

생체인식을 위한 귀 영역 검출

Human Ear Detection for Biometrics

김영백, 이상용

Young-Baek Kim, Sang-Yong Rhee

경남대학교 컴퓨터공학부

Division of Computer Science and Engineering, Kyungnam University

요 약

귀 영역 검출은 무구속 귀 인식 시스템에서 중요한 요소 중에 하나이다. 본 논문에서는 얼굴 측면 영상에서의 귀 영역 검출방법을 제안한다. 제안하는 방법은 모양정보와 색상정보를 활용하는 인간의 인식과정을 모방하여 만들었다. 먼저 획득된 영상에서 피부색을 이용하여 얼굴영역을 검출하고, 검출된 얼굴영역에서 예지정보를 이용하여 귀후보 영역을 검출한다. 그리고 실제 귀영역인지를 검증하기 위해서는 통계적 학습 이론에 근거한 SVM(Support Vector Machine)을 이용한다. 제안된 방법은 조명이 안정적인 실내 환경에서 높은 검출율을 보였다.

ABSTRACT

Ear detection is an important part of a non-invasive ear recognition system. In this paper we propose human ear detection from side face images. The proposed method is made by imitating the human recognition process using feature information and color information. First, we search face candidate area in an input image by using 'skin-color model' and try to find an ear area based on edge information. Then, to verify whether it is the ear area or not, we use the SVM (Support Vector Machine) based on a statistical theory. The method shows high detection ratio in indoors environment with stable illumination.

Key words : Biometrics, Ear detection, SVM, HSI color model

1. 서 론

컴퓨터를 통해 개인의 고유한 생체 특징을 인식하고 분석하여 정보를 보호하고 신분을 확인하는 생체인식에서 귀 인식은 새롭게 떠오르는 한 분야로서, 귀 역시 다른 생체정보들과 마찬가지로 지속성, 유일성, 보편성을 가지고 있다[1, 2, 3]. 물론 귀는 머리카락과 장신구에 의해서 가려지거나 정보가 오염된 가능성을 지니고 있으나, 무구속으로 생체정보를 획득할 수 있다는 큰 장점이 있다. 따라서 얼굴 등에서 필요한 정보를 획득하지 못할 경우, 귀정보는 충분히 그 역할을 할 수 있는 것이다.

귀인식에 대한 연구는 다른 생체인식에 비하여 활발하게 연구되고 있지 않다. Hurley[3]는 Force field 개념을 이용하여 귀를 추출하여 인식을 시도하였고, Iannarelli[4]는 이미 추출되어 있는 귀의 영상에서 해부학적인 특징을 이용하여 인식을 시도하였다. Chen[5]은 3차원 영상을 이용하여 귀인식을 시도하였다. 이 방법은 3차원 영상을 사용하여 조명에 따른 영향은 배제할 수 있었으나, 3차원 영상을 얻기 위하여 레인과인더와 같은 3차원 센서를 사용함으로써 상대적으로 많은 비용이 들어가고, 3차원 영상의 생성과 저장, 비교에서 많은 시간과 메모리를 필요로 한다는 단점이 있다.

이제까지의 생체정보로 귀에 대한 연구는 귀영역을 검출했다는 가정하에 인식에 초점이 맞춰져 진행[1-4]되어 왔다고 할 수 있다. 그러나 귀인식의 가장 큰 장점은 홍채인식, 지문인식 등의 구속적인 생체인식과는 달리, 무구속 인식이라는 것이다. 따라서 획득된 영상에서 먼저 정확한 귀 영역의 검출과 정규화가 선행되어야 한다.

본 논문에서는 카메라로부터 들어온 2차원 정보만을 이용하여 귀영역을 검출하고자 한다. 2차원 영상 내에 존재하는 귀는 아주 제한된 정보량을 갖기 때문에, 적은 양의 정보를 이용하여 귀를 찾아내는 데는 많은 어려움이 따른다. 하지만 인간은 한쪽 눈을 감은 상태 즉, 양안 시차를 이용한 깊이정보를 얻지 못하는 상태에서도 아무런 어려움 없이 귀영역을 찾아낸다. 따라서 이러한 인간의 인식과정을 모방함으로써 문제를 해결하고자 한다.

