

얼굴피부색, 얼굴특징벡터 및 안면각 정보를 이용한 실시간 자동얼굴검출 및 인식시스템

김 영 일[†] · 이 응 주^{††}

요 약

본 논문에서는 칼라 얼굴 영상으로부터 피부색 정보, 얼굴의 기하학적 특징벡터 및 안면각 정보를 이용한 실시간 얼굴검출 및 인식 알고리즘을 제안하였다. 제안한 알고리즘에서는 HSI 칼라좌표계상의 얼굴 피부색 정보와 얼굴 에지 정보를 함께 이용함으로써 얼굴 영역 검출 효율을 개선하였다. 또한 추출된 얼굴 영역으로부터 얼굴인식을 개선할 위해 얼굴 특징자들을 추출하고 추출된 얼굴 특징자들의 기하학적 관계로 구성된 얼굴 특징벡터와 얼굴 안면각 정보를 사용하여 얼굴 인식율을 개선하였다. 실험에서는 제안한 방법이 기존의 방법에 비해 얼굴 영역 검출을 뿐만 아니라 얼굴 인식율도 개선되었음을 알 수 있다.

Real-Time Automatic Human Face Detection and Recognition System Using Skin Colors of Face, Face Feature Vectors and Facial Angle Informations

Young-Il Kim[†] · Eung-Joo Lee^{††}

ABSTRACT

In this paper, we propose a real-time face detection and recognition system by using skin color informations, geometrical feature vectors of face, and facial angle informations from color face image. The proposed algorithm improved face region extraction efficiency by using skin color informations on the HSI color coordinate and face edge information. And also, it improved face recognition efficiency by using geometrical feature vectors of face and facial angles from the extracted face region image. In the experiment, the proposed algorithm shows more improved recognition efficiency as well as face region extraction efficiency than conventional methods.

키워드 : 피부색(skin color), 특징벡터(feature vector), 얼굴검출(face detection), 얼굴인식(face recognition)

1. 서 론

최근 컴퓨터 및 네트워크의 발전과 인터넷의 급속한 보급에 따라 이들을 이용한 응용분야에서 보안 문제가 심각한 사회문제로 떠오르고 있으며, 이의 해결 방법으로 많은 정보 보호 기술이 개발되고 있다. 이러한 정보보호 기술 중에 개인의 신체 특징을 이용하는 생체 신호 인식 기술이 많이 연구되고 있으며, 얼굴인식, 지문인식, 안구인식, 홍채인식, 정맥 패턴인식 등에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 생체인식에 관한 연구들 중에서 특히 얼굴 인식은 용도가 다양하며 직관적으로 인식 적용할 수 있는 손쉬운 방법

이므로 출입통제, 범죄자검색, 개인용 정보단말기 인증시스템, 멀티미디어 검색시스템, 보안시스템 등의 분야[1]에서 활발히 적용되고 있는 기술이다. 최근에는 정지영상 얼굴검출 분야, 일대일 얼굴인식 분야, 일대다수 얼굴인식 분야, 동영상 얼굴검출 및 인식 분야 및 고속 대용량의 얼굴인식 분야에 이르기까지 연구가 다양하게 진행되고 있다.

현재까지 발표된 기존의 얼굴인식 방법으로는 얼굴 구성성분의 파라미터 추출에 의한 방법[2], 신경 회로망을 이용한 방법[6, 7], 템플릿 정합에 의한 방법[3, 5, 8] 등 다양한 연구들이 진행되고 있다. 파라미터 추출에 의한 방법은 구성성분의 모양, 크기, 위치 등을 정량화해서 인식을 수행하는 방법으로 파라미터 추출에 많은 시간이 걸리며 얼굴의 변형에 대해 일반화된 파라미터를 얻어내기가 용이하지 않은 점이 있다. 신경회로망을 이용하는 방법[6, 7]은 많은 학습영상이 소요되며 학습을 위한 데이터 베이스 구축과 알

* 이 논문은 2002년도 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었음(KRF-2002-002-D00167).

† 준 회원 : 부산정보대학 정보통신계열 겸임교수

†† 정 회원 : 동명정보대학교 정보통신공학과 교수

논문접수 : 2002년 2월 22일, 심사완료 : 2002년 7월 4일

고리즘의 학습에 시간이 많이 소요된다. 또한 템플릿정합에 의한 인식 방법은 입력영상과 고유의 얼굴영상을 직접 비교하여 인식하는 방법으로 인식률은 개선할 수 있으나 연산량이 많이 소요되므로 실시간 인식시스템 구현에 문제가 있다.

일반적으로 얼굴인식의 단계는 크게 얼굴영역 검출, 얼굴 특징 추출[11, 12] 그리고 얼굴인식의 세 가지 단계로 나눌 수 있으며, 얼굴 영역을 먼저 찾고 특징점 구성 요소를 추출하여 최종 분류와 인식으로 수행되어진다. 얼굴영역을 검출하는데 사용될 수 있는 정보는 크게 모양, 명암도, 색상, 움직임 정보 등으로 나눌 수 있다[4]. 모양 정보를 이용해서 얼굴 영역을 검출하는 방법에는 모자이크를 사용하는 방법[5], 신경망을 사용하는 방법[6, 7], K-L 변환을 이용하는 방법[8] 등이 제안되었다. 하지만 이들 방법들은 얼굴이 거의 정면인 경우 적용이 가능하고 얼굴의 크기와 방향, 얼굴 이외의 배경에 대해 결과가 많은 영향을 받는 단점을 가지고 있다. 얼굴영역 검출의 초기 단계에 많이 사용되어진 명암 정보[9]는 윤곽선(Edge) 추출시 잡음에 민감하고 복잡한 배경으로부터 특징 추출이 어렵다는데 있다. 최근에는 칼라영상이 명암영상보다 많은 정보를 가지고 있는 점에 착안하여 많은 연구가 진행되고 있다.[10, 13]

본 논문에서는 파라미터 방법에 기반을 두고 얼굴인식률을 개선하고자 인간의 시각체계와 비교적 유사한 HSI 칼라 좌표계상에서 얼굴피부색에 대한 정보를 추출하여 얼굴피부색의 색상정보와 명암도 정보를 동시에 사용하여 얼굴영역의 검출율을 개선하였고, 또한 추출된 얼굴영역으로부터 얼굴특징자 추출, 특징자간의 상대적 특징벡터 및 4개의 얼굴 안면각들을 이용하여 얼굴 인식율을 개선하고자 하였으며 실시간 처리가 가능한 시스템 구현에 목적을 두었다. 제안한 알고리즘에서는 효율적인 얼굴영역 검출을 위해 인간의 시각체계와 비교적 유사한 HSI 칼라좌표계에서 색상정보와, 명암도 정보를 복합적으로 사용하였다. RGB 칼라영상을 HSI 공간으로 변환하여 얼굴피부색에 대한 색상 값을 얻어낸 후, 색상(Hue) 성분을 가지고 일정 범위 내에 있는 객체들을 레이블링(Labeling) 연산을 통해 찾아내 객체들 중 가장 큰 객체를 얼굴 후보 영역으로 선정하고 이렇게 찾아진 얼굴 후보영역에서 얼굴영역의 일정한 명암도(Intensity) 성분과 얼굴영역의 에지정보를 추출하여 이를 피부색상 정보를 사용한 데이터와 복합적으로 적용하여 얼굴영역 이외의 부분을 제거하여 얼굴영역만을 검출하도록 하였다. 또한 검출된 얼굴영역에서 소벨, 이진화, 모폴로지, 레이블링 등의 전처리과정을 수행후 눈, 코, 입 등과 같은 특징들을 추출하고, 추출된 각 특징들의 상대적 크기, 위치, 구조적인 관계값들과 같은 얼굴특징벡터를 추출하였고, 또한 4개의 얼굴 안면각들을 제안, 안면각 정보를 추출하였으며 특징벡터와 안면각 정보들로부터 최종적으로 얼굴인식

을 수행하도록 하였다.

