

얼굴 분석과 유사도 비교를 이용한 사용자 인증 시스템

류동엽[†], 임영환^{**}, 윤선희^{***}, 서정민^{****}, 이창훈^{*****},
이근수^{*****}, 이상문^{*****}

요 약

본 논문에서는 입력된 영상에서 색상 정보와 얼굴에서 주요한 특징정보의 기하 위치 분석과 추출 객체의 유사도 비교를 이용해서 얼굴 영역을 검출한 후 비율정보와 유사도를 이용해 사용자 인증을 하는 방법에 대해서 기술한다. 색상 정보를 이용한 얼굴 추출 알고리즘은 얼굴의 기울어진 정도나 크기 등에 영향을 받지 않는 장점을 가지고 있으므로 형태정보를 이용한 얼굴 추출 알고리즘에 비해 비교우위를 가진다. 하지만 색상 정보를 기반으로 하기 때문에 조명의 변화나, 피부색과 유사한 배경 등 색상에 대해 민감해서 정확한 성능을 유지하기 어렵다. 따라서 색상 정보 이외에 얼굴의 주요 특징 요소인 눈과 입술 등의 특징 정보를 검출하고 각 객체에 대한 유사도 비교를 수행함으로써 색상 정보를 이용한 방법에 비해 더 효율적으로 사용될 수 있다. 본 논문에서는 얼굴을 각각의 개체단위로 분할한 후 각 개체의 비율적인 특징을 계산하고 특정 계산식에 가중치를 부여하며 분할된 눈과 입의 유사도 검색을 통해 유사성을 확인함으로써 사용자를 인식하는 시스템을 제안한다. 제안한 방법을 실험하고 그 결과의 분석을 통해 인식률이 높아짐을 알 수 있었다.

A User Authentication System Using Face Analysis and Similarity Comparison

Dong-Yeop Ryu[†], Young-Whan Yim^{**}, Sunnhee Yoon^{***}, Jeong Min Seo^{****},
Lee Chang Hoon^{*****}, Keunsoo Lee^{*****}, Sang Moon Lee^{*****}

ABSTRACT

In this paper, after similarity of color information in above zero and geometry position analysis of important characteristic information in face and abstraction object that is inputted detects face area using comparison, describe about method to do user certification using ratio information and hair spring degree. Face abstraction algorithm that use color information has comparative advantages than face abstraction algorithm that use form information because have advantage that is not influenced facial degree or size etc. that tip. Because is based on color information, change of lighting or to keep correct performance because is sensitive about color such as background similar to complexion is difficult. Therefore, can be used more efficiently than method to use color information as that detect characteristic information of eye and lips etc. that is facial importance characteristic element except color information and similarity for each object achieves comparison. This paper proposes system that eye and mouth's similarity that calculate characteristic that is ratio red of each individual after divide face by each individual and is segmentalized giving weight in specification calculation recognize user confirming similarity through search. Could experiment method to propose and know that the awareness rate through analysis with the wave rises.

Key words: Face Analysis(얼굴분석), Similarity(유사도), Authentication(인증), Recognize(인식률)

※ 교신저자(Corresponding Author) : 서정민, 주소 : 경기도 안성시 석정동(608-743), 전화 : 031)670-5160, FAX : 031)670-5160, E-mail : jmseo4508@korea.com
접수일 : 2005년 3월 21일, 완료일 : 2005년 6월 20일

[†] 숭실대학교 대학원 컴퓨터학과 박사과정 (E-mail : aceryu@hanmail.net)

^{**} 종신회원, 숭실대학교 미디어학과 교수 (E-mail : yhlm@ssu.ac.kr)

^{***} 미림 전산고등학교 교사 (E-mail : sunniyoon@hanmail.net)

^{****} 한경대학교 대학원 컴퓨터공학과 박사과정
^{*****} 정회원, 국립 한경대학교 컴퓨터공학과 조교수 (E-mail : chlee@hknu.ac.kr)

^{*****} 정회원, 한경대학교 컴퓨터공학과 교수 (E-mail : kslee@hknu.ac.kr)

^{*****} 종신회원, 국립 충주대학교 전산학과 교수 (E-mail : smlee@chungju.ac.kr)

※ 본 연구는 한국과학재단 특정기초연구(R01-2004-000-10618-0)지원으로 수행되었음.

1. 서론

컴퓨터와 멀티미디어 기술의 발전은 기존의 키보드와 마우스만을 이용한 사용자 인터페이스에서 벗어나 좀 더 편리하고 인간적인 관점에서 컴퓨터와의 인터페이스를 하기위해서 활발하게 연구되고 있다. 홈네트워킹이나 텔레메틱스등의 분야에 응용하기 위한 멀티모달 인터페이스 분야가 활발히 연구중에 있으며 이 중에서 가장 편리하게 사용 될 수 있는 방법은 카메라를 통한 생체인식과 음성인식이 핵심이 되고 있다 해도 과언이 아니다.

생체 인식 분야는 크게 얼굴, 눈(홍채, 망막), 지문, 정맥, 음성 등으로 나눌 수 있는데 얼굴을 제외한 다른 생체 인식 방법은 고가의 장비가 필요하거나 사용자의 접촉에 의해서 이루어지기 때문에 자연스러운 인식이 이루어지기가 어렵다. 따라서 비교적 원거리에서 직접적인 접촉을 하지 않고도 인식이 가능한 얼굴인식은 다른 방법에 비해서 더 편리하면서도 범용적으로 이용할 수 있다는 장점을 가지고 있다.

