

Haralick의 면함수 모델을 이용한 얼굴인식

이민규⁰ 김희승
서울시립대학교 전산통계학과
{mklee93, hskim}@venus.uos.ac.kr

Face Recognition using Haralick Facet Function Model

Min-Kyu Lee⁰ Hee-Seung Kim
Dept. of Computer Science and Statistics, University Of Seoul

요 약

본 논문은 얼굴인식을 위한 특징으로 Haralick의 면함수 모델을 이용한 방법을 제시한다. 얼굴인식 시스템에서의 큰 제약조건 중 하나인 조명에 대해 향상된 인식을 수행하기 위해 일반 영상의 에지추출에 주로 사용되었던 면함수를 적합시켜 얼굴인식을 위한 입력으로 사용하였다. 제안된 방법을 기존의 얼굴인식 기법과 비교 분석해 본 결과, 전체적인 인식률과 수행 시간이 향상되었고, 특히 조명 변화에 대해 조명 변화 보정을 위한 별도의 전처리 없이도 좋은 인식 결과를 나타내었다. 또한 제안된 방법에 신경망을 적용하여 성능을 비교하였다.

1. 서론

오늘날의 정보화 사회에서의 보안문제는 중요한 연구 과제 중 하나이다. 특히, 지문인식, 음성인식처럼 위조하기 힘든 생물학적 특징을 이용한 인식 방법들 중에서 얼굴인식은 다른 인식방법에 비해 특별한 행동을 취하지 않아도 되므로 많은 장점을 지니고 있다.

얼굴인식의 장점에도 불구하고 아직 상용화되기 어려운 이유 중 하나는 조명 변화 등의 외부환경 변화에 따른 인식을 저하이다. 얼굴인식은 전처리, 특징추출, 인식의 세 단계로 나눌 수 있는데, 한 방법에서는 조명의 변화를 보정하기 위해 히스토그램 평활화의 전처리 기법을 사용한 후에 PCA(Principal Component Analysis) 기법[1]을 사용하여 인식한다.

본 논문에서는 별도의 전처리 기법 없이도 조명 변화에 견고하고, 전체적인 인식률, 수행 시간도 향상시킬 수 있는 면함수를 적합한 특징추출 방법을 제시한다. 또한, 제안된 기법에 다층 퍼셉트론 신경망을 적용하여, 성능향상에 미치는 결과를 알아본다.

2. 관련연구

얼굴인식에 대한 연구는 다양하게 분류할 수 있다. 각 처리 단계별로 진행되어 왔던 연구방법에 대하여 간략하게 언급하면 아래와 같다.

먼저 전처리 과정에 대한 연구 중 조명의 변화에 대하여 인식률을 향상시키기 위해서, 히스토그램 평활화, 지역적 차이를 이용한 기법 등을 사용하여 왔다. 하지

, 이러한 방법들은 추가적인 계산비용이 소요된다.

다음으로 얼굴의 특징을 추출하기 위한 과정에는 에지정보를 이용하는 방법, 가버 웨이블릿[2], PCA 기법 등이 있다. PCA 기법은 가장 많이 사용하는 얼굴인식 기법으로 얼굴영상을 공분산 행렬의 고유벡터를 사용하여 이것을 기저 영상으로 사용하는 방법이다[3]. 하지만 계산량이 많기 때문에 시간비용이 높고, 조명 변화에 대해 견고하지 못하다.

마지막으로 추출된 특징을 이용하여 얼굴을 인식하는 단계에서는 형판정합이나 ART2, 다층 퍼셉트론 등의 신경망[4]을 사용하기도 한다. 형판정합은 구현이 쉽지만 계산비용이 많이 든다. 신경망은 학습 후 가중치들만 구성되면, 각각의 원형얼굴과 비교할 필요가 없으므로, 인식시간을 단축시킬 수 있다.

3. Haralick의 면함수 모델을 이용한 얼굴인식

본 논문에서는 조명 변화에 독립적인 얼굴인식을 위하여 Haralick의 면함수 모델[5]을 기반으로 특징을 추출하여 얼굴인식의 입력으로 사용한다.

