

고유광류 분석에 의한 얼굴 표정 생성

Generation of Facial Expression through Analyzing Eigen-Optical-Flows

김경수, 최형일

Kyeong-Su Kim, Hyung-II Choi

승실대학교 컴퓨터학부

School of Computing, Soongsil University

kskim@vision.soongsil.ac.kr, hic@computing.soongsil.ac.kr

요약

얼굴을 인식하는 연구 분야는 얼굴 영상을 분석하는 과정을 거친다. 또한, 얼굴 영상 분석은 얼굴 영상을 이용하는 모든 분야의 연구에 필요한 전처리 과정이라고 할 수 있다. 그러나 얼굴 영상을 분석하는 일은 많은 비용이 든다. 본 연구에서는 이러한 분석과정을 거치지 않고 얼굴 영상을 변형한다.

입력되어지는 얼굴 영상에 나타나는 얼굴 표정을 파악하기 위하여 입력되는 데이터의 변화를 가장 잘 표현해 주는 것으로 널리 알려져 있는 고유 벡터를 이용하며, 기존의 영상을 변형한 새로운 영상을 생성하기 위해서 가장 직관적으로 사용할 수 있는 광류 영상을 이용한다. 광류 영상만을 이용하여도 얼굴 표정을 표현하고 다른 영상에 반영할 수 있지만, 광류 영상을 구하는 과정이 시간적으로 많은 비용을 요구하기 때문에, 본 연구에서는 일반 영상에 대한 고유 벡터와 광류 영상에 대한 고유 벡터를 이용하여 고유 벡터 공간 상의 가중치 벡터를 전달하는 방법으로 영상을 처리할 때마다 수행하여야 하는 광류 계산과정을 제거하였다.

I. 서론

기계로 인간의 얼굴을 분석하기 위한 연구는 과거 20년 전부터 여러 분야에서 이루어져 왔다. 최근의 연구에서 활발히 수행되고 있는 분야 중의 하나는 인간의 얼굴에 내재되어 있는 표정을 파악하여 그래픽 에이전트가 동일한

표정을 짓게 하는 연구이다[1]. 이를 위하여, 대부분의 연구에서는 얼굴 영상을 분석하여 얼굴의 각 구성 요소들의 모양 변화를 파악하여야 한다. 즉, 얼굴 영상에서 얼굴 구성요소를 분리하고, 분리된 요소들의 형태를 파악하여 그 변화를 얼굴 에이전트에게 전달하는 방법을 사용한다.

본 연구에서는 이러한 얼굴 영상을 분석하여 얼굴 구성 요소를 추출하지 않고 직관적인 얼

굴 표정 매개변수를 추출하여 얼굴 에이전트에 전달하며, 얼굴 에이전트 또한 그래픽 에이전트를 사용하지 않고 전달되는 표정 매개변수에 의하여 직관적으로 영상을 변형하여 표정을 지을 수 있도록 하는 연구를 하였다.

이러한 과정을 위하여, 두 종류의 고유 벡터를 사용하였는데, 일반적인 얼굴 영상에 대한 고유 벡터(이하 고유얼굴)와 얼굴 표정 변화에 따른 광류 영상들에 대한 고유벡터(이하 고유광류)를 구하여, 얼굴 표정 매개변수를 추출하는 데에는 고유 얼굴을, 얼굴 영상 재생을 위해서는 고유광류를 사용하였다. 그림 1은 본 논문의 아이디어를 나타낸 그림이다.

II. 본론

1.1. 전처리

본 논문에서는 컬러로 된 정면 얼굴 영상을 대상으로 하였다. 카메라로부터 입력되어지는 영상에서 얼굴 부분 만을 획득하는 과정을 전처리라 하고, 전처리 과정을 설명한다.

컬러 영상으로부터 얼굴 부분만을 추출하기 위하여, RGB 컬러 공간을 YIQ 컬러 공간으로 변환하여 I와 Q요소를 이용하였다[2][3]. 특히 I 요소는 사람의 피부 색상을 잘 나타내 주는 것으로 보고되고 있다. I와 Q 요소에 대한 샘플들의 평균과 표준 편차를 피부 색상 모델로 하여 일정 임계치 내의 거리를 갖는 화소를 피부 생성으로 간주하여 이진화하고, 레이블링 과정을 거쳐 레이블의 크기가 적은 레이블은 탐색 대상에서 제외 시키고, 얼굴 영역에 대한 후보 영역들을 획득한다. 추출된 각 후보 영역을 수평과 수직으로 투영시킨 히스토그램을 분석하여 얼굴의 위치를 판별하였다.

구해진 얼굴 영역은 영상의 모서리 부분에 불필요한 화소들이 많이 존재하게 된다. 이러한 화소들을 제거하고 얼굴의 외곽부분의 화소

값의 대비(contrast)가 큰 부분을 제거하기 위하여, 2 차원 가우시안 윈도우(Gaussian Window)를 씌웠다[4].

