

얼굴영상의 얼굴인식 적합성 판정 방법

이승호
한국기술교육대학교 융합학과

A Method for Determining Face Recognition Suitability of Face Image

Seung Ho Lee

Department of Future Technology, KOREATECH

요 약 얼굴인식(face recognition)은 스마트 감시 시스템, 공항 출입국관리, 스마트 기기의 사용자 인증 등 매우 다양한 용도로 활용되고 있다. 얼굴인식은 패턴인식(pattern recognition), 컴퓨터 비전(computer vision) 등에서 연구가 활발하게 진행되고 있으며 높은 인식 성능을 달성하였다. 하지만 입력된 얼굴영상의 특성(예 : 비 정면 얼굴)에 따라 동일한 얼굴인식 시스템의 성능이 크게 저하될 수 있는 문제점을 가지고 있다. 이러한 문제점을 극복하기 위해, 본 논문에서는 얼굴인식 시스템에 입력된 얼굴영상에 대하여 얼굴인식 측면에서의 사용 적합 여부를 판정하는 방법을 제안한다. 제안하는 방법은, 사전에 기준으로 정한 적합 얼굴영상들의 최적 조합으로 입력 얼굴영상을 복원하고, 복원 에러를 문턱값과 비교하여 사용 적합 여부를 결정한다. 얼굴영상에 포함된 조명 변화가 사용 적합 여부를 판정하는데 미치는 영향을 감소시키기 위해, 기준 적합 얼굴영상들과 입력 얼굴영상들에 조명 보상을 위한 전처리(preprocessing) 과정을 수행한다. 실험결과, 제안하는 방법은 얼굴이 비 정면(non-frontal)인 경우나 얼굴정렬(face alignment)이 부정확한 경우 입력 얼굴영상을 얼굴인식에 부적합으로 판정할 수 있는 것으로 확인되었다. 64 x 64 픽셀 크기의 얼굴영상 한 장을 판정하는데 불과 3ms의 처리시간을 가지므로 적합으로 판정된 입력 얼굴영상에 대해서만 얼굴인식을 수행함으로써 계산시간을 절약하고, 얼굴영상 특성에 따라 인식 성능이 급격히 저하되는 문제를 극복할 수 있을 것으로 기대한다.

Abstract Face recognition (FR) has been widely used in various applications, such as smart surveillance systems, immigration control in airports, user authentication in smart devices, and so on. FR in well-controlled conditions has been extensively studied and is relatively mature. However, in unconstrained conditions, FR performance could degrade due to undesired characteristics of the input face image (such as irregular facial pose variations). To overcome this problem, this paper proposes a new method for determining if an input image is suitable for FR. In the proposed method, for an input face image, reconstruction error is computed by using a predefined set of reference face images. Then, suitability can be determined by comparing the reconstruction error with a threshold value. In order to reduce the effect of illumination changes on the determination of suitability, a preprocessing algorithm is applied to the input and reference face images before the reconstruction. Experimental results show that the proposed method is able to accurately discriminate non-frontal and/or incorrectly aligned face images from correctly aligned frontal face images. In addition, only 3 ms is required to process a face image of 64 x 64 pixels, which further demonstrates the efficiency of the proposed method.

Keywords : Face Recognition, Face Image, Edge Image, Computer vision, Least square method

*Corresponding Author : Seung Ho Lee(KOREATECH)

Tel: +82-41-560-1116 email: leesh903@koreatech.ac.kr

Received July 9, 2018

Revised (1st August 2, 2018, 2nd August 28, 2018)