2. 얼굴영역 및 얼굴구성 특징벡터 추출

2.1 얼굴피부색 정보, 명암도 및 에지정보를 이용한 얼굴 영역 검출

얼굴영역을 검출하는 과정은 얼굴인식을 위한 전처리 과정으로서 정확한 얼굴인식과 실시간 처리를 위하여 매우 중요하다. 이러한 얼굴영역 검출 방법에는 밝기 정보를 이용하는 방법[14], 얼굴모델을 이용하여 비교하는 방법 등이 있다. 전자의 방법은 얼굴의 밝기와 일치하는 배경까지 추출될 가능성의 단점을 가지고 있으며, 후자의 방법은 많은 계산량을 요구하여 실시간 얼굴인식에 적합하지 못하다는 단점을 가지고 있다. 따라서 본 논문에서는 이러한 단점을 개선하여 얼굴영역 검출율을 개선하고자 HSI 칼라좌표계[15-17]에서 인간의 얼굴피부색이 가지는 색상정보를 추출하여 얼굴피부색에 대한 색상 정보로서 얼굴후보 영역을 검출한 후 얼굴부분만을 정확히 추출하기 위하여 후보영상으로부터 얼굴의 명암도 정보와 에지정보를 추출, 얼굴의 명암도 정보와 에지정보 및 얼굴피부색상으로 추출된 색상 정보를 동시에 사용, 얼굴영역 추출의 정확도를 개선하였다.

일반적으로 백인종, 흑인종 그리고 황인종 등 동일한 인종들은 유사한 얼굴의 피부색을 가지며 칼라 공간에서 좁은 범위에 밀집해 있다[2]. 또한 인간의 얼굴색은 나라마다, 인종마다 다소 차이가 날 수 있으므로 본 논문에서는 인종별 얼굴 피부색 영역을 칼라분광측정기로 측색, 얼굴 피부색에 대한 색상, 색농도, 명암도값을 구하였고, 황인종, 백인종 및 흑인종에 대한 색상(Hue) 정보가 8비트 칼라 영상에 대해 흑인종 20, 황인종 23, 및 백인종은 27과 같이 전체적으로 색상이 칼라공간에서 약 20~27° 범위에 존재하고 명암값이 약 106~210° (백인종 210, 황인종 179, 흑인종 106) 그리고 색농가값이 약 163~198° (백인종 163, 황인종 170, 흑인종 198)사이에 분포해 있음을 알 수 있다.

따라서 이러한 얼굴피부색에 대한 특성을 이용하여 본 논문에서는 얼굴 영역을 정확히 검출하고자 HSI 칼라공간[15]에서의 얼굴피부색에 대한 색상 정보와 에지정보를 동시에 얼굴영역 추출에 이용하였다. 본 논문에서는 황인종을 기준으로 얼굴 영역을 검출하는데 사용하였으나 제시한 인종별 칼라 정보를 사용하면 인종별 피부색 검출도 적용적으로 가능함을 알 수 있다.

즉, RGB 형태의 입력된 영상을 HSI 좌표계로 변환[15]하고, 얼굴피부색의 색상 정보를 이용하여 일정 범위 안에서 비슷한 색상 정보가 밀집해 있는 객체들을 레이블링(Labeling) 연산을 통해 찾아내고, 이 범위에 있는 모든 객체 중 가장 큰 객체를 얼굴 후보 영역으로 추출한다. 식 (1)~식 (3)은 입력영상의 RGB값을 HSI 값으로 변환하는 식을 나타내었

다. (그림 1)은 입력된 RGB 공간의 영상으로부터 식 (3)의 얼굴피부색 정보를 이용하여 얼굴 후보영역을 검출한 결과 영상을 보여주고 있다.

$$I = \frac{(r + g + b)}{3} \quad (1)$$

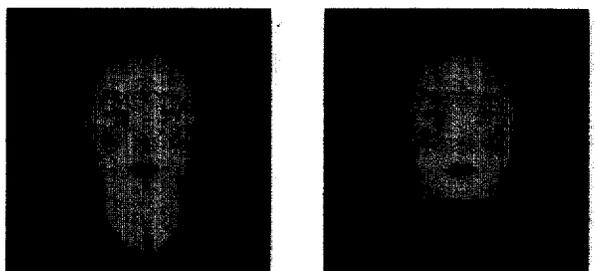
$$S = 1 - \frac{3[\text{Min}(r, g, b)]}{(r + g + b)} \quad (2)$$

$$H = \text{COS}^{-1} \left\{ \frac{\frac{[(r-g) + (r-b)]}{2}}{[(r-g)^2 + (r-b)(g-b)]^{\frac{1}{2}}} \right\} \quad (3)$$



(그림 1) 얼굴피부색 정보를 사용한 얼굴 후보영역 검출 : (a) 원영상 : (b) 얼굴 후보영역 검출

검출된 얼굴 후보영역에는 얼굴영역 이외의 비슷한 색상 값을 갖는 목 부분등의 정보도 포함되어 있으므로 정확한 얼굴 영역만을 추출하기 위해서 명암도(Intensity) 정보를 이용하여 얼굴 후보영역으로부터 적용적으로 계산된 임계값 이상의 명암값 분포를 가지고 얼굴영역에 대한 에지정보를 동시에 이용하여 얼굴영역으로 찾아내고 얼굴영역 이외의 부분을 제거하여 최종 얼굴영역만을 추출하도록 하였다. (그림 2)는 얼굴피부 색 정보와 에지를 이용하여 검출된 얼굴 후보영역으로부터 명암도(Intensity) 정보와 에지를 이용하여 얼굴 영역 이외의 부분을 제거하여 최종 얼굴영역만을 추출한 결과 영상을 나타내고 있다. <표 1>에 측정된 얼굴피부색에 대한 인종별 색상, 색농도 및 명암도 값을 나타내었다.