1.2. 고유 벡터

본 논문에서는 두 종류의 고유 벡터를 사용하였다. 하나는 전처리에 의해 구해진 얼굴 영상들에 대하여 고유벡터를 구한 고유 얼굴이며, 다른 하나는 이들 영상들에 대한 광류 영상을 구하여 광류 영상들에 대한 고유 벡터를 구한 고유광류가 그것이다.

고유 벡터 문제란 어떤 벡터들의 분포를 잘 표현해 주는 주된 요인(principal component)을 찾아내는 문제라고 수학적으로 정의할 수 있는데, 결국 대상 영상들의 집합의 공분산 행렬의 고유 벡터를 찾는 것이라고 할 수 있다 [4]. 고유 벡터 문제에 영상 데이터를 적용하기 위해서는 하나의 2 차원 영상을 고차원 상의 한 점으로 취급해야 한다. 이러한 영상들의 집합에 의해 계산된 고유 벡터들 각각은 영상들 간의 변화(variance)를 대표하게 된다. 식 (1)은 고유 벡터와 고유 값의 관계를 보여주고 있다. 여기에서 $\tilde{\mathbf{X}}_n$ 은 n 번째 훈련 영상(\mathbf{X}_n)과 훈련 영상들의 평균($\bar{\mathbf{X}}$)의 차를 구한 것이다.

$$\lambda_k = \frac{1}{M} \sum_{n=1}^M (\mathbf{u}_k^T \tilde{\mathbf{X}}_n)^2 \dots\dots\dots (1)$$

구해진 고유 벡터 공간에 대한 입력 영상의 소속 정도를 파악하기 위하여 식 (2)와 같이 고유 벡터에 투영하여 가중치 벡터를 얻는다. 한 사람의 가중치 벡터들은 군집을 이루며 각 표정에 따라서 가중치 벡터가 변하기 때문에, 가중치 벡터는 입력 영상의 그 고유 벡터에 대한 표정 매개변수라 할 수 있다.

$$\omega_k = \mathbf{u}_k^T (\mathbf{X}_{new} - \bar{\mathbf{X}}), k=1, \dots, M' \dots\dots (2)$$

또한, 가중치 벡터를 식 (3)과 같이 고유 벡터 공간에 역투영하면 원래의 영상을 얻을 수 있는데, 이때 복원되어지는 영상은 훈련에 사용되어진 영상들을 가중치 벡터에 따라서 적당히 혼합한 것으로 보여진다. 따라서, 원래의 얼굴 영상으로부터 구해진 고유 벡터 공간을 이용한 영상 복구를 통해서 표정의 변화를 실현하기 어렵다. 그러므로 본 연구에서는 다음 절과 같은 광류 영상을 이용하여 영상을 복구한다.

$$\mathbf{X}' = \mathbf{U}\mathbf{\Omega} + \bar{\mathbf{X}} \dots\dots\dots (3)$$

1.3. 광류 영상과 영상 생성

광류 영상은 화소 패턴의 이동을 벡터로 표현한 것이기 때문에, 두 개의 광류 영상을 혼합하여도 일반 영상을 혼합한 것과 같은 상이 겹치는 현상이 없다.

본 논문에서는 광류의 이러한 특성을 이용하였다. 광류 영상들에 대한 고유 벡터를 추출하여 이를 고유광류라 하고, 새로운 가중치 벡터를 고유광류 공간을 통해 역투영하여 새로운 광류 영상을 얻고자 한다.

본 논문에서 광류 추출에서는 영역 기반 정합 방법(Region-based matching methods)을 사용하는 Anandan의 알고리즘[5]을 사용하였다.

새롭게 구해진 광류 영상을 표정이 없는 얼굴 영상을 참조 영상으로 하여 쌍일차 보간법(bilinear interpolation)을 이용하여 영상을 복원하였다[6].

1.4. 가중치 벡터 공간 간의 사상

본 연구에서 사용하는 가중치 벡터 공간은 서로 다른 성질의 고유벡터로부터 형성되는 서로 다른 성질의 가중치 벡터들이 사용된다. 그러나, 두 종류의 고유 벡터와 가중치 벡터 공간을 형성하는데 사용된 훈련 영상의 집합은

동일한 표정들로 구성된 것이기 때문에 두 가중치 공간상에서 동일한 표정거리 1:1 사상이 될 수 있다.

훈련 영상 집합은 무표정한 영상과 표정이 있는(예를 들어, 활짝 웃는 표정과 슬픈 표정) 영상들을 사용함으로써, 각 영상에 의해 구해지는 가중치 벡터들간의 상호 관계를 이용하여 표정 매개변수를 추출하였다.

1.5. 시스템 개관

그림 1은 시스템의 개관을 보여준다. 여기에서, 두 개의 사각형 안에 각각 표정이 다른 세 개의 얼굴이 있는데, 이것이 훈련 영상 집합이 된다. 위쪽의 남자 얼굴에 대한 훈련 영상 집합으로부터 광류 영상들을 추출하고 이에 대한 고유광류를 추출하여, 광류 영상들을 고유광류에 투영하면 가중치 벡터 공간 상이 a, b, 그리고 c와 같은 가중치 벡터가 구해진다. 또한, 아래 쪽의 여자 얼굴에 대한 훈련 집합의 영상들에서 고유얼굴을 구하고, 훈련 집합의 영상들을 투영하여 가중치 벡터 공간상의 점 d, e, 그리고 f를 구한다.

