

자기 조직화 지도 모형을 이용한 인종별 얼굴 영상 군집화 기법

권혜련⁰ 고병철 변혜란 이일병

연세대학교 컴퓨터정보공학부 및 BERC

comtrue⁰@csai.yonsei.ac.kr, soccer1@aipiri.yonsei.ac.kr, {hrbyun, yblee}@cs.yonsei.ac.kr

Face Data Clustering Method for Face Recognition Using Self Organizing Feature Map

HyeRyeon Kweon⁰, ByoungChul Ko, Hyeran Byun, Yillbyung Lee
Dept. of computer science and BERC, Yonsei University

요 약

본 논문에서는 생체인식 분야 중 얼굴인식의 검색 정확성 향상 및 검색 시간을 단축하기 위한 단계로 인종별 얼굴영상 데이터베이스에 대한 군집화 기법을 연구하였다. 우선, 일반적으로 얼굴 및 이미지 검색에 사용되는 다양한 특징을 추출하고, 추출한 다차원의 특징 데이터들로부터 다 인종 얼굴 데이터를 유사한 인종별로 정확하게 군집화 하기 위해 최적의 특징벡터를 자동으로 선택 할 수 있는 방법을 제안하였다. 군집결과 분석을 위해 자기 조직화 지도 모형을 이용하였는데, 이는 2차원 분석 및 가시화에 유용하며, 학습 후 코드북벡터를 사용하여 유사한 의미간의 거리부터 검색할 수 있는 특징을 가지고 있다. 특징추출에 관한 실험결과 인종별 구분을 위한 특징벡터로는 웨이블릿 주파수 성분(lowpass 성분)과 CbCr 특징벡터가 인종별 군집화에 가장 유용한 특징으로 선택되었으며, 추출된 특징을 바탕으로 semantic map을 구성하여 제안방법의 효율성을 제시하였다.

1. 서 론

최근 디지털 입력장비 및 저장과 전송기술의 발달에 따라 영상 데이터의 생산이 급증하고, 다양한 영상 데이터베이스에 대한 영상 관리 및 검색 분야는 그 중요성이 더욱 커지고 있다. 또한 얼굴, 지문, 홍채 인식을 비롯한 생체인식 및 인종분야의 발달은 생체 영상정보에 대한 정확하고 빠른 관리 및 검색기술의 중요성을 증가시키고 있다.

얼굴 인식을 포함한 영상검색에 있어 고전적인 방법은 텍스트를 기반으로 하였지만 근래에는 영상 자체에 포함된 특징 정보를 이용하는 내용기반검색(content-based image Retrieval) 방법에 대한 많은 연구가 진행되고 있다[1,2,3]. 영상의 특징으로 추출되는 물리적인 정보로는 색상정보(color), 질감정보(texture), 모양정보(shape)등이 주로 사용되며, 대부분의 검색 시스템은 시스템 데이터베이스에 영상의 특징값들을 저장하여 놓았다가 저장되어있는 데이터의 순서대로 질의 영상과 비교하게 되어 정확도 및 속도의 효율성이 떨어지고 있다. 이러한 단점을 극복하고자 영상이 가지고 있는 저 차원의 픽셀정보로부터 높은 단계의 추상적 의미정보를 부여하고, 질의 영상이 들어왔을 때 영상의 의미공간으로 검색공간을 한정하여 검색 정확도 및 속도를 향상시키고자 하는 연구가 필요하게 되었다.

이러한 연구의 접근 방법으로는 검색 전 영상 데이터베이스를 교사학습에 의하여 분류하는 방법과[4,5,6], 비 교사학습에 의한 영상의 군집화 후 유사한 군집으로부터 검색하는 방법으로 나누어 생각할 수 있다[7,8,9].

본 논문에서는 생체인식 분야 중 특히 얼굴인식의 검색 정확성 향상 및 검색 시간을 단축하기 위한 전처리 단계로 얼굴

본 연구는 KOSEF 생체인식연구센터(BERC)와 과기부 뇌신경 정보학사업으로부터 부분적인 지원을 받아수행되었음

데이터베이스에 대한 군집화 기법을 연구하였다. 다 인종 얼굴 데이터를 유사한 인종별로 정확하게 군집화 하기 위해 인종별 특징벡터를 실험을 통하여 선택하였으며, 군집결과와 2차원 분석 및 가시화에 유용한 자기 조직화 지도 모형을 이용하여 입력 이미지를 그룹화 하고 그룹간의 관계를 분석하였다.