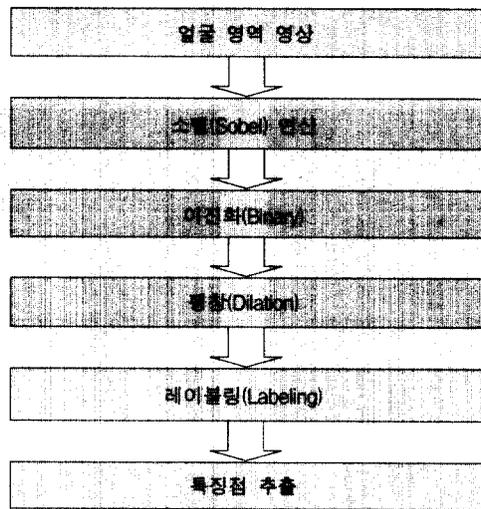
(그림 2) 얼굴영역 검출 : (a) 얼굴 후보영역 : (b) 색상, 명암도, 에지정보를 이용한 얼굴영역 검출

<표 1> 인종별 얼굴피부색에 대한 HSI좌표계값(8Bit영상)

인종별	칼라	색상 (Hue)	색농도 (Saturation)	명암도 (Intensity)
백인종(Caucasian)		27	163	210
황인종(Mongolian)		23	170	179
흑인종(Negroid)		20	198	106

2.2 얼굴구성 특징벡터 추출

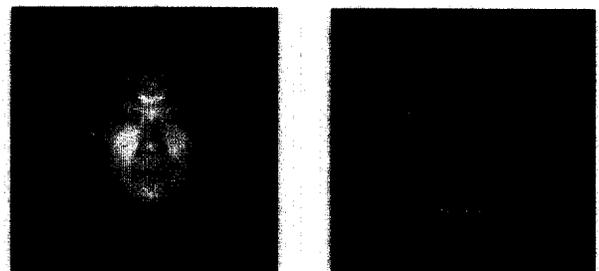
검출된 얼굴영역으로부터 눈, 코, 입 등 얼굴을 구성하는 각 특징점을 추출하기 위하여 얼굴 영상의 수직과 수평 중앙선을 구한 후 수평 소벨연산, 이진화, 팽창(Dilation), 레이블링(Labeling) 등의 전처리 과정을 거쳐 눈, 코, 입 등의 각 특징점들을 추출한다. (그림 3)은 얼굴 특징자들을 추출하기 위한 전처리 과정을 나타내고 있다.



(그림 3) 얼굴 특징자 추출을 위한 전처리 과정

2.2.1 전처리 단계

영상의 윤곽선(Edge)은 입력영상에 대한 많은 정보들을 가지고 있으며 특히 사람의 얼굴에 존재하는 눈, 코, 입은 일반적으로 세로방향으로 밝은 곳에서 어두운 곳으로 이동하는 지점에서 존재한다. 즉 눈과 입은 가로방향으로 넓게 구성되어 있다. 이러한 특징을 이용하여 본 논문에서는 가

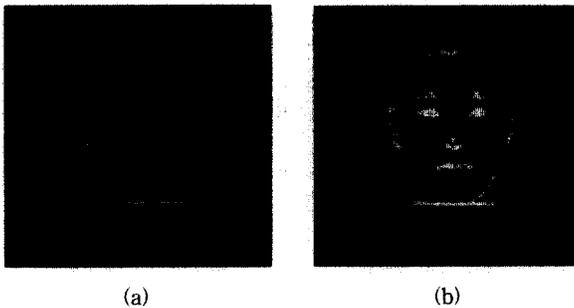


(그림 4) 얼굴 영상의 윤곽선 검출 : (a) 얼굴 영상 : (b) 소벨 영상

로방향 윤곽선 중에서 밝은 그레이 영역에서 어두운 그레이 영역으로 이동하는 부분에 존재하는 윤곽선을 얻어내는 연산으로 얼굴의 특징점을 얻기 위한 전처리를 한다. 윤곽선 검출 알고리즘으로는 윤곽선이 비교적 균일하고 특징점이 뚜렷이 구해지는 소벨(Sobel) 연산자를 선택하였다. (그림 4)에 소벨 연산자를 적용한 결과 영상을 나타내었다.

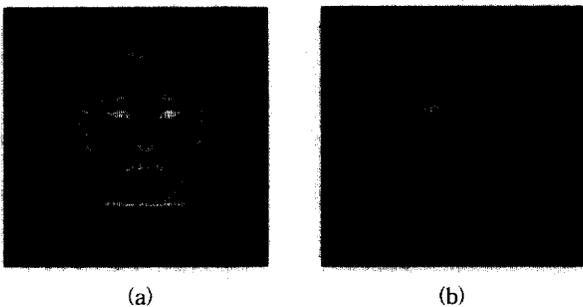
윤곽선 검출된 영상으로부터 이진화 연산 과정을 수행한다. 일반적으로 영상의 이진화는 윤곽선(Edge)을 더욱 강조하기 위해서 윤곽선(Edge) 연산과 함께 사용된다. 그림 4에서 소벨 연산을 거친 영상은 임의의 임계값(threshold)을 주어 영상을 0과 1로 처리하게 이진화(Binary) 과정을 거친다.

또한 이진화한 다음 영상에 존재하는 잡음을 제거하기 위해서 모폴로지(Morphology) 기법중 팽창(Dilation)을 한다. (그림 5)에 이진화한 영상으로부터 팽창 연산을 적용한 결과 각 특징점 주위의 잡음이 제거되고 각 특징점이 뚜렷한 결과를 보여주고 있다.



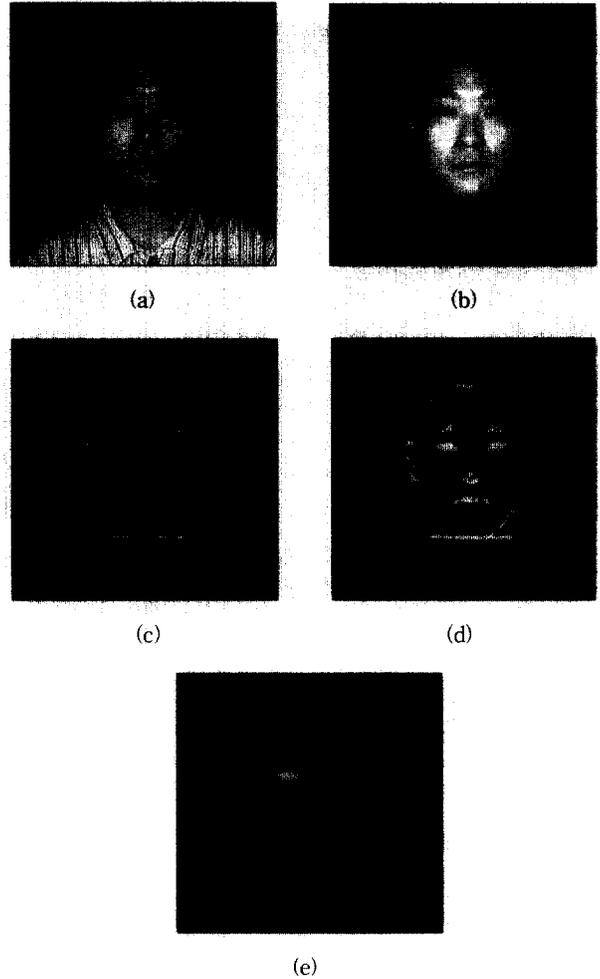
(그림 5) 모폴로지 팽창 결과 : (a) 이진화 영상 : (b) 팽창 영상

모폴로지의 팽창 과정을 거친 영상을 레이블링(Labeling) 과정을 통해서 연결 성분끼리 동일 라벨을 붙여 다음 단계에서 레이블을 이용해 특징점 추출을 용이하게 한다. 본 논문에서는 전처리 단계의 마지막으로 각 객체를 분리해 내기 위해서 레이블링 알고리즘을 사용함으로써 약 10~20개 내외의 각 객체를 분리해 낼 수 있었다. 팽창 연산 적용 결과 영상에 레이블링 알고리즘을 적용하여 약 10개의 객체를 얻어 낸 결과 영상을 (그림 6)에 나타내었다.



