

피부색 영역 확장에 의한 얼굴 영역 추출 방법

문 대성*, 김 성영**, 김 민환*

*부산대학교 컴퓨터공학과

**창원전문대학 멀티미디어과

A Method for Face Detection using Region Growing of Skin Color

Dae-Sung Moon*, Sung-Young Kim**, Min-Hwan Kim*

* Dept. of Computer Engineering, Pusan National University

**Dept. of Multimedia, Changwon Junior College

요 약

디지털 방송, 웹의 발전으로 내용 기반 검색, 비디오 인덱싱, 비디오 검색 등의 시스템들이 많이 연구, 개발되고 있으며, 이러한 시스템에서는 사람을 주제로 검색하는 요구가 많이 발생한다. 대부분의 얼굴 영역 추출 및 인식 시스템들은 질감, 모양, 움직임, 칼라 등의 특징들을 이용하는데, 이들 중 칼라 특징은 기존 시스템의 첫 번째 처리 단계에서 많이 사용된다. 하지만, 복잡한 배경, 조명, 화장(make up), 잠영들 때문에 미리 정의된 단일 칼라 임계값을 이용하여 얼굴 영역과 비 얼굴 영역으로 구분하면 정확한 추출 결과를 얻기 힘들다는 문제가 있다.

본 논문에서는, 점진적으로 피부색 영역을 확장시키면서 얼굴 영역을 추출하는 방법을 제안한다. 이때 확장 단계에서 얼굴 영역을 판단하기 위해, 얼굴 각 기관들의 위치적 정보를 사용하였다. 얼굴 기관은 눈과 입을 사용했는데, 여러 가지 요인으로 인해 이들을 정확하게 추출하기가 어렵기 때문에, 각 단계에서 얼굴 후보 영역 내부의 수평 방향성을 가지는 경계를 눈과 입의 영역으로 간주했다. 실험을 통해, 제안한 방법이 하이라이트(highlight)에 의해 얼굴 영역의 일부가 왜곡된 경우와 얼굴 영역이 피부색과 유사한 배경에 인접해 있는 경우에 대해서도 강인하게 얼굴 영역을 추출할 수 있음을 확인하였다.

1. 서론

디지털 방송, 웹의 발전으로 내용기반 이미지 검색, 비디오 인덱싱, 비디오 검색 등의 시스템들이 많이 연구, 개발되고 있다[1,2]. 특히, 검색에 있어서 사람을 키워드로 하는 요구가 많이 발생한다[3]. 대부분의 얼굴 영역 추출 및 인식 시스템들은 질감, 모양, 움직임, 칼라 등의 특징들을 이용하고 있으며 [4,5,6], 이들 중 사람의 피부색은 영상 내의 다른 많은 개체들과 잘 구별되기 때문에 각 방법들은 첫 단계에서 피부색의 칼라 특징을 많이 사용하고 있다 [5,7]. 피부색 영역의 칼라 분포를 통계적으로 관찰

해 보면, 밝기를 배제한 색상공간에서 좁은 영역에 분포함을 알 수 있다.

그러나, 복잡한 배경, 조명, 화장(make up), 하이라이트, 잠영들 때문에 미리 정의된 단일 칼라 임계값을 이용하여 얼굴 영역과 비 얼굴 영역으로 구분하는 것으로는 보다 정확한 결과를 얻기 힘들다. 만약, 그림 1(a)와 같이 칼라에 의한 분할 결과로써 얼굴 영역의 일부만이 추출되거나, 그림 1(b)와 같이 피부색과 유사한 비 얼굴 영역과 병합되어 추출되었을 경우에 이후의 모양이나 질감 등의 특징에 기반한 작업에서 정확성을 보장 할 수가 없다[8].



