

스킨 컬러와 변형 모델에 기반한 컬러영상으로 부터의 얼굴 및 얼굴 특성영역 추출

Detection of Facial Skin Region and Features from Color Images based on Skin Color and Deformable Model

민 경 필*
Kyong-Pill Min

진 준 철**
Jun-Chul Chun

박 구 락***
Koo-Rack Park

요 약

본 논문에서는 색상 정보와 변형 모델을 이용한 얼굴 영역 및 얼굴의 특징 영역의 자동 검출 방법을 제시한다. 영상으로 부터 획득할 수 있는 정보 중 가장 빠르고 쉽게 얻을 수 있는 정보가 색상 정보이며, 색상정보는 사물을 판단함에 있어서 가장 효율적이면서 컴퓨터의 계산량을 줄일 수 있다는 장점을 갖고 있기 때문에 얼굴 영역 검출 방법으로 많이 이용되고 있다. 본 연구에서는 얼굴영역 및 얼굴 특성 추출함에 있어 컬러모델 사용 시 외부 조명의 영향을 줄여주는 조명 보정 방법을 제시하고, 조명 보정에 의해 평활화된 YCbCr 색상모델에 적용하여 각 성분 특성을 고려한 얼굴영역 및 얼굴의 특성 영역에 해당하는 후보 영역을 검출하는 방법을 제시한다. 검출된 얼굴후보 영역 및 특성 영역은 가변 모델인 동적 윤곽선 모델의 초기값으로 자동 적용되어 윤곽선 모델 적용 시 문제점 가운데 하나인 초기값 설정문제를 해결함과 동시에 얼굴 및 얼굴 특징 정보의 정확한 윤곽선을 추출하는데 사용된다. 실험 결과 제시된 방법을 적용한 결과 빠르고 효과적으로 얼굴 및 특성 영역을 검출 할 수 있음을 입증 할 수 있었다. 이상에서 추출된 얼굴의 특성정보는 차후 얼굴 인식 및 얼굴 특성을 설명하는 얼굴 특성 서술자로 사용될 수 있다.

Abstract

This paper presents an automatic approach to detect face and facial feature from face images based on the color information and deformable model. Skin color information has been widely used for face and facial feature diction since it is effective for object recognition and has less computational burden. In this paper, we propose how to compensates varying light condition and utilize the transformed YCbCr color model to detect candidates region of face and facial feature from color images. Moreover, the detected face facial feature areas are subsequently assigned to a initial condition of active contour model to extract optimal boundaries of face and facial feature by resolving initial boundary problem when the active contour is used. The experimental results show the efficiency of the proposed method. The face and facial feature information will be used for face recognition and facial feature descriptor.

⋯ Keyword : face images, Detection of Facial Region, Skin Color, Deformable Model

1. 서 론

최근 디지털 영상으로부터 효과적으로 얼굴 및

얼굴의 특성 정보를 추출하고자 하는 연구가 활발히 진행되고 있다[1-17]. 특히 얼굴영역 및 얼굴 특성 정보는 얼굴 인식, 얼굴 표정 인식, 및 얼굴의 3차원 모델링 등의 분야에 적용될 중요한 자료로 인식되고 있다. 얼굴인식의 첫 단계는 영상으로부터 얼굴영역의 검출 및 검출된 얼굴영역으로부터 얼굴의 특성을 추출함에 있다. 얼굴영역 검출에 관한 다양한 접근 방법은 주로 신경망, 기계학습, 템플릿 매칭, 휴변환, 동작추출과 컬러 분석 등의 방법을 이용하고 있다[1]. 신경망 기반(neural

* 본 연구는 한국과학재단 특정기초연구 (과제번호 R01-2002-000-00010-0)지원으로 수행되었음.

* 정 회 원 : 경기대학교 전자계산학과 박사과정
buffalo21c@hotmail.com(제1저자)

** 종신회원 : 경기대학교 정보과학부 부교수
jchun@kyonggi.ac.kr(공동저자)

*** 종신회원 : 공주대학교 정보과학전공 부교수
gtpark56@hanmail.net(공동저자)

network-based) 방법 혹은 뷰기반(view-based) 방법은 주로 흑백 영상의 정면영상을 찾는 데 사용되었으나[2,3], 최근에 소개된 뷰 기반 방법은 학습을 이용하여 측면 영상을 추출하는 기술로 발전하였다[4]. 한편 모델 기반(model-based) 방법은 얼굴의 추적에 많이 활용되고 있다. 특히 얼굴의 피부색을 이용한 컬러기반 방법은 그 활용성이 우수하나 조명 및 배경의 복잡성 등의 처리문제가 선행되어야 한다[1,5]. 이밖에 얼굴과 얼굴이 아닌 영역의 프로토 타입을 생성하는 군집을 생성하고 테스트 패턴과 프로토 타입의 거리 측정을 통해 얼굴을 검출하는 방법이 제시되었다[6]. 그 후 정규화된 흑백영상의 패턴을 분류하기 위해 2차 폴리노미얼 커널을 이용한 SVM(Support Vector Machine)이 소개되었으며[7], 얼굴의 회전을 측정하여 정면 영상으로 변환하여 얼굴을 검출하는 방법들이 소개되었다[8]. 최근에는 컴포넌트에 기반한(component-based) 정면 또는 정면 영상에 가까운 얼굴을 찾아내는 방법 등이 소개되었다[9]. 또한 추출된 얼굴영역으로부터 얼굴의 특성 정보를 추출하기 위하여 동적 윤곽선모델의 적용에 관한 연구도 활발히 진행되고 있다[10,11,12].

