외에는 안경의 유무, 남·녀 구분없이 CCD 카메라(해상도 320×240)로 촬영한 영상 120매와, 웹에서 획득한 30매, 총 150매의 영상을 사용하였다.

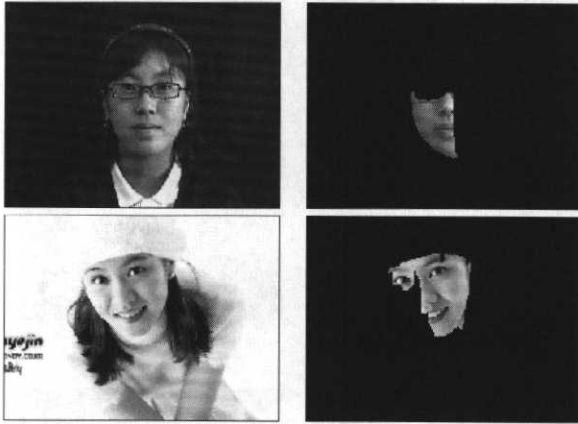
(그림 7)은 피부색과 유사한 배경이 얼굴과 병합된 경우의 예이다. HS 히스토그램에서 대역적 입계영역의 피부색 분포를 살펴보면, 몇 개의 정점들로 그룹화 되어 있음을 알 수 있다. 본 알고리즘으로 입계값을 설정한 뒤, 얼굴영역을 구한 결과를 차례대로 나타내었다.



(그림 8) 입술과 눈 영역 검출

(그림 8)은 얼굴영역을 확인한 뒤, 입술과 눈 영역을 검출한 결과이다. 부분템플릿은 얼굴횡축 길이에 의해 그 크기가 자동 조절되었다. (그림 9)는 (그림 7)과 (그림 8)의 결과를 구한 뒤, 다음 얼굴 검출을 위해 이미 얼굴검출이 이루어진 부분을 제외한 영역을 대상으로 알고리즘을 반복

실행한 결과이다. 연속적으로 3번 비얼굴이 검출되어 검출 대상이 없으므로 판단하고 실행이 끝났다. (그림 10)은 얼굴영역 검출의 실패한 예이다. 짙은 색깔의 안경테와 부분적 조명에 의해 영역확장이 제대로 이루어지지 않았다.



(그림 10) 얼굴검출의 실패 예

본 실험에서는 입력영상에 포함된 얼굴 수를 2개까지만 허용했다. CCD카메라로 얻은 영상 120매(얼굴개수 1: 100매, 2: 20매)와 웹에서 획득한 영상 30매(얼굴개수 1: 20매, 2: 10매)를 이용하여 얼굴영역을 검출한 결과를 <표 2>에 나타내었다. CCD 카메라영상은 얼굴개수 1: 94%, 2: 80%의 성공률을 보였고, 웹 영상에서는 얼굴개수 1: 85%, 2: 70%의 성공률을 나타냈다. 각 요소의 검출은 얼굴검출이 성공한 것을 대상으로 이루어지므로 입은 100%, 눈의 경우도 95%이상의 높은 성공률을 얻었다.

<표 2> 얼굴 검출 결과

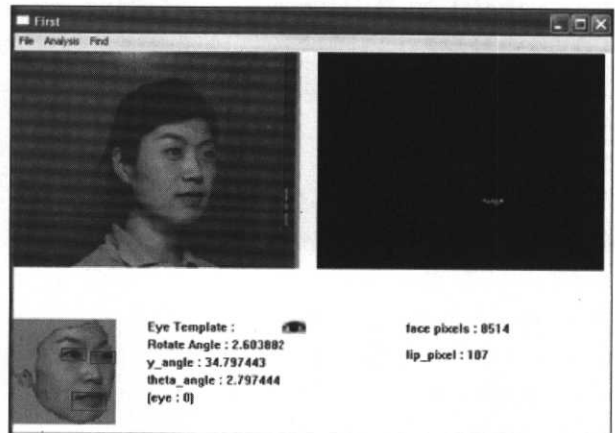
	얼굴개수 1개 영상	검출수	얼굴개수 2개 영상	검출수
CCD영상	1 × 100매	94	2 × 20매	32
웹영상	1 × 20매	17	2 × 10매	14

(그림 11)은 정면얼굴, (그림 12)는 Y축에 대해 30° 머리 회전한 입력영상의 실험 결과이다. 본 논문에서는 평균각 ϕ 값으로 예비 실험을 통해 얻은 27°를 적용하였으며, 하단부에 각각의 실험 결과를 표시하였다.