논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련 연구로 자기 조직화 지도 모형의 학습방법에 대하여 살펴보고, 3장에서는 인종별 얼굴 군집화를 위해 얼굴 영상 데이터에 대한 각기 다른 특징의 추출과 결합방법에 대하여 설명한다. 4장에서는 실험 및 평가를, 마지막 5장에서는 결론 및 향후 연구과제에 대하여 다루도록 한다.

2. 관련연구

2.1 자기 조직화 지도 모형

(SOFM: Self Organizing Feature Map)

자기 조직화 지도 모형은 첫 번째 층은 입력층이고 두 번째 층은 경쟁층으로 구성된 2-layer구조의 신경망으로 군집화에 주로 사용되며, 학습법은 다음과 같다.

<SOM의 학습법>

1. 코드북 벡터(네트워크 가중치)의 초기화:
0에서 1 사이의 정규화값을 사용하도록 preparation
2. 경쟁학습
 - 1) 승자 노드의 결정 (입력과 가장 유사한 뉴런 선택)
 - 2) 연결강도 조정

$$W_{new} = W_{old} + \alpha (X - W_{old})$$

W_{old} : 조정되기 이전의 연결강도 벡터
 W_{new} : 조정된 후의 새로운 연결강도 벡터
 (단, X : 입력 패턴 벡터, α : 학습 계수)
- 3) 모든 훈련이 끝날 때 까지 반복 학습

3. 인종별 얼굴 영상 군집화 방법

영상데이터는 고차원의 대용량 자료로, 유사도 측정을 위해 픽셀별로 일일이 비교하는 방법은 계산량의 증가로 실제 시스템에서의 사용이 불가능하다. 따라서 본 논문에서는 일반적으로 얼굴 및 이미지 검색에 많이 사용되는 다양한 특징들을 추출하고 추출한 다차원의 특징 데이터들로부터 다 인종 얼굴 데이터를 유사한 인종별로 정확하게 군집화 하기 위해 최적의 특징벡터를 자동 선택하는 방법을 제안하고자 한다.

3.1 특징추출

특징추출은 색상 성분과 웨이블릿, PCA를 이용하여 크게 7가지(총 13가지)의 특징을 추출하였다.

1) r, g 색상 성분

얼굴은 표면의 곡률 변화가 심하므로 얼굴에 빛의 강도의 차이가 매우 심한 특징을 갖는다. 이러한 빛의 변화는 각 색상 성분(R,G,B)을 빛 성분으로 나눔으로써 제거 될 수 있다 [10]. 따라서, 빛 성분이 정규화된 색상 벡터 r, g는 다음과 같은 식으로 구하여 특징으로 사용한다.

$$r = \frac{R}{R+G+B}, \quad g = \frac{G}{R+G+B} \quad (1)$$

2) Cb, Cr 색상 성분

MPEG이나 JPEG표준으로 사용되는 색상 성분으로, RGB성분을 아래와 같은 수식 변환하여 얻을 수 있으며 빛에 덜 민감하게 얼굴 색상 성분을 표현 할 수 있다.

$$\begin{bmatrix} Y \\ C_b \\ C_r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ -0.1687 & -0.3312 & 0.500 \\ 0.500 & -0.4186 & 0.0813 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (2)$$

3) 전처리된 r, g / Cb, Cr 성분 (히스토그램 평활화)

RGB성분으로부터 빛 성분을 추출한 후에 전처리로 히스토그램 평활화(histogram equalization)를 시행하여 영상에 포함된 빛 성분의 분포를 적용하고 다시 RGB로 변환한 뒤 r, g로의 변환을 시도하였다.

4) 전처리된 r, g / Cb, Cr 성분 (Contrast-stretching)

히스토그램 평활화와 마찬가지로 r, g 성분에 대해 contrast-stretching을 수행하여 빛성분을 확장 시켜주는 방법을 추가하였다.

5) 빛성분 분포에 따라 색상성분을 변화시킨 r, g/Cb, Cr 성분
기존의 많은 얼굴 검출 연구들이 얼굴색 성분과 밝기 성분은 서로 독립적이라는 가정을 세우고 있지만, Hsu[11]는 실제 얼굴색은 비선형적으로 밝기 성분에 의존적이라는 이론을 실험과 함께 제시하였다. 따라서 Hsu가 제안한 변환식을 이용하여 입력 영상의 Cb, Cr성분을 입력 영상의 Y값에 따라 새로운 색상 모델인 NCb, NCr로 변형하고 이를 다시 RGB로 변환한 뒤 r, g로 변환하는 과정을 거쳤다.