얼굴 인식에 앞서 우선 정확한 얼굴 검출이 되어야 이후의 얼굴 인식을 효과적으로 적용 할 수 있다. 따라서 정확한 얼굴 검출을 추출해 내는 것이 얼굴 인식을 위한 기본단계라고 할 수 있다.

얼굴에서의 정보 추출에 관련된 연구는 크게 특징 추출[3,9], 얼굴 인식, 표정 검출 등의 연구로 나누어지며, 이 중에서 얼굴 인식에 관련된 연구로는 신경망을 이용하는 방법[7], 주성분 분석법을 이용하는 방법[1,4-6] 등이 있다.

일반적으로 얼굴 영역을 추출하기 위해서는 컬러 영상의 색상정보를 이용하는 방법[2,7,8], 형태 정보를 이용하는 방법, 템플릿 매칭을 이용하는 방법이 주로 사용된다.

색상 정보에 기반한 얼굴 추출 알고리즘은 얼굴의 기울어진 정도나 크기 등에 민감하지 않기 때문에 정확한 형태입력을 필요로 하는 형태정보를 이용한 얼굴 추출 알고리즘에 비해 좋은 성능을 가진다. 하지만 조명의 변화가 심하거나, 피부색과 유사한 배경이 포함되어 있을 경우 에러율이 높아진다는 단점을 가지고 있다.

템플릿 매칭을 이용한 검출 알고리즘은 미리 만들어 놓은 템플릿을 찾고자하는 영상 내에서 비교 검색하여 통계적인 허용범위 내에서 부합되면 그 형상으로 인식하는 방법이다. 하지만 얼굴 영역의 크기, 모

양, 형태에 따른 다양한 얼굴 영역을 검출하기 위해서는 시간이 오래 걸린다는 단점이 있다.

이러한 기존 연구 방법의 문제점들을 해결하기 위해서 본 연구에서는 우선 피부색 영역을 추출하고, 피부색 영역 내에서 정확한 얼굴임을 검증하기 위해서 잡음부분을 제거하고 타당한 얼굴 영역임을 확인하기 위해서 얼굴의 특징으로 분리한 눈썹, 눈, 입술과 얼굴의 윤곽선을 이용하여 추출된 각 객체들 사이의 크기나 위치 등의 비율적인 특성을 계산하게 된다. 이렇게 추출된 비율적 특성을 일반적 얼굴의 유사도 비교를 통해서 최종적으로 얼굴 영역임을 확인하고 검출하는 방법을 사용하였다. 이와 같은 방법을 이용해 타당한 얼굴 영역이라고 판단이 되었을 경우 얼굴 영역을 분리해서 얼굴의 특징으로 분리한 눈썹, 눈, 입술과 얼굴의 윤곽선을 이용하여 추출된 각 객체들 사이의 크기나 위치 등의 비율적인 특성을 계산하게 된다. 이렇게 계산된 비율적 특성은 미리 학습된 객체와의 유사도를 비교하고, 또한 분리된 객체의 유사도를 비교하여 인식율을 높임으로써 시스템의 신뢰성을 높이는 방법에 대해 제안한다.

본 논문의 구성은 2장에서는 제안 시스템의 구조, 3장에서 얼굴 영역 분석방법, 4장에서는 얼굴의 유사도 비교 방법 그리고 5장에서는 결론에 대한 내용을 기술한다.

2. 제안 시스템의 구조

제안 시스템의 구조는 그림 1과 같다. 먼저 사용자 인증의 효율성을 높이기 위해 사용자

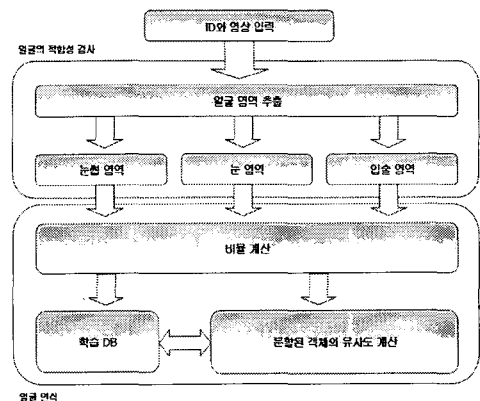


그림 1. 제안 시스템 구조

의 ID를 입력받은 후 영상 입력 장치로부터 영상을 입력 받는다. 이렇게 ID를 입력하는 방식을 채택함으로써 전체 영상 데이터베이스에서 검색을 해야 하는 부하를 줄일 수 있다. 다음 단계로 입력 영상을 기본으로 색상 값에 기반한 얼굴영역을 추출한다. 얼굴 인식 시스템을 구현하기 위해서는 얼굴을 탐지하여 눈, 눈썹, 입술 등의 객체 추출이 필요하다. 얼굴을 탐지하기 위한 얼굴 특징 및 윤곽선 추출에 관련된 연구는 얼굴 인식에 필수적인 기본 처리단계이다. 이때 사람마다의 화장, 안경, 조명, 표정, 얼굴의 기울어짐 등의 다양성으로 인해 얼굴 영역분리에 어려움이 많다. 본 논문에서는 사람의 정상적인 얼굴의 정면에 한정하였으며 색상 정보와 밝기 정보에 기반하여 얼굴 영역을 추출한다. 색상 정보에 기반하여 얼굴 영역을 추출하는 경우 색상과 밝기에 민감하게 반응한다는 단점이 있지만 제한된 환경 하에서는 이러한 문제점이 상대적으로 덜 작용되며, 색상이나 밝기에 민감한 RGB 컬러 공간을 색상과 밝기만을 검사하여 사용할 수 있는 HSI 컬러 공간으로 변환한 후 H (hue), S(saturation) 값이 정해진 픽셀 값을 선택함으로써 얼굴 영역을 추출한다. 일차적으로 선정된 얼굴 후보영역은 필터링 연산을 이용해서 얼굴의 형태라고 판단하기 어려운 작은 영역을 제거하고 기본적인 전처리 과정을 통해서 이후의 연산량을 줄이게 된다.

