

얼굴의 기하학적 분석과 유사도 비교를 이용한 사용자 인증 시스템 (A User Authentication System Using Geometric Analysis and Similarity Comparison)

최내원* 류동엽** 지정규***
(Nae-Won Choi) (Dong-Yeop Ryu) (Jeong-Gyu Jee)

요약

정보화에 의한 지식사회가 점점 고도화 되어갈 수록 사람의 신체에 의한 개인 식별 기술이 많이 요구되고 있다. 지문인식이나 홍채인식 등의 생체인식은 이미 상용화되어 다양한 분야에 이용되고 있다. 사람의 얼굴을 이용한 인식이나 인증분야는 아직 충분한 성능이 나오지 않고 있다. 그러나 앞으로 생체인식이나 얼굴인식에 대한 응용은 점점 그 비중이 커질 것으로 예상된다.

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.

ABSTRACT

The more high growth of knowledge, the more need personal identity technique. Fingerprint or iris of the eye identity techniques are already commercialized and used various field. Using human face recognition or authentication are not high performance yet. But application for an organism or face recognition are expected getting important.

We propose a user recognition system by verifying similarity comparison of eye and lip component images which are splitted, calculated characteristic rate of each facial components and added weight to special formula. Through test proposed methods and analysis the result , we got a high recognition rate.

1. 서론

컴퓨터와 멀티미디어 기술의 비약적인 발전으로 기존의 키보드와 마우스만을 이용한 사용자 인터페이스에서 벗어나 좀 더 편리하고 인간적인 관점에서

컴퓨터와의 인터페이스를 시도하려는 연구들이 활발하게 진행되고 있다.

이 중에서 사람의 신체를 이용한 생체 인식과 관련된 분야는 크게 지문 인식과 홍채 인식, 정맥 인식, 그리고 얼굴 인식 등이 있다. 스캐닝을 위해 하드웨어와 직접적으로 접촉하는 지문 인식이나 홍채

* 정희원 : 명지전문대 컴퓨터정보과 교수

논문접수 : 2002. 9. 2.

** 정희원 : 숭실대학교 컴퓨터학과 박사과정

심사완료 : 2002. 12. 12.

*** 정희원 : 한국학술진흥재단

인식에 비해 얼굴 인식은 비교적 원거리에서 직접적인 접촉을 하지 않고도 인식이 가능하기 때문에 더 편리하면서도 범용적으로 이용할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 예를 들면 눈동자의 방향이 마우스를 대신할 수 도 있으며 암호가 아닌 사람의 얼굴 자체가 암호가 되어 특정 사용자만이 시스템을 사용할 수 있도록 할 수 있을 것이다. 또한 가정이나 사무실의 개인용 컴퓨터에 장착된 화상카메라를 이용하여 낮은 가격으로 편리하고 신뢰성 있는 영상보안시스템 구축이 가능하며, 이를 모바일과 접목하면 기존의 시스템보다도 더 적극적인 보안시스템으로의 발전이 가능할 것이다.

본 논문에서는 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 구성을 보면, 먼저 2장에서는 관련 분야의 기준 연구 결과나 동향을 분석하여 기술하고, 3장에서는 제안하는 시스템의 전체 구성에 대해 기술한다. 그리고 4장에서는 얼굴에서 객체를 추출해내는 방법에 대해 기술하며, 5장에서는 추출된 객체들 간의 유사도를 비교하는 방법에 대해서 기술한다. 마지막으로 6장에서는 본 연구의 결론과 향후 연구 방향에 대해 기술한다.