6) 웨이블릿 변환과 주파수 성분 추출

Daubechies 웨이블릿 필터(tap-4)를 사용하여 영상을 1/4 크기로 줄여준 2단계로 분해하여 각 부 영역 마다 10x10크기의 영상을 갖도록 한 후, 각 부 영역별 특징값을 추출하여 특징벡터로 사용한다.



[그림 1] 테스트 영상과 웨이블릿 변환된 영상

7) PCA(Principal Component Analysis) 성분 추출

PCA방법은 얼굴인식 분야에서 가장 보편적으로 쓰이는 방법으로, 얼굴만이 존재하는 낮은 차원의 영상공간을 얻기 위해서 특징벡터로 사용한다.

3.2 인종별 얼굴 영상 군집화를 위한 최종특징의 선택

3.2.1 각 특징별 결정계수의 계산

아래 식에 따른 결정계수(R²)를 각 특징벡터의 변수별로 계산하여 인종별 군집화의 기여 정도를 추출한다.

$$R^2 = \frac{\text{설명된변동}}{\text{총변동}} = 1 - \frac{SSE}{SST} = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}$$

반영 정도가 높은 변수 순으로 입력변수를 추출한 결과에 공분산 분석을 수행하여 해당 특징벡터의 설명력을 계산, 각 특징벡터별 중요도를 계산한다.

3.2.2 중요도 기반의 벡터 합성

3.2.1에서의 결과를 바탕으로 인종별 군집화를 위한 기여도 중지를 계산하여 특징 벡터를 합성하고, 자기 조직화 지도 모형의 입력으로 사용한다.

각 선택 특징벡터의 가중치

$$= 1 + (\text{선택 특징벡터의 기여도}) / (\text{전체 특징벡터의 기여도합})$$

4. 실험 및 결과

4.1 실험 데이터

본 연구에서는 백인, 흑인, 황인의 3가지 인종을 군집화 하기 위해 영국 Surrey 대학의 XM2V 데이터베이스와 연세대학교의 YUFD 데이터베이스를 사용하였다.

각 데이터베이스로부터 백인과 흑인 황인의 얼굴을 추출하여 100장씩 총 300장의 영상 데이터베이스를 만들고, 정확한 분류를 위해 논범부터 컷입술이 포함되도록 40x40 크기의 영상으로 자르는 작업을 거쳤다.

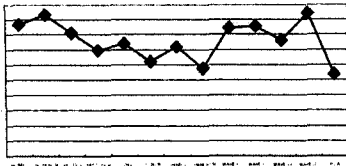


[그림 2] 실험에 사용된 데이터의 예. 좌측으로부터 백인, 흑인, 황인

4.2 실험 결과

주어진 데이터로부터 얼굴인식에 사용되는 대표적인 특징 13가지를 추출하고, 이로부터 인종 구분에 영향을 미치는 특징벡터를 추출한 결과 그림3과 같이 인종별 군집에 기여도가 가장 높은 특징은 웨이블릿 주파수 성분(lowpass 성분)으로 그 기여도는 94%였으며, Cb,Cr 특징벡터가 93%, r,g 특징벡터 87%의 순으로 나타났다.

또한, 상위 특징벡터의 순으로 유의수준 5%로 주요 변수 선택과정을 거친 각각의 변수 선택결과는 [표 1]과 같았다.



[그림 3] 특징벡터별 인종 군집화 기여도

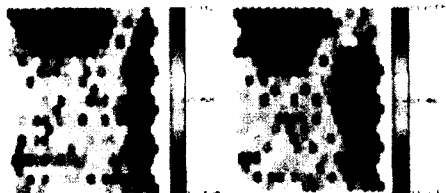
특징벡터	선택벡터의 수 (총벡터의 수)
웨이블릿 주파수 성분(lowpass)	39 (100)
NonCbCr	19 (64*64)
NonRG	15 (64*64)
웨이블릿 주파수 성분(y)	30 (100)
웨이블릿 주파수 성분(x)	26 (100)

[표 1] 특징벡터별 주요 변수 추출

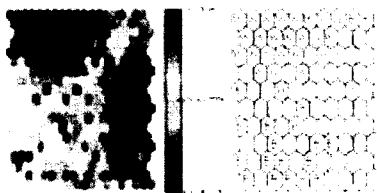
본 논문에서의 이상의 결과를 바탕으로, 기여도가 높은 상위 2 특징벡터(39 차원+19 차원)를 가중치 공식을 통해 결합하여 자기 조직화 지도 모형을 구성하였다.