Accepted November 2, 2018

Published November 30, 2018

1. 서론

얼굴인식은 카메라를 통해 입력 영상이 취득되었을 때 입력 영상 속 얼굴과 시스템 내에 등록된 데이터베이스와의 대조를 통해 사람을 식별하는 기술이다[1]. 얼굴 인식은 스마트 감시시스템, 공항 출입국관리, 스마트 기기의 사용자 인증 등 매우 다양한 용도로 활용되고 있다. 얼굴인식은 패턴인식, 컴퓨터 비전 등에서 연구가 활발하게 진행되고 있으며, 영상 취득환경이 통제된 (controlled) 경우 높은 인식 성능을 기대할 수 있는 비교적 성숙된 연구 주제로 알려져 있다[1]. 하지만 입력된 얼굴영상의 특성에 따라 동일한 얼굴인식 시스템의 성능이 크게 저하될 수 있는 문제점을 가지고 있다[1]. 예를 들어, 인식대상이 카메라를 정면으로 응시하지 않는 경우 비 정면 얼굴영상도 취득될 수 있다. 이 때 만약 데이터베이스에 등록된 얼굴영상들이 모두 정면이라면 얼굴 각도의 불일치에 의해 얼굴인식 정확도가 낮아질 가능성이 높다.

이러한 문제점을 극복하기 위해 얼굴영상에 대해 자동으로 퀄리티를 평가하는 방법들이 제안되었다[2-5]. [2]에서는 동영상 프레임들에서 검출된 얼굴영역들이 서로 해상도가 다른 것에 주목하고, 얼굴영역의 해상도가 높을수록 더 높은 퀄리티로 평가하는 방법을 제안하였다. 하지만 이 방법은 얼굴인식 성능에서 중요한 요소인 얼굴 각도와 관련된 퀄리티를 평가하지 못하는 한계점을 가진다. [3]과 [4]에서는 얼굴의 좌우 비대칭성 (asymmetry)을 측정하여, 비 정면 얼굴이나 비 정면 조명에 의한 얼굴 퀄리티 저하 정도를 수치화하였다. 이 방법은 좌우로 회전된 얼굴(예 : Fig. 7의 첫 번째, 두 번째 얼굴)의 퀄리티를 낮게 평가하는데 유용하다. 하지만 정렬이 부정확한 얼굴(예 : Fig. 8의 첫 번째, 세 번째 얼굴)이나 고개를 든 얼굴(예 : Fig. 7의 다섯 번째 얼굴)이 얼굴인식에 적합하지 않은 데에도 불구하고 비대칭성이 낮다는 이유로 얼굴 퀄리티가 높게 평가될 수 있다는 단점을 가진다. [5]에서는 입력 얼굴영상으로부터 총 다섯 가지 종류의 특징벡터를 추출하고, 미리 학습된 퀄리티 평가 함수를 통해 스코어를 측정하는 방법을 제안하였다. 이 방법은 과중한 특징벡터 추출 과정에 의해 퀄리티 측정에 소요되는 시간이 길다는 단점을 가진다. 68 x 68 픽셀 얼굴영상에 대해 약 200 msec가 소요되어[5] 30 fps(frame per second) 동영상 기준으로 실시간 처리가

불가능하다.

본 논문에서는 얼굴인식 시스템에 입력된 얼굴영상에 대하여 얼굴인식 측면에서의 사용 적합 여부를 판정하는 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 실시간 처리가 가능하며, 적합성 판정 시 얼굴 각도 뿐 만 아니라 정렬 정확성도 고려하는 것을 목표로 한다. 제안 방법은 사전에 기준(reference)으로 정한 적합 얼굴영상들의 최적 조합으로 입력 얼굴영상을 복원하고, 복원 에러를 문턱값과 비교하여 사용 적합 여부를 결정한다(복원 에러가 작을수록 얼굴 퀄리티가 높음을 의미). 이 때 입력 얼굴영상이 기준 적합 얼굴영상들과 조명 조건이 다른 경우, 얼굴 각도가 유사하더라도 복원 에러가 커질 수 있기 때문에 사용 적합 여부 판정이 부정확해질 수 있다. 이 문제를 해결하기 위해 얼굴영상들 간 조명 차이에 의한 형상 차이를 보상하기 위한 전처리 과정을 제안 방법에 적용한다.

실험결과, 입력 얼굴영상에 비 정면의 얼굴, 고개를 든 얼굴, 정렬이 부정확한 얼굴이 포함된 경우 기준 적합 얼굴영상 집합에 의한 복원 에러가 높게 측정되어 얼굴 인식에 부적합으로 판정할 수 있는 것으로 확인되었다. 64 x 64 픽셀 크기의 얼굴영상 한 장을 판정하는데 불과 3 msec의 처리시간을 가지므로 제안 방법이 다양한 얼굴인식 시스템에 실용적으로 적용될 수 있을 것으로 기대한다.