2. 관련 연구

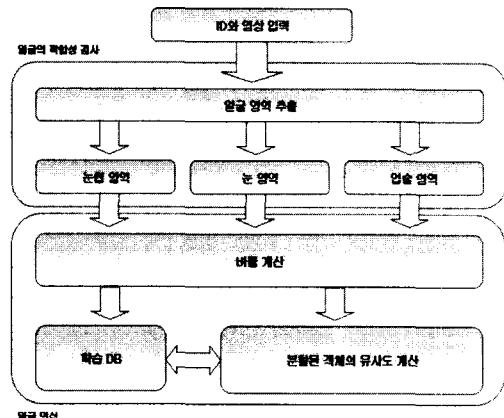
여러 국가와 다양한 기관에서 얼굴인식에 대한 연구를 하고 있는데, 대표적인 연구기관으로서는 미국의 MIT의 AI Lab과 Media Lab, 카네기 멜론(Carnegie Mellon)대학, 프랑스의 프랑스 국립정보자동연구소(INRIA), 영국의 맨체스터(Manchester)대학, 음성 인식 등 인공생명 연구에서도 대표적인 일본의 국제전기통신 연구소(Advanced Telecommunications Research Institute International) 등이 있다. 이러한 기관이나 단체에서는 현재 얼굴

인식기술의 핵심인 얼굴 검출 기술뿐만 아니라 표정 인식 기술, 포즈인식 기술, 노화인식기술, 3차원 얼굴형상 복원 기술 등 다양한 각도에서 활발하게 연구를 진행 중에 있다.

얼굴에서의 정보 추출에 관련된 연구는 크게 특징 추출[1][2], 얼굴 인식[3][4], 표정 검출 등의 연구로 나누어지며, 이 중에서 얼굴 인식에 관련된 연구로는 색 정보를 이용하는 방법[5][6], 신경망을 이용하는 방법[7], 주성분 분석법을 이용하는 방법[8][9] 등이 있다. 주성분 분석법은 KL(Karhunen Loeve)변환을 이용하는 방법으로 다루기 힘든 고차원의 신호를 낮은 차원으로 줄여 다루기 쉽게 해주는 통계적인 방법이다. 낮은 차원의 얼굴만을 위한 공간인 고유 공간(eigen space)과 공간을 구성하는 좌표계에 해당하는 벡터들인 고유 얼굴(eigen face)을 이용하는데 주성분 분석법은 기본적으로 선형모델이므로 얼굴과 같은 비선형적 데이터를 효과적으로 분석하는 것은 한계가 있다. 하지만 몇 년 동안 가장 많은 발전을 보인 연구 분야이기도 하며 고유 얼굴을 확장한 고유 눈(eigen eye)과 고유 입술(eigen mouth)을 찾는 방법에 대한 연구 등 다양한 접근으로 연구하고 있다[10][11].

3. 제안 시스템의 구조

제안 시스템의 구조는 [그림 1]과 같다.



[그림 1] 제안 시스템 구조

[Fig. 1] Proposed system structure

먼저 사용자 인증의 효율성을 높이기 위해 사용자의 ID를 입력받은 후 영상 입력 장치로부터 영상을 입력 받는다. 이렇게 ID를 입력하는 방식을 채택함으로써 전체 영상 데이터베이스에서 검색을 해야하는 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 값만을 선택함으로써 얼굴 영역을 추출한다. 이 얼굴 영역 안에서 눈과 눈썹, 입술의 후보 영역을 추출하는데, 우선 다른 객체에 비해서 특징적인 눈 영역을 추출한 후 이 영역을 참조로 하여 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 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 사용자인지 아닌지를 판단하게 된다.

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 색이 들어간 안경 등은 착용하지 않은 것으로 한다.
- ④ 얼굴의 기울어짐은 최초 학습된 DB의 이미지에 대비하여 좌우로의 기울어짐이 15도 이내로 가정한다.

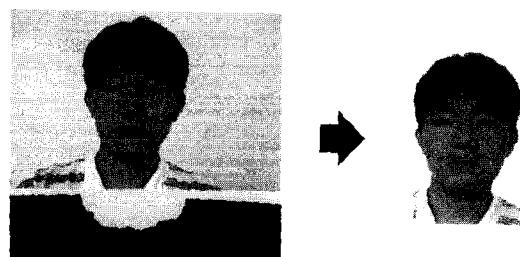
4. 얼굴의 영역분석

4.1 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 콘트라스트 향상 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 2]와 같다.



[그림 2] 불필요한 부분 제거
[Fig. 2] Remove unnecessary area

4.2 색상정보를 이용한 얼굴 후보영역 추출

얼굴 인식에 관련된 많은 연구들은 색상 정보를 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.