[그림 4] 특징결합전 wavelet(lowpass)특징 / CbCr 특징



[그림 5] 단순특징결합 후 / 변수선택 사용 특징결합 후



[그림 6] 중요도 기반 가중치 적용 최종 특징결합 결과

실험결과, 군집간의 경계가 명확히 구별되지 않던 분포에서 단순특징결합과 변수선택 사용 특징결합 방법을 거치면서 군집간의 경계가 분명히 이루어졌다[그림 5]. 또한 제안하는 중요도 기반 가중치 적용 특징결합 결과, 같은 군집간의 거리는 더욱 가까워지고 다른 군집간의 거리는 더욱 멀어져 군집간의 구별이 더욱 확실해지는 결과를 나타냈다[그림 6]. 하지만, 흑인 데이터의 경우 분산이 넓게 분포되는 결과를 보여주는데 이는 데이터 수집과정에서 일정치 않은 조명으로 인해 발생한 것으로, 데이터 수집과정의 보정이 필요할 것으로 보인다.

5. 결론 및 향후 연구과제

본 논문에서는 생체인식 분야 중 얼굴인식의 검색 정확성 향상 및 검색 시간을 단축하기 위한 전단계로 인종별 얼굴영상 데이터베이스에 대한 군집화 기법을 연구하였다. 얼굴인식의 다양한 특징벡터들로부터 자동으로 주요 특징 및 벡터를 중요도 순으로 추출한 결과, 웨이블릿 주파수 성분(lowpass)과 Cb,Cr 성분이 인종별 군집화에 주요 특징으로 선택되었으며, 선택된 특징벡터 중에서 다시 주요벡터를 선택하여 가중치를 적용하는 벡터 합성방법을 적용한 후 자기 조직화 지도의 입력으로 사용하였다. 실험결과 군집간의 경계가 분명하여 지고, 유사 화상의 검색 시 구성된 자유 조직화 구성 지도의 가까운 코드북 벡터로부터 점차 주위의 유사화상으로부터의 검색이 가능하도록 효율성을 검증할 수 있었다.

향후 연구과제로는 더욱 다양한 인종간의 군집화에 대한 연구로 확장 진행할 계획이다.

6. 참고문헌

- [1] John Eakins, Margaret Graham, " Content-Based Image Retrieval," Technical report N39, JISC, October, 1999
- [2] B.M Mehtre, MS Kankanhalli and W.F. Lee, " Shape Measures for Content-Based Image Retrieval : A Comparison," Information Processing & Management, Vol. 33, No. 3, pp. 319-337, 1997
- [3] W. Y. Ma and B. S Manjunath, " NETRA : A Toolbox for Navigating Large Image Database," ICIP' 97, Santa Babara, October 1997
- [4] Jing Huang, S Ravi Kumar, Ramin Zabih, " An Automatic Hierarchical Image Classification Scheme," ACM Multimedia 1998
- [5] Martin Szummer and Rosalind W. Picard, " Indoor-Outdoor Image Classification," IEEE International Workshop on Content-based Access of Image and Video Databases, Jan 1998
- [6] A. Vailaya, A. K. Jain and H. J. Zhang, " On Image Classification : City Images vs. Landscapes," Pattern Recognition, vol. 31, no. 12, 1998
- [7] Sheikholeslami, Gholamhosein and Zhang, Aidong, " A Clustering Approach for Large Visual Databases," Department of Computer Science and Engineering, SUNY Buffalo, Technical Report, February 21, 1997
- [8] G. Sheikholeslami, W. Chang, and A. Zhang, " Semantic Clustering and Querying on Heterogeneous Features for Visual Data", The Proceedings of the 6th ACM International Multimedia Conference, pages 3-12, Bristol, UK, September 1998
- [9] Dantong Yu and Aidong Zhang, " ACQ: an automatic clustering and querying approach for large image databases," ACM Multimedia (2) 1999: 95-98
- [10] K. Schwerdt and J. Crowley, " Robust face tracking using color," In Proc. of the Fourth IEEE Int. Conf. On Automatic Face and Gesture Recognition, pp. 90-95, March, 2000.
- [11] Rein-Lien Hsu, Abdel-Mottaleb, M., Jain, A.K. "Face detection in color images," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Volume: 24 Issue: 5, pp. 696-706, May 2002