(a) 하이라이트가 존재하는 얼굴 영상과 얼굴 영역 추출 결과



(b) 피부색과 유사한 배경이 있는 얼굴 영상과 얼굴 영역 추출 결과

그림 1. 칼라에 의한 잘못된 분할 결과

이에 본 논문에서는, 미리 정의된 단일 칼라 임계값에 의한 초기 칼라 분할 결과에 의존하지 않고, 피부색일 가능성이 높은 부분부터 점진적으로 피부색 영역을 확장하는 과정을 반복하면서 얼굴 영역을 추출하는 방법을 제안한다.

이때 각 확장 단계에서 얼굴 영역을 판단하기 위하여 얼굴에서 눈과 입의 위치적인 정보를 이용한다. 그러나, 여러 가지 이유로 눈과 입을 정확하게 추출하기가 어려우므로, 본 논문에서는 얼굴 후보 영역 내부에서 수평 방향으로 퍼져 분포하는 경계 화소들의 영역을 눈과 입의 후보 영역으로 간주한다. 얼굴 후보 영역의 외접 사각형의 비율로써 실제 눈과 입의 위치적인 관계를 계산한 후 추출된 수평 경계 영역 정보와의 상관 관계를 통해 얼굴 영역을 결정한다.

이에 따라, 본 논문에서 제안한 방법은 피부색과 유사한 배경이 얼굴 영역과 인접해 있는 경우와 하이라이트(highlight)에 의해 얼굴 영역의 일부가 왜곡된 경우에도 강인하게 얼굴 영역을 추출할 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 얼굴의 후보 영역을 결정하는 방법에 대해 설명하고, 3장에서는 각 후보 영역이 실제 얼굴 영역인지를 결정하는 방법에 관하여 설명한다. 4장에서는 실험결과를 분석 및 토의하고, 끝으로 5장에서 본 논문의

결론을 맺는다.

2. 얼굴 후보 영역 결정

2.1 피부색 분석 및 피부색 영역 확장

칼라 영상 영역 분할에서 칼라 정보는 아주 유용한 정보이다. 따라서 얼굴 영역 추출 및 인식 분야에서는 얼굴 후보 영역을 분리하기 위해 칼라 정보를 많이 사용한다.

칼라 정보를 활용하기 위해 피부색 분포를 분석해 보면, 밝기 성분을 제외한 색채 공간에서 좁은 영역에 군집하여 분포하고 있음을 알 수 있다[7,9]. 이러한 현상은 인종에 무관하게 적용할 수 있다는 것이 밝혀졌다[10]. 이러한 정보를 활용하기 위해, 먼저 RGB 영상을 밝기 정보와 두 개의 색채 정보로 분리할 수 있는 YCbCr과 같은 칼라 공간으로 변환한다. 한편, YCbCr 칼라 공간외에 HSI, YIQ, CIE Lab, 정규화된 rg 공간 등이 시스템 특성에 따라 사용되기도 한다.

본 논문에서는 CIE Lab 칼라 공간을 사용하였다. 그림 2는 인터넷에서 임의로 획득한 100개의 영상에서 얼굴 영역만을 Lab 칼라 공간상에 나타낸 것이다. 여기에서 알 수 있듯이, 피부색은 좁은 영역에 군집되어 나타남을 확인할 수 있으며, 이러한 칼라 특성은 기본적으로 얼굴 영역과 비 얼굴 영역을 구분하는 기준으로 활용할 수 있다.

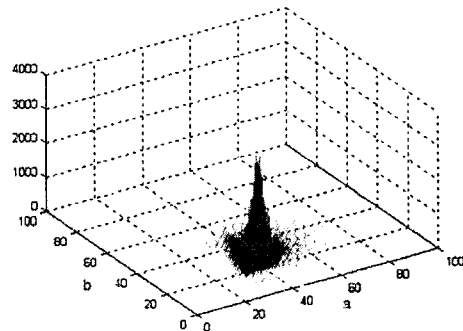


그림 2. 피부색 영역의 분포

그러나, 여러 가지 이유 때문에 미리 정의된 단일 칼라 임계값을 이용하여 얼굴 영역과 비 얼굴 영역으로 구분하는 방법[9]은 보다 정확한 결과를 얻기 힘들다(그림 1).