다음 단계에서는 추출된 얼굴 후보 영역에서 사람 얼굴의 특징이라고 볼 수 있는 눈썹, 눈, 코, 입술 영역에 대한 검출을 시도한다. 이때 영상의 외곽선 정보와 히스토그램 정보를 이용해서 각 영역에 대한 특징을 추출하게 된다.

얼굴 후보 영역 안에서 눈과 눈썹, 입술 영역을 추출하는데, 우선 다른 객체에 비해서 특징적인 눈 영역을 추출한 후 이 영역을 참조해서 눈썹과 입술을 찾아낸다. 이렇게 찾아진 객체가 있을 때 각 객체의 후보영역을 대응 객체라고 판단한 후 각 객체의 위치와 크기정보를 계산한다. 계산된 객체의 비율계산적인 데이터는 미리 학습된 표준 얼굴 비율과 비교한다. 그 결과 비율의 유사성이 있다고 판단되었을 경우 타당한 얼굴 영역이라고 판단을 하고 그렇지 않다면 얼굴 영역이 아니라고 판단하게 된다.

계산된 객체의 비율계산적인 데이터는 미리 학습된 데이터베이스와 비교한다. 그 결과 비율의 유사성이 있다고 판단되었을 경우 얼굴의 전체 영역이 아닌

추출된 얼굴의 각 요소별로 데이터베이스에 저장된 내용과 유사도 검색을 하여 비율계산적으로 나온 결과와 유사도 검색을 통한 결과를 종합하여 최종적으로 인증된 사용자 인지 아닌지를 판단한다.

본 연구에서 사용된 입력 영상은 웹 카메라나 디지털 카메라를 통해서 작성된 컬러 영상을 256×256 사이즈의 크기로 재조정해서 사용했으며 실험환경에서 테스트되는 입력영상의 제한조건은 다음과 같다.

- ① 사무실과 같은 일정한 조명과 적당한 빛을 보장 받을 수 있는 환경이다.
- ② 입력용 카메라와 얼굴 사이의 거리는 50~80cm로 한다.
- ③ 얼굴 영상은 안경 등은 착용하나 머리카락이 얼굴을 가리는 경우는 배제한다.
- ④ 얼굴의 기울어짐은 최초 학습된 DB의 이미지에 대비하여 좌우로의 기울어짐이 15도 이내로 가정한다.

3. 얼굴의 영역분석

3.1 영상 정보의 전처리

입력된 영상은 주변의 빛에 따라 매우 다양하게 변화하게 되므로 일정한 수준의 정보를 보장받기 위해 영상 정보 향상을 위한 연산이 사용된다.

본 연구에서는 명암도 보정을 위해 히스토그램 연산에 기초한 스트레칭(stretching)과 이퀄라이제이션(equalization)을 이용하였는데, 본 실험환경 하에서는 이퀄라이제이션 보다는 스트레칭 연산이 더 적합함을 알 수 있었다. 이퀄라이제이션은 영상의 전체적인 콘트라스트(contrast) 비율을 좋게 개선시키며 일정한 분포도를 가진 히스토그램을 생성한다. 스트레칭은 콘트라스트향상 연산에 속하는데 영상 내에서의 픽셀을 재분배하여 영상의 콘트라스트를 향상시킨다.

영상 보정을 거친 후 빠른 연산을 위해 가급적이면 영상의 불필요한 부분을 제거해서 크기를 줄이는 것이 유리하다. 따라서 영상의 수직 프로젝션(vertical integral projection)을 통해서 머리부분에 해당하는 부분만을 추출하면 그림 2와 같다.

3.2 색상정보를 이용한 얼굴 후보영역 추출

얼굴 인식에 관련된 많은 연구들은 색상 정보를

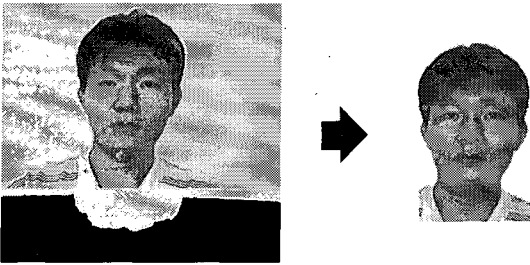


그림 2. 불필요한 부분 제거

이용하여 얼굴 후보 영역을 추출한다. 본 연구에서도 색상 정보를 이용하여 얼굴 후보영역을 추출해내는데, RGB(Red Green Blue)의 삼원색을 이용하면 서로 가산될 수 있으며 컬러 분광요소들이 색상 결정에 미치는 효과 변수가 너무 많이 발생하게 된다. 또한 이미지의 밝기 변화에 민감한 단점을 가지고 있기 때문에 밝기 변화에 보다 덜 민감한 HSI 컬러 모델을 이용한다. HSI 컬러 모델은 색상(Hue), 채도(Saturation), 명도(Intensity)의 세 가지 특성을 가지고 컬러 값을 해석하는 모델이므로 색상 값만을 분해하여 보다 쉽게 컬러 영역을 추출해 낼 수 있다.