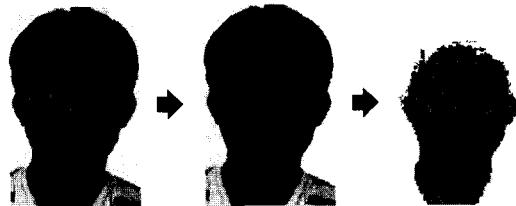
본 연구에서는 H성분만이 아닌 S성분까지 고려하여 얼굴을 추출함으로써 H성분만으로 추출할 때보다 약간 향상된 결과를 얻을 수 있었다. 다음의 (식 1)과 (식 2)는 RGB 컬러 공간에서 HSI의 H성분과 S성분을 얻기 위한 식이다. 그리고 (식 3)은 I값을 얻기 위한 식이다.

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

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

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

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



[그림 3] 얼굴 후보 영역 추출

[Fig. 3] Face candidate area extraction

본 연구에서는 HSI 컬러 공간을 이용하였지만 실험중에 YIQ나 YUV 컬러 공간에 대한 변환에서도 거의 같은 결과를 얻을 수 있었다. (식 4)는 YIQ(Luminosity, Inphase, Quadrature) 컬러 공간변환에 대한 행렬식인데, Y성분은 흑백 이진영상으로 나타내고, I성분은 오렌지색과 청록색 색상정보를 포함하며, Q성분은 녹색과 자홍색을 포함한다. (식 5)는 YUV 컬러공간 변환에 대한 행렬식이다.

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

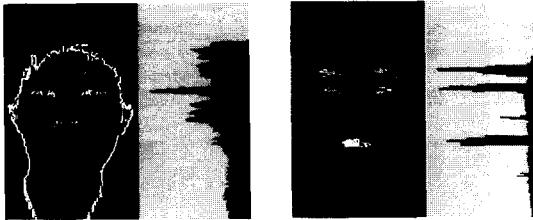
$$\begin{matrix} Y & 0.299 & 0.587 & 0.114 & R \\ U & -0.169 & -0.331 & 0.500 & G \\ V & 0.500 & -0.419 & -0.081 & B \end{matrix} \quad (5)$$

4.3 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 수행 하게 되면 눈썹과 입술 영역에서도 강한 특성을 나타냄을 실험적인 결과로 알 수 있었다. 소벨 연산

자와 색상성분의 영역에서 프로젝션을 수행하여 각 객체들의 후보 위치를 찾아낸 결과는 [그림 4]와 같다. 단일 공간에서 위치를 결정하는 것 보다 다른 컬러공간으로 변환 후 찾았을 때 더 쉽게 찾음을 알 수 있었다.



[그림 4] 눈, 눈썹, 입술의 특성 분포

[Fig. 4] Normal distribution of an eyes, eyebrows and the lips

(식 6)과 (식 7)은 수평 프로젝션(Horizontal Integral Projection)과 수직 프로젝션(Vertical Integral Projection)을 위한 계산식을 나타낸다.

$$HIP(y) = \sum_{x=a}^x I(x, y) \quad (6)$$

$$VP(x) = \sum_{y=b}^y I(x, y) \quad (7)$$

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 오른 쪽 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 오른 쪽 눈의 중심점 위치를 각각 $EyeLeft = (x_{left}, y_{left})$, $EyeRight = (x_{right}, y_{right})$ 라고 하면 얼굴영상의 기울기 θ 는 (식 8)과 같이 계산한다.

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

(식 8)로부터 얻어진 기울기에 (식 9)의 행렬 변환 식을 이용하여 영상을 회전시킴으로서 각도를 보정 한다.

$$\left(\begin{array}{c} x' \\ y' \end{array} \right) = \left(\begin{array}{cc} \cos\theta & \sin\theta \\ -\sin\theta & \cos\theta \end{array} \right) \left(\begin{array}{c} x \\ y \end{array} \right) \quad (9)$$

[그림 4]에서 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 5]와 같다.