그림 3은 얼굴 영역을 추출할 때 칼라 공간에서

단일 칼라 임계값을 사용하는 것의 문제점과 피부색 영역을 점진적으로 확장하는 방법의 타당성을 보이기 위한 개념도이다.

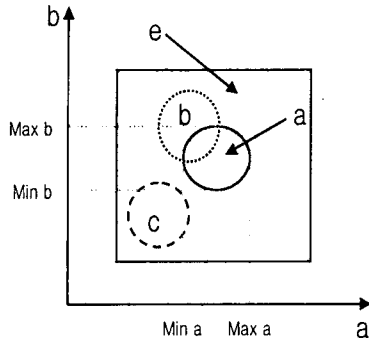


그림 3. 칼라 공간에서의 개념도

여기에서, 가로축은 Lab 칼라 공간에서 a값을, 세로축은 b값을 나타낸다. 칼라 영역 a는 그림 2에서 피크(peak)로 나타나는 얼굴일 확률이 높은 칼라 영역을 표시한 것이다. 칼라 영역 b, c는 앞에서 언급한 여러 가지 요인에 의해 피부색이 왜곡되어 나타나는 것을 표시한 것이다. 이러한 왜곡된 피부색은 칼라 영역 b와 같이 칼라 영역 a와 일부가 중첩되어 나타날 수도 있고, 칼라 영역 c와 같이 동떨어져 나타날 수도 있다. 칼라 영역 e는 이러한 왜곡된 칼라 영역도 포함할 수 있도록 설정한 것이다.

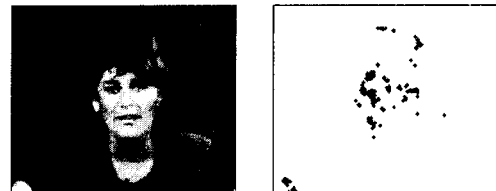
영상에서 얼굴 영역을 추출하기 위하여 칼라 영역 e에서와 같은 넓은 범위의 칼라를 피부색으로 사용하면, 칼라 영역 b나 c에 속하는 왜곡된 피부색 영역에 속하는 얼굴 영역도 모두 추출할 수 있다. 그러나, 칼라 영역 b나 c에 속하면서 피부색과 유사한 칼라로 구성된 배경 영역도 함께 추출하는 문제점이 있다. 이러한 경우에, 기존의 일반적인 방법들 [5,6,11]에서는 얼굴 기관의 기하학 정보를 이용하여 잘못 추출된 배경 영역을 제거하는 후처리 방법을 사용하고 있다. 그러나, 이러한 후처리 방법은 배경 영역이 얼굴 영역과 병합되어 나타나는 경우에는 제대로 적용할 수 없는 한계가 있다.

한편, 칼라 영역 a와 같이 좁은 칼라 영역을 피부색 영역으로 설정할 경우에는, 칼라 영역 b에 속하는 얼굴의 일부분만이 추출되거나 칼라 영역 c에 속하는 얼굴 영역을 추출할 수가 없다.

이와 같이, 피부색 칼라 영역을 고정시켜 얼굴을 추출하는 방법을 사용할 경우에는, 고정된 영역을

나타내기 위한 임계값의 설정이 매우 어렵다. 따라서, 피부색 영역을 고정시켜 사용하기보다는 주어진 영상에 따라 적응적으로 피부색 영역을 설정할 필요성이 있다.

