

기하학적인 특징을 이용한 치아의 성 변별

Gender identification based on geometric features

신영숙, Youngsuk Shin*, 정찬욱, Chanwuk Chang**, 김명수, Myungsu Kim***

*조선대학교 정보통신공학부 정보통신공학, **조선대학교 산업대학원 정보통신과

***조선대학교 치의학과

요약 본 논문은 치아의 모양, 크기 및 턱의 모양 등과 같은 치아의 기하학적인 특징들을 사용하여 치아의 성 변별시스템에 PCA 기법과 LDA 기법을 각각 적용하고 두 기법을 비교분석한다. PCA 기법과 LDA 기법은 생체인식을 위한 주요 매핑기법으로 알려져 있다. PCA 분석 기법을 적용하여 성변별의 결과 76%의 인식률이 획득되었으며, LDA 분석기법은 66%의 인식률이 획득되었다. 본 연구의 결과로부터 PCA 기법은 치아의 성변별에 있어 LDA 기법보다 우수한 성능을 제공함을 확인할 수 있었다.

핵심어: 치아, PCA, LDA, 성 변별

1. 서론

최근 발생한 동남아시아 지진해일(쓰나미) 피해, 대구 지하철 참사, 삼풍백화점 붕괴사고, KAL 항공기 관 추락 사건과 같은 대형 참사에서 치아에 의존한 법의치과학적 방법은 희생자의 개인식별에 매우 유용하게 이용되었다 [1].

치아는 개인식별에 응용될 수 있는 특징이 인체의 다른 부위보다 많으며 파괴에 대한 저항력이 강하기 때문에 신원 불명 시체의 개인 식별에 매우 중요한 정보를 제공한다.

개인 식별에서 성 변별은 개인 식별을 위한 부담을 경감시킬 수 있다. 성변별 연구를 살펴보면 치아의 크기 및 구조에 의한 성 변별이 연구되어졌다 [2,3,4]. Semih와 그의 동료들과의 연구에서 시각적인 평가에 의해 성을 구별하는 것은 어렵다고 보고하고 있다 [3]. McCord와 그의 동료들은 환자와 치과대학생, 보철과 의사들에게 치열 사진을 보고 성과 나이를 구별하도록 한 연구에서 성과 나이를 구별하는 것이 어렵다고 보고하고 있다 [4].

본 연구에서는 치아의 크기, 모양, 턱의 모양과 크기 정보와 같은 기하학적인 특징들을 사용하여 치아의 성 변별시스템에 PCA(principal component analysis)기법과 LDA(linear discriminant analysis)기법을 각각 적용하고 두 기법을 비교 분석한다.

2. 특징 추출

본 연구를 위하여 사용된 영상들은 위턱의 치아들만을

대상으로 한347명의 상악 명도레벨 영상들이 사용되었다. 원영상들의 크기는 800x600 해상도를 갖는다. 그림1은 연구에 사용된 위턱의 상악들에 대한 원영상을 나타낸다.



그림1. 적용된 치아 영상들

2.1 PCA

치아 원영상들은 고정된 좌표를 사용하여 중심에 위치시킨 후 치아 템플릿을 사용하여 치아의 석고모형이 절단된 후 치아 부분만이 다시 획득되었다. 획득된 영상들은 30x30 해상도를 갖는다. 그림2의 (b)는 그림2의 템플릿 (a)을 사용하여 상악 부분만이 추출된 영상을 나타낸다.

조명에 대한 변화는 두 단계로 정규화 되었다. 첫째 단계에서 이차원 영상들은 1x900 차원의 1차원 벡터로 변환되며, 변환된 영상들의 집합 X 를 생성하였다.