3.1 Haralick의 면함수 모델

영상의 구배(gradient)[6]를 얻어내기 위한 면함수는 여러 가지가 있다. 그 중, Haralick의 면함수 모델은 영상의 구배를 취해서 에지를 구하기 위해서 사용되었던 방법이다.

픽셀 공간의 명암도에 적합 시킬 면함수를 다음과 같은 2변수 3차 함수로 선정한다[5].

$$h(r, c) = k_1 + k_2r + k_3c + k_4r^2 + k_5rc + k_6c^2 + k_7r^3 + k_8r^2c + k_9rc^2 + k_{10}c^3$$

이 다항식을 일정한 크기의 (n x n) 원도우에 해당하는 국소적 픽셀의 명암도 f(r,c)에 적합 시키고자 한다.

n x n 원도우에 해당하는 국소적 픽셀 (r,c)들은 중심에 (0,0) 픽셀을 두고 y 방향으로의 색인 집합 R과 x 방향으로의 색인 집합 C로 지칭한다고 하자. 즉,

$$R = \{-n, -n+1, \dots, 0, \dots, n\}$$

$$C = \{-n, -n+1, \dots, 0, \dots, n\}$$

이다. h(r,c)에 적합 시켰을 때의 최소자승적합오류 e²은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} e^2 &= \sum_{r \in R} \sum_{c \in C} [h(r,c) - f(r,c)]^2 \\ &= \sum_{r \in R} \sum_{c \in C} [k_1 + k_2r + k_3c + k_4r^2 + k_5rc + \\ &\quad k_6c^2 + k_7r^3 + k_8r^2c + k_9rc^2 + k_{10}c^3 - f(r,c)]^2 \end{aligned}$$

이 오류를 국소화 시키는 k₁, k₂, ..., k₁₀을 구하기 위해

여 e²을 k₁, k₂, ..., k₁₀에 관하여 미분하여, $\frac{\partial e^2}{\partial k_i} = 0$ 으로 설정하고, 연립 방정식으로 풀면 계수들을 구할 수 있다.

이렇게 구해진 면함수 h(r,c)의 구배는

$$Gh(r,c) = i \frac{\partial f}{\partial c} + j \frac{\partial f}{\partial r}$$

로 구할 수 있고, 중심 (0,0) 픽셀에서의 구배 방향 α는

$$\alpha = \tan^{-1} \left[\frac{\partial f / \partial r}{\partial f / \partial c} \right]_{(0,0)}$$

에서 얻을 수 있다. 즉, 면함수에서

$$\frac{\partial f}{\partial r} \Big|_{(0,0)} = k_2, \quad \frac{\partial f}{\partial c} \Big|_{(0,0)} = k_3$$

이므로

$$\alpha = \tan^{-1}(k_2/k_3)$$

이다. 그러므로

$$\sin \alpha = k_2 / \sqrt{k_2^2 + k_3^2}$$

$$\cos \alpha = k_3 / \sqrt{k_2^2 + k_3^2}$$

이다. 기존에는 에지를 구하기 위해 2차 미분을 구하여 0이 되는 지점을 찾아내었지만, 본 논문에서는 면함수에서 얻어진 구배의 방향성과 크기를 동시에 포함하는 sin α와 cos α 값을 특징치로 하여 얼굴인식을 위한 입력으로 한다.

구배의 방향과 크기를 직접 입력으로 사용하지 않고, sin α와 cos α를 사용하면, 다음과 같은 장점이 있다.

(1) 각도에 대한 차이를 구하지 않아도 되므로, 방향성에 대한 비교가 용이하다.

(2) sin α, cos α 값은 -1 ~ 1 사이의 값을 가지므로, 신경망의 입력(bipolar)으로 사용할 때, 다시 조정할 필요가 없다.

그림 1은 얼굴영상에서 원도우별로 면함수에서의 구배의 sin α와 cos α를 얻어내는 과정이다.

