

주성분 분석을 이용한 얼굴인식 연구

이성록, 박윤경, 조창석
한신대학교 정보통신학과

A Study On The Facial Recognition System Using Principle Component Analysis

Sung-Rok Lee, Yun-Kyoung Park, Chang-Suk Cho,
Dept. of Infom, Science & Telecomm, Hanshin University

요약

카메라를 이용하여 얼굴을 인식하는 방법은 현재까지 여러 가지 접근 방법들이 제시되어 왔지만, 제약 조건 없고 안정적인 인식 방법은 아직 도출되지 않은 상태이다. 본 연구에서는 얼굴영역을 몇 개의 주성분 변수로 변환하여 영상의 명암, 얼굴위치와 무관하게 얼굴의 영역을 추출할 수 있는 시스템을 연구하였고, 10명 이내의 소규모 집단과 실내 환경을 전제 조건으로 하여 응용하였다.

1. 서론

생체정보를 이용한 신원확인은 기존의 신분증 시스템의 위조가 많아지면서 신분증을 대체하기 위한 최적의 방법으로 각광을 받아왔다.

특히 그 중에서도 얼굴을 이용한 신원확인은 타 방식에 비해 일상 생활에서의 응용에 거부감이 적으며 생활 친화적인 방식이라는 점으로 인하여 많은 주목을 받아왔으나 영상을 다루는 연구에서의 취약점들인 위치, 크기, 조명 변화 등의 문제들에 대처가 제대로 이루어지지 않고 있는 실정이다.

이러한 카메라를 이용한 얼굴인식을 위하여 지금까지 많은 여러 연구가 이루어져 왔으며, 그중 스네이크(snake)[1][2], 신경회로망(Neural network)[3][4], 컬러템플레이트(color template)[5], 주성분분석(PCA: Principal Component Analysis)[6] 등의 방법이 주된 연구 수단으로 사용되어 왔다. 물론 이를 방식은 어느 방식에 서든 실생활에의 응용가능한 수준으로는 도달되지 못한 것이 현 상황이며 이는 상황에 따른 안정성과 무 제약성이 확보되지 않기 때문이다.

즉, 대부분의 경우, 응용을 위하여는 다소의

제약 조건과 전제 가정 들을 만들어둘 수 밖에 없으며, 이러한 제한적 상황 하에서의 인식은 인식의 성공률이 높은 편이다.

본 연구에서는 주성분 분석 기법을 사용하여 얼굴인식을 하는 연구 결과를 보고하고자 하며, 인식의 성공률을 높이고 실시간 인식을 보장하기 위하여 10-20명 정도의 소집단의 얼굴 인식을 대상으로 하였고, 조명 환경은 실내 조명 상황으로 하였다.

이러한 전제 조건이 가지는 응용 상황은 소규모의 보안팀이 사용하는 사무실의 출입현관이나 사무실에서의 PC 사용자 인증 등의 경우에 응용될 수 있기 때문이다. 단 이러한 환경이 가지는 특성상 정면 얼굴만이 아닌 약간 기울어지거나 옆으로 향한 준-정면에 해당하는 얼굴도 인식이 가능하도록 하였다.

2. 본론

2.1 전처리

잡음은 영상이 가지고 있는 정보를 약화시키는 가장 커다란 요소 중의 하나이다. 따라서 영

상의 질을 손상시키지 않는 범위 내에서 효과적으로 잡음을 제거할 수 있도록 여러 가지 효과를 적용하였다.

영상이 불균등한 조명에서 촬영되기 때문에 영상의 얼굴특징을 부각시키기 위해 균일화를 적용하였다. 균일화를 적용했을 경우 불과 이마 등의 얼굴의 특징을 부각시킬 수 있다. 균일화 적용시에 눈과 입술부분은 어둡게, 불 및 미간은 밝아진다. 균일화 적용 시 문제점으로는 영상이 깨지는 현상이 생긴다는 것이다. 이 같은 문제와 미세한 잡음을 제거하고 얼굴 특징만을 부각시키기 위해 블록화를 적용하였다. 영상의 블록화는 4x4크기에 Quick Sort 알고리즘을 적용하여 블록화를 적용하였다.



