

PCA와 LDA를 이용한 아바타 생성 기법에 관한 연구

강채미^o 은승엽

한국항공대학교 컴퓨터공학과

coi@netian.com^o, syohn@mail.hankong.ac.kr

Study of Avatar Generation method using PCA and LDA

Chae-Mi Kang^o Syng-Yep Ohn

Dept. of Computer Engineering, Hankuk Aviation University

요 약

본 논문은 PCA(Principal Component Analysis)와 LDA(Linear Discriminant Analysis)를 적용하여 입력된 사용자 얼굴 사진과 가장 유사한 아바타를 자동으로 생성하기 위한 방법을 제안한다. 입력된 사진으로 부터 알려진 영상처리 기법들을 이용하여 얼굴 영역을 추출하고, 추출된 얼굴로부터 얼굴 구성요소(눈,코,입)를 추출한다. 추출된 얼굴 구성요소와 미리 분류하여 구축한 실제 얼굴 사진에서의 얼굴 구성요소 라이브러리를 PCA와 LDA를 적용하여 유사도를 계산한다. 최종적으로 계산된 유사도 값이 가장 큰 영상의 대표 아바타가 결과영상으로 나오게 된다. 실험 결과 기존의 아바타 추출방법에서 드러난 입력영상과 2진화된 아바타 영상과의 속성 차이로 인한 문제점을 보완하고 좀 더 정확하고 자동화된 방법으로 아바타를 추출할 수 있다는 것을 보였다.

1. 서 론

인터넷의 대중화에 따른 온라인 정보산업의 발전에 따라 기존의 웹환경에 멀티미디어 기술을 접목시킨 멀티미디어 콘텐츠 사업이 최근 주목받고 있다. 특히 가상공간에서의 아바타(Avatar) 및 캐리커처(Caricature)를 활용하여 사용자들이 직접 가상공간에 참여하는 형태의 서비스에서 그 이용이 활발해 지는 추세이다. 아바타란 사이버공간에서 활동하는 사용자의 본신을 의미하는 가상 캐릭터이며 캐리커처는 사용자 자신의 얼굴 및 신체특징을 부각시켜 캐릭터로 표현하는 것으로서, 최근에는 다양한 제품에 삽입하고, 그 캐릭터가 자신을 대신하는 감정에이전트(Emotional Agent)의 응용에도 이용되고 있다.[1][2][3]

현재 아바타의 생성방법은 사용자가 사진을 전송하면 전문 캐릭터 디자이너가 이를 보고 수작업을 통해 생성하는 방식과 사용자가 얼굴 구성요소 라이브러리를 이용하여 직접 얼굴 구성요소를 선택하는 메뉴선택 방식, 그리고 기초적인 영상처리 및 패턴인식 기술이용하여 초기 라이브러리를 자동으로 선택한 후 사용자가 수정하는 확장-메뉴 방식이 있다. 이러한 방법들은 아바타의 생성에 많은 시간과 번거로운 과정들이 필요하다는 효율성 측면에서의 단점이 존재하고, 생성된 아바타의 정확도에서도 문제점을 드러내고 있다.

이러한 문제점을 해결하고자 본 논문에서는 복잡한 아바타의 제작과정을 간략하게 축소하고 정확도를 높일 수 있는 방법을 제안한다. 이 방법은 사용자 사진 정보로부터 영상처리 기법을 이용하여 얼굴에서 특징

을 추출하고, 이 특징들을 기반으로 미리 분류하여 구축한 데이터 베이스에서 유사한 아바타를 자동으로 얻어낸다.

2. 관련연구

현재까지의 대부분의 얼굴 관련 연구들은 얼굴 영역 검출 혹은 얼굴 인식에 중점을 두었기 때문에 얼굴 전체의 정보를 이용하여 얼굴 영역인지를 판단하거나, 누구인지를 확인하는 것이 주목적이었다. 따라서 얼굴구성요소인 눈,코,입에 대한 형태,크기,명암등의 특징을 추출하는데 대해서는 적합하지 않으므로, 아바타 자동생성을 위해서는 얼굴 전체가 아닌, 얼굴 구성하는 요소들에 대한 특징을 할 수 있는 방법이 필요하다.[4][5]