논문의 나머지 구성은 다음과 같다. 2장에서는 한 개의 입력 얼굴영상에 대해 얼굴인식 적합성을 판정하는 제안 방법에 대해 자세히 설명한다. 3장에서는 제안 방법의 유용성을 검증하기 위한 실험결과를 보이고, 4장에서 결론을 맺는다.

2. 제안하는 얼굴영상 적합성 판정 방법

2.1 제안 방법 개요

제안 방법 개요를 설명하기 전에, 일반적인 얼굴인식 과정에 대해 간략히 요약한다. 일반적으로 얼굴인식에 사용할 얼굴영상은 얼굴검출, 얼굴정렬 과정을 통해 획득된다. 얼굴검출은 주어진 촬영 영상(Fig. 1(a))으로부터 얼굴영역을 찾는 과정이다(Fig. 1(b)). 만약 촬영 영상이 동영상인 경우에는, 검출된 얼굴영역에 추적(tracking)을 수행하여 그 이후 프레임들에서 동일 인물의 얼굴영역들을 획득할 수 있다[6]. 얼굴영역 추적은 이전 프레임에서

검출된 얼굴영역의 위치에 대한 사전정보를 활용하므로 매 프레임마다 검출을 수행하는 것보다 계산시간 측면에서 더 효율적이다. 얼굴정렬 과정에서는 검출 또는 추적을 통해 획득된 얼굴영역에 대해 양쪽 눈이 수평이 되도록 회전하고 얼굴이 특정 스케일이 되도록 크롭(crop)하여 정렬된 얼굴영상을 획득한다(Fig. 1(c)). 획득된 얼굴영상에 대해 얼굴특징 추출, 데이터베이스 매칭의 순차적인 얼굴인식 과정들을 수행한다. 얼굴특징 추출 과정에서는 얼굴영상으로부터 분별력을 높이기 위한 특징벡터를 추출한다. 데이터베이스 매칭 과정에서는 추출된 특징벡터를 데이터베이스에 등록된 (얼굴영상들로부터 사전에 추출된) 특징벡터들과 비교하여 사람을 식별한다.

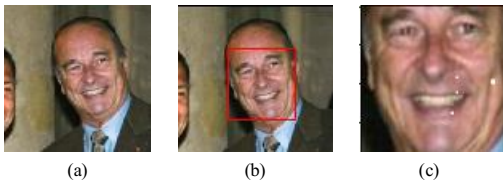


Fig. 1. Face image acquisition process in general FR framework(Images are from [7]).
 (a) Input image. (b) Detected face region.
 (c) Aligned face image.

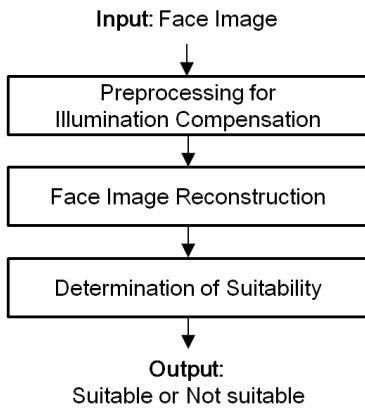


Fig. 2. An overall framework of proposed determination method for an input face image.

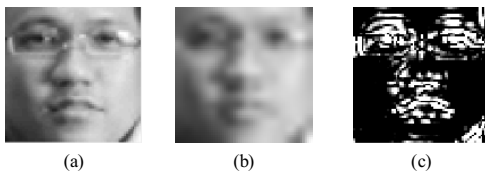


Fig. 3. (a)Input face image. (b)Blurred image of input face image in (a). (c)Preprocessed image.

제안하는 방법은 얼굴검출/추적, 정렬 과정을 거쳐 획득한 얼굴영상에 대해 얼굴이 비 정면이거나 정렬이 부정확한 경우 얼굴인식에 부적합으로 판정할 수 있다. 이 경우 얼굴인식 과정들(얼굴특징 추출과 데이터베이스 매칭 과정)을 생략할 수 있다. 얼굴인식에 적합 판정을 받은 얼굴영상에 대해서만 얼굴특징 추출과 데이터베이스 매칭 과정을 수행한다면 계산시간을 절약할 수 있고 얼굴인식 시스템의 정확도도 안정적으로 유지할 수 있다.