다음으로 5명의 피험자로부터, Z축은 10°씩 $\pm 90^\circ$ 까지, Y축에 대해서는 10°씩 $\pm 40^\circ$ 까지 회전한 입력영상을 얻은 후, Z축과 Y축 회전각을 각각 조사하였다. Z축에 대해서는 입술형태 자체가 조금 바르지 못한 피험자를 제외하곤 비교적 좋은 결과를 얻을 수 있었다. Y축에 대한 회전각은 검출한 얼굴영상의 횡축길이, 템플릿 매칭에 의해 찾아낸 눈의 중앙점위치, 사람들마다의 개인차 등의 영향으로 오차 $\pm 5^\circ$ 까지 구해졌다. (그림 13)은, Z축과 Y축에 대한 각각의 회전각을 그래프로 나타낸 결과이다.

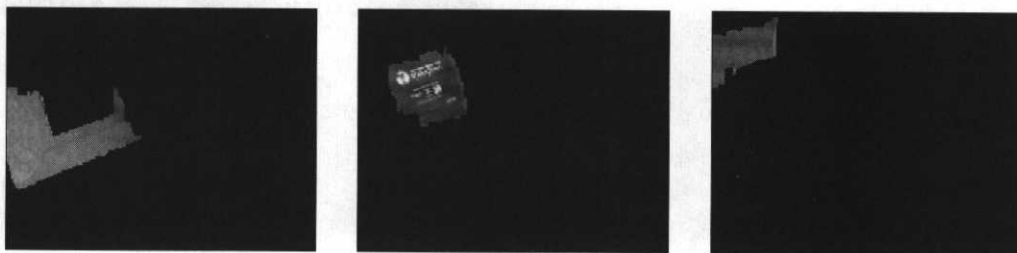


(그림 11) 정면얼굴 결과



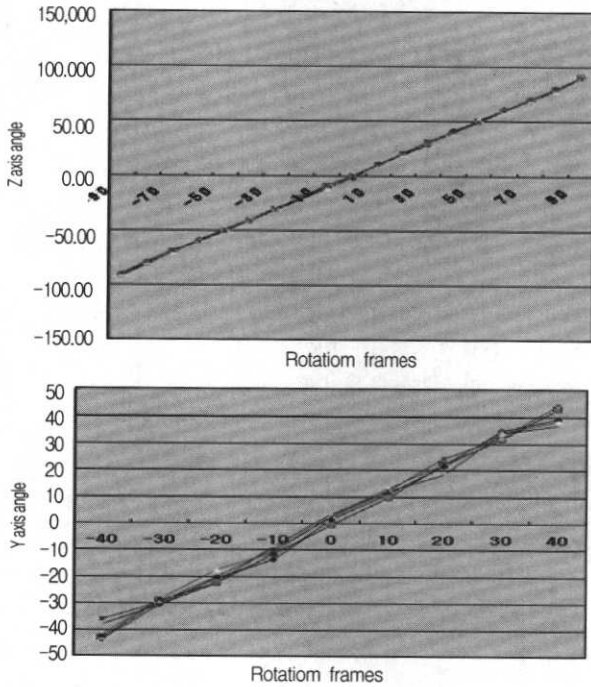
(그림 12) Y축 30도 회전얼굴 결과

알고리즘을 조금 더 개선한다면, 얼굴회전인식, 뷰모핑 등

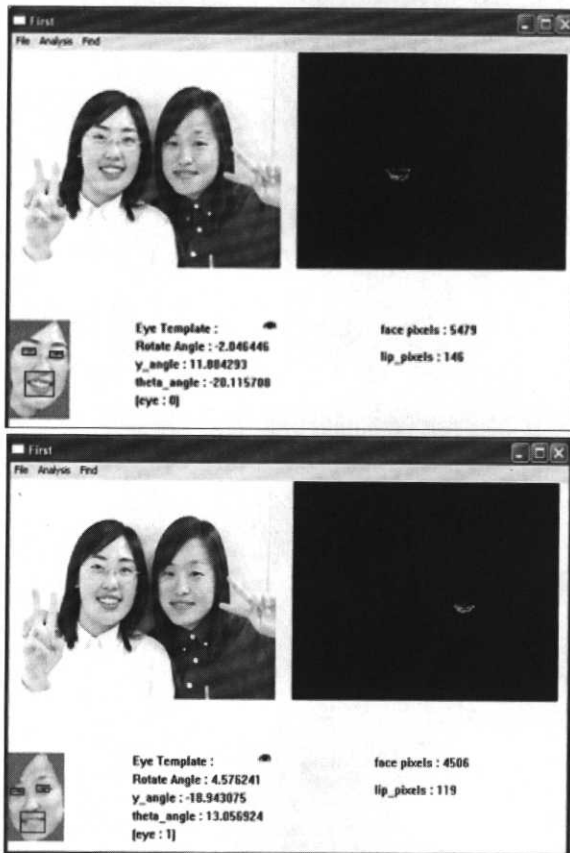


(그림 9) 반복 실행 결과

을 위한 회전각 데이터를 간단히 얻을 수 있는 방법으로 기대된다.



(그림 13) Z축과 Y에 대한 회전각 추정



(그림 14) 얼굴 2개의 입력영상에 대한 결과

