상관관계를 이용한 얼굴의 가려진 영역 검출 및 복원

이지은 곽노준

아주대학교 전자공학과

mokona85@ajou.ac.kr nojunk@ajou.ac.kr

Detection and recovery of occluded face using a correlation based method

Lee, Jieun Kwak, Nojun

Division of Electrical & Computer Engineering, Ajou University

요약

요즘 감시카메라 시장은 전 세계적으로 이슈가 되고 있다. 감시카메라는 적은 인원으로 많은 장소를 한 눈에 감시할 수 있고, 문제가 발생했을 때, 녹화 저장된 영상을 통해 그 상황을 다시 볼 수 있다. 이렇게 다양한 기능과 편리함으로 우리에게 도움을 주는 감시카메라이지만, 마스크나 선글라스, 또는 여러 가지 잡음에 의해 얼굴 영상의 부분이 훼손되는 상황에서는 신원 확인을 하기가 어렵다. 때문에 가려진 얼굴을 제대로 인식하기 위해 영상 처리 분야에서 얼굴의 가려진 영역을 찾아 그 부분을 재구성하고자 하는 연구가 활발히 진행되고 있다.

이에 본 논문은 기존 PCA 방법을 이용하여 가려진 영역을 찾아내고, PCA를 반복적으로 사용하여 재구성하는 대신 상관관계를 이용하여 얼굴의 가려진 영역을 자동적으로 검출하고 복원하는 방법을 제안한다. 본 논문에서는 두 눈의 중심이 고정되어 있는 BioID 데이터로 상관계수를 구하고 얼굴의 특정 부분을 임의로 가려 실험을 수행하였다. 제안된 방법의 결과는 PCA 방법으로 수행한 결과와 함께 비교되어 원본 영상과의 오류 값이 더 작게 나오는 것을 확인할 수 있었다.

1. 서론

우리는 일상 곳곳에 설치되어 있는 감시카메라를 쉽게 볼 수 있다. 이는 범죄를 예방하거나 범죄 발생 시에 증거를 획득하기에 유용하다. 그러나 요즘 뉴스에서 보이는 범죄자들은 감시카메라를 속이기 위해 마스크나 선글라스 등 부수적인 물건들을 사용하여 자신의 얼굴을 숨긴다. 이런 물건들은 사람의 신원을 확인할 수 있는 중요한 특징들을 가려 그 사람이 누구인지 알아내기 힘들다. 이와 같은 문제들로 인해 가려진 얼굴 부분을 검출하고 복원하는 연구는 영상 처리 분야에서 시급히 해결해야 할 중요한 과제이다.

가려진 얼굴 부분을 검출하고 복원하기 위한 대표적인 방법으로는 PCA (Principal Component Analysis)가 있다. 이를 이용하여 얼굴 영상에서 안경을 제거하는 방법 [1][3], 또는 얼굴에 존재하는 잡음을 제거하는 방법 [2] 등이 제시되었고, 또한 기존 PCA를 발전시켜 가려진 얼굴 부분을 더 빠르게 복원하는 Fast recursive PCA [6], Tipping과 Bishop이 제안한 PPCA (Probabilistic PCA) [7]를 이용하는 등 가려진 얼굴 영상에 대한 연구가 다양한 방법으로 진행되고 있다. 이 중 본 논문에서 제안한 방법과 비교할 PCA는 고유 값들로 이루어진 PCA 계수로 복원된 영상과 가려진 영상의 차이 값을 이용하여 가려진 부분을 찾아낸다. 찾아낸 부분을 복원된 영상으로 채우고 나머지 부분은 가려진 영상에서 가려져 있지 않은 부분으로 채운 다음, 위의 과정을 반복하여 최후로 복원된 영상을 보여준다.

본 논문에서는 모든 영상의 픽셀 사이 상관관계를 이용하여 가려진 얼굴 영역을 검출하고 검출한 영역에 상관관계가 높다고 생각하는 픽셀 값으로 채워 복원된 영상을 보여준다.

본 논문에서는 상관계수를 구하는 과정과 가려진 얼굴 영역 검출, 복원 과정에 대해 설명하며, 실험 결과 및 비교 분석을 통해 가려지지 않은 원본 영상과의 오류 값의 차이를 결과로 도출한다.

2. 상관계수를 이용하여 가려진 얼굴 영역 검출 및 복원

가. 상관계수 계산

상관계수는 각 픽셀 간에 얼마나 연관성이 존재하는지를 나타내는 수치이다. 상관계수는 1에 가까울수록 상관관계가 높은 것을 의미하고, 0에 가까울수록 상관관계가 낮은 것을 의미한다. 상관계수는 다음 식(1)과 같이 정의한다.

$$\rho_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{(n-1)s_x s_y} \qquad (1)$$

여기서 $\bar{x}$와 $\bar{y}$는 평균이고, s_x와 s_y는 표준편차이다. n은 각 영상의 픽셀 개수로, 얼굴 영상에서 샘플 수가 많기 때문에 $n-1 \approx n$이라 보아도 무관하다.

나. 가려진 얼굴 영역 검출 및 복원

얼굴 영상에서 가려진 부분을 검출하고 복원하는 방법은 식(2)의 Jointly Gaussian을 이용한다. 우리가 영상의 한 픽셀 값을 모른다고 가정했을 때, 상관계수를 이용해서 그 픽셀과 상관도가 높은 다른 픽셀 값들을 가중합하여 모르는 픽셀 값을 추정한다.