Fig. 2는 제안하는 판정 방법에 대한 전체 프레임워크를 나타낸다. 조명변화 보정용 전처리(Preprocessing for Illumination Compensation)에서는 얼굴영상들 사이에 존재하는 조명 변화의 영향을 보정하는 전처리를 수행한다. 얼굴영상 복원(Face Image Reconstruction)에서는 전처리된 입력 얼굴영상을 전처리된 기준 적합 얼굴영상들 집합을 이용하여 복원하고 복원 에러를 측정한다. 적합성 판정(Determination of Suitability)에서는 앞에서 구한 복원 에러를 문턱값과 비교하여 입력 얼굴영상을 ‘적합’ 또는 ‘부적합’으로 판정한다.

조명변화 보정용 전처리는 2.2절, 얼굴영상 복원과 적합성 판정은 2.3절에서 자세히 다룬다.

2.2 조명변화 보정용 전처리 알고리즘

조명변화 보정용 전처리는 제안하는 판정 방법의 강인성을 위한 것으로서 세부적인 목적은 두 가지이다. 첫째, 얼굴영상들 사이에 존재하는 조명 변화의 영향을 감소시킨다. 둘째, 눈, 코, 입의 형상(appearance)을 강조시켜 그들의 위치가 부각되도록 하여 얼굴의 정면 여부 분석과 정렬의 정확성 분석에 중요한 특징으로 활용할 수 있도록 한다.

전처리를 위해, 먼저 입력 얼굴영상(Fig. 3(a))에 저주파 필터링(low pass filtering) 효과를 적용하여 블러(blur) 영상을 생성한다(Fig. 3(b)). 본 논문에서는 입력 얼굴영상을 가로비 4, 세로비 4로 다운사이징 후 다시 원래 사이즈만큼 업사이징 함으로써 블러 영상을 생성하였다. 영상 리사이징을 수행하기 위해 Bicubic 보간 기법[8]을 사용하였다. 블러 영상을 생성하기 위해 가우시안 커널을 적용한 2D 필터링[9] 등 다른 방법도 적용 가능하다. 생성된 블러 영상을 입력 얼굴영상 간의 차 영상(difference image)을 계산하여 전처리된 영상을 획득한다(Fig. 3(c)). 이 때 차 영상의 픽셀들이 음수값을 가지는 것을 방지하기 위해 차 영상들의 픽셀들에 절대값 연

산을 적용한다.

Fig. 3(a)와 (b)과 같이, 얼굴의 불이나 그림자가 저 있는 스무스(smooth) 한 저주와 영역에서는 원래의 영상과 블러 영상 간의 차이가 크지 않기 때문에 차 영상에 의해 형상이 제거되는 것을 볼 수 있다(Fig. 3(c)에서 검정색에 가까운 픽셀 영역). 반면에 눈과 눈썹, 코, 입과 같은 고주와 영역은 원래의 영상과 블러 영상 간의 차이가 크기 때문에 차 영상에 의해 형상이 도드라지는 것을 볼 수 있다(Fig. 3(c)에서 흰색에 가까운 픽셀 영역). 이러한 특징들은 얼굴영상 판정을 더욱 분별력 있고 강인하게 해준다.

2.3 입력 얼굴영상의 적합성 판정 알고리즘

본 절에서는 2.2절에서 설명한 전처리된 입력 얼굴영상에 대해 얼굴인식 적합성을 판정하는 알고리즘을 설명한다. 입력 얼굴영상에 대한 적합성 판정은 기준 적합 얼굴영상들(예 : Fig. 4)의 최적 조합으로 입력 얼굴영상을 얼마나 신실하게(faithfully) 복원(reconstruction)하는지에 기반한다. 만약 기준 적합 얼굴영상들의 최적 조합으로 복원한 결과 복원 에러가 작다면 입력 얼굴영상은 얼굴인식에 적합할 가능성이 높고, 복원 에러가 크다면 적합하지 않을 가능성이 높다고 가정한다.