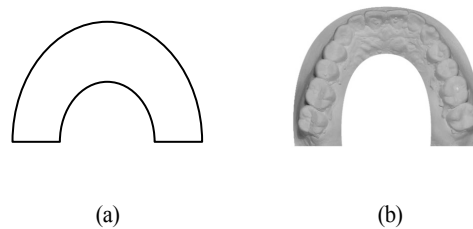


그림2. (a) 치아 템플릿 (b)템플릿에 의해 획득된 영상

생성된 X 로부터 각 행의 평균값들이 제거된 후, 백색

화 단계, I 를 수행하였다.

$$V = E\{XX^T\}^{-1/2}$$

$$W = VX \quad (1)$$

백색화 단계를 통해 영상 데이터들은 평균값이 0이며, 단위 분산값으로 균일한 분포를 얻게 된다. 둘째 단계에서 W 의 각 단위 영상으로부터 국소적인 평균값들이 제거된다. 이 과정을 통해 조명변화에 의한 민감도를 줄일 수 있다.

본 연구에서는 치아의 기하학적인 특징을 기반으로 한 개인식별을 위하여 18개의 PCA 계수값들, P_n 을 적용하였다. P_n 을 이용하여 투영된 W 에 대한 주성분 표상으로 정의될 수 있다.

$$Y_n = W * P_n \quad (2)$$

Y_n 의 열들은 훈련데이터 영상들을 위한 표상코드들을 포함한다. 따라서 테스트 데이터 영상들을 위한 표상코드들은 $Y_{test} = W_{test} * P_n$ 로 생성될 수 있다. 그림3은 식(2)에 의해 생성된 결과영상을 보인다.

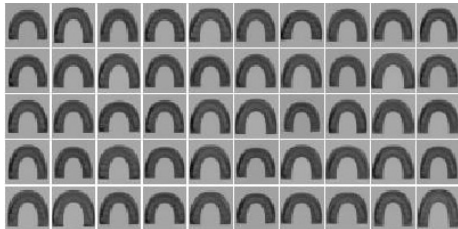


그림3. 18개의 주성분이 포함된 치아(상악)의 표상

2.2. LDA

선형판별분석(LDA)기법은 주성분 분석법(PCA)과 더불어 대표적인 특징 벡터 차원 축소기법중의 하나이다. LDA를 간단히 정리하면 클래스간 분산(between-class scatter)과 클래스내 분산(within-class scatter)의 비율을 최대화하는 방식으로 데이터에 대한 특징 벡터의 차원을 축소하는 방법이다.

주성분 분석법이 데이터의 최적 표현의 견지에서 데이터를 축소하는 방법인데 반하여, 선형판별분석법은 데이터의 최적분류의 견지에서 데이터를 축소하는 방법이라 할 수 있다.

따라서 LDA기법은 클래스 정보를 사용하여 동일부류에 속한 데이터는 모이고 다른 부류에 속한 데이터는 분리가 잘 되도록 저 차원 공간으로 매핑하는 데 목적을 둔다. 대표적으로 FLD(Fisher's linear discriminant)[5] 기법을 들 수 있다.

FLD기법에서 within-class matrix와 between-class matrix는 다음과 같다.

$$S_w = \sum_{j=1}^c \sum_{i=1}^{N_j} (X_i^j - u_j)(X_i^j - u_j)^T \quad (3)$$

$$S_b = \sum_{j=1}^c (u_j - u)(u_j - u)^T \quad (4)$$

X_i^j 는 클래스 j 의 i 번째 표본이다. u_j 는 클래스 j 의 평균이며, c 는 클래스들의 수를 명시한다. 클래스 j 에 있는 샘플들의 수가 N_j 이다. u 는 모든 클래스들의 평균을 나타낸다. FLD 기법에서는

$$J(W) = \frac{|W^T S_b W|}{|W^T S_w W|} \quad (5)$$

식(5)를 최대화 하는 변환행렬 W 를 사용한다. W 는 일반화한 고유값 문제

$$S_w^{-1} S_b W = \lambda W \quad (6)$$

식(6)에 의해 $S_w^{-1} S_b$ 의 고유벡터로 구해진다. eigenvalue의 크기가 큰 순서로 배열했을 때, y 개의 eigenvector로 구성된 변환행렬을 이용하여 영상벡터 X_i 는 y 차원의 새로운 벡터 X_i^* 가 재구성된다.