최근에 연구된 자동 아바타 생성을 위한 얼굴 구성요소 특징을 추출하는 방법들로는 추출된 얼굴 구성요소별로 포인트를 선택 한 후, 각각의 포인트들 사이의 위치관계를 이용하여 구성요소의 기울기 변화와 형태, 두께등을 특징값하는 방법,입력된 사용자 사진에서 추출된 이목구비를 이진화 한후, 정해진 크기에 맞게 잘라낸 뒤, 잘라낸 부분들의 기울기값을 특징으로 만든 상관계수를 이용해 유사도를 계산하는 방법, 전처리 단계를 거친 얼굴 구성요소들의 기하학적 형태정보 -가로,세로길이와 두께등-를 특징으로 하는 방법등이 제시되었다.[2][3][5]

그러나, 위의 연구들은 사용자 입력 영상에서 얼굴 구성요소의 특징을 추출하기위해 전처리단계에 많은 비중을 두었고, 추출된 얼굴 구성요소의 이진화된 영

상과 미리 구축, 분류된 얼굴 구성요소별 데이터베이스와의 유사도를 비교함으로써, 전처리 단계에서 예지와 같은 특징 추출이 어렵고, 이진화된 영상을 얻기 위한 임계값을 경험적으로 구해야하는 어려움이 있다. 뿐만 아니라, 얼굴 구성요소 각각의 특징을 추출하는데는 장점이 있으나, 구성 요소별간의 크기 비율이나 거리등의 정보를 반영하기에는 적합하지 못하였다.[6]

3. 제안 알고리즘

3.1 알고리즘의 개요

제안하는 자동 아바타 생성 방법의 전체 흐름도는 그림 1과 같다. 1단계는 사용자로부터 입력된 사진에서 색상과 모양정보를 이용하여 얼굴 영역을 추출하는 과정이다. 2단계는 추출된 얼굴 영역에서 대칭성 및 위치정보등을 이용하여 눈과 눈썹을 포함하는 최소사각형을 추출하는 과정이다. 3단계는 PCA(Principal Component Analysis)와 LDA(Linear Discriminant Analysis)를 적용하여, 미리 구축된 얼굴 구성요소 라이브러리와 2단계에서 추출한 부분 얼굴 영상의 특징벡터를 구하는 과정으로 구성된다. 4단계에서는 특징벡터들간의 유사도를 비교하여 가장 유사도가 높은 영상을 찾는 과정이며, 마지막단계는 찾은 영상의 대표아바타를 아바타에 매핑하는 과정이다. 부가기능으로 머리스타일, 피부색등의 정보를 선택할 수도 있다.[7]

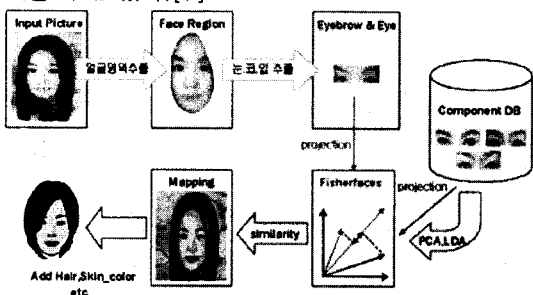


그림 1 자동 아바타 생성 전체 흐름도

3.2 세부 알고리즘

본 논문에서는 위의 과정중에서 3번째 단계에 대한 알고리즘을 구체적으로 제시하고 구현 하고자 한다.

3.2.1 부분 얼굴 특징 정보별 클래스화 및 대표 아바타 만들기

부분 얼굴을 특징정보에 따라 다양한 클래스로 분류한다.

눈썹은 두꺼운 기준으로 좌측이 두꺼운 경우, 우측이 두꺼운 경우, 일자인 경우로 분류하고, 각 분류된 눈썹을 일자인 경우, 좌측이 높은 경우, 중심이 높은 경우, 우측이 높은 경우로 다시 분류한다.

눈은 크기를 기준으로 큰 눈, 보통 눈, 작은 눈으로 분류하고, 눈꼬리가 올라간 형, 눈꼬리가 처진 형, 일자형으로 다시 분류한다.