본 논문에서는 얼굴 영역 및 특징 영역 검출 방법으로 색상 정보와 변형 모델을 이용한 방법을 제시한다. 영상에서 얻을 수 있는 정보 중 가장 빠르고 쉽게 얻을 수 있는 정보가 바로 색상 정보이다. 또한 어떤 사물을 판단함에 있어서 가장 효율적이면서 컴퓨터의 계산량을 줄일 수 있다는 장점을 갖고 있기 때문에 얼굴 영역 검출 방법으로 많이 이용되고 있다. 그러나 영상에서 색상 정보를 이용할 경우, 조명의 종류, 카메라의 초점 등 다른 여러 가지 외부 조건에 따라 결과에 상당한 영향을 미치게 된다. 특히, 피부의 경우는 조명에 상당한 영향을 받기 때문에 검출하기 어려울 뿐만 아니라 일괄적인 외부 조건을 설정했다 하더라도 피부색과 유사한 색을 갖는 다른 물질이 있을 경우 잘못 판단하는 경우가 발생한다. 따라서, 본 논문에서는 이상에서 언급된 제

한조건 가운데 외부 조명의 영향에 효과적으로 대응하면서 얼굴 대상 영역을 추출하고, 추출된 얼굴 대상 영역으로부터 동적 윤곽선 모델을 이용하여 특성 정보를 효과적으로 추출하는 검출 기법을 제시하였다.

제안된 얼굴영역 및 얼굴 특성 추출 방법은 칼라 영상으로부터 얼굴영역 및 입 과 눈에 해당하는 부분을 영상의 컬러정보를 이용하여 검출한 후 가변 모델인 동적 윤곽선 모델(active contour model)을 이용하여 얼굴 및 얼굴 특징 부분의 정확한 윤곽선을 추출하였다. 얼굴영역 및 특징의 검출은 광도를 분리할 수 있는 $YCbCr$ 색상모델을 이용했다. 사용된 $YCbCr$ 모델은 RGB 색상 영상의 밝기 값 보정(light compensation)을 통하여 외부 조명의 영향을 줄여주는 전처리 과정을 거친 보정된 RGB 영상을 변환시킨 $YCbCr$ 색상모델을 생성하여 얼굴 및 얼굴의 특징 영역을 찾아내는데 사용하였다. 정확한 얼굴 및 특징 영역의 최적화된 윤곽선을 추출하기 위하여 동적 윤곽선 모델 알고리즘을 이용하였으며, 이때 윤곽선 모델의 초기 경계 값을 지정해야 하는 문제는 색상모델에 의해서 추출된 얼굴 및 특징 후보 영역을 초기 위치로 자동 지정하여 해결하였다. 제안된 시스템의 실행 결과를 통해 기존의 방법보다 외부 조명의 변화에 민감하지 않으면서 효과적으로 얼굴과 얼굴의 특징 영역을 찾아낸다는 것을 확인 할 수 있었다.

2. 연구배경

2.1 얼굴 검출을 위한 스킨 컬러 모델

얼굴 영역 및 특징 추출은 입력된 영상으로부터 얼굴 부위를 정확히 추출하고, 눈, 입, 코와 같은 얼굴의 특징을 획득하는 연구이다[14-17]. 초기의 얼굴영역 검출 및 인식 연구는 입력 영상이 항상 같은 얼굴을 포함하는 경우 혹은 단일 색조의 배경이 존재하는 경우와 같이 얼굴 영역이 추출되기 알맞은 상태라고 가정한 후 수행되었다.

그러나 실제로 시스템을 구현했을 경우 배경, 조명 상태, 얼굴과 카메라의 거리, 얼굴의 상하좌우 각도, 카메라 시야 내에서의 얼굴의 위치 등의 변수를 시스템에 부합되게 조정하는 것은 어려운 문제였다. 일반적으로 컬러영상으로부터 외부 조명의 영향을 배제하기 위하여 RGB 영상을 명암도와 색도 부분으로 나눌 수 있는 색상 공간으로 변환하는 방법을 많이 이용한다. 얼굴 영역을 검출할 때는 여기서 분리된 색도를 주로 이용하게 되는데, 이렇게 색도를 분리하기 쉬운 모델로 TSL, NCC, HSV, YIQ 등 많은 색상 모델들에 대한 연구가 이루어졌다. 색상 공간으로 변환하는 방법은 RGB로부터의 선형 변환 방법과 비선형 변환 방법이 있다. 선형 변환방법은I1I2I3, YIQ, YYUV, YCrCb1, YCbCr2 등이고, NCC rgb, P1P2, I1I2I3, HSV, HSL, 수정된 rgb, TSL, Yuv 등이 비선형 변환 방법에 해당된다[18].

컬러모델 사용에 있어 Yang 과 Huang은 원 영상의 해상도를 줄이면서 나타나는 눈, 코, 입 부분의 명암 특징을 이용하여 얼굴 영역을 추출하는 방법을 제안하였다. 이 방법은 해상도가 변환된 영상을 모자이크 영상이라고 부르고, 모자이크 영상을 이용한 템플릿 매칭 방법으로 얼굴을 추출하였다[19]. Yang은 색상 영상에서 정확한 얼굴 영역을 추출하기 위해서 정규화된 RGB 영상을 사용하였다[20]. 정규화 과정을 거친 색상 값은 0에서 1사이의 값에 모두 분포하게 되고, 얼굴 영역과 관련된 색은 대부분 R 과 G 값에 분포하므로 두 가지 색상 정보를 이용한다. 그러나 평활화된 RGB 영상은 사람들마다의 다양한 피부색의 임계값을 찾는 데 어려움이 있고, 조명에 따라 실험의 결과값이 영향을 받는다는 단점을 내포하고 있다. 한편 Sobotka와 Pitas는 HSI 색상 모델을 이용하여 임계값 범위의 색상들의 분포를 조사하였으며, 타원형이 생성되는 부분을 얼굴 영역으로 판단하고, 색상 값들의 히스토그램을 통해 얼굴의 특징 영역을 획득하였다[21]. HSI 색상 모델은 RGB 색상 모델보다 사람의 인지 능력과 비슷하다는

장점이 있으나, 얼굴 영역 검출 시 외부 조명에 의한 영향을 많이 받는다는 단점이 있다.