3. 실험 결과

인식방법은 PCA기법의 경우 nearest neighbor 알고리즘을 적용하여 훈련데이터와 테스트 데이터 50개의 영상들에 대해 가장 가까운 거리를 갖는 영상으로 결정되었으며, LDA기법은 각 클래스에 대한 최소근접 거리를 만족시키는 유클리디안 거리를 적용하여 인식되었다.

PCA기법의 인식결과는 식(2)에서 얻어진 계수 벡터 Y 는 Y_{train} 과 Y_{test} 벡터로 구성된다. 각 테스트 집합의 계수 벡터들은 훈련 집합의 계수벡터의 분류 그룹에 할당된다. 아래 식(7)의 S 값에 의해 가장 유사한 값으로 평가되어진다.

$$S = \frac{Y_{train} \cdot Y_{test}}{\|Y_{train}\| \|Y_{test}\|} \min\left(\frac{\|Y_{train}\|}{\|Y_{test}\|}, \frac{\|Y_{test}\|}{\|Y_{train}\|}\right) \quad (7)$$

첫번째 테스트는 사전 학습된 297명의 상악영상을 가지고 검증하였다. 사전에 학습된 297명에 대한 인식결과는 100%의 인식성능을 보였다. 학습에서 제외된 50명의 테스트 영상에서 PCA기법은 76%의 인식성능을 보였다. LDA기법의 인식결과는 66%의 인식률을 보였다. 본 실험결과를 통하여 치아의 성변별 인식 시스템에서는 PCA기법이 LDA기법보다 보다 좋은 성능을 보임을 확인할 수 있었다.

4. 결론 및 논의

본 연구는 사람의 시각에 의존한 기존의 치아 성 변별의 주관적인 어려움을 극복할 수 있는 자동화된 성 변별 방법으로 PCA기법과 LDA기법의 비교실험을 통한 보다 성능이 좋은 알고리즘을 찾고자 하였다.

LDA기법은 영상에 직접 적용했을 때의 PCA경우보다 성능이 좋은 것으로 보고 되었지만[6] 치아의 기하학적인 특징들, 턱의 크기, 모양, 치아의 크기 및 구조들과 같이 영상의 미세한 변화에 매우 민감한 특징들을 기반으로 하는 치아 성변별의 경우 LDA기법보다 PCA기법이 높은 인식률

을 보임을 확인할 수 있었다.

본 연구에서 사용된 첫 18개의 주성분들은 남성과 여성을 변별할 수 있는 성 변별에 의미 있는 특징들이 존재한다고 판단된다. 제안된 주성분 분석기반 성 변별 방법은 기존에 시각에 의존하는 성 변별의 어려움을 개선할 수 있는 방법으로 활용될 수 있을 것이다. 패턴인식의 경우 패턴의 고유한 특징들에 따라 적절한 차원 축소기법의 선택이 요구된다.

참고문헌

- [1] Jain, A. K., Chen, H.: Matching of dental X-ray images for human identification, Pattern Recognition 37(7), pp.1519-1532, 2004.
- [2] Zarb, G., Bolender, C., Carlsson, G.:Boucher' s prosthodontic treatment for edentulous patients, 11th ed. St. Louis:CV Mosby pp. 326-328, 1997.
- [3] Semih, B., Ufuk H., Burak, G.: Computer-based evaluation of gender identification and morphologic classification of tooth face and arch forms, Journal of prosthetic dentistry 88(6), pp.578-584, 2002.
- [4] McCord J. Burke, T. Roberts, C., Deakin, M.: Perceptions of denture aesthetics: a two-centre study of denture wearers and denture providers, Aust Dent J. 39, pp.365-367, 1994
- [5] Duda, R.O., Hart, P.E., Stork, D.G.:Pattern Classification, 2nd Edition, John Wiley & Sons, 2001.
- [6] Etemad, K., Chellappa, R.: Discriminant analysis for recognition of human face images, J. Opt. Soc. Amer. Vol. 14, No. 8, pp. 1724-1733, 1997.