이에, 본 논문에서는 얼굴일 가능성이 높은 칼라 영역 a에 속하는 화소로 구성된 초기 얼굴 후보 영역(그림 4(b))을 영상에서 구한 후, 이 영역을 확장시켜 가면서 얼굴을 추출하는 방법을 제안한다. 영역을 확장해나가기 위해서, 칼라 영역 a로 설정된 시작 피부색 영역(seed region of skin color)을 점진적으로 넓혀가면서, 초기 얼굴 후보 영역에 이웃해 있는 추가되는 화소들을 병합해 나가는 방법을 사용한다. 이때, 확장된 얼굴 후보 영역과 피부색과 유사한 배경 영역을 구분하기 위해 얼굴 기관(눈과 입)의 공간적인 구성 정보를 사용한다. 이러한 피부색 확장 방법에 의해 그림 3의 b에 속하는 왜곡된 칼라의 얼굴 영역도 추출할 수 있다. 그러나, 심하게 왜곡되어 얼굴 영역의 칼라가 그림 3의 c와 같이 분포되어 있는 경우에는, 초기 얼굴 후보 영역이 형성되지 않기 때문에 추출할 수가 없다. 이와 같이 얼굴 영역의 칼라가 매우 왜곡된 경우에는 피부색을 기반으로 한 접근 방법으로는 해결하기가 어렵다.



(a) 원시 영상 (b) 초기 얼굴 후보 영역
그림 4. 초기 얼굴 후보 영역 설정

2.2 초기 얼굴 후보 영역의 확장 종결 조건

영역 확장 방법에 있어서 시작 영역의 결정과 함께 영역 확장의 종결 조건(terminate condition) 또한 중요하다. 본 논문에서는, 영역 확장의 종결 조건으로 다음 세 가지 조건을 사용한다.

첫째, 피부색 영역 확장이 초기 얼굴 후보 영역과의 공간적인 인접성을 고려하면서 이루어지므로, 시작 영역에 의해 추출된 초기 얼굴 후보 영역이 모두 얼굴 영역으로 결정되었을 경우에는 고려해야 할 얼굴 후보 영역이 없으므로 확장을 종결한다.

둘째, Lab 칼라 공간에서 실제 사용되어지는 a와 b의 최대 임계값을 설정하고 이를 초과했을 경우 종

결한다. 선정된 a와 b의 최대 임계값을 넘어선 칼라는 피부색인 가능성이 아주 희박하기 때문이다.

마지막으로, 피부색을 확장했을 때 영상에서 피부색으로 분류된 화소들이 영상의 총 화소 수의 대부분을 차지할 경우에도 확장을 종결한다.

한편, CIE Lab 칼라 공간에서 a, b값은 각각 red/green 와 yellow/blue 칼라 성분을 나타낸다[12]. 따라서, 피부색은 붉은색 성분을 반영하는 a값에 더 민감하므로, 피부색 영역을 확장할 때 b값보다 a값을 미세하게 증가시킴으로써 좀더 정확한 결과들을 얻을 수 있다.

3. 얼굴 특징에 의한 얼굴 영역 결정

피부색 영역을 점진적으로 확장할 때 얼굴 영역 뿐 만 아니라, 유사한 색을 가진 배경 또한 후보 영역으로 추출된다. 기존의 논문들에서 얼굴 후보 영역들 중 얼굴 영역을 결정할 때 눈, 눈썹, 코, 입과 같은 얼굴 기관들의 기하학적인 정보, 질감, 템플릿 매칭, 주성분분석[5,6,11] 등을 사용한다. 그러나, 영상에서 얼굴 영역이 작은 부분을 차지할 때 얼굴 기관들을 정확하게 추출하기가 힘들다.

본 논문에서는, 기본적으로 다음과 같은 얼굴의 형태적인 특징을 고려하여 좀 더 가능성이 높은 후보영역을 선택한다.

- 1) 후보 영역의 최소 크기
- 2) 얼굴 후보 영역 최소 사각형의 가로와 세로 비율
- 3) 얼굴 후보 영역이 타원형인가?