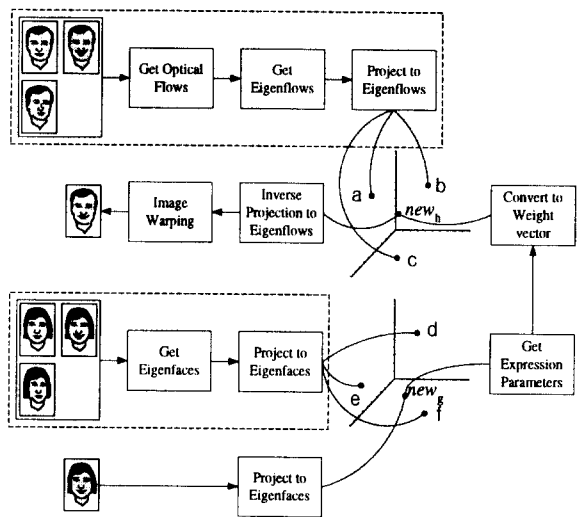


그림 1. 시스템 개관

새로운 여자 얼굴 영상(왼쪽 하단부에 있는)을 고유얼굴에 투영하여 new_g 를 구하여, d, e,

그리고 f 와 상관 관계를 이용하여 표정 매개변수를 추출한다. 이 표정 매개변수는 다시 고유광류에 대한 가중치 벡터 공간의 가중치 벡터로 표현하기 위해 a , b , 그리고 c 의 상관관계에 의해 가중치 벡터(new_b)로 변환되어지고 고유광류에 역투영하여 새로운 광류 영상을 생성한다.

새로운 광류 영상은 쌍일차 보간법을 이용하여 입력 영상에 내재되어 있는 얼굴 표정과 동일한 표정을 지닌 얼굴 영상을 생성한다.

III. 실험 및 결론

실험은 Pentium II 프로세서를 사용하는 IBM 컴퓨터에서 Visual C++로 구현하였으며, Metrox Meteor™ 영상 획득 보드를 사용하였다.

본 논문을 위한 실험 영상은 무표정, 활짝 웃는 표정, 슬픈 표정 등 세 가지의 표정을 갖는 영상들을 사용하였다.

그림 2에서는 전처리 과정을, 그림 3은 훈련 영상들에 대한 평균 영상과 고유얼굴의 예를 보여준다.

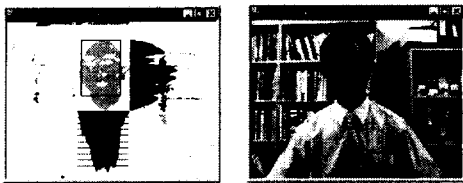


그림 2. 전처리에 의한 얼굴 영역 탐색



그림 3. 평균 영상과 고유얼굴

본 논문에서는 한 사람의 얼굴 영상에 내재되어 있는 표정을 다른 사람의 무표정한 얼

굴 영상에 적용하여 두 사람이 동일한 표정을 짓도록 하는 연구를 하였다. 이 과정에서 얼굴 영상을 세밀하게 분석하지 않고 고유벡터 투영 및 역투영을 이용하였고, 광류 영상을 이용한 영상 생성 기법을 이용하여 자연스러운 영상을 생성하도록 하였다.

본 논문의 연구 결과로 특별한 그래픽스 기술을 이용하지 않고 영상을 사상시키는 방법을 개발하였으며, 게다가 얼굴 인식 등과 같은 얼굴 영상을 대상으로 하는 많은 연구에 도움이 될 것이다.

IV. 참고 문헌

- [1] Yaser Yacoob, Heung-Man Lam and Larry S. Davis, "Recognizing Faces Showing Expressions," *International Workshop on Automatic Face and Gesture Recognition*, pp.278-283, 1995.
- [2] Rick Kjeltdsen, John Kender, "Finding Skin in Color Images," *Proceedings of Second International Conference on Automatic Face- and Gesture-Recognition*, pp. 312 - 317, 1996.
- [3] 김경수, 최형일, "효과적인 얼굴 영상 분류를 위한 컬러 고유 공간분석", 한국 퍼지 및 지능 시스템학회 춘계학술대회 학술발표 논문집, pp.195-200, 1997.
- [4] Matthew Turk and Alex Pentland, "Eigenfaces for Recognition," *Journal of Cognitive Neuroscience* Vol.3, No.1, 1991.
- [5] J. L. Barron, D. J. Fleet, S. S. Beauchemin, "Systems and Experiment: Performance of Optical Flow Techniques," *International Journal of Computer Vision*, Vol. 12, No. 1, pp.43~77, 1994.
- [6] T. Lin and J. L. Barron, "Image Reconstruction Error for Optical Flow," *Vision Interface*, May 17~20th, pp.73~80, 1994.