2.2 변형 모델

영역 분할기법 중 하나인 윤곽선 추출 기법은 특정한 물체의 형태를 추출하기도 하고, 그 면적이나 주위의 길이를 측정하며, 두 화상간의 차이를 구할 수도 있다. 영상에서 윤곽선은 물체가 가지는 특징으로서 배경과 이루는 경계로 표현되기도 하고, 물체 자체를 식별하는 특징 값으로 사용된다. 본 논문에서는 추출하고자 하는 얼굴영역 및 눈, 입 등의 특성은 그 특징상 폐곡선을 이루고 있으며 또한 이 폐곡선이 동적 특징을 포함하고 있기 때문에 변형모델인 활성 윤곽선 모델을 적용하여 윤곽선 검출의 정확성을 향상하고자 한다.

스네이크 모델 이라고도 불리는 활성 윤곽선 모델은 찾고자 하는 영상의 주위에 닫혀진 곡선으로 윤곽선을 찾기 위해 사용되는 방법이다. M. Kass가 제안한 이 알고리즘은 물체의 윤곽선을 능동적으로 찾아주기 때문에 영상분할이나 객체 추적과 같은 분야에 널리 적용되고 있다[22]. 물체의 에너지 특성을 이용한 스네이크 알고리즘은 크게 외부 에너지와 내부 에너지로 구성 하여, 이들 사이의 관계로서 모델의 동적인 모습을 표현한다. 내부 에너지는 모델의 곡률에 따른 에너지로서 원형에 근사할수록 값이 감소하며, 외부에너지는 스프링 함수로서 모델의 변화가 외부의 점과 갖는 위치관계로 한 점에 근사할수록 값이 감소한다. 그러므로 스네이크는 두 에너지의 값이 최소화되는 과정에서 물체의 윤곽선을 추출하는 알고리즘이다. 스네이크는 찾고자 하는 영상의 주변에 가깝게 초기 값을 정해줄수록 더 정확하게 물체의 윤곽선을 찾게 된다[10,11,12]. 초기의 위치를 연속적인 곡선 S를 이산적인 점들로 표현하면 다음과 같다.

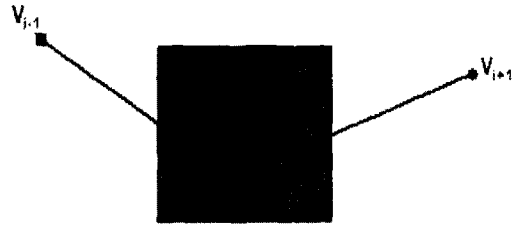
이것은 개의 점으로 연결된 모든 곡선을 표현하게 된다. 스네이크는 에너지 함수를 이용하여 원하는 곡선을 나타내주게 된다. 즉, 곡선 가 최소



(그림 1) 윤곽선 모델의 초기 위치

$$S = \{v_1, v_2, v_3, \dots, v_n\}$$

$$v_i = (x_i, y_i)$$



(그림 2) 8 이웃 화소 시스템

값이 되는 에너지 함수 $E(S)$ 를 이용하여 모델을 정의하는 방법이다. 스네이크는 찾고자 하는 물체의 초기 위치를 정해주면, 반복적인 수행을 통하여 3개의 에너지의 값이 최소가 되는 지점으로 초기의 점들을 이동시키게 된다. 이처럼 스네이크는 초기 값에 의해 다른 물체의 윤곽선을 찾게 되므로, 초기 값의 의존도가 높다. 스네이크의 에너지 함수는 다음 식 1과 같이 정의된다[10].

$$E_{snake} = \int_0^1 (E_{internal}(v(s)) + E_{image}(v(s)) + E_{external}(v(s))) ds, v(s) = (x(s), y(s)) \quad (\text{식 1})$$

$v(s)$ 는 스네이크의 위치를 나타내며, $E_{internal}$ 은 윤곽선을 구부리는 내부 에너지이고, E_{image} 는 이미지 힘을 나타내고, $E_{external}$ 은 외부 에너지를 나타낸다.

스네이크는 에너지 최소화 구조이므로 지역적 최소가 가능한 해의 집합을 이루도록 에너지 함수를 만들어야 한다. 에너지함수의 구현에 있어서 알고리즘의 복잡성을 개선하고 속도를 향상시키기 위해 그리디 알고리즘을 이용하며, 그리디 알고리즘을 이용한 에너지 함수는 다음과 같다.

$$E_{snake} = \int_0^1 (a(s)E_{continuity}(v(s)) + \beta(s)E_{curvature}(v(s)) + \gamma(s)E_{image}(v(s))) ds \quad (\text{식 2})$$

이때 a 는 상수 값을 나타낸다. 에너지 함수를 구성하는 요소 가운데 연속성(continuity)은 곡선을 수축 시키는 역할을 수행한다. 만일 n 개의 점이 주어졌다면, $v_i = (x_i, y_i), i=1 \dots n$ 로 표현되며, 그림 2에서 주어진 점들의 8개의 이웃 화소들의 에너지

값을 구하고, 각 점들간의 거리를 최소화 해준다. 그러나 윤곽선의 각 픽셀간의 거리를 최소화하는 것은 점들을 한 점으로 모이게 하는 문제를 수반한다. 따라서 두 점간의 거리를 모든 점간의 거리의 평균을 구하여 이 값과의 차이를 이용하여 나타나게 한다. 즉 각 점들의 거리가 평균에 가까운 거리에 있을 경우 에너지는 최소값을 갖는다.

곡률 에너지 $E_{curvature}$ 는 스네이크가 완만성을 유지하도록 하는 값으로 다음 식 3에 의해 구해진다.

$$\forall j \in i, E_{curvature} = |v_{i+1} - 2v_j + v_{i-1}| \quad (\text{식 3})$$

한편 영상 에너지 E_{image} 는 스네이크 모델을 사용하여 표현하고자 하는 곡선의 모양을 나타낸다. 물체의 윤곽선에 존재하는 화소들은 급격한 밝기 값의 변화를 가지는 특성을 이용한 것으로, 영상에서 $v(s)$ 의 위치가 물체의 윤곽선이 되도록 정의한다. 영상 에너지는 밝기 값의 변화도에 의해서 계산이 되며 식 4와 같다. 이때 G_{max} 는 주변 화소들 중 가장 큰 밝기 값의 변화를 나타내며, G_{min} 은 가장 작은 밝기 값의 변화를 나타낸다.

$$\forall j \in i, E_{image,j} = \frac{G_{min} - G_j}{G_{max} - G_{min}} \quad (\text{식 4})$$

3. 얼굴영역 및 특성 검출 방법

본 논문에서 제안된 얼굴 및 얼굴특성 검출 방법은 3 단계에 의해서 진행된다. 첫째, 조명 보정에 의한 스킨 컬러모델의 평활화 둘째, 스킨 컬러

모델을 이용한 얼굴 및 얼굴 특성 후보영역의 검출, 셋째, 검출된 후보영역을 초기 값으로 동적 윤곽선 모델을 적용한 최적의 얼굴 및 얼굴 특성 윤곽선 검출의 과정으로 구성된다.