(그림 14)은 2개의 얼굴이 포함된 입력영상에 대한 결과이다. 본 알고리즘에 의한 실험 결과, 웹 상에서 획득한 영상의 검출율이 낮게 나타났는데 그 이유는 연예인 사진에 있어 부분 조명이 많았기 때문인 것으로 사료되며, 여자들 보다는 남자들의 검출율이 낮았는데 수염 등으로 인해 피부색이 올바르게 나타나지 않았기 때문인 것으로 추정된다. 컬러영상을 사용함에 있어 이러한 점들은 앞으로 더욱 개선해 나가야 할 것이다.

6. 결 론

본 논문은 얼굴의 컬러정보를 기반으로 얼굴영역 및 각 요소를 검출하는 알고리즘을 제안하였다. 촬영환경의 변화에 민감한 RGB 색상정보를 HSV로 변환한 후, 대역적 피부 색상정보와 히스토그램을 이용한 피부 색상정보로 얼굴영역을 검출하였다. 또한 검출된 얼굴영역 안에서 입술 색상정보로 검출한 입술영역의 X축 기울기를 이용해 회전 얼굴을 보정하고, 양안의 조합으로 이루어진 부분템플릿을 이용해 매칭값이 가까운 눈부터 순차적으로 검출하였다. 본 알고리즘을 통하여 얻어진 얼굴의 횡축길이와 눈 위치 정보를 3차원 공간상에 투영해 Y축에 대한 회전각을 구하였다.

실험 결과, 얼굴의 크기와 얼굴의 회전, 입력 조명이 일정치 않은 다양한 영상에 대해 대체적으로 높은 검출율을 보였다. 또한 회전각을 이용한 다양한 응용이 기대된다.

본 실험에서는 계산 시간을 고려하지 않았으나, 향후 연구로는 실시간 처리에 대응할 수 있고, 더욱 정밀한 회전각 추정을 위해 알고리즘을 개선해 나갈 예정이다.