인간의 시각정보 처리기제는 모양, 색, 깊이 및 운동 정보에 선별적으로 반응하는 세 개의 정보 처리채널을 가지고 있는 것으로 알려져 있다[8,9]. 세 개의 채널은 각기 모양정보 처리채널, 색채정보 처리채널, 깊이와 움직임 처리하는 채널이다. 모양정보 처리채널은 주로 밝기정보에 의해 경계선을 활용하여 모양을 파악한다. 매우 정밀한 모양도 식별할 수 있도록 고해상도를 갖고 있고 처리 속도도 빠르다. 그러나 색상정보에는 반응하지 않는다. 반면 색채정보를 처리하는 통로는 밝기 정보를 처리하지 않는다. 그리고 해상도도 낮은 편이다.

운동 및 깊이 정보 처리통로에서는 움직임과 양안시차 정보를 처리한다. 여기서 우리는 2차원 영상을 사용하므로 깊이와 움직임을 처리하는 채널을 뺀 모양정보 처리채널, 색채

접수일자 : 2005년 9월 15일

완료일자 : 2005년 12월 8일

감사의 글 :본 연구는 2005학년도 경남대학교 학술논문 게재 연구비의 지원으로 수행되었습니다.

정보 처리채널 이렇게 두 개의 채널로 분리하여 귀 영역을 검출한다. 그리고 이렇게 검출된 영역을 SVM (Support Vector Machine)을 이용하여 검증한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 서론에 이어서 2장에서는 관련 연구에 대해서 알아보고, 3장에서는 색채정보 처리채널의 역할인 색상정보를 이용한 얼굴영역을 검출, 4장에서는 모양정보 처리채널의 역할인 에지정보를 이용한 귀영역을 검출, 5장에서는 제안된 방법에 의한 실험결과를 보이고 마지막 6장에서는 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

2.1 HSI 컬러모델

입력된 영상에서 얼굴영역은 살색이라는 것에 착안하여 배경과 얼굴영역을 구분하는데 컬러정보를 이용한다. 입력되는 영상은 RGB 컬러모델인데 살색인지 아닌지를 구분하기 위해서는 R, G, B 3차원의 데이터를 사용해야만 하고 피부색의 분포 또한 넓어서 얼굴영역을 검출하는 데는 부적절하다. 하지만 HSI 컬러모델은 H(Hue)값이 색상을 표현함으로 1차원 데이터만으로 색상을 비교해볼 수 있고 피부색 분포도 좁기 때문에 HSI 컬러모델을 이용하여 배경과 얼굴영역을 구분한다. 또한 S(Saturation), I(Intensity) 값이 제외됨으로써 조명의 의한 영향을 적게 받는다는 장점도 있다.

RGB 컬러모델에서 HSI 컬러모델로의 변환은 다음 식에 의하여 이루어진다.

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

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

$$H = \cos^{-1} \left[\frac{\frac{1}{2} [(R - G) + (R - B)]}{\sqrt{(R - G)^2 + (R - B)(G - B)}} \right]$$

2.2 SVM(Support Vector Machine)

SVM은 고차원 가상 특징 공간을 이용한 특징 통계적 학습 모델로, 이원 패턴인식 문제를 해결하기 위한 방법으로서 구조적 에러를 최소화하는 기법이다. 기존의 경험적 에러 최소화 기법인 다층신경망과 비교하여 학습에 필요한 파라미터의 일부가 자동적으로 결정된다. 기본적인 아이디어는 두 클래스에 속한 데이터의 집합이 있을 경우, SVM은 두 클래스간의 거리를 최대화하여 두 클래스를 분류하는 최적의 초평면을 찾는 것이다. 두 클래스 군집을 선형 분리하는 초평면과 가장 가까운 점을 'Support Vector(SV)'라고 하고 SV와 결정 평면간의 거리를 '마진(Margin)'이라고 한다. SVM은 마진을 최대화하는 최적의 초평면을 찾는다[9].