[그림 5] 각 객체 영역 추출

[Fig. 5] Each object area extraction

5. 얼굴의 유사도 비교

5.1 객체들 간의 비율 검사

각 눈동자의 중심좌표를 기준으로 좌우측 픽셀들과 값을 비교함으로써 눈동자의 가로지름을 계산할 수 있다. 이때, 눈의 특징으로 눈동자는 검은색에 가깝고 흰자위는 흰색에 가까운 색을 띤다. 이러한 특

성을 이용하여 눈에 대해 (식 10)으로 이진화를 수행하면 눈동자와 환자위를 구분해 낼 수 있다.

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

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

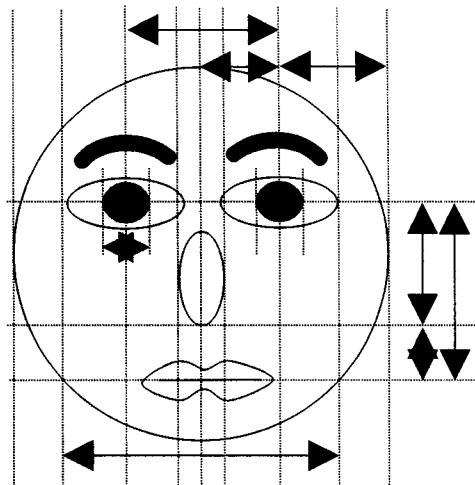
$$P_T[x, y] = \begin{cases} 1 & \text{if } T_1 \leq P[x, y] \leq T_2 \\ 0 & \text{otherwise.} \end{cases} \quad (11)$$

(식 11)은 이중 기준치(threshold)에 의한 이진화를 나타내며 픽셀의 값이 T_1 이상이고 T_2 이하이면 1이고, 그렇지 않으면 0으로 한다. 이로부터, 2진화상에서 x 행, y 열 픽셀의 명암값을 $B[i, j]$ 라고 하면, $B[i, j] = F_T[i, j]$ 의 관계가 있다.

눈동자의 형태적 특징을 기준으로 허용치 이내에서 두 눈동자의 크기가 계산되었을 경우 이 두 값의 평균을 눈동자의 가로 크기로 계산하고, 허용치를 넘어간 한쪽은 포기하며 각 눈의 x좌표가 다르게 나왔을 때는 두 좌표의 조합을 통해서 눈동자의 크기를 계산하였다. 이차원 평면 좌표계에서 각 객체들의 크기나 거리를 계산하기 위해서 일반적으로 가장 많이 쓰이는 유클리디안 거리(Euclidean distance)를 이용하였으며 계산식은 (식 12)와 같다.

$$d_{object} = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \quad (12)$$

이와 같은 방법을 이용하여 [그림 6]에 나온 비율계산과 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 1>과 같다.



[그림 6] 비율 계산
[Fig. 6] Ratio computation

<표 1>의 각 라인은 위에서 서술한 특징의 순서대로 되어있다. 표에서 d는 유클리디안 거리를 이용하여 계산된 각 객체의 크기나 거리를 의미하며 비율은 눈동자의 크기를 기준 크기로 보고 계산된 비율적 크기이다. 이 때 구해진 계산 값으로 (식 13)과 같이 유사도를 계산한다.

$$S = \frac{(A_1 - B_1) + (A_2 - B_2) + (A_n - B_n)}{n} \times 100 \quad (13)$$

$$S = (100 - s) \% \quad (13)$$

이렇게 계산된 눈동자의 크기를 기준으로 다른 객체들과의 비율을 계산 한다. <표 1>과 <표 2>에서는 두 명의 사용자에 대한 영상 입력 값과 추출된 거리 값을 보여준다.