얼굴영역 검출에 있어 다양한 색상 모델 중에서 어떤 색상 모델을 사용하는가에 따라 피부 색상과 유사한 모델로 혹은 유사하지 못한 모델로 모델링할 수 있게 된다. 본 논문에서 채택한 YCbCr은 색상 정보로부터 광도를 분리할 수 있는 색상 모델로, Y는 광도를 나타내며, Cb와 Cr은 각각 푸른색 정보와 붉은색 정보를 나타낸다. 일반적으로 사람의 눈은 색상간의 변화보다는 밝기의 변화에 더욱 민감한 특성이 있다. 따라서 YCbCr 색상 모델을 이용하면, 색채 정보에서 밝기 값의 영향을 배제한 데이터를 이용 할 수 있다. 본 논문에서는 이러한 색상 모델의 특성을 이용하여 얼굴영역 및 얼굴의 특성 영역을 추출을 시도하였다. 특히 Cb와 Cr은 각각 눈과 입술의 성분을 찾아내는데 사용하였다. 정확한 얼굴 영역의 검출을 위하여 초기에 검출된 얼굴 대상영역에 모폴로지를 적용하여 최소한의 얼굴 영역을 생성한 후 생성된 대상영역을 동적 활성모델의 초기값으로 할당하여 최적의 얼굴 영역을 추출하였다.

3.1 조명 보정

컬러 모델을 이용한 얼굴 인식에 있어 문제점 중 하나는 조명의 밝기에 따라 피부색이 다른 색으로 인식 될 수 있기 때문에 분류 오류(false classification)를 유발한다는 것이다. 따라서 색상 모델을 이용하기 전에 조명에 의한 데이터의 영향을 최소화 해주기 위해 조명 보정과정의 바람직하다. 따라서, 본 논문에서는 컬러 모델에 의한 얼굴인식의 전처리 방법으로 조명의 참조 화이트(reference white level)를 고려한 색상의 평활화 방법을 제시한다. 참조 화이트는 일반적으로 흰색 방향(white direction)에서 광도 신호의 최대치에 대응되는 밝기의 정도를 의미한다[23]. 흰색 종이

에 빛이 반사되면 노란빛을 띠게 되는데, 이는 과도한 조명의 영향으로, 이때 참조 화이트를 측정하여 지나친 조명의 노출을 줄여줌으로써 원래의 흰색에 가깝게 표현할 수 있다.

조명보정은 다음과 같이 진행된다. 입력 영상으로부터 각 화소의 RGB 값을 YCbCr 모델로 변환하며, 이때 Y값을 다음 식에 의하여 추출한다.

$$Y = 0.30 \times R + 0.59 \times G + 0.11 \times B \quad (\text{식 } 5)$$

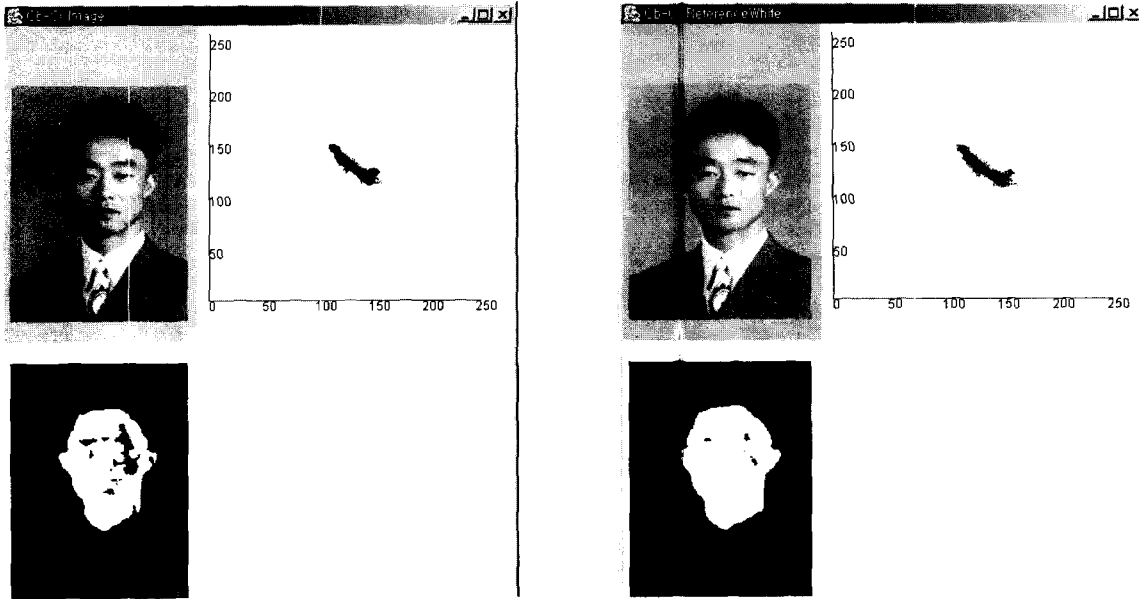
획득된 Y 값 중에서 가장 큰 값을 최대의 Y_{\max} 로 정의한다. 이때 참조 화이트 값의 범위는 획득된 Y 값 중 상위 5% 범위에 속한 화소들을 의미한다.

$$Y_{\max} - (Y_{\max} \times 0.05) \leq Y_{\text{reference}} - \text{white} \leq Y_{\max} \quad (\text{식 } 6)$$