입은 두꺼운 형, 얇은 형으로 분류하고, 각 분류된 입은 길이가 긴 형, 길이가 짧은 형, 길이가 보통인 형으로 다시 분류한다.[2][3]

위의 분류된 클래스정보를 이용하여 눈썹과 눈의 특징을 조합한 클래스를 다시 구성하고, 각 클래스에 속하는 얼굴 정면사진에서의 부분얼굴을 수집하여 데이터베이스화 하였다. 그림 2와 같이 최종적으로 각 클래스를 대표하는 대표아바타를 미리 만들어 데이터베이스에 저장하였다.

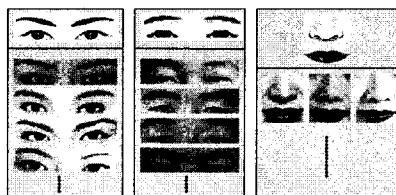


그림 2 부분 얼굴 사진과 대표아바타 데이터베이스

3.2.2 PCA기법을 통한 차원의 감소

PCA는 K-L (Karhunen-Loeve) 변환을 기반으로 주로 다루기 힘든 고차원의 신호를 낮은 차원으로 줄여 다루기 쉽게 해주는 통계적인 분석 방법이다.

본 논문에서 다루어지는 실험 영상이 모두 비슷하게 생긴 얼굴이라는 사실을 이용하여 전체 영상 공간이 아닌 얼굴만이 존재하는 공간상에서 얼굴을 표현하고자 PCA를 적용하였다.

실험을 위해 사용될 $w \times h$ pixel size의 k 개 영상을 $w \times h \times k$ 개의 행렬 $\{ \Gamma_i \}$ 로 구성한다. 아래의 식 (1)(2)(3)(4)을 이용하여 계산된 공분산 행렬(covariance matrix)부터 고유값(eigen values)과 고유벡터(eigen vectors)를 구한다.[8][9][10][11]

$$\Psi = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K \Gamma_i \tag{1}$$

$$\Phi_i = \Gamma_i - \Psi \tag{2}$$

$$C = \frac{1}{k} \sum_{n=1}^k \Phi_n \Phi_n^T \tag{3}$$

$$Ax = \lambda x \tag{4}$$

3.2.3. LDA기법을 통한 특징벡터 계산

PCA방법만으로 얼굴의 특징을 표현하기에는 중요한 몇가지 제약 사항있다. 그 중 가장 큰 제약은 특정 클래스를 잘 축약해서 표현하는데는 유용하나, 클래스를 잘 분리해서 나타내지는 못한다는 점이다. 비슷한 얼굴 구성요소를 찾기 위해서는 잘 축약해서 표현하는 것 보다, identity가 다른 구성요소를 잘 분리해서 표현하는 방법이 더 중요하기 때문에 identity가 다른 클래스를 클래스간의 분리가 잘 되도록 표현하

는 LDA방법을 함께 사용하였다. LDA는 서로 다른 identity를 가지는 클래스에 속하는 영상간의 분산은 최대로 하고 identity가 같은 클래스내부의 영상간의 분산은 최소가 되도록 하는 표현방법이다. 위에서 구한 고유얼굴의 각 클래스 영상의 평균 벡터를 입력값으로 식(5)(6)(7)(8)을 이용해 클래스 내의 분산을 나타내는 행렬(Within class satter matrix)과 클래스 간의 분산을 나타내는 행렬(Between class satter matrix)의 비율이 최대가 되는 행렬을 구한다.

$$S_i = \sum_{x \in X_i} (x - m_i)(x - m_i)^T \quad (5)$$

$$S_w = \sum_{i=1}^c S_i \quad \text{where } c: \text{number of class} \quad (6)$$

$$S_B = \sum_{i=1}^c n_i (m_i - m)(m_i - m)^T \quad (7)$$

$$S_B w_i = \lambda S_w w_i \quad (i < c) \quad (8)$$

3.2.4. 유사도 계산

테스트 영상이 입력되면 PCA를 통해 고유벡터를 찾고, 그 결과를 위에서 구한 fisherface에 투영한다

테스트 영상과 가장 가까운 훈련영상을 유클리디안 거리로 구하여 유사도값으로 취한다.

3.2.5 대표아바타 선택

가장 유사도 값이 높은 영상의 대표아바타가 최종적인 결과 영상이 된다. 그림3은 3단계 알고리즘의 과정을 그림으로 보여주고 있다.