최대의 마진을 가지는 초평면을 구하기 위해 다음 식의 최소값을 구해야 한다.

$$\min(\omega) = \frac{1}{2} \|\omega\|^2$$

동시에 데이터를 분류하기 위한 다음 제약조건을 만족하여야 한다.

$$y_i \cdot ((\omega \cdot x_i) + b) \geq 1, i = 1, \dots, l$$

선형적으로 분리 가능하지 않은 경우, 커널함수(Kernel

function)를 사용하여 특징공간(Feature space)에서 선형분리를 수행한다. 아래 그림 1은 커널함수 Φ 에 의한 데이터의 변환을 나타낸 그림이다.

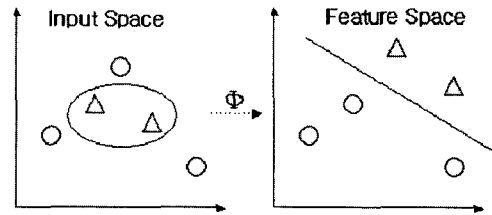


그림 1. 함수 Φ 를 이용한 차원 변환

Fig 1. Space transformation using function Φ

3. HSI 컬러모델을 이용한 얼굴영역 검출

이 장에서는 인간의 색채정보 처리채널과 같이 에지 정보는 처리하지 않고 색상정보만을 이용하여 얼굴영역을 검출한다.

3.1 HSI 컬러모델에서 피부색 정의

피부색 정의는 H(Hue)값만을 이용한다. 이는 피부색을 조사하는데 있어서 데이터 차원을 줄이고 피부색을 정의하는데 조명의 영향을 최소화 해준다.

HSI 컬러모델 내에서 사람의 피부색 정의는 다음과 같은 과정을 통해서 이루어진다.

- Step 1. 수동으로 영상내의 얼굴영역을 지정.
- Step 2. 지정된 얼굴영역에 대하여 픽셀값을 읽어 H값을 획득.
- Step 3. 지정된 얼굴영역에서 획득된 H값의 최대, 최소값을 구함.
- Step 4. H의 최소값과 최대값 사이의 값을 피부색으로 정의

3.2 얼굴영역 검출

얼굴영역을 검출하기 위해서 우선 오리지널 영상을 앞에서 정의한 피부색을 이용하여 피부색은 흰색으로 배경은 검정색으로 하는 이진영상으로 변환한다. 아래 그림 2(a)는 이진영상으로 변환된 영상이다. 또한 보다 정확한 검출을 위하여 이진영상에 모폴로지 필터를 적용하여 이진 영상에서 잡음을 제거한다. 아래 그림 2(b)는 모폴로지 필터를 적용하여 잡음을 제거한 영상으로, 흰 부분이 피부색영역이다.



그림 2. 피부색영역 검출 예

Fig 2. Example of the skin color area detection

이렇게 얻어진 피부색영역에서 블롭 분석과정을 수행하여 각 블롭의 가로길이, 세로길이, 무게중심, 최대/최소 경계영

역, 면적 등을 조사한 후 얼굴영역이 될 수 없는 블롭은 얼굴 영역에서 제외시킨다. 아래 그림 3의 (a)는 블롭 분석과정을 수행한 후의 영상이고, (b)는 얼굴영역으로 불가한 블롭을 제외시킨 영상이다.



(a) (b)

그림 3. 얼굴영역 검출 예

Fig 3. Example of face area detection

4. 에지 정보를 이용한 귀영역 검출

이 장에서는 인간의 모양정보 처리채널과 같이 색상정보는 사용하지 않고 밝기정보만을 이용하여 귀 후보영역을 검출한다.

4.1 귀의 특징

귀의 외형은 그림과 같이 일반적으로 대륜, 삼각와, 콧바퀴, 주상와 등으로 이루어지며 골과 돌기를 형성한다. 따라서 귀는 많은 에지를 포함하게 된다. 본 논문에서는 귀의 이러한 특징을 이용하여 앞에서 검출한 얼굴후보영역 중에서 가장 많은 에지를 포함하고 있는 영역을 귀 후보영역으로 결정한다.