그림1. 블록화

그림1은 균일화와 블록화 적용영상을 보이고 있으며 형판제작 프로그램에 위 전처리 과정을 삽입하였다.

2.2 주성분 분석

2.2.1 주성분 분석

주성분 분석(Principal Component Analysis)은 변수들의 선형결합을 통하여, 변수들이 가지고 있는 전체정보를 최대한 설명할 수 있는 독립적인 새로운 인공변수들을 유도하여, 해석하는 것으로서, 이러한 인공변수는 변수들의 선형결합으로 표시되며 주성분이라고 부른다[7].

일반적으로 주성분의 수는 변수의 수만큼 유도될 수 있으나 주성분분석에서는 전체분산 대 부분을 설명할 수 있는 소수의 주성분만을 고려하게 된다.

본 논문에서는 전체 주성분 중 95%이상의 설명력을 갖는 주성분을 사용하였다.

2.2.2 주성분분석 모형

아래의 (식1)은 주성분의 기본 모형을 의미한다.[6]

$$\begin{aligned} Z_1 &= a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \cdots + a_{1p}X_p : \text{제1주성분} \\ Z_2 &= a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \cdots + a_{2p}X_p : \text{제2주성분} \\ &\vdots \\ Z_k &= a_{k1}X_1 + a_{k2}X_2 + \cdots + a_{kp}X_p : k \text{ 주성분} \quad (k \leq p) \end{aligned} \quad (\text{식 } 1)$$

단, 여기서

$$a_i' a_i = a_{11}^2 + a_{22}^2 + \cdots + a_{pp}^2 = 1$$

$$a_i' a_j = a_{11} a_{1j} + a_{22} a_{2j} + \cdots + a_{jj} a_{pj} = 0$$

이 성립되어야 한다.

영상 데이터를 LookUp 테이블로 만든 후 고유값과 고유벡터를 이용하여 위와 같은 수식으로 변형시키면 얼굴을 구성하는 주성분을 구할 수 있다.

주성분 수의 결정은 $(X_1, X_2, X_3, \dots, X_p)$ 의 상관계수 행렬의 고유값의 크기로 결정하며, 그 누적계수를 구해 기여율 0.95까지의 주성분을 사용하였다.

2.2.3 주성분 분석 알고리즘

2.2.3.1 LookUp 테이블 생성

영상에 존재하는 여러 요소 중에 얼굴이라고 판별되는 부분들을 추출하고 추출된 데이터를 이용해 형판을 제작함으로써 이를 새로운 영상에서 탐색한다.

주성분 분석을 영상에 적용하기 위해 전처리 과정에서 언급되었던 형판 제작 프로그램을 사용하여 얼굴 형판을 제작하였고, 112*112 크기의 다양한 얼굴영상 데이터를 이용하여 LookUp 테이블을 생성하였다.

표1은 LookUp 테이블 제작 과정을 나타낸다.

표1. LookUp 테이블 제작과정

- step1. 전체영상 중 112x112 크기로 얼굴영역 지정
 step2. 지정영역에 균일화, 블록화를 적용
 step3. 지정영역의 2차원 영상 데이터를 래스터 스캔 순으로 하여 1차원 배열에 저장
 step4. step1부터의 과정을 반복, 영상을 1차원 배열로 만든 후 서로 다른 width 값으로 bmp파일에 저장한다.