2.2절의 방법으로 전처리된 입력 얼굴영상을 컬럼벡터(column vector)의 형태로 구성한 것을 q 라고 표기한다. 만약 입력 얼굴영상의 픽셀 크기가 64×64 라면 q 의 차원수는 4,096이 될 것이다. 기준 적합 얼굴영상 집합을 행렬 $\Phi = [g_1, g_2, \dots, g_N]$ 라고 표기한다. 여기서 g_n 는 (q 와 동일한 방법으로 전처리된) 집합 Φ 내 n 번째 기준 적합 얼굴영상의 컬럼벡터를 의미하고, N 은 집합 내 기준 적합 얼굴영상의 개수를 의미한다. 이제 입력 얼굴영상 q 를 복원하기 위해 집합 Φ 내의 얼굴영상들의 선형 조합(linear combination) Φw 을 구해야 한다. 여기서 w 는 로우 벡터(row vector) 형태의 가중치 벡터로서 이 벡터의 n 번째 요소(element)는 집합 Φ 내의 n 번째 얼굴영상의 가중치 값(선형 조합에서의 영향력)을 나타낸다. 다음의 최소제곱법(least square method)[10]을 이용하여 입력 얼굴영상 q 를 복원하기 위한 최적의 가중치 벡터 \hat{w} 를 계산할 수 있다[10].

$$\hat{w} = \operatorname{argmin} \{ \| q - \Phi w \|^2 - \lambda \| w \|^2 \}. \quad (1)$$

식 (1)에서 $\| \cdot \|$ 는 벡터의 L^2 -norm을 의미하고,

$\| q - \Phi w \|^2$ 은 복원 에러를 나타낸다. 그리고 $\| w \|^2$ 은 정규화 항(regularization term)[10]이다. λ (본 논문 실험에서는 $\lambda = 0$ 으로 설정)는 정규화 항의 영향력을 조절하기 위한 파라미터이다[10]. 최적의 가중치 벡터 \hat{w} 는 $\hat{w} = (\Phi^T \Phi + \lambda I)^{-1} \Phi^T q$ 를 계산하여 얻어질 수 있다[5]. 여기서 I 는 단위행렬(identity matrix)이고 T 는 전치행렬(transpose matrix) 연산이다.

$(\Phi^T \Phi + \lambda I)^{-1} \Phi^T$ 는 투영 행렬(projection matrix)로서 q 와는 독립적(independent)이므로 사전에 별도로 계산해놓을 수 있다[10]. 입력 얼굴영상의 컬럼벡터 q 와 미리 계산해놓은 투영 행렬의 행렬 곱셈만 수행하면 매우 빠른 속도로 최적의 가중치 벡터를 구할 수 있다[10]. 3장 실험결과에서 확인할 수 있듯이, 64×64 픽셀의 얼굴영상을 복원하는데 불과 0.08 msec 밖에 소요되지 않았다.

이제 \hat{w} 를 이용하여 복원 에러 \hat{E} 를 다음과 같이 정의한다.

$$\hat{E} = \| q - \Phi \hat{w} \|. \quad (2)$$

복원 에러 \hat{E} 를 계산하기 전에 컬럼벡터 q 와 $\Phi \hat{w}$ 이 각각 영 평균(zero mean)과 단위 분산(unit variance)이 되도록 값의 범위를 조정하였다.

마지막으로, 복원 에러 \hat{E} 가 사전에 정의된 문턱값보다 크면 입력 얼굴영상 q 는 얼굴인식에 적합, 문턱값보다 작으면 부적합으로 판정한다.

3. 실험결과

제안하는 얼굴영상 스코어 측정을 위해 총 70장의 얼굴영상을 이용하여 실험을 수행하였다. Fig. 4는 본 실험에 사용된 50장의 기준 적합 얼굴영상을 나타낸다. 기준 적합 얼굴영상들은 조명변화를 포함하지 않은 Color FERET 데이터베이스[11]에서 획득하였다. 그리고 제안하는 방법의 일반화(generalization) 능력을 검증하기 위해 20장의 입력 얼굴영상은 Color FERET 데이터베이스와 다른 환경(예 : TV시트룸, 웹에서 수집된 일반 디지털 카메라 사진 등)에서 취득하였다. 70장의 얼굴영상은 64×64 픽셀 크기로 리사이징, 컬러흑백변환(color to grayscale conversion)을 거쳐 생성되었다(Fig. 4). 촬영 영상에서 검출되고 크롭된 얼굴영역의 해상도는 가변적



Fig. 4. 50 reference face images(from [11]) used for determining an input face image.