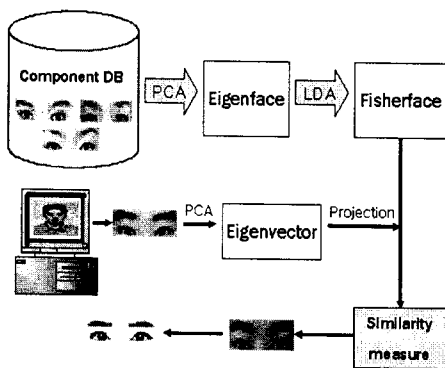


그림 3 PCA와 LDA를 적용하여 유사도 계산하는 과정

4. 실험 및 고찰

4.1 실험환경

사용한 영상은 300여장의 정면얼굴 사진을 부분 얼굴

로 잘라낸 뒤 크기를 정규화 한 후, 분류된 클래스에 데이터베이스화 하였다. 실험에 사용된 클래스는 LDA를 적용할 수 있는 (클래스내의 sample갯수가 일정해야하는) 12개 클래스와 각 클래스당 6장의 훈련 영상을 사용하였고, 60장의 학습 영상을 사용하였다. 다양한 수치적 계산을 하기위해 matlab을 사용하여 구현하였다.

4.2 실험 결과 및 분석

제한된 알고리즘에 대한 성능을 알아보기 위하여 PCA와 PCA+LDA에 대한 두가지 방법을 평가하는 실험을 수행하였다. 성능을 평가하기 위하여 테스트 영상의 결과로 나온 대표 아바타가 속해있는 클래스와 테스트 영상의 특징정보를 가지고 있는 클래스와의 일치여부를 체크한후, 일치되는 영상을 테스트 전체 영상에 대한 확률로서 나타내었다.

그림 4의 결과에서 확인 할 수 있듯이 1,4,5,10,12 번의 테스트 영상과 결과 아바타는 매우 유사한 것을 알 수 있다. 그러나 영상 내의 밝기의 변화가 심한 영상들의 경우에는 결과 아바타와의 유사도가 높지않음을 알 수 있다.

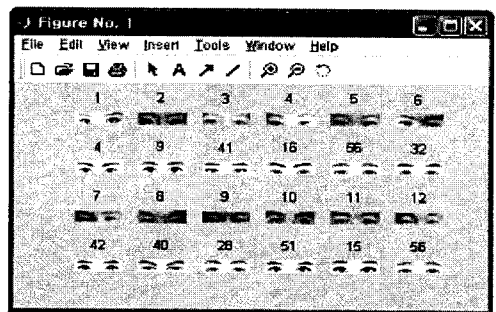


그림 4 PCA 적용 후 테스트 영상과 결과 아바타

그림 5의 결과를 보면, 조명으로 인한 밝기 변화가 심한 얼굴 영상일때 위의 PCA기법에 비해 우수한 결과를 보인다.

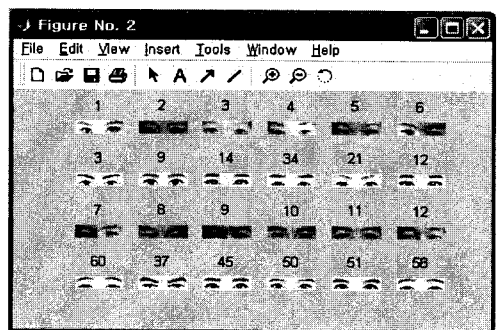


그림 5 PCA+LDA 적용후 결과

그림 6과 그림 7은 위와 같은 방법으로, 코와 입 테스트 영상에 대해 실험한 결과를 나타낸다.