본 연구에서는 H성분만이 아닌 S성분까지 고려하여 얼굴을 추출함으로써 H성분만으로 추출할 때보다 약간 향상된 결과를 얻을 수 있었다. 다음의 (1)과 (2)는 RGB 컬러 공간에서 HSI의 H성분과 S성분을 얻기 위한 식이다. 그리고 (3)은 I값을 얻기 위한 식이다.

$$H = \cos^{-1} \frac{\frac{1}{2} \times (R - G) + (R - B)}{\sqrt{(R - G)^2 + (R - B)(G - B)}} \quad (1)$$

$$S = 1 - \frac{3}{(R + G + B)} [\min(R, G, B)] \quad (2)$$

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

H와 S성분 중에서 얼굴색의 유사 색상영역을 추출한 결과는 그림 3과 같다. 이때 H와 S의 기준치(threshold)값은 피부색의 분산에 의해 결정되는데 실험결과 기준치 값이 10에서 20사이 일 때 가장 잘 검출됨을 알 수 있었다.

본 연구에서는 HSI 컬러 공간을 이용하였지만 YIQ나 YUV 컬러 공간에 대한 변환에서도 밝기와 색상 성분을 분해하기 때문에 거의 같은 결과를 얻을

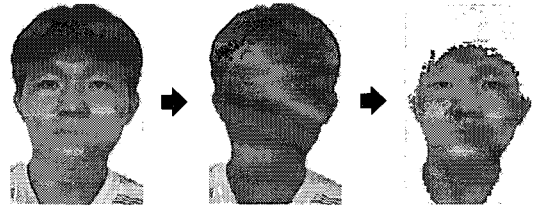


그림 3. 얼굴 후보 영역 추출

수 있었다.

(4)는 YIQ(Luminosity, Inphase, Qurdature) 컬러 공간변환에 대한 행렬식인데, Y성분은 흑백 이진 영상으로 나타내고, I성분은 오렌지색과 청록색 색상 정보를 포함하며, Q성분은 녹색과 자홍색을 포함한다. (5)는 YUV 컬러공간 변환에 대한 행렬식이다.

$$\begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.596 & -0.275 & -0.321 \\ 0.212 & -0.528 & 0.311 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$\begin{bmatrix} Y \\ U \\ V \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ -0.169 & -0.331 & 0.500 \\ 0.500 & -0.419 & -0.081 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (5)$$

3.3 후보 얼굴 영역에서의 객체 추출

후보 얼굴 영역이 결정되었을 때 적합한 얼굴인지를 판단하기 위해서 얼굴내의 특징적인 눈과 눈썹, 입술을 추출한다. 우선 얼굴 영역에서 가장 커다란 특징을 보이는 눈 영역을 찾는데, 눈 영역을 찾기 위해서 에지(edge)를 추출하는 소벨(sobel) 연산자를 사용하였다. 소벨 연산자는 2차 미분 연산자이므로 비교적 연산 속도가 느리기는 하지만 일반적으로 좋은 성능을 보이기 때문에 소벨 연산자를 사용하였으며 검색된 눈의 위치 정보를 기반으로 눈썹과 입술 후보 영역을 검색하게 된다.

소벨 연산자를 이용한 에지영상에서는 눈 영역의 수평 프로젝션에서 가장 강한 특성을 나타내기 때문에 쉽게 판단을 할 수 있지만 눈썹이나 입술은 그렇지 않다. 하지만 색상성분 영역에서 프로젝션을 수행하게 되면 눈썹과 입술 영역에서도 강한 특성을 나타냄을 실험적인 결과로 알 수 있었다. 소벨 연산자와 색상성분의 영역에서 프로젝션을 수행하여 각 객체들의 후보 위치를 찾아낸 결과는 그림 4와 같다. 단일 공간에서 위치를 결정 하는 것 보다 다른 컬러공간으로 변환 후 찾았을 때 더 쉽게 찾음을 알 수 있었다.

(6)과 (7)은 수평 프로젝션(Horizontal Integral

Projection)과 수직 프로젝션(Vertical Integral Projection)을 위한 계산식을 나타낸다.

$$HIP(y) = \sum_{x=x_1}^{x_2} I(x, y) \tag{6}$$

$$VIP(x) = \sum_{y=y_1}^{y_2} I(x, y) \tag{7}$$

이와 같은 방법으로 찾아낸 눈 영역에서 좀더 정확한 왼쪽과 오른쪽 눈을 찾아내기 위해서는 위에서 결정된 눈의 위치 영역에서 다시 수평, 수직 프로젝션을 수행하여 정확한 눈동자의 위치를 검사하게 된다. 왼쪽과 오른쪽 눈을 찾았을 때 각각의 영역에서 가장 어두운 부분을 눈동자의 중심으로 설정하여 영상의 기울기를 계산하는데 기울기가 5~10도라면 기울기 보정을 실시한다. 실험결과 5~10도의 기울기라면 각 영역을 추출하는데 큰 문제가 없었지만 그 이상 기울어지는 경우라면 다른 방법으로 각 영역을 추출해야하기 때문이다. 추출된 왼쪽 눈의 중심점과 오른쪽 눈의 중심점 위치를 각각 $EyeLeft = (x_{left}, y_{left})$, $EyeRight = (x_{right}, y_{right})$ 라고 하면 얼굴영상의 기울기 θ 는 (8)과 같이 계산한다.