<표 1> 사용자 A의 입력 값과 비율
 <Table 1> Value and ratio of user A

구 분	A-1		A-2		A-3	
a. 왼쪽 눈동자	0.13	0.125	0.13	0.13	0.13	0.135
b. 오른쪽 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. 콧구멍간 거리	0.23	1.84	0.24	1.84	0.25	1.85

<표 2> 사용자 B의 입력값과 비율
 <Table 2> Input value and ratio of user B

구 분	B-1		B-2		B-3	
a. 왼쪽 눈동자	0.15	0.155	0.15	0.15	0.14	0.145
b. 오른쪽 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. 콧구멍간 거리	0.38	2.45	0.37	2.47	0.35	2.41

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

기하학적 특징인 객체의 크기나 위치, 방향 등 비교적 단순한 특징들을 가지고도 객체를 인식할 수 있다. 이러한 특징을 이용하여 객체를 인식하고자 할 때, 영상의 크기가 $m \times n$ 인 이진영상 $I(i, j)$ 가 주어졌을 때 특징 추출을 위한 계산은 (식 14)와 같다.

$$S = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (i, j) \quad (14)$$

<표 3> 사용자 A와 B의 유사도 비교
 <Table 3> Similarity computation of user A and B

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

(식 14)는 객체의 크기를 나타내며 계산결과는 영상의 화소 개수와 같다. (식 15)와 (식 16)은 객체의 위치를 구하기 위한 식으로서 객체의 중심은 면적의 중심점이 객체의 중심점과 같다고 계산하여 객체의 중심위치 (x' , y')를 구한다.

$$x' = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m i I(i, j)}{S} \quad (15)$$

$$y' = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m j I(i, j)}{S} \quad (16)$$

5.2 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 원 영상과 압축된 영상의 손실비율을 dB로 나타내는데 두 영상이 똑같은 영상이라고 했을 경우 PSNR은 50dB로 나타난다. MSE(Mean Square Error)와 MAE(Mean Absolute Error)[11]는 정합 오차를 계산하는 함수이며, 이 측정 방법은 간단하게 블록 내 픽셀의 합의 차이로서 계산된다. 결과 값은 이미지 내의 총 픽셀 값으로 나눈다. N은 영상의 전체픽셀 수를 나타내며, A_i 는 원영상의 픽셀 값이고, B_i 는 비교영상의 픽셀 값을 의미한다. 따라서 MSE는 입력 영상과 비교 영상 간에 평균적인 차이 값과 비슷해 진다. 이동 물체를 검출하는 알고리즘은 현재의 영

상과 다른 영상 간에 유사도를 계산하는 또 다른 방법인 평균자승오차를 이용하여 이동벡터를 구하게 된다. 일반적인 이동벡터의 계산은 블록 매칭 알고리즘을 이용하여 검색한 후, 정규화 된 현재 영상과 이전 영상을 비교하여 가장 일치율이 높은 블록을 찾으며 이때 사용되는 일치율의 척도는 MAD(Mean Absolute Difference)를 사용한다.

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

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |A - B| \quad (18)$$

$$PSNR = 10 \log_{10} \left(\frac{255^2}{MSE} \right) \text{ dB} \quad (19)$$

$$MAD(x, y) = \frac{1}{N} \sum_{i=\frac{N_1}{2}}^{\frac{N_1}{2}} \sum_{j=\frac{N_1}{2}}^{\frac{N_1}{2}} |I(k+i, l+j) - I_{t-1}(k+x+i, l+y+j)| \quad (20)$$

식에서 I_t 는 현재 영상, I_{t-1} 은 이전영상, N은 검색 영역의 크기, k와 l은 검색영역의 중심 좌표, x와 y는 탐색영역에서 탐색 점의 좌표를 의미한다. MAD를 이용한 화소 $I(k, l)$ 의 움직임 벡터 $v(k, l)$ 은 (식 21)과 같이 계산한다.

$$v(k, l) = \min MAD(x, y) \quad (21)$$

PSNR을 이용하여 학습된 후 정규화 되어 데이터 베이스에 저장된 이미지 데이터와 카메라로부터 입력된 얼굴의 객체를 분할하여 비교한 결과는 <표 4>, <표 5>와 같다. 같은 영상끼리 비교한 결과는 50db로 나타나고, 유사성이 높을수록 50db에 가까우며, 차이를 보일수록 낮은 db로 나타나게 됨을 알 수 있다. 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 균등하게 조정해줌으로써 좀 더 좋은 결과를 얻을 수 있었다.