위의 세 가지 조건을 고려한 결과는 얼굴인 확률이 높은 후보 영역이다. 이 영역들 중 얼굴 영역을 최종적으로 결정하기 위해 얼굴 기관의 공간적인 위치 정보를 사용하는데, 얼굴 후보 영역 내에서 수평 방향으로 퍼져 분포하는 경계 화소들의 위치적 정보를 이용하여 최종 얼굴 영역을 결정한다.

3.1 수평 방향 경계화소에 의한 얼굴 영역 결정

얼굴 후보 영역의 크기가 작거나 영상이 선명하지 않은 경우, 칼라 정보를 이용하여 눈, 코 등의 얼굴 기관을 정확하게 추출하기 어렵다. 따라서, 얼굴내의 경계 정보를 이용하는데, 얼굴에서 코와 얼굴 외곽선 부분을 배제하기 위해 수직 방향 경계는 고려하지 않고, 눈과 입 주변에서 대부분 추출되는 수평 방향 경계의 분포만을 고려한다.

얼굴 영역에서 얼굴 기관은 특정한 위치에서 존재하게 되는데[13], 얼굴 후보 영역의 너비에 대한 비율로 결정한다. 그러나 영상이 항상 정면 얼굴만을 포함하는 것이 아니기 때문에 비율에 의해 계산된 눈과 입의 템플릿(template)이 실제 얼굴에서 눈과 입의 위치와 정확하게 일치하지 않지만, 눈과 입의 공간적인 관계는 그대로 유지된다. 따라서, 계산에 의해 눈과 입의 위치에 대한 템플릿을 생성한 후 템플릿간의 공간적인 위치관계는 유지한 채 얼굴 후보 영역을 이동해(translation) 나가면서 템플릿에 속하는 화소가 최대한 위치를 정하고, 이때 템플릿에 속하는 화소의 개수가 얼굴 후보 영역에 속하는 전체 경계 화소들의 80%를 넘을 경우 얼굴로 결정한다. 실제로 얼굴 영역에서 가로 방향 경계가 분포하는 부분은 눈과 입 외에 코나 눈썹, 얼굴의 외곽선 일부도 포함된다. 눈과 입의 템플릿에 속하는 경계의 비율을 높이기 위해서 후보 영역의 윤곽선(contour) 주변 경계는 눈과 입일 가능성이 적기 때문에 제거한다.

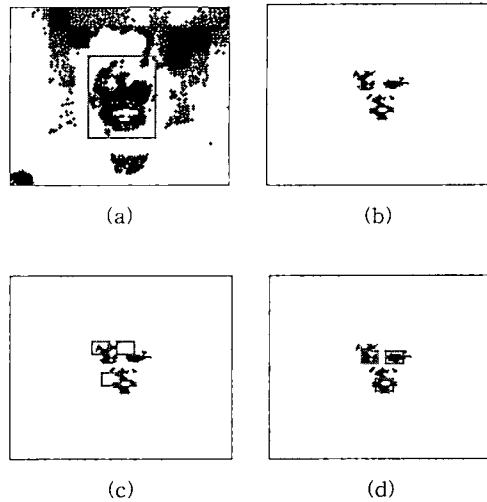


그림 5. 경계의 위치적 정보에 의한 얼굴 영역 결정

또한, 얼굴 기관의 경계 화소들이 가지는 좌우 대칭성을 이용한다. 얼굴 기관의 경계 화소들을 수직 방향으로 투영하여 히스토그램을 만든 다음, 식 (1)에 의한 3차 모멘트를 이용해 히스토그램의 대칭성을 구한다.

$$\mu_3(z) = \sum_{i=0}^L (z_i - m)^3 p(z_i) \quad (1)$$

그림 5는 얼굴 영역임을 결정하는 과정을 보여준

다. 그림 5(a)에서 외접 사각형(bounding box)의 가로/세로 비, 연결 요소의 최소 개수, 타원형 등의 조건을 거친 후, 그 결과 내에서 수평 방향으로 퍼져 있는 모든 경계 화소를 나타낸 것이 5(b)이다. 그림 5(c)에서처럼 눈과 입의 위치적 관계를 고정시키고 후보 영역 내를 이동해나가면서 눈과 입의 사각형 안에 속한 경계 화소들의 개수가 최대일 때를 조사한다. 그림 5(d)는 눈과 입의 템플릿에 속하는 경계 화소들의 개수가 최대일 때의 그림이다.