(그림 6) 레이블링 처리 결과 : (a) 팽창 영상 : (b) 레이블링 영상

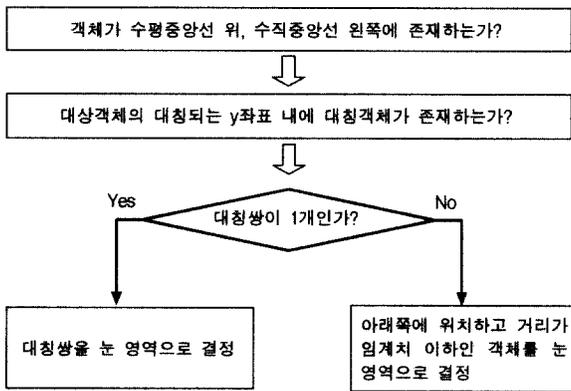
(그림 7)에 입력영상으로부터 HSI 칼라정보를 이용하여 얼굴 영역을 추출한 영상으로부터 소벨(Sobel), 모폴로지(Morphology)의 팽창(Dilation), 레이블링(Labeling) 등 전처리 일련 과정의 결과를 나타내었다.



(그림 7) 전처리 과정 : (a) 원영상 : (b) 얼굴영상 : (c) 소벨 영상 : (d) 팽창영상 : (e) 레이블링 영상

2.2.2 눈 후보점 추출

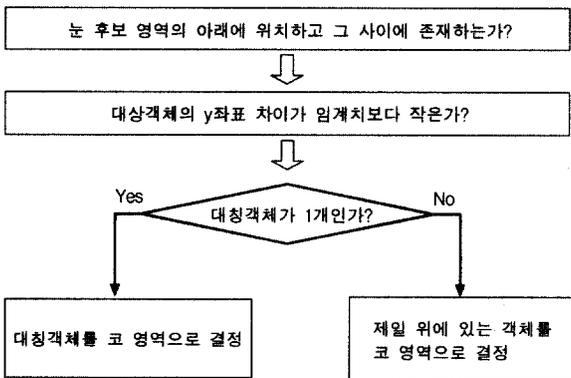
전처리 단계의 마지막인 레이블링으로부터 추출된 여러 개의 객체 중에서 눈, 코, 입 등의 특징점을 결정하기 위하여 양 눈과 코의 상대적 위치관계를 이용하여 비슷한 y 좌표를 갖는 두 개의 눈 후보점과 한 개의 코 후보점, 입 후보점을 결정한다. 눈 후보점을 찾기 위하여 눈 후보점이 레이블링(Labeling)된 객체 중 얼굴영역의 수평 중앙선 위에 존재하는 객체 중에서 대칭되는 y 좌표 내에 또 다른 객체가 존재할 때 이를 하나의 쌍으로써 1차 눈 후보점을 선택한다. 만약 대칭쌍이 2개 이상 존재하면 아래쪽에 위치하고 거리가 임계값 이하인 대칭 쌍을 최종 눈 영역으로 결정하고 이들의 거리 비를 특징으로 한다. (그림 8)에 눈 후보점을 추출하기 위해 사용된 알고리즘을 도식화하였다.



(그림 8) 눈 영역 추출 과정

2.2.3 코 후보점 추출

눈영역 추출 후 레이블링된 객체 중 눈 후보영역의 아래에 위치하고 눈 영역 사이에 존재하며, y 좌표 차이가 임계값 이하인 객체를 코 후보점으로 선택한다. 만약 다수가 존재하면 영상의 y 좌표상의 상위의 객체를 코 영역으로 결정하고 거리 비를 특징으로 한다. (그림 9)에 코 후보점을 추출하기 위해 사용된 알고리즘을 도식화하였다.

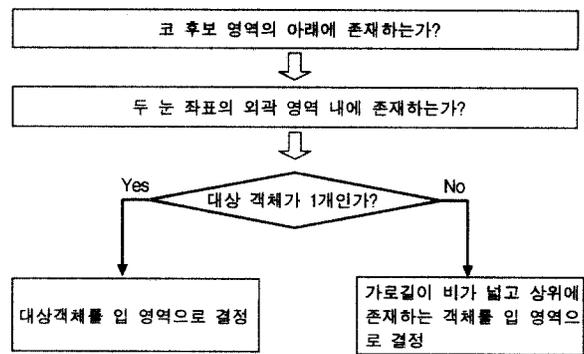


(그림 9) 코 영역 추출 과정

2.2.4 입 후보점 추출

코영역 추출 후 레이블링된 객체 중 코 후보영역의 아래에 위치하고 두 눈 좌표의 외곽 끝점 내에 존재하는 객체를 입 후보점으로 선택한다. 만약 다수가 존재하면 가로 길이의 비가 넓고 상위에 존재하는 객체를 입 영역으로 결정하고 거리 비를 특징으로 한다. (그림 10)은 입 후보점을 추출하기 위해 사용된 알고리즘을 도식화하였다.

레이블링 후 영상내의 모든 블록은 얼굴의 구성요소로서 간주되는데 앞에서 언급한 각 특징점들 추출의 제약조건 알고리즘을 적용한 결과 눈, 코, 입 등의 각 특징점들을 추출할 수 있다. 이상의 방법으로 전처리 단계 과정의 마지막인 레이블링 결과 영상과 레이블링으로부터 눈, 코, 입 등의 특징점 추출 알고리즘을 적용하여 얻어낸 결과영상을 (그림 11)에 제시하였다.



(그림 10) 입 영역 추출 과정



(그림 11) 특징점 추출 결과 : (a) 레이블링 영상 : (b) 눈, 코, 입, 턱 추출 영상

3. 얼굴 특징벡터와 안면각을 이용한 얼굴 인식

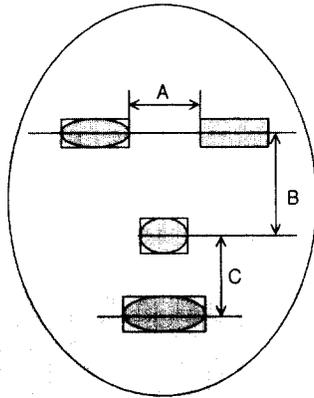
3.1 얼굴 특징벡터 및 4개의 안면각 추출

전처리 단계의 마지막인 레이블링으로 부터 얼굴 영상에서 특징점이 되는 눈, 코, 입 등의 특징점 추출 후, 각 특징점들의 좌표에서 해당 성분의 구조적 위치 값을 구한다. 이러한 특징점들의 구조적 위치 값을 데이터 베이스화하여 각각의 얼굴 영상의 데이터로 저장하여 특정 얼굴 영상이 다른 얼굴 영상과 구별할 수 있도록 하였다.