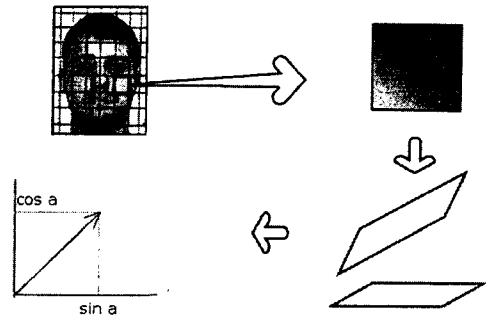


그림 1 얼굴영상에서 면함수를 이용한 특징추출 과정

3.2 면함수 특징치를 입력으로 한 얼굴인식

얼굴인식 시스템을 구현하기 위해, 먼저 원형 정합에 의한 방법을 구현해 보았다. 얼굴영상들의 학습집합(training set)으로 함수를 이용하여 구배의 sin α, cos α 값이 구해지면, 이를 이용하여 원형 얼굴을 구성한다. 일반적으로 평균을 내어 구성하지만, 중요한 특징치를 선별하여 가중치를 더할 수도 있다. 이렇게 원형 얼굴을 구성한 후, 새로운 실험 영상이 입력되면, 면함수를 이용한 특징치들을 이미 데이터베이스에 저장된 원형 얼굴들과의 거리를 계산한다. 다차원 벡터사이의 거리를 계산하는 방법은 여러 가지가 있지만, 가장 널리 쓰이는 유클리디안 거리를 이용한다. 그 식은 다음과 같다.

$$d_{12}^2 = (x_r - x_s)(x_r - x_s)'$$

이렇게 각각의 원형 얼굴들과 비교하여 거리가 가장 가까운 얼굴을 인식된 결과로 출력하게 된다.

그러나, 이러한 방법은 인식하고자 하는 얼굴의 수가 늘어남에 따라 수행시간이 선형으로 증가하게 되며, 가중치 조절이 어렵다.

본 논문에서는 이러한 단점을 극복하기 위해, 원형 정합 이외에 신경망을 이용한 방법을 시도해 보았다. 역전파(backpropagation) 다층 퍼셉트론을 사용하여, 얼굴영상에 대한 구배의 sin α, cos α 값을 입력으로 하고, 각 얼굴 당 하나의 출력노드를 구성한다. 신경망의 입력은 -1 ~ 1 사이의 값이므로, 시그모이드 함수를 양극(bipolar)으로 결정하면, 입력에 별도의 조정이 필요 없다. 학습용 영상에 의한 신경망의 학습이 완료되면, 새로운 실험 영상에 대해 가장 큰 출력 노드를 인식된 결과로 출력하면 된다.

그림 2는 얼굴영상의 면함수를 이용한 특징치를 입력으로 하여 다층 퍼셉트론에 인식시키는 과정이다.

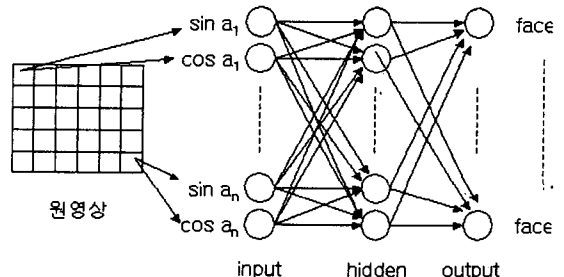


그림 2 다층 퍼셉트론을 이용한 얼굴인식

4. 실험 및 결과

본 논문에서의 실험은 펜티엄 셀러론 300a PC 에서 Visual C++ 6.0 을 사용하여 구현하였다. AR 얼굴영상 데이터베이스[7]에서 실험에 쓰인 영상은 1인 당 7장씩 모두 700장이며, 학습에 400 장, 테스트에 300 장을 사용하였다. 얼굴영상은 모두 얼굴 정면영상이고, 한 장의 크기는 120 x 90 그레이 스케일이며, 테스트에 사용된 영상은 표정변화와 조명변화가 있는 영상이다.

먼저 모든 실험영상에 대해 잡음제거를 위한 모폴로지 연산을 수행하였고, 해당 사이즈에 대한 가장 적합한 면함수 윈도우 크기를 얻기 위하여 각 윈도우별 인식률과 수행시간을 비교해 보았다. 인식에는 유클리디안 거리를 사용하였다. 표 1에서 수행시간은 특징추출시간과 인식시간을 합한 시간이다. 면함수를 이용하여 구배의 $\sin\alpha$ 와 $\cos\alpha$ 를 계산해 내는 특징추출에 걸리는 시간은 윈도우 크기에 따라 변화가 거의 없지만, 인식시간의 경우, 윈도우 크기가 커짐에 따라 비교해야 할 데이터의 수가 적어지므로 시간이 줄어들었다.

