

예제학습 방법에 기반한 저해상도 얼굴 영상 복원

*이준태, 김재협, 문영식
한양대학교 컴퓨터공학과

Face Hallucination based on Example-Learning

*Jun Tae Lee, Jae Hyup Kim, Young Shik Moon
Department of Computer Science & Engineering, Hanyang University

Abstract - In this paper, we propose a face hallucination method based on example-learning. The traditional approach based on example-learning requires alignment of face images. In the proposed method, facial images are segmented into patches and the weights are computed to represent input low resolution facial images into weighted sum of low resolution example images. High resolution facial images are hallucinated by combining the weight vectors with the corresponding high resolution patches in the training set. Experimental results show that the proposed method produces more reliable results of face hallucination than the ones by the traditional approach based on example-learning.

1. 서 론

영상과 관련된 많은 응용분야에서는 고해상도 영상을 필요로 한다. 특히 비디오 감시 시스템은 범죄, 보안 등의 이유로 인해 은행, 상점, 주차장 등과 같은 곳에서의 요구가 증가하고 있다. 그러나 광학장치 및 이미지 센서의 물리적인 제약으로 인해 획득할 수 있는 영상의 최대 해상도는 제한적이다. 또한 대부분 카메라는 원거리에 위치하기 때문에 카메라에서 획득된 저해상도 얼굴 영상을 이용한 얼굴 인식과정에는 제약이 따르게 된다[1]. 이와 같은 문제를 해결하기 위하여 저해상도 영상으로부터 고해상도 영상을 복원하는 다양한 초해상도(Super Resolution) 방법[2-5]에 관한 연구가 진행되고 있다.

초해상도 방법에 기반한 얼굴 영상 복원 방법(Face hallucination)은 Baker와 Kanade[6]에 의해 처음으로 제안되었다. Baker와 Kanade는 학습예제로부터 추론된 주파수 성분을 이용하여 고해상도 얼굴 영상을 복원하였다. Liu[7]는 가우시안 이론에 근거하여 전역적 얼굴을 복원하고 마코프 랜덤 필드(MRF)에 근거하여 국부적으로 얼굴 영상을 복원하는 두 단계 방법을 제안하였다. Wang과 Tang[8]은 주성분 분석(PCA)을 이용한 얼굴 영상 복원 방법을 제안하였으며, Ju와 Jianping[9]는 독립성분 분석(ICA)을 이용한 얼굴 영상 복원 방법을 제안하였다. Park[10]은 국부적 특징을 고려한 얼굴 영상 복원 방법을 제안하였다.

초해상도 방법에 기반한 얼굴 영상 복원 방법들은 예제학습에 기반한 복원 방법이다. 이러한 방법은 (저해상도, 고해상도) 얼굴 영상을 쌍으로 구성하여 학습예제로 사용하고, 입력 저해상도 얼굴 영상을 저해상도 예제 얼굴 영상의 선형 가중합으로 표현한다. 저해상도 예제 얼굴 영상의 선형 가중합에 표현된 가중치를 고해상도 예제 얼굴 영상의 선형 가중합으로 표현함으로써, 고해상도 얼굴 영상을 복원한다. 그러나 이 복원 방법은 영상의 대응점이 계산된 학습 예제가 구축되어야 한다는 단점이 있다.

본 논문에서는 영상의 대응점이 계산되지 않은 학습 예제를 이용하여 저해상도 얼굴 영상을 고해상도 얼굴 영상으로 복원하는 방법을 제안한다.

2. 제안하는 방법

본 논문에서 제안하는 얼굴 영상 복원 방법은 예제 학습 방법에 기반한 방법으로 (저해상도, 고해상도) 얼굴 영상이 쌍으로 구성된 얼굴 영상을 이용한다. 얼굴 영상의 대응점 계산 과정을 수행하지 않고 고해상도 얼굴 영상을 복원하기 위하여 입력 저해상도 얼굴 영상을 M 개의 패치로 분할한다. 입력된 저해상도 얼굴 영상의 패치와 유사한 저해상도 예제 얼굴 영상에서 이웃패치 N 개를 찾는다. 입력된 저해상도 얼굴 영상의 패치는 이웃패치 N 개의 선형 가중합으로 표현된다. 저해상도 예제 얼굴 영상의 선형 가중합에 사용된 가중치를 쌍을 이루는 고해상도 예제 얼굴 영상의 선형 가중합에 사용함으로써 고해상도 얼굴 영상을 복원한다.

제안하는 방법의 전체 흐름도는 그림 1과 같고 이를 자세히 설명하면 다음과 같다.