이다[2]. 예를 들어, 카메라를 향해 걸어오는 인물의 경우, 동영상 프레임들에서 크롭된 얼굴영역의 해상도는 시간 흐름에 따라 점점 높아질 것이다. 제안하는 방법은 일정 시간 이내의 적합성 판정을 보장하기 위해 입력 얼굴영상을 64 x 64 픽셀 크기로 리사이징 하였다. 적합 판정을 받은 얼굴영상에 대해 얼굴인식을 수행할 때에는, 얼굴인식 알고리즘 종류나 얼굴영상 취득 조건(예 : 촬영 거리)에 따라 64 x 64 픽셀보다 더 낮거나 높은 해상도의 얼굴영상을 사용할 수 있다.

Fig. 5는 조명변화가 거의 없는 정면의 입력 얼굴영상 5개에 대한 영상 복원 결과를 나타낸다. $56.67(=(61.08+48.42+60.49+61.85+51.51)/5)$ 의 평균 복원 에러(reconstruction error, \hat{E})를 보였으며, 테스트용 얼굴영상의 전처리 영

상(preprocessed image, q)와 복원 영상(reconstructed image, $\Phi\hat{w}$)의 차이가 시각적으로 크지 않았다.

Fig. 6은 얼굴에 조명효과(그림자)를 포함하는 정면의 입력 얼굴영상 5개에 대한 영상 복원 결과를 나타낸다. $58.41(=(56.67+62.49+62.31+57.90+52.67)/5)$ 의 평균 복원 에러를 보여 조명변화가 없는 Fig. 5의 결과와 거의 차이가 없는 것으로 나타났다. Fig. 6에서 볼 수 있듯이, 엣지 검출에 기반한 얼굴영상 전처리 과정을 통하여 조명의 효과가 적절히 보상되어 복원 에러 측정에 조명이 큰 영향을 미치지 않은 것으로 예측할 수 있다.

Fig. 7은 비 정면의 입력 얼굴영상 5개에 대한 영상 복원 결과를 나타낸다. 평균 복원 에러는 $74.72(=(72.16+71.60+78.53+80.74+70.55)/5)$ 로 Fig. 5나 Fig. 6의 경우에 비해 확연히 증가하였다. Fig. 7의 3번이나 4번 결과와 같이 시각적으로도 전처리 영상과 복원 영상이 매우 다른 형상을 띄는 것을 확인할 수 있다. Fig. 7의 결과를 통해 비 정면의 얼굴영상을 높은 복원 에러에 의해 부적합으로 판정할 수 있다는 것을 확인할 수 있었다.

Fig. 8은 얼굴정렬이 부정확하게 적용된 입력 얼굴영상 5개에 대한 영상 복원 결과를 나타낸다. 얼굴정렬이 부정확한 현상은 얼굴의 양쪽 눈과 같은 특징점들의 위치가 정확하게 검출되지 않은 경우에 발생한다. Fig. 8에서의 평균 복원 에러는 $78.59(=(77.36+80.25+83.20+74.29+77.86)/5)$ 로 Fig. 5나 Fig. 6의 경우에 비해 확연히 증가하였다. Fig. 8에서 주목할 점은 1번이나 5번 결과와 같이 정면에 가까운 얼굴임에도 정렬 오류에 의해 얼굴 스케일이 크거나 작게 표현된 경우 복원 에러가 매우 커진다는 것이다(77.36, 77.86). Fig. 8의 결과를 통해 정렬 오류를 포함한 얼굴영상을 높은 복원 에러에 의해 부적합으로 판정할 수 있다는 것을 확인할 수 있었다.