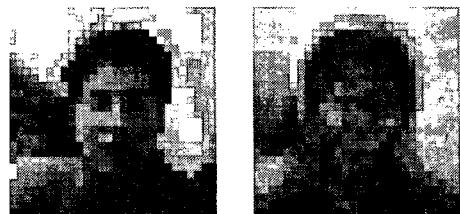


그림 2. 설명률95% 사용한 복원 영상(얼굴)

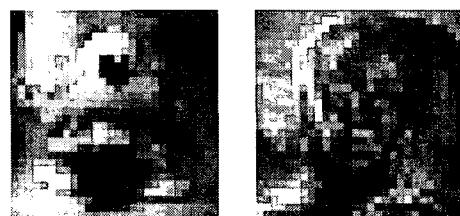


그림 3. 설명률95% 사용한 복원 영상(인형)

2.2.3.2 분산-공분산 행렬

$$\text{Cov}(X) = E(X - \mu)(X - \mu)' \quad (\text{식 } 2)$$

$$\rho_{ik} = \frac{\text{Cov}(X_i, X_k)}{\sqrt{\text{Var}(X_i)\text{Var}(X_k)}} = \frac{\sigma_{ik}}{\sigma_i\sigma_k} \quad (\text{식 } 3)$$

(식2,3)에서의 분산-공분산을 이용해 LookUp 테이블의 영상을 정방행렬의 확률변수로 변화시킨다. (식2,3)을 이용할 경우 대각대칭행렬의 확률변수가 생성되고, 실수 값 범위의 고유값과 고유벡터를 얻을 수 있다[7].

2.2.4 주성분분석 적용

(식4)는 고유값과 고유벡터 통해 입력된 영상에서 복원영상(U)을 이끌어내는 과정이다. 고유 벡터는 각각 대응되는 고유값에 의해 정렬되어 있다고 가정한다.[7]

$$w_k = u_k(X - Avg) \quad (\text{식 } 4)$$

$$\phi = u_k^T w_k + Avg$$

u : 고유벡터, k : 주성분 갯수

영상에 존재하는 얼굴영역을 찾기 위하여 주성분 분석을 이용하였다. 일반적인 얼굴을 구성하는 주성분을 이용해 그림2,3과 같은 복원 영상을 획득할 수 있다. 그림2는 얼굴을 대상으로 적용한 영상, 그림3은 얼굴이 아닌 영상을 대상으로 적용하여 보았다.

위의 그림2에서의 복원영상에서는 사람의 얼굴과 비슷한 형상의 복원영상이 결과로 나타났다. 그림3에서는 원 영상과 다른 형태가 나타났다. 얼굴의 특징만을 설명할 수 있는 주성분을 사용하여 복원 영상을 만들 경우 위와 같이 얼굴의 특징이 있지 않은 영상은 많은 오차가 나타나게 된다. 여러 영상에 적용한 결과 아래의 표2와 같은 결과를 얻어냈다.

표2에서 “은영얼굴”그림은 얼굴영상이며 다른 영상들은 얼굴이 아닌 영상이다. “은영얼굴”영상은 다른 얼굴 영상들에서 나타나는 값에서 비교적 평균적인 값이 나오기 때문에 비교 값으로 적용하였다.

표 2. 주성분분석 적용결과

주성분사용	은영얼굴	인형	배경	글꼴이	바다
98%	92608	257936	206832	260000	242592
97%	100080	280736	223376	250144	272208
96%	115872	283840	228352	252400	279280
90%	167808	314480	263136	288848	305696
80%	216176	345264	312432	328880	353920
70%	277856	379840	348368	356704	395120
60%	308960	401472	375952	378528	430544
50%	329952	419856	401024	398144	457280
40%	350752	436624	426464	432224	485008
30%	374544	459392	457712	449760	516576
10%	439168	545792	533792	555712	535376
5%	468512	606720	576912	602448	696752

주성분의 개수를 줄일 경우 결과 영상의 오차값이 커지지만 얼굴영상과 얼굴이 아닌 영상의 임계값을 결정하는데는 큰 문제가 생기지 않기 때문에, 계산량을 줄이기 위하여 전체 주성분 중 높은 설명력을 나타낼 수 있는 주성분 95%를 사용해 복원영상을 생성하였다.