3.1.1 구조적 얼굴 특징 벡터

각 특징점은 얼굴에서 비교적 구별하기 쉽고, 각 개인마다 다른 형태를 지니고 있다. 각 특징점을 비교하기 위해서 눈, 코, 입 등의 구조적 위치에서 서로의 상관 관계를 비교한 값과 턱과 입 및 얼굴 영역의 선형적인 관계값을 사용하였다. (그림 12)는 얼굴의 각 특징점들과 특징점들이 가질 수 있는 구조적 위치값을 도식화하여 나타내었다. 추출한 각 특징점의 후보영역의 좌표에서 해당 성분의 구조적 위치값을 구한다. 식 (4)~식 (6)은 레이블링 후 검출된 각 특징점들의 객체를 바탕으로 (그림 12)에서 보여주는 거리를 구하는 식을 나타낸다. A는 두 눈 사이의 거리를 나타내며, B는 눈과 코 사이의 거리, C는 코와 입 사이의 거리를 나타내고 있다. 그밖에 눈썹과 눈 사이의 거리, 두 눈썹 간의 거리를 구할 수 있다. 본 논문에서는 눈, 코, 입의 위치와 그들 상호 간의 최소/최대값의 평균치를 이용해서 비

율의 오차 값을 줄였다. 특징점 사이의 거리 비율은 유클리디언 거리식으로 계산된다. 유클리디언 거리에 의한 인식은 각 사람들의 표준편차(σ)로 정규화 시킨다.



A: 두 눈 사이의 거리
B: 눈과 코 사이의 거리
C: 코와 입 사이의 거리

(그림 12) 얼굴 특징점들의 구조적 위치값

$$A = REye_{ls} - LEye_{rs} \quad (4)$$

$$B = Nose_c - Eye_c \quad (5)$$

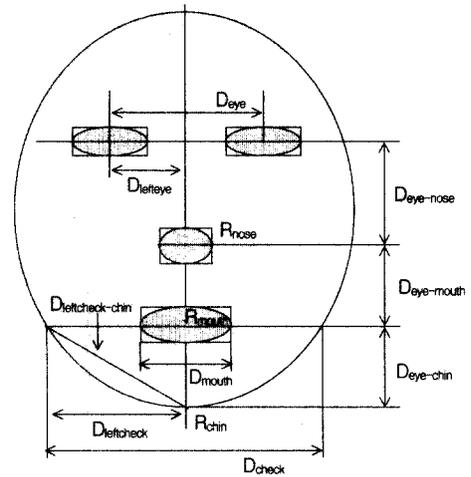
$$C = Mouth_c - Nose_c \quad (6)$$

(그림 12)에서 나타내는 각 특징점들의 거리를 바탕으로 10개의 표본 영상으로 구성된 각 특징점간의 비율을 <표 2>에 나타내었다. <표 1>은 입력된 256×256 크기의 영상으로부터 식 (4)~식 (6)에 의해 구해진 거리를 구하여 각 특징점들 사이의 비율로 나타내었다. (그림 13)에 얼굴 특징점들로부터 얼굴 인식을 위한 상대적인 특징벡터를 나타내었다.

<표 2> 얼굴 특징점들의 상대적 관계값

(단위 : Pixel)

표본	눈-눈	눈-코	코-입	입-턱	두-눈	두-코	코-턱	눈-턱
A	25	45	34	52	28	34	86	131
비율	1 : 1.80	1 : 1.53	1 : 1.21	1 : 1.52				
B	24	38	34	42	27	36	76	114
비율	1 : 1.58	1 : 1.24	1 : 1.33	1 : 1.50				
C	22	37	31	39	24	40	70	107
비율	1 : 1.68	1 : 1.26	1 : 1.67	1 : 1.53				
D	23	32	37	42	22	36	79	111
비율	1 : 1.39	1 : 1.14	1 : 1.64	1 : 1.41				
E	26	40	36	45	20	36	81	121
비율	1 : 1.54	1 : 1.25	1 : 1.80	1 : 1.49				
F	22	40	26	45	25	34	71	111
비율	1 : 1.82	1 : 1.73	1 : 1.36	1 : 1.56				
G	27	42	32	40	21	38	72	114
비율	1 : 1.56	1 : 1.25	1 : 1.81	1 : 1.58				
H	30	36	34	50	25	32	84	120
비율	1 : 1.20	1 : 1.47	1 : 1.28	1 : 1.43				
I	24	42	34	44	24	38	78	120
비율	1 : 1.75	1 : 1.29	1 : 1.58	1 : 1.54				
J	30	35	40	57	27	34	97	132
비율	1 : 1.17	1 : 1.43	1 : 1.26	1 : 1.36				
평균	25.3	38.7	33.8	45.6	24.3	35.8	79.4	118.1
비율	1 : 1.53	1 : 1.35	1 : 1.47	1 : 1.49				

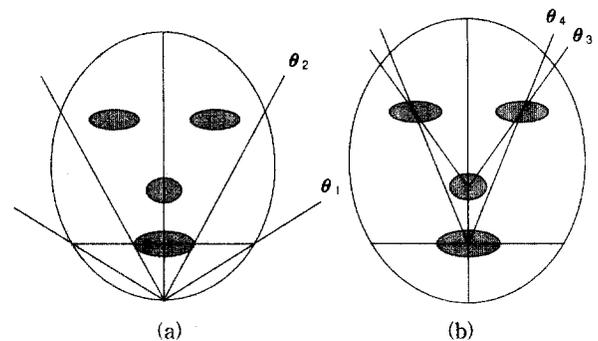


(그림 13) 얼굴의 구조적 특징벡터

3.1.2 4개의 얼굴안면각

본 논문에서는 얼굴인식을 위한 파라미터로서 추출된 각 특징점들의 상대적인 관계값과 특징자들의 기하학적 특징벡터값을 포함시켜서 구성하였다. 특징점들의 비율의 관계값이란 각 특징점들의 화소 단위의 거리를 비율로 나타낸 것이며 특징자들의 기하학적 특징벡터값이란 얼굴영역에서 눈, 코, 입, 턱의 구조적 위치값과 특징자로부터 추출되는 기하학적 안면각을 이용하는 알고리즘이다.