윈도우 크기	인식률 (%)	수행시간 (초)
5 x 5	97.33	1.95
7 x 7	96.67	1.22
9 x 9	97.67	1.07
11 x 11	94.33	0.89
13 x 13	91.00	0.82

표 1 윈도우 크기별 인식률과 수행시간 비교

120 x 90 크기의 얼굴영상에 가장 적당한 면함수 윈도우 크기는 9 x 9 로 사료된다.

이번에는 정해진 윈도우 크기에 대하여 역전과 학습기법을 사용하는 다층 퍼셉트론에 학습을 시키고, 인식률을 앞서 실험한 유클리디안 거리를 사용한 원형정합 인식기법과 비교하였다. 또한, 널리 쓰이는 얼굴인식 기법으로 PCA기법과도 비교해 보았다.

얼굴인식 기법	인식률 (%)	수행시간 (초)
PCA	91.67	3.90 (특징추출:0.10, 인식:3.80)
면함수를 이용한 원형정합	97.67	1.07 (특징추출:0.05, 인식:1.02)
면함수를 이용한 다층 퍼셉트론	96.67	0.23 (특징추출:0.05, 인식:0.18)

표 2 얼굴인식 기법에 따른 인식률 비교

PCA기법에 비해 본 논문에서 제시한 면함수를 이용한 기법이 인식률이나 수행시간에서 좋은 성능을 나타냈다. 면함수는 윈도우별로 국소적인 구배로부터

특징을 추출하기 때문에, 특히, 조명변화에 있어서, 월등한 성능 향상을 보였다. 또한, 신경망에 의한 기법은 인식 시간면에서 뛰어난 성능을 보였다. 그러나, 표정변화에 있어서는 면함수 기법이 좋은 성능을 보이지 못하였는데, 이를 개선하기 위해서는 얼굴영역 추출 단계[8]를 보완해야 할 것이다.

5. 결론

본 논문에서는 Haralick의 면함수를 이용한 얼굴인식 방법을 제안하였다. 제안된 방법은 조명 보정을 위한 특별한 전처리 없이도, 조명변화에 대해 견고한 인식률을 보였고, 이를 신경망에 적용할 경우, 시간비용 절감의 효과를 보였다.

면함수를 이용한 특징추출 방법은 얼굴인식이외에도, 조명에 견고한 영상인식이 필요한 다른 분야에서도 적용할 수 있을 것이다.

향후에는 동영상에서, 면함수 얼굴인식 방법에 앞서, 효과적인 얼굴영역 추출기법을 수행하여, 인식률을 더욱 개선해 볼 계획이다.

6. 참고 문헌

- [1]. M. Turk and A. Pentland, "Eigenfaces for Recognition," Journal of Cognitive Neuroscience, Vol.3, No.1, pp.71-86, 1991.
- [2]. B. S. Manjunath and R. Chellappa, and C. von der Malsburg, "A Feature Base Approach to Face Recognition," Proc. of CVPR, pp.373-378, 1992.
- [3]. 김영심, "주성분분석에 기반한 얼굴인식," 석사학위논문, 서울시립대학교 전산통계학과, 2000.
- [4]. C. G. Looney, *Pattern Recognition Using Neural Networks*, Oxford Univ. Press, New York, 1997.
- [5]. 김희승, *영상인식*, 생능출판사, 서울, 1993.
- [6]. R. M. Haralick and L. G. Shapiro, *Computer and Robot Vision*, Vol.1, Addison Wesley, New York, 1992.
- [7]. A. Martinez and R. Benavent, The AR face database, Technical Report CVC #24, Computer Vision Center, Purdue Univ. June 1998.
- [8]. K. Sobottka and I. Pitas, "Automatic Face and Gesture Recognition," Proc. of the Second International Conference, pp.236-241, 1996.