4. 실험 및 토의

본 논문의 실험에서는 정면 얼굴을 포함한 영상을 웹에서 무작위로 획득하여 입력 실험 영상으로 사용하였다. 이때, 조명이나 얼굴의 기울어짐, 얼굴의 크기 등에 제약을 두지 않았다. 실험 영상은 72개를 사용하였으며, 72개의 영상 내에 포함된 얼굴은 98개였다. 표 1에서 보는 바와 같이 아무런 제한 없이 실험했을 경우에는 성공률이 다소 떨어진다. 그러나, 40도 이상 기울어지거나 조명에 의해 왜곡된 얼굴을 제외한 정상적인 얼굴 영상인 경우에는 대체적으로 만족할 만한 결과를 얻을 수 있음을 알 수 있다.

표 1. 얼굴영상 72매를 대상으로 한 인식결과

| | 모든 영상 | 정상적인 얼굴 영상 |
|--------------|-------|------------|
| 영상 속의 얼굴 수 | 98 | 78 |
| 추출한 얼굴 수 | 69 | 68 |
| 추출하지 못한 얼굴 수 | 29 | 10 |
| 얼굴 추출 확률 | 70.0 | 87.1 |

실험의 결과에 대한 몇 가지 예를 그림 6에 보이고 있다. 그림 6(a)-(e)는 배경이 피부색과 유사한 경우, 얼굴 영역이 작아서 눈, 입의 영역의 칼라정보를 정확히 추출하기 힘든 경우, 모자를 착용한 경우, 하이라이트 때문에 단일 임계값으로는 정확히 추출하기 힘든 경우, 얼굴이 좌우로 돌아간 경우의 영상들로서 얼굴 영역이 어느 정도 정확하게 추출됨을 볼 수 있다. 그림 6(f)는 약간 기울어진 경우의 얼굴인데, 얼굴의 완전한 영역을 추출하지 못하는 것을 볼 수 있다. 그러나 6(g)와 같이 얼굴이 심하게 기울어진 경우, 수평 방향으로 분포하는 경계 화소들만으로는 얼굴 기관의 위치적인 정보를 적용할 수

없다. 또한, 6(h)처럼 조명에 의해 왜곡된 영상의 경우 그림 6(i)처럼 얼굴 영역이 시작 피부색 영역(seed region : 영역 A)에 포함되지 않기 때문에 얼굴 영역을 추출하지 못한다. 그림 6(h)와 같은 경우는 얼굴 영역하기 위해 칼라정보를 사용하는 것은 적절하지 못하다. 그림 6(g)와 (h)의 경우 외에도 얼굴의 크기가 클 경우에는 정확하게 얼굴 영역을 추출할 확률이 다소 떨어진다. 이것은 제안된 방법에서 보완해야 할 점이며, 얼굴 영역이 클 경우는 눈과 입 등의 얼굴 기관에 대한 칼라등의 특징을 이용해 정확하게 추출할 수가 있으므로 크기에 따라 선택적으로 다른 방법을 적용하는 것이 필요하다.