본 논문에서 제안한 알고리즘에서 추출된 특징자들의 얼굴안면각은 4개로 구성되어있다. 그림 14는 4개의 안면각, 즉 $\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4$ 를 도식화하여 나타내는 것으로 θ_1 ($AR_{chinD_{check}}$, Angle of R_{chin} to D_{check})은 턱 중심과 입에서의 양볼 너비 사이의 각도를 나타내며, θ_2 ($AR_{chinD_{mouth}}$, Angle of R_{chin} to D_{mouth})는 턱 중심과 입 크기 사이의 각도를 의미하며, θ_3 ($AR_{noseD_{eye}}$, Angle of R_{nose} to D_{eye})는 코중심에서 양눈중심사이의 각도를 마지막으로 θ_4 ($AR_{mouthD_{eye}}$, Angle of R_{mouth} to D_{eye})는 입 중심에서 양 눈 중심 사이의 각도를 나타낸다. 본 논문에서 각각의 θ 는 레이블링으로부터 특징점 추출 알고리즘을 적용한 후 추출된 눈, 코, 입, 턱의 객체에서 얼굴의 특징 벡터로부터 추출하였다.



(그림 14) 특징자들의 기하학적 안면각 : (a) θ_1, θ_2 ; (b) θ_3, θ_4 .

$$\cos \theta_1 = \frac{D_{LC-C}^2 + D_{RC-C}^2 - D_C^2}{2D_{LC-C}D_{RC-C}} \quad (7)$$

($D_{LC-C} = D_{leftcheek-chin}$, $D_{RC-C} = D_{rightcheek-chin}$, $D_C = D_{cheek}$)

$$\cos \theta_2 = \frac{D_{LCM-C}^2 + D_{RCM-C}^2 - D_M^2}{2D_{LCM-C}D_{RCM-C}} \quad (8)$$

($D_{LCM-C} = D_{leftcentermouth-chin}$, $D_{RCM-C} = D_{rightcentermouth-chin}$, $D_M = D_{mouth}$)

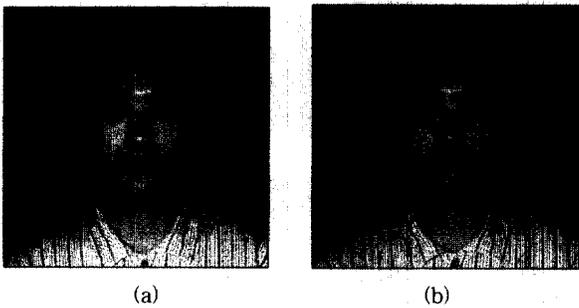
$$\cos \theta_3 = \frac{D_{LCE-N}^2 + D_{RCE-N}^2 - D_E^2}{2D_{LCE-N}D_{RCE-N}} \quad (9)$$

($D_{LCE-N} = D_{leftcentereye-nose}$, $D_{RCE-N} = D_{rightcentereye-nose}$, $D_E = D_{eye}$)

$$\cos \theta_4 = \frac{D_{LCE-M}^2 + D_{RCE-M}^2 - D_E^2}{2D_{LCE-M}D_{RCE-M}} \quad (10)$$

($D_{LCE-M} = D_{leftcentereye-mouth}$, $D_{RCE-M} = D_{rightcentereye-mouth}$, $D_E = D_{eye}$)

얼굴의 특징벡터로부터 각각 $\cos \theta_1$, $\cos \theta_2$, $\cos \theta_3$, $\cos \theta_4$ 를 구한 후 4개의 안면각 θ_1 , θ_2 , θ_3 , θ_4 를 구하며 얼굴 영상에 적용한 결과를 (그림 15)에 나타내었다.



(그림 15) 특징자들의 특징벡터 및 안면각 추출 : (a)특징벡터 추출 : (b) 기하학적 안면각 추출

3.2. 얼굴 특징벡터와 안면각 분류를 통한 얼굴 인식

얼굴인식을 위해서는 앞서 언급한 특징점들의 거리값, 각 특징점들의 상대적인 비율값과 같은 특징벡터값과 θ_1 , θ_2 , θ_3 , θ_4 과 같은 4개의 안면각들을 사용하여 얼굴을 각각 분류 및 인식하도록 하였다.

<표 3>와 <표 4>는 Sample Image의 특징점들의 구조적 위치값과 비율값을 보여준다. <표 3>에서 A 영상을 살펴보면 눈에서 코 사이의 거리는 37 Pixel을 나타내며, 코에서 입은 15 Pixel, 입에서 턱은 32 Pixel, 두 눈 사이의 거리는 27 Pixel, 코에서 턱은 47 Pixel, 눈에서 턱은 84 Pixel, 양 뺨 사이의 거리는 89 Pixel을 나타내고 있다. <표 4>는 <표 3>에서 나타낸 각각의 거리를 비율로서 나타낸 것으로서 A 영상 구조의 코에서 입 사이의 거리 대 입에서 턱 사이의 거리의 비율은 1 : 2.133을, 입에서 턱 대 양 뺨의 거리 비율은 1 : 2.781, 코에서 턱 대 눈에서 턱은 1 : 1.787, 양 눈 대 눈에서 코 사이의 거리 비율은 1 : 1.370을 나타내고 있다. 이러한 각 특징점들 비율의 관계값과 특징자들의 기하학적 안면각을 추출하면 안면각들은 각 θ 별로

3>가지 Type의 구조 형태로 분류할 수 있으며 이를 <표 4>에 나타내었다.

<표 3> Sample Image의 특징점 거리값

(단위 : pixel)

Sample Image	A 영상	B 영상	C 영상
눈-코	37	40	40
코-입	15	17	13
입-턱	32	32	29
두 눈	27	27	21
코-턱	47	49	42
눈-턱	84	89	82
양 뺨	89	101	91