만일 위 범위에 속한 화소의 수가 일 정 임계치 이상일 경우 이는 외부조명의 영향을 받고 있다고 판단할 수 있으며, 이 경우 대상 원 영상의 RGB 값들은 위 범위에 들어있는 화소들의 R, G, B 각 성분들의 평균 값을 계산 후, 각 성분의 최대값에 대한 상대 비율을 계산한다. 예를 들어 참조 화이트 범위에 속한 화소의 R, G, B 성분의 각 평균값이 R_m, G_m, B_m 이라고 가정한다면, R, G, B 성분의 최대값은 각각 255 단계이므로 이 최대값과 각각의 성분비를 구하면, 그 비율은 식 7과 같다.

$$R_{\text{ratio}} = \frac{255}{R_m}, G_{\text{ratio}} = \frac{255}{G_m}, B_{\text{ratio}} = \frac{255}{B_m} \quad (\text{식 } 7)$$

식 7에 의해 계산된 각각의 비율 값을 원영상 화소의 각 RGB에 곱하여 새로운 RGB 값을 얻음으로써, 영상을 평활화 할 수 있다. 이와 같은 영상 보정과정을 통하여 외부 조명의 영향에 따라 잘못 분류 될 수 있는 영역의 오류를 일정 정도 보정할 수 있다. 다음에 제시된 그림 3은 영상보정 전과 후의 영상에 대하여 얼굴영역으로 판단



(그림 3) 영상 보정 전 (좌측) 과 후 (우측)의 얼굴 영역 분할 결과

된 영역을 분할한 결과를 제시하고 있으며, 영상 보정 후 분할된 영역이 보정전의 영역을 분할 한 경우보다 정확한 얼굴 영역을 포함하고 있음을 알 수 있다. 분할 결과 흰색바탕의 부분이 얼굴 영역을 의미한다.

3.2 스킨 컬러에 의한 얼굴 및 특성 영역 검출

조명 보정에 의해서 평활화 된 RGB 영상은 다시 YCbCr 영상으로 변형되며 변형된 색상모델을 이용하여 얼굴 및 얼굴 특성 영역을 검출한다. 언급한 바와 같이 Y는 광도를 의미하며, 상대적인 푸른 정보와 붉은 정보는 Cb와 Cr로 기호화된다. 색상 모델에서 사람의 눈은 색상간의 변화보다는 밝기의 변화에 더욱 민감한 특성이 있다. 따라서 YCbCr 색상 모델을 이용하면, 색채 정보에서 밝기 값의 영향을 배제한 데이터를 이용할 수 있다.

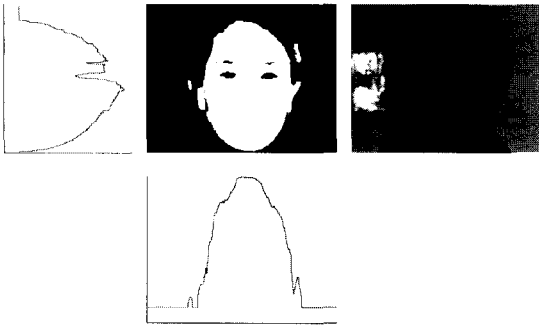
* 얼굴 후보 영역 검출

YCbCr 색상 모델은 빛에 독립적이다. 따라서 다양한 조명 조건에서 피부색을 찾으려는 경우

효과적인 결과를 보여준다. 대부분 피부 색상과 관련된 정보는 Cb와 Cr에 포함되어 있으므로, 색상 영상에서 각 픽셀의 Cb와 Cr 정보를 이용하여, 해당 픽셀의 Cb, Cr 성분이 피부 색의 임계 값 범위에 있을 경우에는 피부 부분과 그 외의 부분을 분할한다. 이때 임계 값의 설정은 100명의 얼굴 사진으로부터 추출된 얼굴 영역에 대한 실험을 통하여 평균적인 Cb와 Cr의 범위를 획득하였으며 그 범위는 식 8과 같다.

$$(-41 \leq C_b \leq -5) \cap (11 \leq C_r \leq 39) \quad (\text{식 } 8)$$

그림 4는 식 8에 의해 획득된 피부 영역과 피부 영역의 히스토그램 분석을 통하여 획득된 얼굴 후보 영역을 나타낸다. 얼굴 후보 영역의 획득 방법은 분할된 영상에서 각 행의 밝기 값을 구하면, 얼굴 영역이 시작하는 부분에서 밝기 값이 커지고, 얼굴 영역이 끝나는 곳에서는 밝기 값이 피부 영역 영상의 최소 값이 되는 특성을 이용하여 얼굴 경계 영역의 상하 좌우의 위치 값인 x, y 축의 값의 평균을 히스토그램으로 표현한다. 이때, 얻



(그림 4) 분할된 피부 영역(좌) 및 얼굴 후보 영역(우)

어진 x, y 축의 히스토그램에서 값의 급격한 증가와 감소가 발생하는 부분이 각각 얼굴 영역의 시작과 끝 부분이 된다. 히스토그램을 통해 얻은 얼굴 영역의 시작과 끝 부분은 윤곽선을 찾기 위한 초기 위치 값으로 사용되고, 획득된 얼굴 영역은 박스로 표시된다.

*** 얼굴 특징 영역 검출**

입 영역은 얼굴 영역을 구하는 방법과 유사하다. 우선 입술영역은 얼굴 후보 영역을 가로방향으로 균등하게 3등분했을 때 맨 하단에 위치하게 된다. 입의 색상 정보는 Cr에 해당하는 정보가 피부색에서 보다 많기 때문에, 해당 영역에서 화소의 Cr 값이 Cb 값보다 더 큰 값을 갖는 경우와 Cr²이 임계 값 범위에 있을 경우 입술 영역으로 판단한다.