(a)



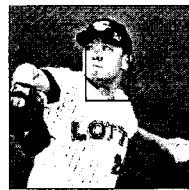
(b)



(c)



(d)



(e)



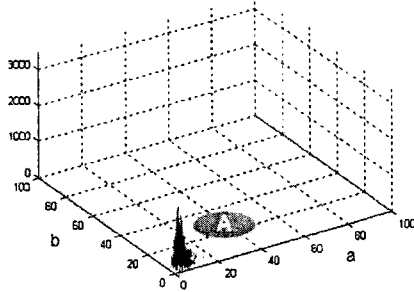
(f)



(g)



(h)



(i). (g)의 얼굴 영역을 칼라공간에 나타낸 그림

그림 6. 실험 결과

5. 결론

본 논문에서는 피부색 영역을 점진적으로 확장하는 방법을 사용함으로써 미리 정의된 단일 임계값의 단점을 보완하는 방법을 제시하였고, 얼굴 후보 영역내의 가로 방향 경계 정보를 이용하였기 때문에 얼굴 기관을 정확하게 추출할 수 없는 경우에도, 비교적 정확하게 얼굴 영역을 추출할 수 있는 방법을 제시하였다. 하지만 조명으로 인해 왜곡된 영상을 보정하는 방법[14], 기울어진 얼굴 영역을 추출하기 위한 방법 등을 추가함으로써 얼굴 추출율을 보다 높일 수 있을 것이다.

본 논문에서 제시한 방법은 웹에서의 이미지 검색, 특정 주제를 위한 내용 기반 검색 등의 시스템에 응용이 가능할 것이다.

참고문헌

[1] M.Flickner et al., "Query by Image and Video Content: The QBIC System," IEEE Computer, 28(9), 23-32, September 1996.

[2] A. Pentland, R. W. Picard, and S. Sclaroff, Photobook: Content-Based Manipulation of Image Databases, International Journal of Computer Vision, Vol. 18, No 3, pp.233-254, 1996

[3] C. Frankel, M. Swain, "A Webseer: An image search engine for the World Wide Web," Univ. Chicago. Chicago, IL, Tech. Rep. TR-96-14, 1996

[4] Michel S. Lew, "Information Theoretic View-Based and Modular Face Detection," 2nd International Conference on Automatic Face and

Gesture Recognition, October 14-16, 1996

[5] Y. Dai, Y. Nakano, "Face-texture model-based on SGLD and its application in face detection in a color scene," Pattern Recognition, 29(6): 1007-1017, 1996

[6] V. Ronda, M. H. Er., W. Ser, " Face detection, tracking and recognition-A Study," The Fifth International Conf. on Control, Automation, Robotics and Vision (ICARCV '98), Singapore, 9-11 December, 50-55, 1998.

[7] J. Yang, W. Lu, A. Waibel, "Skin-Color Modeling and Adaptation," CMU-CS-97-146, 1997.

[8] Bernd Menser and Michael Brunig, " Segmentation of Human Faces in Color Images Using Connected Operators," IEEE International Conf. on Image Processing, Vol 3, 24-28 October, pp.632-636, 1999.

[9] Douglas Chai, King N. Ngan, "Face Segmentation Using Skin-Color Map in Videophone Applications," IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, Vol. 9, No. 4, 551-564, June 1999.

[10] Rossotti, Hazel (1983) Colour : Why the World isn't Grey, Princeton University Press, Princeton, NJ.

[11] Mohamed Abdel-Mottaleb, Ahmed Elgammal, "Face Detection in Complex Environments from Color Image," IEEE International Conf. on Image Processing, Vol 3, 24-28 October, pp.632-636, 1999.

[12] S. J. Sangwine and R. E. N. Horne, "The Colour Image Processing Handbook," pp.44-48, CHAPMAN & HALL, 1998

[13] 유 태웅, 오 일석, "색채 분포 정보에 기반한 얼굴 영역 추출," 정보과학회논문지(B), 제24권, 제2호, pp.180-192, 1997.

[14] Moritz Störring, Hans J. Andersen, and Erik Granum "Estimation of the Illuminant Colour from Human Skin Colour," 4th IEEE International Conf. on Automatic Face and Gesture Recognition, pp.64-69, Grenoble, France, 26-30 March , 2000.