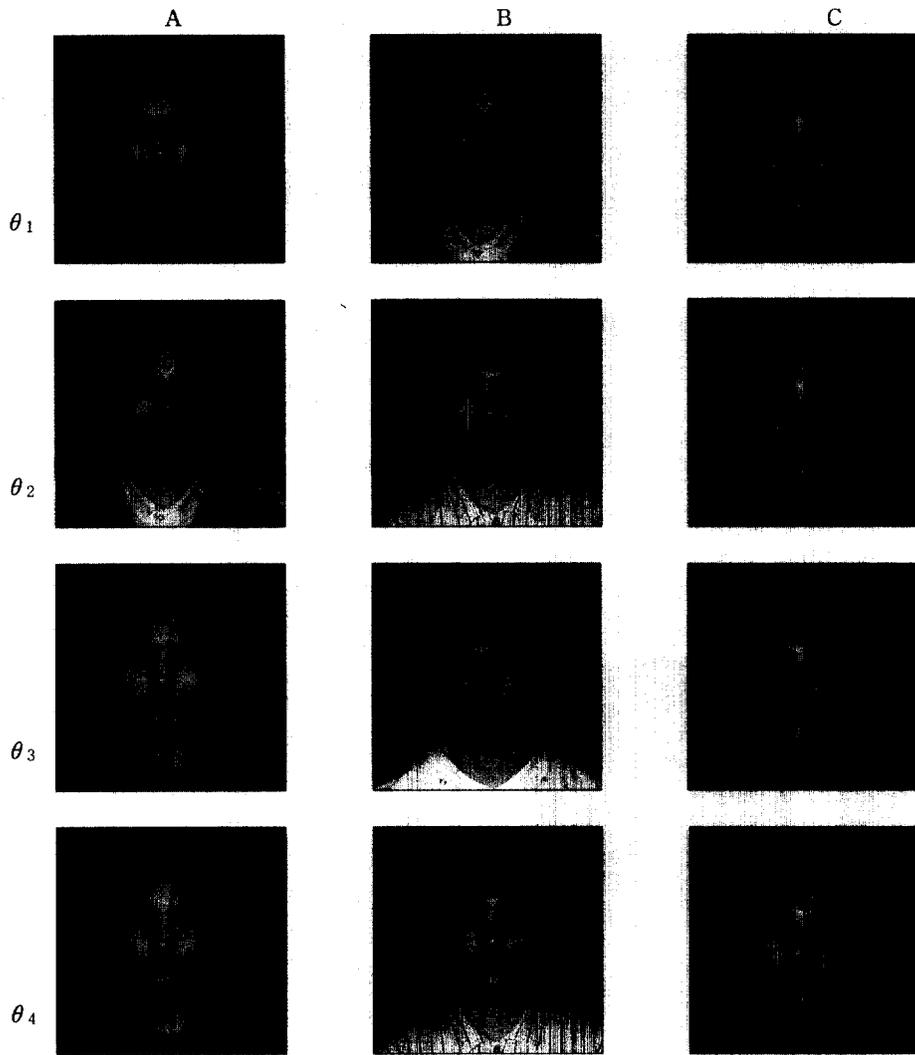
<표 4> <표 3> Sample Image의 특징점 상대적 비율값

Sample Image	A 영상	B 영상	C 영상
코-입 : 입-턱	1 : 2.133	1 : 1.882	1 : 2.230
입-턱 : 양 뺨	1 : 2.781	1 : 3.156	1 : 3.138
코-턱 : 눈-턱	1 : 1.787	1 : 1.816	1 : 1.952
양 눈 : 눈-코	1 : 1.370	1 : 1.481	1 : 1.904

각 θ 의 분류 결과 A형 구조는 얼굴이 작고 양 뺨의 거리가 작은, 좁은 형태의 얼굴로서 대부분 여성의 얼굴이 이에 속하였으며, B형 구조는 일반적인 평범한 얼굴로 둥근 형태의 얼굴들이 이 구조에 속하며, C형 구조는 양 뺨 사이의 거리가 긴, 넓은 형태의 얼굴로서 대부분 남성들이 이에 속하였다. 시뮬레이션 결과 각 구조별로 세분화하여 나타낸 θ 결과 영상을 (그림 16)에 제시하였다. 시뮬레이션 결과, 분류 과정에서 B형 구조로 구분되었지만 각각의 θ 로 나누어 보면 (그림 16)에서처럼 θ_1 에서는 B형, θ_2 에서는 A형으로 구성되어지는 경우도 있다. 이는 얼굴에서 볼의 너비가 일반적인 형태를 가지는 반면에 상대적으로 입의 크기가 작은 형태로 θ_1 에서는 B형, θ_2 에서는 A형으로 구성되어진다.

<표 5> θ 별로 분류된 3가지 구조 형태.

θ \ Type	A Type	B Type	C Type	
θ_1	각도	105° 이하	105° ~ 115°	115° 이상
	형태	볼 너비가 짧고 턱에서 입까지의 길이가 긴 형태	볼 너비와 턱에서 입까지의 길이가 균등한 형태	볼 너비가 길고 턱에서 입까지의 길이가 짧은 형태
θ_2	각도	60° 이하	60° ~ 63°	63° 이상
	형태	입의 너비 길이가 짧고 입-턱의 길이가 긴 형태	입의 너비와 입-턱의 길이가 비교적 균등한 형태	입의 너비 길이가 길고 입-턱의 길이가 짧은 형태
θ_3	각도	65° 이하	65° ~ 69°	69° 이상
	형태	미간사이 거리가 짧고 코-눈의 길이가 긴 형태	미간사이 거리와 코-눈의 길이가 균등한 형태	미간사이 거리가 길고 코-눈의 길이가 짧은 형태
θ_4	각도	46° 이하	46° ~ 50°	50° 이상
	형태	미간사이 거리가 짧고 입-눈의 길이가 긴 형태	미간사이 거리와 입-눈의 길이가 균등한 형태	미간사이 거리가 길고 입-눈의 길이가 짧은 형태

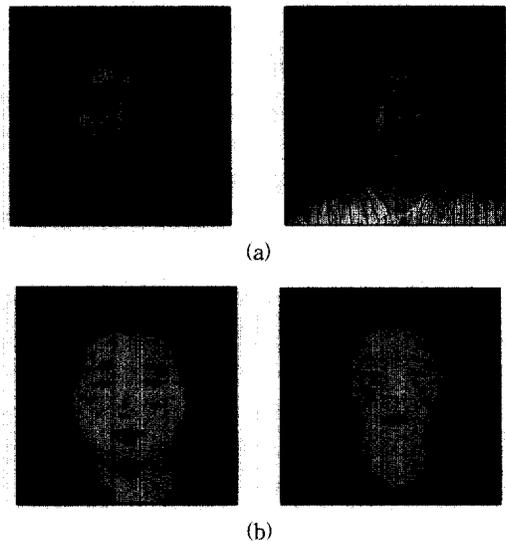


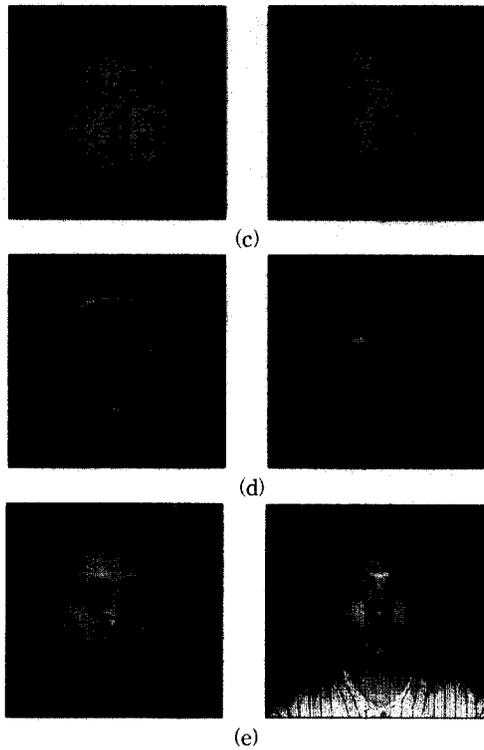
(그림 16) 영상의 안면각 θ 에 따른 분류 영상

4. 실험 결과

본 논문에서 사용된 실험 환경은 복잡하지 않은 배경과 일정한 조명 및 얼굴 특징추출에 심하게 영향을 주지 않는 표본을 사용으로 환경을 제한하였다. 실험 영상은 칼라 CCD 카메라로부터 정면에서 획득한 256×256 크기의 약 150개의 정지 영상을 사용하였으며, 얼굴피부색 검출을 위해서는 약 500개 정도의 칼라 얼굴영상에 대해 MCPD(Multi-Channel Photo Detector) 분광추정기를 사용하여 얼굴피부색의 색상, 색농도, 명도값을 추출하였다. 얼굴영역을 직접 추출하는 데 있어서 정확하고 신뢰성 있는 추출을 위해 순차적으로 알고리즘을 적용하였으며 얼굴 피부색 정보와 에지정보를 사용하여 얼굴검출의 정확성을 개선하였다. 또한 눈, 코, 입 등과 같은 특징자와 특징자들의 기하학적 관계로 표시되는 얼굴특징벡터 및 얼굴안면각을 사용하여 얼굴 인식률을 개선하였다. (그림 17)에 제안한 알고리즘을 사용하여

얼굴을 인식하는 전체 과정을 나타내었다.