먼저, 검출 과정에서 추정한 픽셀 값과 가려진 얼굴 영상의 픽셀

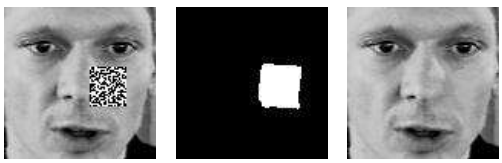
값의 차이가 크면, 가려진 부분이라 간주한다. 가려진 부분을 제대로 찾아낸 다음, 앞의 방법과 같이 가려진 부분의 각 픽셀 값은 추정한 픽셀 값으로 대체한다.

$$P(x_i|x_j = k) \approx \frac{1}{\sqrt{1-\rho^2}} \frac{\sigma_i}{\sigma_j} \rho(x_j - \mu_j) \quad (2)$$

3. 실험 결과

BioID 데이터는 총 1521장의 그레이 영상으로, 각 영상은 23명의 정면 얼굴 영상으로 구성되어 있다 [8]. 각각의 영상의 크기는 100×100 픽셀의 크기로 이루어져 있다. 각 영상은 두 눈의 중심을 기점으로 고정되어 있다. 이 데이터를 이용하여 본 연구에서는 모든 영상의 각 픽셀 간의 상관계수를 구하고 그 중 1000개의 큰 값들만을 추려낸다. 1521장 중 521장을 임의로 선택해 테스트 영상으로 사용한다. 각 테스트 영상에는 그림 1의 (a)와 같이 임의의 위치에 임의의 높이와 너비를 가지고 흰색과 검은색이 섞여 있는 직사각형의 마스크를 씌어 얼굴의 특정 부분을 가린다. 그림 1의 (b)는 얼굴의 가려진 부분을 찾은 결과이고, (c)는 가려진 부분이 상관계수에 의해 복원된 결과이다.

그림 2에는 PCA로 복원한 영상과 본 논문에서 제안한 방법을 비교하여 나타내었다. 그림에서 볼 수 있듯이 PCA 방법에서 복원된 영역이 상관관계를 이용한 방법보다 더 흐리고 얼룩이 남아있는 것을 볼 수 있다. 물론 모든 테스트 영상들이 PCA보다 더 좋은 결과를 얻은 것은 아니지만, 표 1에 정리한 오류 값을 살펴보면, 상관관계를 통해 재구성한 테스트 영상들이 대부분 원본 영상과 비슷하게 재구성된 것을 확인할 수 있다.



(a) (b) (c)

그림 1. 상관계수를 이용한 가려진 얼굴 검출 및 복원결과 (a) 가려진 얼굴 영상, (b) 가려진 영역 검출 영상, (c) 가려진 영역 복원 영상

(a) (b) (c)

그림 2. 복원된 결과 비교 (a) PCA를 이용하여 복원된 영상, (b) 상관관계를 이용하여 복원된 영상, (c) 가려지지 않은 원본 영상

	l_1-norm error	l_2-norm error
PCA	17052.45	788.06
Correlation	9997.02	499.21

표 1. PCA와 상관관계 방법의 error값 비교

4. 결론 및 향후 과제

상관관계를 이용한 방법은 가려지지 않은 영상들의 픽셀 사이의 상관계수 값을 기반으로, 상관도가 높게 나온 픽셀 값을 가려진 부분의 각 픽셀 값으로 대체한다. 이 제안된 방법은 비교 실험 결과를 통해 PCA 재구성 기반의 가려진 얼굴 영역 복원 방법보다 효과적인 복원 영상을 얻는 것을 확인하였다.

테스트 영상 중에서 코 부분이 가려거나 입 주변이 가려진 경우에 눈이나 뺨이 가려진 경우보다 복원 상태가 안 좋은 것을 발견하였다. 향후에 이를 더 보완하여 더 좋은 영상을 얻도록 하겠다.

참고 문헌

[1] 오유화, 안상철, 김형곤, 김익재, 이성환, “반복적인 PCA 재구성을 이용한 얼굴 영상에서의 안경 제거,” 전자공학회논문지, 제 41권, 제 3호, pp. 225-239, 2004.

[2] 박현, 문영식, “2차원 칼라 얼굴 영상에서 반복적인 PCA 재구성을 이용한 자동적인 잡음 제거,” 전자공학회논문지, 제 43권, 제 2호, pp. 129-137, 2006.

[3] Chenyu Wu, Ce Liu, Heung-Yeung Shum, and Zhengyou Zhang, "Automatic Eyeglasses Removal from Face Images," Asian conference on Computer Vision, 2002.

[4] Bon-Woo Hwang and Seong-Whan Lee, "Reconstruction of Partially Damaged Face Images Based on a Morphable Face Model," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 25, no. 3, 2003.

[5] Dahua Lin and Xiaoou Tang, "Quality-Driven Face Occlusion Detection and Recovery," Computer Vision and Pattern Recognition, 2007.

[6] Zhi-Ming Wang and Jian-Hua Tao, "Reconstruction of Partially Occluded Face by Face by Fast Recursive PCA," International Conference on Computational Intelligence and Security Workshops, pp. 304-307, 2007.

[7] Song xiaoFeng, Tang Min, Chen Deren, and Tong RuoFeng, "A two step method to recover occluded part of face," International Conference on Information Sciences and Interaction Sciences, 2010.

[8] BioID face database. http://www.bioid.com/support/downloads/software/bioid-face-database.html