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{y_{right} - y_{left}}{x_{right} - x_{left}} \right) \tag{8}$$

(8)로부터 얻어진 기울기 θ 에 (9)의 행렬 변환식을 이용하여 영상을 회전시킴으로서 각도를 보정한다.

$$\begin{matrix} x' = x \cos \theta + y \sin \theta \\ y' = -x \sin \theta + y \cos \theta \end{matrix} \tag{9}$$

그림 4에서 보는바와 같이 코의 위치 좌표는 입력영상이나 사람에 따라서 특징적으로 나타날 수도 있고 그렇지 못할 수도 있다. 이 때 눈 이하 입술 위쪽의 중간 영역을 다시 조사함으로써 코의 위치를 판단할 수 있으며 특징이 나타나지 않는 경우는 얼굴의 형태학적 정보에 기초하여 코의 위치를 판단하게 된다. 이와 같은 과정을 통해 추출해낸 각 영역은 그림 5와 같다.



그림 4. 눈, 눈썹, 입술의 특성 분포

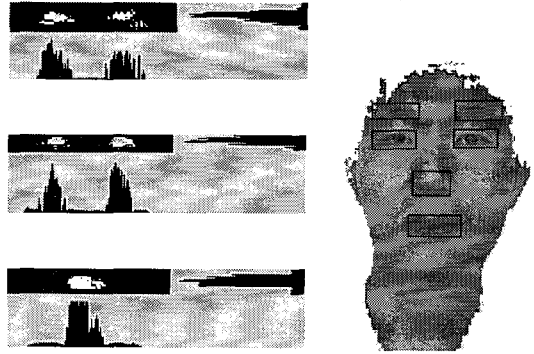


그림 5. 각 객체 영역 추출

4. 얼굴의 유사도 비교

4.1 객체들 간의 비율 검사

기하학적 특징인 객체의 크기나 위치, 방향 등 비교적 단순한 특징들을 가지고도 객체를 인식하기 위해서 3장에서 추출된 각 객체 영역에서 정확한 중심점의 위치를 찾아야 각 객체간의 비율계산을 수행할 수 있다. 따라서 3장에서 추출된 객체의 중심점을 구하기 위해서 이진화를 수행하고 이진화 결과에 따라 객체의 중심점을 구한다.

눈 영역의 특징은 눈동자는 검은색에 가깝고 흰자위는 흰색에 가까운 색을 띤다. 이러한 특성을 이용하여 눈에 대해 (10)으로 이진화를 수행하면 눈동자와 흰자위를 구분해 낼 수 있다.

$$P_T[x, y] = \begin{cases} 1 & \text{if } P[x, y] \geq T \\ 0 & \text{otherwise.} \end{cases} \tag{10}$$

(10)은 단일 기준치에 의한 이진화를 나타내며 픽셀의 값이 T 값 이상이면 1, 그렇지 않으면 0이다.

$$P_T[x, y] = \begin{cases} 1 & \text{if } T_1 \leq P[x, y] \leq T_2 \\ 0 & \text{otherwise.} \end{cases} \tag{11}$$

(11)은 이중 기준치(threshold)에 의한 이진화를 나타내며 픽셀의 값이 T_1 이상이고 T_2 이하이면 1이고, 그렇지 않으면 0으로 한다.

이진화 수행결과는 흰색과 검정색으로 이루어지기 때문에 검정색은 눈동자 영역임을 알 수 있다. 영상의 크기가 $m \times n$ 인 이진영상 $I(x, y)$ 가 주어졌을 때 면적 특징 추출을 위한 계산은 (12)와 같다.

$$S = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m I(x, y) \tag{12}$$

(S : 추출된 객체의 면적)

(12)는 객체의 크기를 나타내며 계산결과는 영상의 화소 개수와 같다. (13)과 (14)는 객체의 중심위치를 구하기 위한 식으로서 객체의 중심은 면적의 중심점이 객체의 중심점과 같다고 계산하여 객체의 중심위치 (x', y') 를 구한다.

$$x' = \frac{\sum_{x=1}^n \sum_{y=1}^m yI(x,y)}{S} \tag{13}$$

$$y' = \frac{\sum_{x=1}^n \sum_{y=1}^m xI(x,y)}{S} \tag{14}$$

눈동자의 형태적 특징을 기준으로 허용치 이내에서 두 눈동자의 크기가 계산되었을 경우 이 두 값의 평균을 눈동자의 가로 크기로 계산하고 정상적으로 두 눈동자가 검출 되었을 경우는 각 눈의 x좌표가 다르게 나오는데 각 눈동자의 x좌표를 기준으로 눈동자의 크기를 계산하였다. 입력 영상제한 조건에 만족하는 영상이 들어왔을 경우 일반적인 사람눈동자의 크기는 약 0.12~0.16의 범위에 포함되기 때문에 약간의 오차를 고려하여 0.10~0.18의 범위 안에 들어오는 값을 정상적인 눈동자의 크기로 간주하고 이 값을 넘어가는 범위는 잘못 계산된 눈동자로 가정하여 정상적으로 검출된 눈의 값을 사용했다. 이차원 평면 좌표계에서 각 객체들의 크기나 거리를 계산하기 위해서 일반적으로 가장 많이 쓰이는 유클리디안 거리(Euclidean distance)를 이용하였으며 계산식은 (15)와 같다.

$$d_{object} = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \tag{15}$$

이와 같은 방법을 이용하여 그림 6에 나온 비율 계산과 같은 여러 가지 특징을 추출 하였는데, 이때 본 연구에서 사용한 특징은 왼쪽 눈동자의 크기, 오른쪽 눈동자의 크기, 눈동자 사이의 거리, 눈에서 입술 수평 라인까지의 거리, 눈에서 코끝라인까지의 거리, 입술 수평라인에서의 얼굴크기, 콧구멍 간 거리 등 총 7개의 특징을 추출하여 비율계산을 하는데 사용하였으며 데이터베이스에 저장된 최초 입력영상의 비율과 새로 들어온 입력영상의 비율 계산 결과는 표 1과 같다.