1. 각각 K 개의 저해상도 예제 얼굴 영상 $I_L = \{I_{L_1}, I_{L_2}, \dots, I_{L_K}\}$ 과

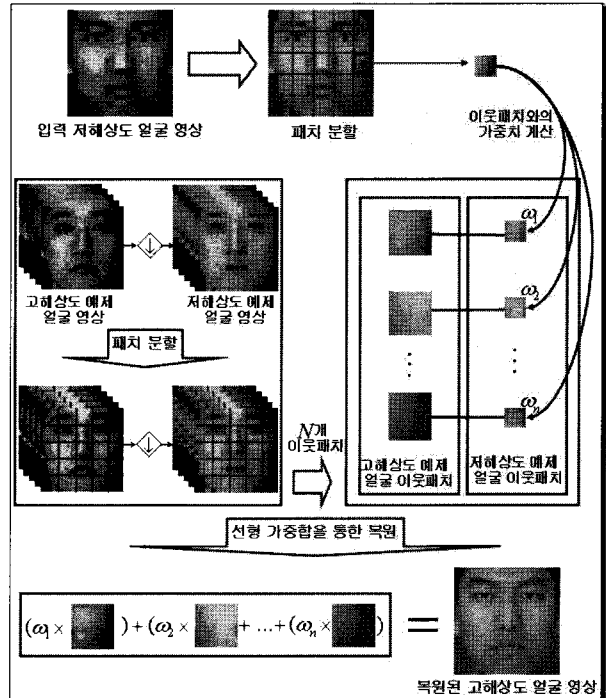


그림 1. 제안한 방법의 전체 흐름도

고해상도 예제 얼굴 영상 $I_H = \{I_{H_1}, I_{H_2}, \dots, I_{H_K}\}$ 이 있을 때, j 번째 저해상도 예제 얼굴 영상 I_{L_j} 과 고해상도 예제 얼굴 영상 I_{H_j} 은 식 (1)과 같이 표현할 수 있다.

$$I_{L_j} = \sum_{i=1}^M P_{L_j}^i, \quad I_{H_j} = \sum_{i=1}^M P_{H_j}^i \quad (1)$$

여기서 P_{L_j} 는 j 번째 저해상도 예제 얼굴 영상의 패치이고, P_{H_j} 는 j 번째 고해상도 예제 얼굴 영상의 패치이다.

2. 입력 저해상도 얼굴 영상 I_{input} 을 M 개의 패치들로 분할하고 이 때 각 패치를 P^i 라고 할 때, 저해상도 예제 얼굴 영상의 패치와의 유클리드 거리가 가까운 N 개의 저해상도 예제 얼굴 영상의 이웃패치 NP_L^n 를 식 (2)와 같이 찾는다.

$$NP_L^n = \arg \min \sum_{i=1}^M (P^i - P_{L_j}^i)^2, \quad n=1, 2, \dots, N \quad (2)$$

3. P^i 와 N 개 이웃패치 NP_L^n 의 선형 가중합과의 차를 나타내는 오차함수 E 는 식 (3)과 같다. 오차함수 E 가 최소가 될 때 최적의 가중치 집합 w_n 을 가진다.

$$E = \sum_{n=1}^N (P^i - w_n \cdot NP_L^n)^2 \quad (3)$$

NP_L^n, P^i, w_n 을 행렬로 각각 NP_L, P, w 라 할 때, 오차함수 E 가 최소제곱형태를 가지고, 행렬의 성질에 따라 식 (4)와 같이 표현할 수 있다.

$$(NP_L)^T \cdot P = (NP_L)^T \cdot (NP_L) \cdot w \quad (4)$$

NP_L 이 선형 독립이라면, $(NP_L)^T \cdot (NP_L)$ 항은 비특이 성질을 가지며 역행렬이 존재한다. w 는 식 (5)와 같이 구할 수 있다.

$$w = ((NP_L)^T \cdot (NP_L))^{-1} \cdot (NP_L)^T \cdot P \quad (5)$$

4. N 개의 저해상도 예제 얼굴 영상의 이웃패치 NP_L^n 와 쌍을 이루는 N 개의 고해상도 예제 얼굴 영상의 이웃패치 NP_H^n 와 w 의 선형 가중합으로 식 (6)과 같이 고해상도 얼굴 영상 패치를 복원한다.

$$RP = \sum_{n=1}^N w_n \cdot NP_H^n \quad (6)$$

5. 각 복원된 M 개의 고해상도 얼굴 영상 패치들을 결합하여 고해상도 얼굴 영상을 복원한다.