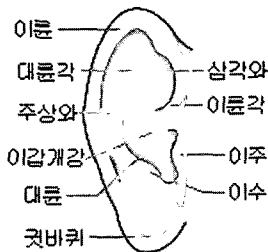


그림 4. 귀의 외형

Fig. 4 Appearance of ear

4.2 귀 후보영역 선정

얼굴의 측면 영상에서 가장 많은 에지를 가지는 부분은 귀영역이다. 따라서 얼굴영역에서 가장 많은 에지를 포함하는 영역을 찾아 귀 후보영역으로 선정한다. 귀 후보영역 선택 방법은 다음과 같다.

- Step 1. 원본영상에서 얼굴영역에 해당하는 부분만 소벨 검출자를 이용하여 에지 검출한다.
- Step 2. 에지가 검출된 얼굴영역에 대하여 적절한 임계치로 이진화 한다.
- Step 3. 이진화 시킨 얼굴후보영역에 대하여 가로와 세로 각각 투영 연산을 수행한다.
- Step 4. 투영된 값이 가로, 세로 모두 평균값 이상인 영역들

을 귀 후보영역으로 선택한다.

4.3 SVM을 이용한 귀영역 결정

귀후보영역이 결정되면 너무 작거나 일반적인 귀의 비율과 맞지 않는 귀 후보영역을 제거하고 SVM을 이용하여 선정된 귀 후보영역이 귀인지 아닌지를 판단한다.

본 논문에서는 Thorsten Joachims에 의해 제작된 SVM-light 버전 6.01 software를 사용하여 여러 개의 후보영역 중에서 선택하였다. 커널함수로는 제공되는 다항식 커널함수를 이용하였고 귀영역만 있는 영상 100장과 귀영역이 아닌 영상 200장을 학습에 사용하였고, 실제 귀영역 검출 시에는, 가장 큰 값을 갖는 영상을 검출결과로 선택한다.

5. 실험 및 결과분석

본 논문에서 제안하는 방법은 Pentium IV 1.8Ghz의 PC와 Windows 2000, Visual C++ 6.0, Matrox Imaging Library 7.1, SVM-light 6.01의 환경에서 구현되었다. 아래 그림 5.1은 제안된 방법을 테스트하기 위하여 작성된 프로그램의 실험 화면이다.



그림 5. 귀 검출을 위한 실험 화면

Fig. 5 Experimental window for ear detection

실험영상은 디지털 카메라를 이용하여 형광등 조명의 실내에서 촬영하였다. 촬영된 영상은 640×480 해상도를 갖으며, 배경이 복잡한 경우, 단순한 경우 혹은 피부색과 유사한 배경색상이 있는 경우 등에는 구애받지 않고, 귀가 모두 보이는 영상만을 촬영하였다. 그림 6(a)는 입력된 영상, (b)는 입력된 영상에서 색상정보를 활용하여 얼굴영역을 검출한 영상이다.



(a) (b)

그림 6. 얼굴영역 검출 예

Fig. 6 Example of face detection

그림 7(a)는 얼굴영역에서 에지검출 후 투영연산을 통하여 귀 후보영역을 검출한 영상이고, (b)는 검출된 귀 영상이며, (c)는 SVM로 검증하기 위하여 학습된 귀 영상들의 크기에 맞도록 정규화를 수행한 영상이다.

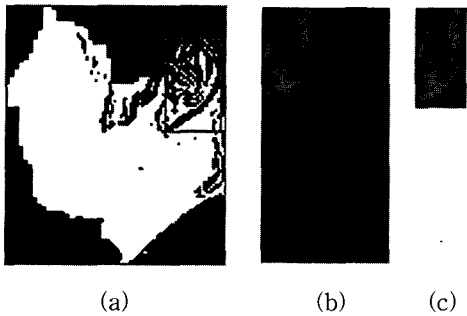


그림 7. 귀영역 검출 예
Fig. 7 Example of ear detection

제안된 방법으로 총 50장의 영상을 테스트하여 92%의 검출율을 보였다. 본 연구에서는 에지투영기법을 이용하여 귀영역을 선택하였기 때문에 검출된 사각형에, 귀 이외의 다른 부분이 같이 포함되어있을 수 있다. 따라서 귀영역을 제대로 검출했느냐 하는 기준은 90% 이상의 귀영역을 포함하고 있으며, 귀영역에서 귀가 아닌 부분이 20%를 넘지 않은 경우로 하였다. 귀영역 검출에 실패한 경우가 8%정도에 달했는데, 이러한 이유는 대부분 얼굴영역에 대한 검출이 잘못되었기 때문이었다. 따라서 더 좋은 얼굴영역 검출 알고리즘을 사용한다면 지금보다 좋은 결과를 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