(그림 17) 제안한 알고리즘을 사용한 얼굴인식 과정 : (a) 입력 영상 : (b) 얼굴 후보영역 추출 : (c) 얼굴영역 추출 : (d) 레이블링 결과 : (e) 안면각 추출

실험에서는 총 150개의 Sample 영상에서 알고리즘 적용 결과 얼굴 영역을 검출한 영상은 147개로서 98.0%의 검출율을 나타내었으며, 특징벡터를 사용하였을 경우 143개의 영상으로 95.3%, 특징벡터와 특징각을 사용한 경우에는 146개의 영상으로 97.3%의 인식율을 나타내었다. 실험결과 머리카락, 화장 등 특징들이 얼굴 특징벡터 추출시 오류들을 발생시킬 수 있으며 또한 얼굴표정 변화가 있을 경우 얼굴 안면각들의 변화가 발생되며 이는 인식율 저하로 나타남을 알 수 있었다. <표 6>에 제안한 알고리즘을 순차적으로 적용한 결과 인식율을 나타내고 있다.

<표 6> 제안한 알고리즘을 적용한 인식 결과

	얼굴영역 추출	특징벡터 사용	특징벡터와 특징각 사용	전체
영상 개수	147	143	146	150
인식율	98.0%	95.3%	97.3%	100%

5. 결 론

본 논문에서는 파라미터 방법에 기반을 두어 정확하고 신뢰성 있는 얼굴 영역을 추출하는데 있어 칼라 정보와 명암도 및 에지정보를 이용하였으며, 소벨, 이진화, 팽창, 레이블링 등의 전처리 알고리즘을 순차적으로 적용하여 얼굴의 구성 성분을 추출하였다. 제안한 알고리즘에서는 색상과 명암도 및 에지 정보를 동시에 이용함으로써 눈, 코, 입 등

의 특징점 추출에 있어 추출율을 높일 수 있었으며, 추출된 각 얼굴특징들로부터 구조적 얼굴특징벡터 및 4개의 얼굴 안면각들을 이용하여 얼굴을 인식함으로써 최종 인식율을 개선할 수 있었다. 향후 다양한 입력 얼굴영상을 대상으로 얼굴 특징벡터에 대한 추가적인 연구와 다양한 외부조명 환경 및 다양한 안경착용 영상에서의 적응적인 얼굴 인식에 대한 연구를 추가함으로써 얼굴 인식율을 개선시킬 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 이성환, 이미숙, "얼굴 영상 인식 기술의 연구 현황", 전자 공학회지, 제23권 제6호, pp.80-94, 1996.
- [2] 유태웅, 오일석, "Extraction of Face Regions based on Chromatic Distribution Information," 정보과학회논문지(B), 제24권 제2호, 1992.
- [3] A. L. Yuille., "Deformable Template for Face Recognition," Journal of Cognitive Neuroscience, Vol.3, No.1, 1991.
- [4] Rama Chellappa, C. L. Wilson, and S. Sirohey, "Human and Machine Recognition of Faces : A Survey," Proc. IEEE, Vol. 83, No.5, pp.705-740, May, 1995.
- [5] G. Yang, T. Huang, "Human Face Detection in a Complex Background," Patt. Recog., Vol.27, No.1, pp.53-63, 1994.
- [6] Paul Juell and Ron Marsh, "A Hierarchical Neural Network for Human Face Detection," PR, Vol.29, No.5, pp.781-787, 1996.
- [7] H. A. Rowley, S. Baluja and Takeo Kanade, "Neural Network-based Face Detection," Proc. IEEE Computer Society Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition, pp.203-208, 1996.
- [8] M. Turk and A. Pentland. "Eigenfaces for Recognition," Journal of Cognitive Neuroscience. Vol.3, No.1, pp.71-86, 1991.
- [9] C. L. Hang and C. W. Chen, "Human facial feature extraction for face interpretation and recognition," ICPR'92, pp.204-207, 1992.
- [10] 김남희 외, "색상 움직임을 이용한 얼굴 특징점 자동 추출", 전자공학회논문지 제35권 제8호, pp1077-1089, 1998.
- [11] 유호섭, 소 정, 왕 민, 민병우, "고립영역 분석에 의한 얼굴 요소 추출", 정보과학회논문지(B), 제23권 제7호, 1996.
- [12] 장경식, "다해상도 영상을 이용한 얼굴 구성요소 추출", 정보처리학회논문지, 제6권 제12호, 1999.
- [13] 이철우, 최정주, "후보영역의 밝기 분산과 얼굴특징의 삼각형 배치구조를 결합한 얼굴의 자동 검출", 멀티미디어학회논문지, 제3권 제1호, 2000.
- [14] Q. T. Luong, "Color in computer vision," Handbook of Pattern Recognition and Computer Vision, pp.311-368, 1993.
- [15] H. Wu, Q. Chen and M. Yachida, "An application of fuzzy theory : face detection," Proceedings of International Workshop on Automatic Face-and Gesture-Recognition, Zurich, pp.314-319, 1995.
- [16] 김광희, 김성환, 최옥매, 이배호, "Skin-tone과 특징형태를 적용한 효율적인 얼굴영역 자동검출 기법의 구현", 전자공학회 논문지, Vol.22, No.1, pp.575-578, 1999.



김 영 일

e-mail : hbinary@hanmail.net

2000년 동명정보대학교 정보통신공학과
졸업(학사)

2002년 동명정보대학교 정보대학원 졸업
(석사)

현재 부산정보대학 정보통신계열 겸임교수

현재 JK R&D 선임연구원 재직 중

관심분야 : 영상처리, 컴퓨터비전



이 용 주

e-mail : ejlee@tmc.tl.ac.kr

1992년 경북대학교 대학원 전자공학과
공학석사

1996년 경북대학교 대학원 전자공학과
공학박사

1992년 국방과학연구소 부설품관소 연구원

2000년~2002년 (주)디지털넷뱅크 대표이사

1997년~현재 동명정보대학교 정보통신공학과 교수

관심분야 : 영상처리, 컴퓨터비전, 생체신호인식, 칼라영상처리