2.3 얼굴 검색

위에서 생성된 주성분을 이용하여 얼굴의 위치를 추적하였다(그림4). 계산량을 줄이기 위해 95%의 설명력을 갖는 주성분(39개)을 사용하였고, 전체 영상에서 얼굴을 찾기 위해 원도우 탐색을 실시하였다. 원도우 탐색을 할 경우 영상의 크기에 의해 계산량이 기하급수적으로 늘기 때문에 영상을 가로세로 4씩 생략하였다.

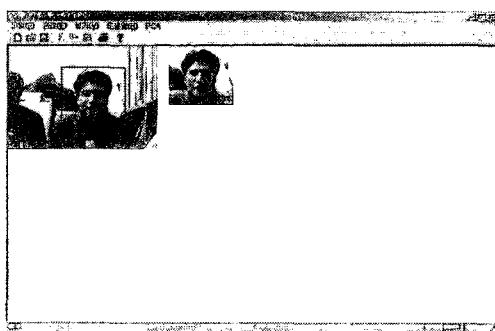


그림 4. 얼굴검색

(그림4)의 검색에서 비교적 복잡하지 않은 배경이나 LookUp 테이블과 비슷한 배경에서는 얼굴 검색에 성공하였다. 하지만 얼굴 영상의 크기가 LookUp 테이블과 다를 경우 약간의 오차가 나타나거나 찾지 못하는 문제점이 발견되었다. 표3은 인식 결과를 나타낸다.

표 3. 인식 결과

얼굴 영상 수	인식률 (인식성공 수/총 인식 수)	
5명	90/90	
10명	88/90	
20명	72/90	

3. 결론 및 검토

주성분 분석 이론을 적용하여 영상에 존재하는 얼굴을 인식하는 것은 많은 수학적 계산이 요구된다. 또한 LookUp 테이블의 생성결과에 의해 결과 값에 오차가 심하게 나타난다. 또한 오차를 줄이기 위해 너무 다양한 배경과 영상을 적용할 경우 MSE값의 변량이 적게 나타나게 된다.

LookUp 테이블을 잘 생성하더라도 임의크기의 영상에서 얼굴을 찾기 위해서는 방대한 양의 수학적 계산이 필요하고, 영상 내 얼굴크기가 LookUp 테이블상의 얼굴크기와 비슷해야 한다는 문제점이 있다.

이와 같은 한계상 실제의 응용에선 소규모집단의 인식에 활용을 목표로 하였고, 실험에선 이의 활용이 가능함을 보여준다.

4. 참고 문헌

- [1] 조용진, 양현승, "Snakes 모델을 이용한 얼굴 윤곽선 추적 시스템", 정보과학회 논문지, 제24권, 제1호, pp.62-72, 1997
- [2] 이경희, "Snakes를 이용한 얼굴 및 얼굴 요소의 윤곽선 추출", 석사학위논문, 연세대학교, pp.5-46, 1998
- [3] H.Ono, C.S.Cho, H.Minamitani, "Neural Network Recognition of Facial Expression Using Invariant Moment", Trans.IEE of Japan, Vol.115-C, No.12, pp.1568-1569, 1995
- [4] 김정환, "다중 퍼셉트론을 이용한 얼굴영역 분할 및 특징부 추출에 관한 연구", 석사학위논문, 연세대학교, pp.4-59, 1996
- [5] 稲田純也, 吳海元, 塩山忠義, "顔特頂点の自動抽出と追跡", 信學技報 PRMU 2000-161, 電子情報通信學會, pp7-14, 2000
- [6] 고제필, "고유얼굴 기반의 얼굴 형판을 이용한 얼굴 영역 추출", 석사학위 논문, 연세대학교, 1998
- [7] 성웅현, "응용다면량분석", 탐진, pp.135-140, 1997