참고문헌

- [1] H. Ohta, H. Saji and H. Nakatani, "Recognition of Facial Expressions Using Muscle-Based Feature Models," IEICE. Vol.J82-D-II, No.7, pp.1129-1139, 1993.
- [2] O. Hasegawa, K. Sakaue and S. Hayamizu, "A Human-Like Software Robot Which Interactively Learns and Manages Visual Information in Real World," IEICE. Vol.J82-D-II, No.10, pp.1666-1674, 1999.
- [3] R. Brunelli and T. Poggio, "Face Recognition : Feature versus Templates," IEEE Tran. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.15, No.10, pp.1042-1052, 1993.
- [4] 황 훈, 최 철, 최형관, 조성민, 박장춘, "히스토그램과 영역분할기법을 이용한 얼굴추출에 관한 연구," 정보처리학회, 제18회 추계학술대회, 제9권 제2호, pp.633-636, 2002.
- [5] 권혁봉, 장인동, 윤태승, 안재형, "입술 움직임 정보를 이용한 실시간 화자 클로즈업 시스템 구현," 멀티미디어학회논문지, 제4권 제6호, pp.510-517, 2001.
- [6] H. Wu, Q. Chen and M. Yachida, "Face Detection from Color Images Using a Fuzzy Pattern Matching Method," IEEE

Tran. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.21, No.6, pp.557-563, 1999.

- [7] 장선아, 유지상, "색상 정보를 이용한 얼굴 영역 추출", 한국통신학회논문지, Vol.25, No.6B, pp.1012-1020, 2000.
- [8] D. Chai and K. N. Ngan, "Face Segmentation Using Skin-Color Map in Videophone Application," IEEE. Trans. Circuits and Systems for Video Tech., pp.551-564, June, 1999.
- [9] Y. Dai and Y. Nakano, "Face-Texture Model Based on SGLD and its Application in Face Detection a Color Scene," Pattern Recognition, Vol.29, No.6, pp.1007-1017, 1996.
- [10] K. Sobottka and I. Pitas, "Looking for Faces and Facial Features in Color Images," Pattern Recognition and Image Analysis : Advances in Mathematical Theory and Applications, Russian Academy of Sciences, Vol.7, No.1, 1997.
- [12] 유태웅, 오일석, "색채 분포 정보에 기반한 얼굴 영역 추출", 정보과학회논문지(B), 제24권 제2호, pp.180-192, 1997.
- [13] 문대성, 한영미, 김민환, "피부색 범위의 점진적 확장에 의한 얼굴 검출 방법", 멀티미디어학회논문지, 제4권 제5호, pp. 396-405, 2001.
- [14] Q. B. Sun, W. M. Huang and J. K. Wuosm, "Face Detection Based on Color and Local Symmetry Information," International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition, pp.130-135, 1998.
- [15] 김남호, 김형곤, 고성제, "색상 움직임을 이용한 얼굴 특징점 자동 추출", 전자공학회논문지, 제35권 S편 제8호, pp.55-67, 1998.

- [16] 김영일, 이용주, "얼굴피부색, 얼굴특징벡터 및 안면각 정보를 이용한 실시간 자동얼굴 검출 및 인식 시스템", 정보처리학회논문지B, 제9-B권 제4호, pp.491-500, 2002.



이 미 애

e-mail : malee@hanbat.ac.kr

1987년 부경대학교 응용수학과(학사)

1995년 일본 고베대학교 대학원 시스템 공학과(공학석사)

1998년 일본 고베대학교 대학원 인공지능학과(공학박사)

2000년 한국과학기술원 연수연구원

2001년~현재 한밭대학교 BK21 사업단 계약교수

관심분야 : 컴퓨터비전, 패턴인식



박 기 수

e-mail : pkisoo@kosin.ac.kr

1988년 부경대학교 응용수학과(학사)

1996년 일본 고베대학교 대학원 정보지능 공학(공학석사)

1999년 일본 고베대학교 대학원 인공지능학과(공학박사)

1999년~2000년 한남대학교 산업연구소 선임연구원

2001년~현재 고신대학교 컴퓨터과학부 조교수

관심분야 : 컴퓨터 비전, 가상현실, 인공지능