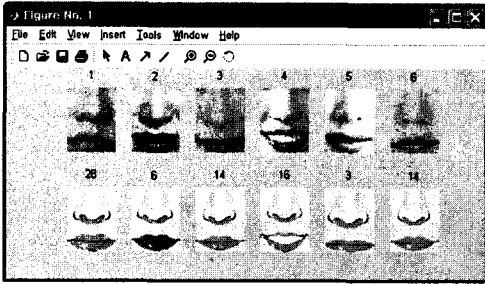


그림 6 PCA적용 후 코와 입 테스트영상과 결과 아바타

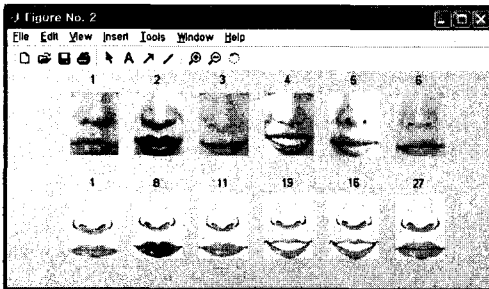


그림 7 PCA+LDA 적용 후 결과

표 1은 위의 결과들의 성능을 비교해서 보여준다. 각각의 부분 얼굴 영상에서 PCA만 적용한 경우보다는 LDA를 함께 적용한 유사도값이 33% 개선되었다.

적용한 기법 \ 실험 영상	PCA	PCA+LDA
눈+눈썹	42%	75%
코+입	50%	83%

표 1 두가지 적용기법에서의 성능 평가

5. 결론

본 논문에서는 실제 얼굴 사진에서의 얼굴 구성요소 라이브러리를 이용하여 사용자의 사진정보와의 유사도를 측정함으로써, 기존의 아바타 추출방법에서 드러난 입력영상과 2진화된 아바타 영상과의 속성 차이로 인한 문제점을 해결하고, 좀 더 정확하고 자동화된 방법으로 아바타를 추출 할 수 있다는 것을 보였다.

뿐만 아니라, 실제 얼굴 사진을 클래스별로 대표 아바타를 만듦으로서 실제 사진과 매우 유사한 아바타가 나올 수 있다. LDA를 함께 적용하여 조명변화가 있는 영상에 대해 성능을 개선하였지만, 실험 영상의 촬영 조건이 일정하지 않기 때문에 생기는 밝기 정보 차이의 문제점을 보완하기 위해 조명의 영향을 제거하는 필터링을 사용하여 실험 결과를 향상시킬 수 있

는 연구가 필요하다. 아바타 생성은 얼굴 인식과는 달리, 테스트 영상에 대한 결과 영상에 대한 평가가 상당히 주관적인 것이기 때문에 유사도값을 측정하는 기준이 상당히 모호하여, 성능을 평가하는 방법이 아직 알려지지 않았다. 따라서, 앞으로 결과 영상에 대한 성능을 평가할 수 있는 객관적인 방법에 관한 연구가 필요하다. 좀 더 많은 객관적인 실험 영상들을 특징별로 라이브러리화 한다면, 본 논문에서 제시된 방법은 아바타 자동생성을 위한 많은 활용이 기대된다.

참고문헌

- [1] 최인영, "캐릭터 산업의 특징", <http://members.tripod.lycos.co.kr/ciysage/con2.htm>
- [2] 김용균, "얼굴 기물기 교정을 통한 얼굴 캐리커처 생성 시스템", 한국정보처리학회 추계 학술발표논문집 제 8권 제1호 2001
- [3] 장원일, 이응주, "캐리커처 생성을 위한 얼굴 특징자 추출 및 분류", 동명정보대학교 컴퓨터공학과
- [4] 얼굴 검출 기술동향 - 얼굴 검출에 대한 knowledge [http:// www.milab.co.kr](http://www.milab.co.kr)
- [5] 정종률, "캐릭터 자동생성을 위한 얼굴에서의 특징 추출", 신호처리합동학술대회 논문집 제14권 1호 2001
- [6] 장경식, "형태와 가중치 벡터를 이용한 눈동자와 입술 검출", 정보과학회논문지 소프트웨어 및 응용 제 29권 제5호 2002
- [7] Ramesh Jain, Rangachar Kasturi, MACHINE VISION - Image Processing knowledge
- [8] 류은진, 박철현, 구탁오, 박길홍, "조명변화에 강한 얼굴 인식", 신호처리합동학술대회 논문집 제13권 1호 2000
- [9] M.Turk and A. Pentland. "Face Recognition Using Eigenfaces" - PCA knowledge 1991, Proc.IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition
- [10] A.M. Martinez and A.C. Kak, "PCA versus LDA", IEEE Trans. On Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 29, pp. 228-233, 2001
- [11] Zhao, W. Chellappa, R. Krishnaswamy, A, "Discriminant analysis of principal components for face recognition", IEEE international Conference on Automatic Face and Gesture Recognition, pp. 336-341, 1998.