표 1의 각 라인은 위에서 서술한 특징의 순서대로 되어있다. 표에서 d는 유클리디안 거리를 이용하여 계산된 각 객체의 크기나 거리를 의미하며 비율은

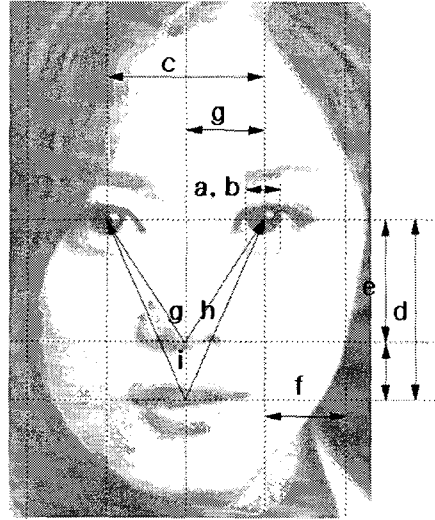


그림 6. 비율 계산

표 1. 사용자 A의 입력 값과 비율

구 분	A-1		A-2		A-3	
a. 좌측 눈동자	0.13	0.125	0.13	0.13	0.13	0.135
b. 우측 눈동자	0.12		0.13		0.14	
c. 눈동자 사이	0.74	5.92	0.76	5.84	0.81	6.00
d. 눈에서 입	0.88	7.04	0.91	7.00	0.97	7.19
e. 눈에서 코끝	0.52	4.16	0.55	4.23	0.56	4.15
f. 얼굴 가로크기	1.44	11.52	1.47	11.3	1.57	11.63
g. 콧구멍 사이	0.23	1.84	0.24	1.84	0.25	1.85

눈동자의 크기를 기준 크기로 보고 계산된 비율적 크기이다. 이 때 구해진 계산 값으로 (16)과 같이 유사도를 계산한다.

이렇게 계산된 눈동자의 크기를 기준으로 다른 객체들과의 비율을 계산 한다. 표 1과 표 2에서는 두 명의 사용자 A와 B에 대해서 3번씩 영상입력을 수행한 후의 결과와 추출된 거리 값을 보여준다.

$$S = \frac{|(A_1 - B_1) + (A_2 - B_2) + (A_n - B_n)|}{n} \times 100$$

$$S = (100 - s) \% \tag{16}$$

좌측은 추출한 거리 값이고 그 오른쪽은 눈동자의 평균에 대한 비례 값이다. 두 사용자 A와 B에 대한 유사도를 검사한 결과가 표 3에 나타나 있는데, 같은 사용자에 대해서는 B1과 B3를 비교한 것을 제외하고 90%이상의 유사성을 보이고 있다.

표 2. 사용자 B의 입력값과 비율

구분	B-1		B-2		B-3	
a. 좌측 눈동자	0.15	0.155	0.15	0.15	0.14	0.145
b. 우측 눈동자	0.16		0.15		0.15	
c. 눈동자 사이	0.87	5.61	0.88	5.87	0.84	5.79
d. 눈에서 입	1.08	6.97	1.06	7.07	1.04	7.17
e. 눈에서 코끝	0.71	4.58	0.68	4.53	0.63	4.34
f. 얼굴 가로크기	1.52	9.81	1.48	9.87	1.48	10.21
g. 콧구멍 사이	0.38	2.45	0.37	2.47	0.35	2.41

표 3. 사용자 A와 B의 유사도 비교

비교대상	유사도	비교대상	유사도
A-1과 A-2	94.6	B-1과 A-1	78.79
A-1과 A-3	93.30	B-1과 A-2	84.19
A-1과 B-1	78.79	B-1과 A-3	72.09
A-1과 B-2	86.40	B-1과 B-2	92.39
A-1과 B-3	89.02	B-1과 B-3	89.77

4.2 객체들 간의 유사도 검사

두 개의 영상 간에 유사성을 비교하기 위한 영상 분석 방법으로는 분산, 분산의 제곱, SNR(Signal to Noise Ratio), PSNR(Peak Signal to Noise Ratio) 등이 있다. 이 방법은 주로 이미지를 압축 했을 때 원영상과 압축된 영상의 손실비율을 dB로 나타내는데 두 영상이 똑같은 영상이라고 했을 경우 PSNR은 50dB로 나타난다.

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (A_i - B_i)^2 \quad (17)$$

$$PSNR = 10 \log_{10} \left(\frac{255^2}{MSE} \right) \text{ dB} \quad (18)$$

PSNR을 이용하여 학습된 후 정규화 되어 데이터 베이스에 저장된 이미지 데이터와 카메라로부터 입력된 얼굴의 객체를 분할하여 비교한 결과는 표 4, 표 5와 같다. 같은 영상끼리 비교한 결과는 50db로 나타나고, 유사성이 높을수록 50db에 가까우며, 차이를 보일수록 낮은 db로 나타나게 됨을 알 수 있다. 입력 A, B, C, D는 서로 다른 사람의 얼굴입력을 의미한다. 추출한 객체의 크기는 28×20 픽셀로 정규화 시켰으며 크기가 차이 날 경우 크기를 조정하여 학습된 DB이미지의 크기와 비슷하도록 조정하였다.