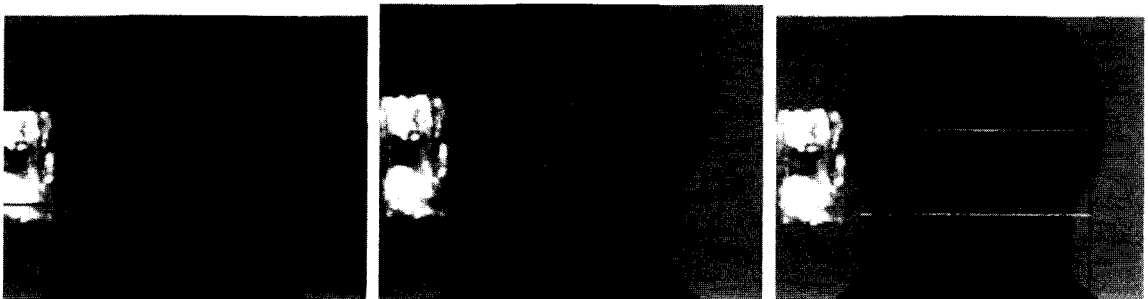
특성 검출을 보다 효과적으로 수행하기 얼굴과 특성요소의 위치를 고려한 방법을 적용하면 보다

효과적이다. 눈의 위치는 얼굴 부호 영역이 정확히 검출된 경우 후보 영역을 횡으로 3등분한 영역 중 가운데 부분에 위치하며, 정면 혹은 정면에 가까운 영상의 경우 얼굴 후보 영역의 너비를 5등분했을 때 양끝 영역을 제외한 부분에 위치하게 된다. 따라서, 축소된 후보 영역으로부터 Cb 컬러 값을 이용하여 눈의 위치를 찾아낸다. 다음 그림은 얼굴 후보영역 및 후보 영역으로부터 검출한 눈과 입의 영역을 보여주고 있다.

3.3 동적 윤곽선 모델의 적용

얼굴 및 얼굴 특성을 추출하는 최종단계는 획득한 얼굴 후보 영역 및 얼굴 특성 영역으로부터 정확한 얼굴과 특성의 윤곽선을 획득하는 작업이다. 일반적으로 동적 활성화 모델의 적용에 있어 문제점 가운데 하나는 동적 윤곽선 모델이 모델의 초기값에 상당히 민감하게 반응한다는 점이다. 따라서 정확한 결과를 얻기 위해서 초기값을 입력할 때 사용자에게 상당한 주의를 요구하게 되고, 이에 따른 불필요한 노력을 필요로 한다. 그림 6은 윤곽선 모델의 초기값 설정에 따라 알고리즘이 민감하게 반응한 경우의 예를 보여주고 있다. 얼굴 후보 영역을 초기값으로 한 경우 정확한 얼굴 윤곽선을 검출한 반면 입의 초기값을 설정한 경우 윤곽선의 결과가 왜곡된 상황을 확인할 수 있다.

본 논문에서는 얼굴 및 특성영역 검출 단계에



(그림 5) 입술 및 눈 후보 영역의 검출



(a) 얼굴 후보영역

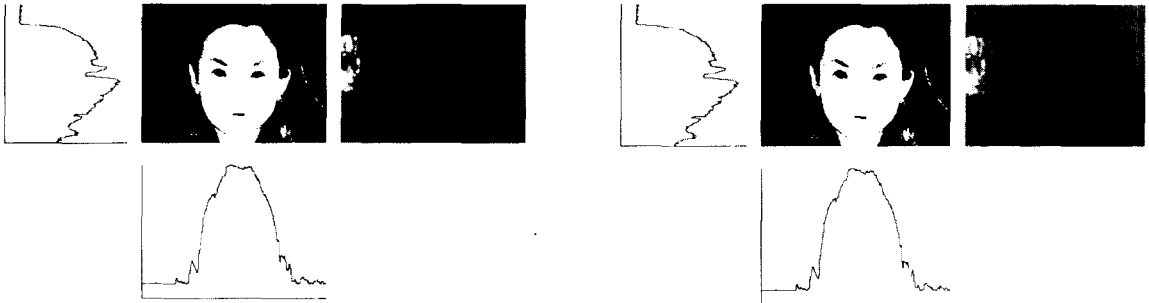


(b) 후보영역을 초기값으로 설정한 경우



(c) 임의의 초기값을 설정한 경우

(그림 6) 동적 윤곽선 모델의 적용 결과



(그림 7) 검출된 얼굴 대상 영역

서 획득된 영역의 결과를 동적 활성화 모델의 초기값으로 자동 설정해 줌으로서 사용자의 간섭을 배제하고 얼굴과 눈 및 입의 윤곽선을 정확히 획득하는 방법을 제안하였다.

4. 실험 결과

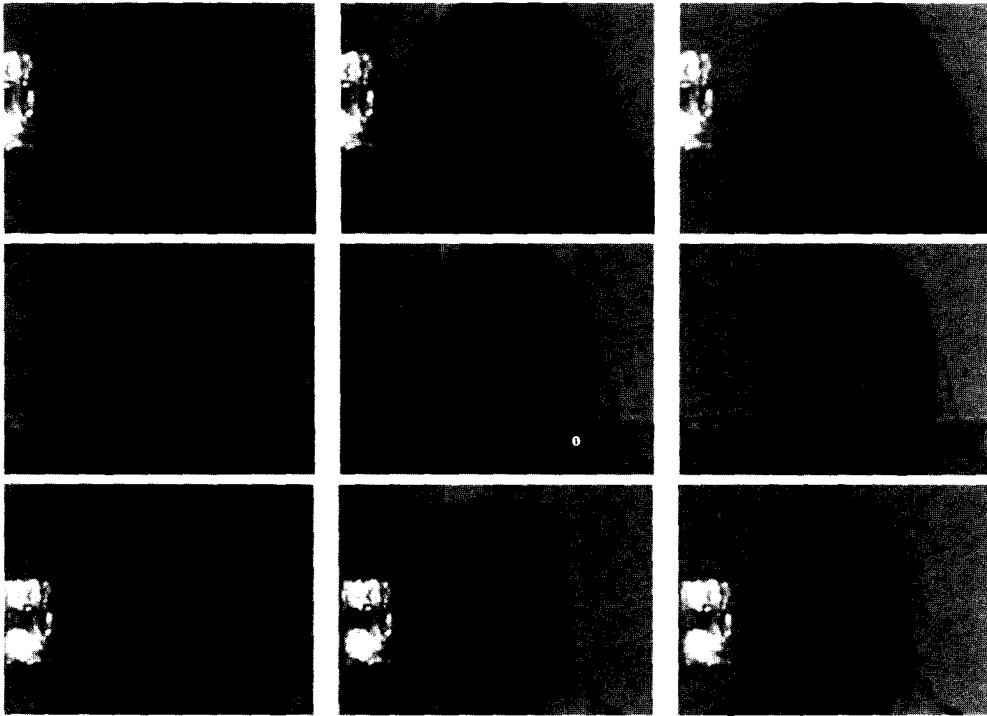
제안된 방법의 실험을 위하여 본 논문에서는 빛 보정의 전처리 과정과 YCbCr 변환 과정을 통하여 얻어진 본 실험의 얼굴 및 입술 영역의 획득 값의 정확도를 측정하기 위하여, 100개의 얼굴을 가진 입력 영상을 대상으로 위의 방법을 적용시켜 보았다. 입력 영상은 각기 다른 사람의 영상으로, 영상의 획득 방법은 색상 증명 사진의 스캐닝 데이터, 디지털 카메라를 통해 획득한 영상 그리고 인터넷상의 얼굴 영상 데이터를 이용하였다.