6. 결 론

본 논문에서는 생체인식 분야 중에서 최근에 새롭게 주목 받고 있는 귀 인식을 무구속적으로 하기 위해 선행되어져야 하는 귀영역 검출방법을 제시하고 테스트 하였다. 귀영역의 검출방법은 인간의 시각적 인식인 특성인, 모양정보 채널과 색채정보 채널의 개념을 도입하여 색상과 모양정보인 경계선을 이용하여 귀를 탐지하고자 하였다. 본 연구에서 제시한 방법은 조명이 안정적인 실내에서는 검출율 92%의 우수한 성능을 보였다. 검출에 실패한 8%는 얼굴 측면영상을 정확히 검출하지 못했기 때문인데, 만일 얼굴측면영상의 검출율을 높인다면 귀영역 검출율도 향상될 것이다.

향후에는 얼굴측면 영상을 검출하기 위해 연구를 수행할 계획이며, 머리가 회전된 정도를 고려하여 학습된 귀영상과의 정합을 위한 정규화를 수행할 계획이다. 또한, 다양한 조명에서 본 연구에서 제시한 방법을 테스트하는 것과 검출된 귀영역을 이용한 무구속 귀인식 연구를 수행할 계획이다.

참 고 문 헌

[1] K. Chang, K. Bowyer, S. Sarkar, and B. Victor, "Comparison and combination of ear and face images in appearance-based biometrics," IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 25, No. 9, pp. 1160-1165, 2003.

[2] A. Iannarelli, "Ear Identification. Forensic Identification Series," Paramount Publishing Company, 1989.
 [3] Hurley, D. J. "Force Field Feature Extraction for Ear Biometrics," PhD thesis, Electronics and Computer Science, University of Southampton, 2001.
 [4] M. Burge and W. Burger, "Ear Biometrics for Computer Vision," 15th International Conference on Pattern Recognition, Vol. 2, pp. 2822-2825, 2000.
 [5] H. Chen and B. Bhanu, "Human Ear Detection from Side Face Range Images," Proc. Int'l Conf. Pattern Recognition, Vol. 3, pp. 136-139, 2004.
 [6] A. Jain, "BIOMETRICS: Personal Identification in Network Society," Kluwer Academic, 1999.
 [7] D. Marr and E. C. Hildreth, "A theory of edge detection," Proceeding of Society, London. B207, pp. 151-180, 1981.
 [8] J. E. Dowling, "The Retina: An Approachable Part of the Brain," Press of Harvard University Press, Cambridge, MA, 1987.
 [9] 성영신, 강은주, 김성일, "뇌를 움직이는 마음 마음을 움직이는 뇌," 해나무, pp. 352- 356, 2004.
 [10] 정성운, 강병두, 김상균, "SVM을 이용한 침입탐지 시스템," 仁濟論叢, Vol. 19, No. 1, 2004.

저 자 소 개



김영백(Young-Baek Kim)
 2005년 : 경남대학교 컴퓨터공학과 학사
 2005년~ : 경남대학교 대학원 컴퓨터공학과 석사과정
 관심분야 : 생체인식, 상황인식, 패턴분석
 Phone : 055-249-2996
 E-mail : baroaleum@nate.com



이상용(Sang-Yong Rhee)
 1982년 : 고려대 산업공학과 졸업
 1984년 : 고려대 대학원 산업공학과 (공학 석사)
 1992년 : 포항공대 대학원 산업공학과 (공학박사)
 1992년~현재 : 경남대학교 컴퓨터공학부 교수

관심분야 : 컴퓨터 비전, 뉴로-퍼지, 지능로봇, 생체인식
 Phone : 055-249-2706
 E-mail : syrhee@kyungnam.ac.kr