이때 추출된 객체영상은 히스토그램 스트레칭(Histogram Stretching)연산을 적용하여 명암도를

표 4. 같은 사람에 대한 유사도

구분	같은영상	입력 A	입력 B	입력 C
왼쪽 눈	50	21.60	17.22	18.12
오른쪽 눈	50	21.27	18.55	18.55
코	50	17.75	19.15	19.11
입술	50	22.69	17.68	19.78

표 5. 다른 사람에 대한 유사도

구분	입력 A	입력 B	입력 C	입력 D
왼쪽 눈	14.15	14.17	13.67	14.05
오른쪽 눈	13.07	13.45	12.99	11.63
코	12.46	14.40	12.02	14.14
입술	14.65	15.13	14.95	15.86

균등하게 조정해줌으로써 좀 더 좋은 결과를 얻을 수 있었다.

표 4는 동일한 사용자가 입력되었을 경우를 나타

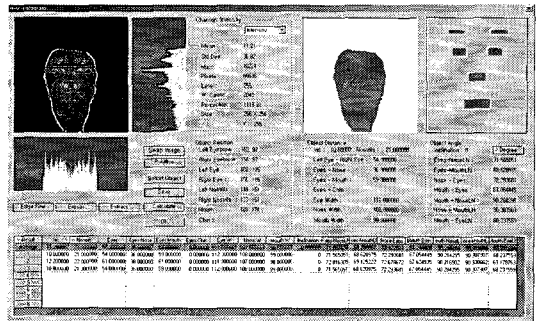


그림 7. 부분객체 추출 및 특징 계산 실험

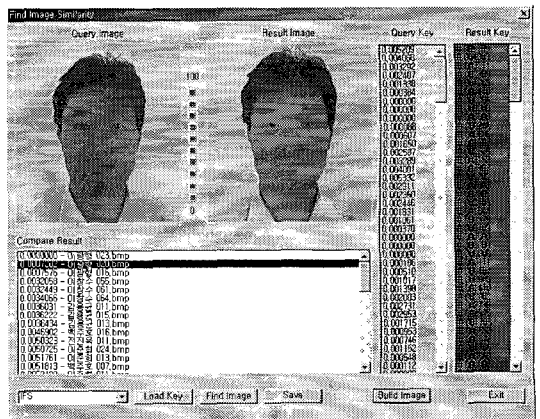


그림 8. 사용자 유사도 비교 결과

표 6. 테스트 결과

사용자 \ 실험횟수	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	성공률(%)
A	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	80
B	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	85
C	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	75
D	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	85
E	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	80
F	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	90
G	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	85

내는 표이며 평균적으로 17db이상의 유사도를 볼 수 있었다. 표 5에서 보이는 결과는 학습된 데이터베이스에 저장된 내용과 다른 사용자가 입력되었을 경우를 나타내는 비교표이다. 데이터베이스와 다른 사용자가 입력되었을 때 평균 16db이하의 유사도가 있음을 확인 할 수 있다.

그림 7과 그림 8은 얼굴 영역 추출과 사용자 검색을 위한 실험 과정을 보여주고 있다. 실험환경은 Visual C++ 6.0으로 작성했고 펜티엄 4 1.7Ghz 512M 메모리를 장착한 시스템에서 테스트 했다.

5. 결 론

객체의 추출과 인식을 위한 기존 연구 방법은 복잡한 알고리즘과 많은 이미지 데이터, 그리고 높은 시간 복잡도를 요구하고 있기 때문에 적은 계산량과 몇 컷의 이미지만을 인식에 적용하는 방법이 요구되고 있다.

본 논문에서 제안하는 방법은 출입통제 시스템과 같은 특정한 도메인이 설정된 상황 하에서 얼굴을 추출한 후 인증된 사용자인지를 판단하는 것이다. 먼저 색상 기반으로 얼굴을 추출한 후 에지, 모폴로지, 히스토그램 등의 다양한 연산을 이용하여 객체를 추출한다. 그리고 눈동자의 크기를 기준으로 해서 다른 객체들 간의 비율적 거리를 계산하고, 추출된 객체와 학습 데이터베이스의 유사도 비교를 통해서 인식을 하였다.

제안 방법의 실험에서 7명의 사용자들을 대상으로 각각 20번씩 테스트해 본 결과 82.8%의 인식률을 나타냈다. 표 6은 7명의 사용자에 대해서 각 20번씩 실험의 수행한 결과를 나타내는 표이다. 7명의 사용자가 임의로 돌아가면서 각 20번씩 영상입력을 수행

했는데 정상적으로 성공했을 경우는 1, 입력되는 사용자를 다른 사용자로 인식했을 경우에 대해서는 실패이기 때문에 0으로 표기했다. 사용자 C의 경우 75%의 성공률을 나타내고 사용자 F의 경우는 90의 성공률을 나타내고 있다. 평균 약 83%의 인식 성공률을 나타냄을 알 수 있다.

실험환경에서는 일반적인 PC카메라에 사용하기 위해서 낮은 해상도의 입력만을 사용했는데 더 높은 해상도를 지원하는 카메라를 사용한다면 더 정확한 사용자 분석이 가능할 것으로 생각된다. 또한 조명과 각도 및 거리가 항상 일정하게 유지되는 환경일 경우는 성공률을 더 높일 수 있을 것이다. 그리고 성공했을 경우에 대해서 학습과정을 더 거치게 된다면 조금 더 좋은 성능을 보일 수 있을 것이다.

제안 시스템을 이용한 방법을 적용하기에 적합한 분야는 엄격한 보안을 유지하지 않는 소수의 인원을 출입 통제하는 분야에 쉽고 편리하게 적용할 수 있을 것이다.