3. 실험 결과

저해상도 예제 얼굴 영상 80장과 고해상도 예제 얼굴 영상 80장을 쌍으로 학습 예제를 구축하였다. 저해상도/고해상도 예제 얼굴 영상의 해상도는 각각 $32 \times 32, 256 \times 256$ 이며, 저해상도/고해상도 예제 얼굴영상의 패치의 수는 64개, 이웃패치의 수는 3개이다. 그림 2는 기존 방법[10]과 제안한 방법의 실험 결과를 보여준다. 제안한 방법을 적용함으로써 그림 2, 3에서 보는 것과 같이 영상의 대응점을 계산하지 않고도 좋은 결과를 보여주고 있다.

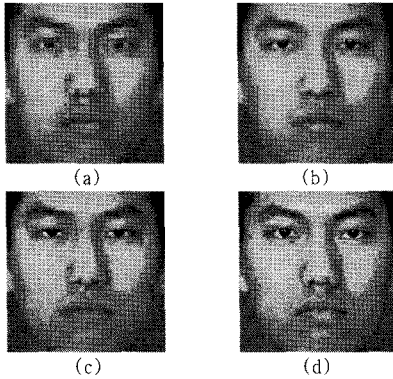


그림 2. 제안한 예제학습 방법을 통한 실험결과(1)
(a) 저해상도 얼굴 영상 (b) 기존 방법의 복원 결과
(c) 제안한 방법의 복원 결과 (d) 원본 고해상도 얼굴 영상

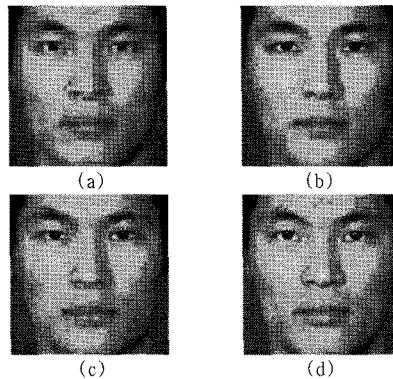


그림 3. 제안한 예제학습 방법을 통한 실험결과(2)
(a) 저해상도 얼굴 영상 (b) 기존 방법의 복원 결과
(c) 제안한 방법의 복원 결과 (d) 원본 고해상도 얼굴 영상

4. 결 론

본 논문에서는 얼굴 영상을 예제학습 방법을 적용하여 저해상도 얼굴 영상을 고해상도 얼굴 영상으로 복원하였다. 또한 영상을 패치로 분할하여 사용함으로써 기존 예제학습 방법의 단점인 영상의 대응점을 계산한 학습 예제가 필요하다는 점을 보완할 수 있었다.

Acknowledgement

본 연구는 한국과학재단 특정기초연구(R01-2006-000-20876-0)지원으로 수행되었음.

[참 고 문 헌]

- [1] S. Baker, T. Kanade, "Limits on Super-Resolution and How to Break Them," IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.24, No.9, pp.1167-1183, 2002.
- [2] W.T. Freeman, E.C. Pasztor, O.T. Carmichael, "Learning low-level vision," IEEE International Conference on Computer Vision, pp.1182-1189, 1999.
- [3] W.T. Freeman, T.R. Jones, E.C. Pasztor, "Example-based super-resolution," IEEE Trans. on Computer Graphics and Applications, Vol.22, No.2, pp.56-65, March, 2002.
- [4] Jian Sun, Nan-Ning Zheng, Hai Tao, Heung-Yeung Shum, "Image hallucination with primal sketch priors," IEEE International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Vol.2, No.18-20, pp.729-736, June, 2003.
- [5] Moon Gi Kang, S. Chaudhuri, "Super-Resolution Image Reconstruction," IEEE Signal Processing Magazine, Vol. 20, No. 3, pp. 19-20, May, 2003.
- [6] S. Baker, T. Kanade, "Hallucinating faces," IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition, pp.83-84, 2000.
- [7] Ce Liu, Heung-Yeung Shum, Chang-Shui Zhang, "A two-step approach to hallucinating faces: global parametric model and local nonparametric model," IEEE International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Vol.1, pp.192-198, 2001.
- [8] X. Wang, X. Tang, "Hallucinating Face by Eigentransform," IEEE Trans. on Systems, Man and Cybernetics - Part C: Applications and Reviews, Vol.35, No.3, pp.425-434, 2005.
- [9] Ju Liu, Jianping Qiao, Xiaoling Wang, Yujun Li, "Face hallucination based on independent component analysis," IEEE International Symposium on Circuits and Systems, No.18-21, pp.3242-3245, 2008.
- [10] J.-S. Park, J. Lee, and S.-W. Lee, "Region-based Reconstruction for Face Hallucination," Lecture Notes in Computer Science: Advances in Multimedia Modeling, Vol. 4351, pp. 44-53, 2007.