피부색의 임계치 범위를 찾는 데 오류를 측정하기 위하여 얼굴 이외의 피부가 나타나는 경우와 정면 및 측면 얼굴이 있는 입력 영상을 대상으로 실험하였다.

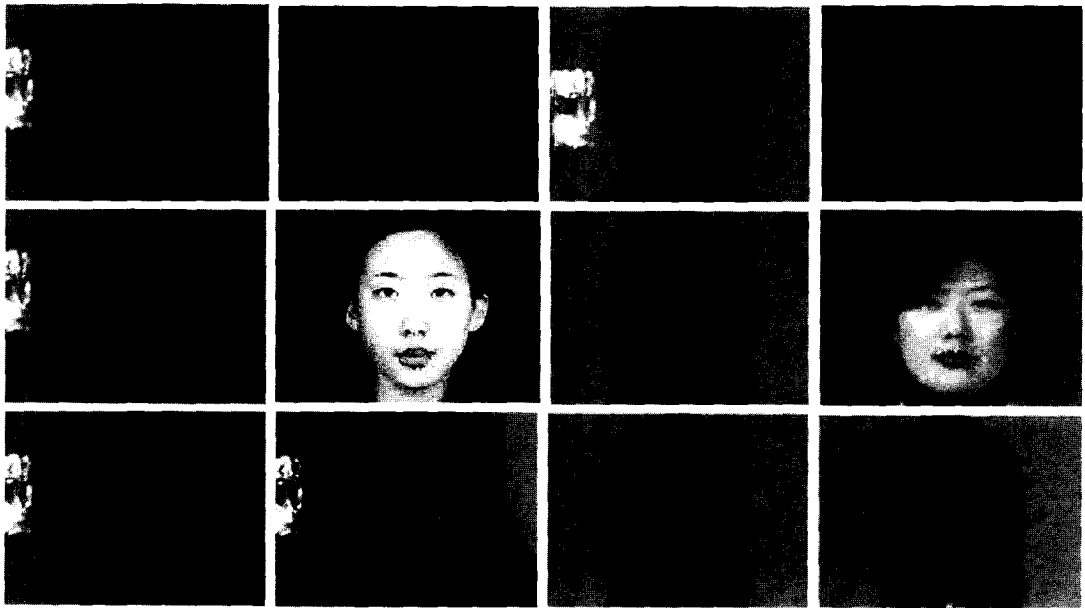
그림 7은 스킨 컬러모델에 의해 추출된 얼굴영역 및 얼굴 특성 영역이다. 좌측은 Cr 및 Cb 컬러 성분을 이용한 얼굴 영역이며, 우측 사진은 모폴로지 연산을 적용하여 얼굴 영역의 범위를 최적화한 상태이다.

그림 8은 얼굴 검출된 얼굴 영역으로부터 눈과 입의 위치를 찾아내고, 이들의 특성을 설명해준다. 그림 9는 검출된 얼굴 및 얼굴 특성대상 영역에 동적 변형모델을 적용 한 결과를 나타내고 있다.

실험 결과 제안된 시스템은 영상의 초기값이나 주위의 환경(복잡한 배경, 짙은 화장 및 조명 등)



(그림 8) 컬러 정보에 의한 얼굴 및 특성 영역 검출 결과



(그림 9) 동적 윤곽선 모델에 의한 얼굴 및 얼굴 특성 추출 결과

에 영향을 받지 않고 비교적 정확한 윤곽선을 찾아 줄 수 있음을 확인할 수 있다.

5. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 얼굴 영역 및 특징 영역 검출 방법으로 색상 정보와 변형 모델을 이용한 방법을 제시하였다. 얼굴영역 및 특징의 검출은 광도를 분리할 수 있는 YCbCr 색상모델을 이용하였으며, 특히 컬러모델 사용시 외부조명의 영향을 감소시켜주는 방법을 제시하였다. 검출된 얼굴 대상 영역으로부터 정확한 얼굴 및 특징 영역의 최적화된 윤곽선을 추출하기 위하여 동적 윤곽선 모델 알고리즘을 이용하여 검출하였다. 얼굴 및 특성영역 검출 단계에서 획득된 영역의 결과를 동적 활성화 모델의 초기값으로 자동 설정해 줌으로서 사용자의 간섭을 배제하고 얼굴과 눈 및 입의 윤곽선을 정확히 획득하는 방법을 제안하였다. 실험을 통하여 테스트한 결과 제안된 방법을 사용시 빠른 시간에 얼굴 및 얼굴의 특성영역을 효과적으로 검출할 수 있음을 입증할 수 있었다.