현재 특징으로서 계산되는 특징 벡터가 적으므로 향후에는 각도, 방향 등의 특징 성분과 다른 특징 요소들에 대한 연구를 수행하여 정확성을 향상시킬 필요가 있다.

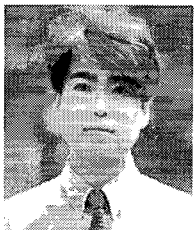
참 고 문 헌

[1] B. Mphaddam, W. Wahid, and A. Pentland, "Beyond Eigen Faces : Probabilistic Matching for Face Recognition," *IEEE Conf. Automatic Face and Gesture Recognition*, pp. 30-35. 1998.

[2] Ching-Liang Su and Chidchanok Lursinsap, "Face Recognition by Feature Orientation and Feature Geometry Matching," *IEEE Proceed-*

ings of ICPR'96, pp. 401-405, 1996.

- [3] Chung-Lin Huang and Ching-Wen Chen, "Human Facial Feature Extraction For Face Interpretation and Recognition," *Pattern Recognition*, Vol. 25, No. 12, pp. 1435-1444, 1992.
- [4] Demas Sanget, Yoichi Mlyake, et al., "Algorithm for Face Extraction Based on Lip Detection," *Journal of Imaging Science and Technology*, Vol. 41, No. 1, Jan./Feb. 1997.
- [5] Pentland, A., Moghaddam, B., and Starner, T., "Viewbased and modular eigenspaces for face recognition," *Proceedings CVPR '94*, pp. 84-91, 1994.
- [6] Pentland, A., Moghaddam, B., and Starner, T., "Viewbased and modular eigenspaces for face recognition," *Proceedings CVPR '94*, pp. 84-91, 1994.
- [7] R. Brunelli and T. Poggio, "Face Recognition: Features versus Template," *IEEE Trans. PAMI.*, Vol. 15, pp. 9-14, 1998.
- [8] Rein-Lien Hsu, Mohamed Abdel-Mottaied, and Anil K.Jain, "Face Detection in Color Image," *IEEE Transactions On Pattern Alalysis And Machine Intelligence*, Vol. 24, No. 5, pp. 696-706, 2002.
- [9] 장경식, "얼굴의 특성을 반영하는 휴리스틱 평가함수를 이용한 얼굴 특징 검출," 정보처리학회 논문지 제8-B권 제2호, pp. 183-188, 2001.



류 동 엽

2003년 송실대학교 컴퓨터학과 석사
2003년~현재 송실대학교 컴퓨터학과 박사과정

관심분야 : 멀티미디어, 정보통신, 멀티미디어 보안



임 영 환

1977년 경북대학교 수학과 학사
1979년 한국과학기술원 전산학과 석사
1985년 Northwestern University 전산학과 박사
1979년~1996년 한국전자통신연구소 책임연구원

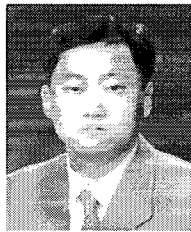
현재 송실대학교 미디어학과 교수, 정보과학대학장
관심분야 : 멀티미디어, 정보통신, 인공지능, 분산시스템, 멀티미디어 운영체제



윤 선 희

1986년 송실대학교 전자계산학과(공학사)
1988년 송실대학교 전자계산학과(공학석사)
2003년 송실대학교 전자계산학과(공학박사)
1992년~현재 미림 전산고등학교

교사
관심분야 : 데이터마이닝, 웹컴퓨팅, 멀티미디어 통신, 멀티미디어 응용 등



서 정 민

1996년 충주대학교 전자계산학과(공학사)
2000년 충북대학교 전자계산학과(이학석사)
2003년~현재 한경대학교 컴퓨터공학과 박사과정
2001년~2003년 (주)인트컴 연구

개발이사
관심분야 : GIS, 웹서비스, 멀티미디어 정보검색, SCM 등



이 창 훈

1987년 광운대학교 전자계산학과(이학사)
1989년 중앙대학교 전자계산학과(이학석사)
1998년 중앙대학교 컴퓨터공학과(공학박사)
1999년~2002년 중앙대학교 정보

통신연구소 연구전담교수
2002년~현재 국립 한경대학교 컴퓨터공학과 조교수
관심분야 : 객체지향 소프트웨어공학, 정형화 명세및방법, 컴포넌트기반 방법론 등

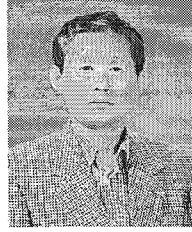


이 근 수

1983년 숭실대학교 전자기계산학과 졸업(공학사)
1988년 숭실대학교 대학원 컴퓨터공학과 졸업(공학석사)
1993년 숭실대학교 대학원 컴퓨터공학과 졸업(공학박사)
1992년~1993년 군산대학교 컴퓨터공학과 교환교수

2003년~2004년 미국 George Mason University 전자계산학과 객원교수

1989년~현재 한경대학교 컴퓨터공학과 교수
관심분야: 패턴인식, 퍼지이론, 컴퓨터비전, 지식기반시스템, 동작이해, 비디오검색



이 상 문

1980년 홍익대학교 전산학전공(이학사)
1984년 연세대학교 전산학전공(공학석사)
1993년 홍익대학교 전산학전공(이학박사)

1985년~현재 국립 충주대학교 컴퓨터공학과 교수, 첨단과학기술대학장
2005년~현재 (사)중원연구원 부이사장
관심분야: 객체지향 데이터베이스 시스템, 멀티미디어 정보검색시스템