<표 4> 같은 사람에 대한 유사도

<Table 4> Similarity computation about same person

구 분	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

<Table 5> Similarity computation about different person

구 분	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

<표 4>는 동일한 사용자가 입력되었을 경우를 나타내는 표이며 평균적으로 17db이상의 유사도를 볼 수 있었다. <표 5>에서 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.

6. 결론 및 향후 연구 방향

객체의 추출과 인식을 위한 기준 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 83%의 인식률을 나타내었다.

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

* 참고 문헌

- [1] 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.
- [2] Taro Yokoyama, Yasushi Yagi and Masahiko Yachida, "Facial Contour Extraction Model," IEEE Proceedings of ICAFGR, pp.254-259, 1998.
- [3] R. Brunelli and T. Poggio, "Face Recognition: Features versus Template," IEEE Trans. PAMI., Vol. 15, pp.9-14, 1998.
- [4] Ching-Liang Su and Chidchanok Lursinsap, "Face Recognition by Feature Orientation and Feature Geometry Matching," IEEE Proceedings of ICPR'96, pp.401-405, 1996.
- [5] Demas Sanget, Yoichi Miyake, et al., "Algorithm for Face Extraction Based on Lip Detection," Journal of Imaging Science and Technology, Vol.41, No.1, Jan./Feb., 1997.
- [6] Nuria Oliver, Alex Pentland and F.Berard, "LAPTER:Lips and Face Real Time Tracker," International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition(CVPR '97), pp. 123-129, 1997.
- [7] Henry A. Rowley, Shumeet Baluja and Takeo Kanade, "Human Face Detection in Visual Scenes," IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 1998.
- [8] Pentland, A., Moghaddam, B., Starner, T., "Viewbased and modular eigenspaces for face recognition", Proceedings CVPR '94, pp. 84-91, 1994.
- [9] Tipping, M. E., Bishop, C. M., "Mixtures of Probabilistic Principal Component Analyzers", Neural Computation, 11, pp. 443-482, 1999.
- [10] B. Mpghaddam, A. Pentland, "Probabilistic Visual Learning for Object Detection," IEEE ICCV'95, pp.786-793. 1995.
- [11] B. Mpghaddam, W. Wahid, A. Pentland, "Beyond Eigen Faces : Probabilistic Matching for Face Recognition," IEEE Conf. Automatic Face and Gesture Recognition, pp.30-35. 1998.
- [12] 장경식, "얼굴의 특성을 반영하는 휴리스틱 평가 함수를 이용한 얼굴 특징 검출", 정보처리학회 논문지 제8-B권 제2호, pp.183-188, 2001.
- [13] J.L.R Filho and P.C Treleaven, "Genetic algorithm programming environments.", IEEE Comput. Mag, pp. 28-43, June 1994.
- [14] 이경희, 변혜란, "얼굴 요소의 영역 추출 및 Snakes를 이용한 윤곽선 추출", 정보과학회 논문지: 소프트웨어 및 응용 제27권 제 7호, pp.731-741, 2000.
- [15] Rein-Lien Hsu, Mohamed Abdel-Mottaled, Anil K.Jain, "Face Detection in Color Image", IEEE Transactions On Pattern Alalysis And Machine Intelligence, Vol.24, No.5, pp.696-706, 2002.

최 내 원



1980년 광운대학교 전자계산학
과(공학사)
1986년 숭실대학교 전자계산학
과(공학 석사)
2002년 숭실대학교 전자계산학
과(박사 수료)
1983년~ 현재 명지전문대 컴퓨터 정보과 교수

류 동 엽



2001년 수원대학교 전자계산학
과(이학사)
2003년 숭실대학교 컴퓨터학과
(공학 석사)
2003년 숭실대학교 컴퓨터학과
박사과정

지 정 규



1987년 서울산업대학교 전자계
산학과(공학사)
1989년 숭실대학교 전자계산학
과(공학석사)
1998년 숭실대학교 전자계산학
과(공학박사)
1978년~1996년 (주)삼호, 서울
시설관리공단 전산실
1996년~현재 한국학술진흥재
단 학술정보팀
관심분야 : 멀티미디어, 데이터
베이스, 영상처리