향후 연구방향으로는 얼굴의 포즈 변화 및 주변 환경변화 등에 보다 강건한 알고리즘을 개발하고, 군중영상으로부터의 얼굴 특성 검출 및 검출된 정보를 이용한 얼굴 인식 분야로의 적용에 있다.

참고 문헌

- [1] D. Maio and Maltoni, "Real-time face location on gray-scale static images," *Pattern Recognition*, vol. 33, no. 9, pp. 1525~1539, Sept. 2000.
- [2] H. A. Rowley, S. Baluja, and T. Kanade. "Neural Network-Based Face Detection", *IEEE Trans. on PAMI*, Vol. 20, pp. 23~38, Jan. 1998.
- [3] K. K Sung and T. Poggio, "Example-Based Learning for View-Based Human Face Detection," *IEEE Trans. PAMI*, vol. 20, pp. 39~51, Jan. 1998.
- [4] H. Schneiderman and T. Kanade, "Statistical Method for 3D object Detection Applied to Faces and Car," *IEEE CVPR*, June 2000.
- [5] M. Abdel-Mottaleb and A. Elgammal, "Face Detection in complex environments from color images," *IEEE ICIP*, pp. 622-626, Oct. 1999.
- [6] K. K Sung, "Learning and Example Selection for Object and Pattern Recognition," PhD thesis, MIT, Cambridge, 1995.
- [7] E. Osuna, "Support Vector Machines: Training and Applications," PhD thesis, MIT, Department of Electrical Engineering and Computer Science, Cambridge, 1998.
- [8] H. A. Rowley, S. Baluja, and T. Kanade: Rotation Invariant Neural Network-Based Face Detection," *Computer Science technical report*, CMU-CS-97-201, 1997.
- [9] B. Scheiderman, and T. Poggio, and M. Pontil, "Face detection in still gray images," *MIT AI Memo No. 1687*, 2000.
- [10] Donna J. Williams, Mubarak Shah, "A Fast Algorithm for Active Contours and Curvature Estimation", *CVGIP: Image Understanding*, vol. 55, no. 1, pp. 14~26, 1992.
- [11] Laurent D. Cohen, "On Active Contour Models and Balloons", *CVCVGP: Image Understanding*, vol. 53, no. 2, March, pp. 211~218, 1991.
- [12] 이경희, 변혜란, "얼굴 요소 추출 및 Snake를 이용한 윤곽선 추출" *정보과학회 논문지*, 제 27권 7호, pp. 731~741, 2000.
- [13] 이찬호, 박주철, 최형일 "정규화된 웨이블릿 특징에 의한 얼굴인식" *정보과학회 논문지*, 제 27권 10호, pp. 1046~1053, 2000.
- [14] J. Bala, K.DeJong, J. Huang, H. Vafaie, and H. Wechsler, "Visual Routine for Eye Detectioning Hybrid Genetic Architectures", *IEEE Proceedings of ICPR '96*, pp. 606~610, 1996.
- [15] A. Yuille, P. Hallinan, and D.Cohen, "Feature extraction from faces using deformable templates," *Int. J. Computer Vision*, vol. 8, no. 2, pp. 99~111, 1992.
- [16] Chung-Lin Huang, Ching-Wen Chen, "Human

- Facial Feature Extraction Face Interpretation and Recognition”, Pattern Recognition, Vol. 25, No.12, pp. 1435~1444, 1992.
- [17] Taro Yokoyama, Yasushi Yagi and Masahiko yachida, “Facial contour Extraction Model”, IEEE Proceedings of ICAFGR, pp. 254~259, 1998.
- [18] J. C. Terrillon, M.N. Shirazi, H. Fukamachi and S. Akamatsu, “Comparative performance of different skin chrominance models and chrominance spaces for the automatic detection of human faces in color images”, Proc. of the fourth international conference on automatic face and gesture recognition, IEEE Computer Society, Grenoble, France, pp. 54~61, 2000.
- [19] Guangzheng Yang, Thomas S. Huang, “Human Face Detection in a Complex Background”, Pattern Recognition, vol. 27, no.1, pp53~63, 1994.
- [20] Jie Yang, Weier Lu, and Alex Waibel, “Skin-Color Modeling and Adaptation”, May. 1997.
- [21] Karin Sobottka, Ioannis Pitas, “Segmentation and Tracking of Faces in Color Images”, Proceedings of the Second International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition, 1996, pp. 236~241.
- [22] M. Kass, A. Witkin, and D. Terzopoulos, “Snakes: Active Contour Models”, International Journal of Computer Vision, vol 1.no. 4, pp. 321~331, 1998.
- [23] http://glossary.its.bldrdoc.gov/fs-1037/dir-030/_4492.htm.

◎ 저자 소개 ◎



민 경 필

1996년 경기대학교 수학과 학사
1998년 경기대학교 전자계산학과 석사
2000년~현재 : 경기대학교 전자계산학과 박사과정
관심분야 : face detection and recognition, 3D face modeling
E-mail : buffalo21c@hotmail.com



전 준 철

1984년 중앙대학교 전자계산학과 학사
1986년 중앙대학교 전자계산학과 석사
1987~1988년 삼성반도체 통신연구소 연구원
1992년 The Univ. of Connecticut, 컴퓨터 공학과 석사
1995년 The Univ. of Connecticut, 컴퓨터 공학과 박사
2001년~2002년 미시건 주립대학 패턴인식 및 영상처리연구실 객원교수
1995년~현재 : 경기대학교 정보과학부 부교수
관심분야 : 컴퓨터 그래픽스(3D face modeling & feature detection), 영상처리(2D, 3D face detection), 의료영상처리(MRI, CT 영상 처리)
E-mail : jechun@kyonggi.ac.kr



박 구 락

1986년 중앙대학교 공학사
1988년 숭실대학교 대학원 공학석사
2000년 경기대학교 대학원 전산과학과(이학박사)
1991년~2001년 공주문화대학 전산정보처리과 교수
2001년~현재 : 공주대학교 영상정보공학부 정보과학전공 부교수
관심분야 : 멀티미디어 시스템, 전자상거래, 영상처리
E-mail : grpark56@hanmail.net