본 실험을 통해, 50개의 적은 양의 훈련 얼굴영상을 가지고도 다양한 특성을 갖는 입력 얼굴영상들에 대해 계산된 복원 에러값이 얼굴영상의 적합성을 판정하는데 효율적인 수단이 될 수 있음을 입증하였다.

i7-8700K CPU, 48GB 램 PC에서 매트랩(Matlab)으로 계산시간을 측정한 결과, 64 x 64 픽셀 크기의 얼굴영상 한 장에 대해 복원 에러를 구하기까지 총 2.90 msec가 소요되었다. 얼굴영상 리사이징, 컬러흑백변환 및 조명변화 보정에 2.59 msec, 얼굴영상 복원에 0.08 msec, 그리고 복원 에러 측정에 0.23 msec가 각각 소요되었다.
















No.	Input Face Image	Preprocessed Image	Reconstructed Image	Reconstruction Error
1				61.08
2				48.42
3				60.49
4				61.85
5				51.51

Fig. 5. Reconstruction results for frontal face images without illumination change.




No.	Input Face Image	Preprocessed Image	Reconstructed Image	Reconstruction Error
1				56.67
2				62.49
3				62.31
4				57.90
5				52.67

Fig. 6. Reconstruction results for frontal face images with illumination change.
















No.	Input Face Image	Preprocessed Image	Reconstructed Image	Reconstruction Error
1				72.16
2				71.60
3				78.53
4				80.74
5				70.55

Fig. 7. Reconstruction results for non-frontal face images.




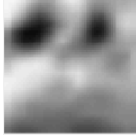











No.	Input Face Image	Preprocessed Image	Reconstructed Image	Reconstruction Error
1				77.36
2				80.25
3				83.20
4				74.29
5				77.86

Fig. 8. Reconstruction results for incorrectly aligned face images.

4. 결 론

본 논문에서는 얼굴인식 시스템에 입력된 얼굴영상에 대해 얼굴인식 측면에서 적합하지 여부를 자동으로 판정하는 방법을 제안하였다. 제안하는 방법에서는 입력 얼굴영상의 얼굴이 비 정면이거나 정렬이 부정확한 경우 그 정도를 수치로 표현할 수 있어서 적합성 판정에 즉시 활용할 수 있다.

제안하는 방법은 특히 동영상 시퀀스 기반의 얼굴인식 시스템에 유용할 것이다. 동영상 시퀀스에 포함된 방대한 양의 얼굴영상 중, 적합으로 판정된 얼굴영상들에 대해서만 얼굴인식을 수행한다면, 부적합으로 판정된 얼굴영상들의 얼굴특징 추출과 데이터베이스 매칭에 소요되는 계산시간을 절약할 수 있다. 또한 적합으로 판정된 얼굴영상들은 비 정면 얼굴 또는 얼굴 정렬 오류와 같은 인식 성능 저해 요소를 포함하지 않으므로 얼굴인식의 정확도를 일정 수준 이상으로 유지하는데 유용할 것으로 기대한다.

References

[1] G. Hua, M. H. Yang, E. Learned-Miller, Y. Ma, M. Turk, D. J. Kriegman, T. S. Huang, "Introduction to the special section on real-world face recognition", *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol.33, No.10, pp.1921-1924, 2011. DOI: <https://dx.doi.org/10.1109/TPAMI.2011.182>

[2] A. Eleyan, H. Özkaramanli, H. Demirel, "Weighted majority voting for face recognition from low resolution video sequences", *Proceedings of 2009 Fifth International Conference on Soft Computing, Computing with Words and Perceptions in System Analysis, Decision and Control*, Sept., 2009. DOI: <https://dx.doi.org/10.1109/ICSCCW.2009.5379496>

[3] X. Gao, S. Z. Li, R. Liu, P. Zhang, "Standardization of Face Image Sample Quality", *Proceedings of International Conference on Biometrics 2007: Advances in Biometrics*, pp.242-251, 2007. DOI: https://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-74549-5_26

[4] J. Sang, Z. Lei, and S. Z. Li, "Face Image Quality Evaluation for ISO/IEC Standards 19794-5 and 29794-5", *Proceedings of International Conference on Biometrics 2009: Advances in Biometrics*, pp.229-238, Springer, 2009. DOI: https://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-01793-3_24

[5] J. Chen, Y. Deng, G. Bai, G. Su, "Face Image Quality Assessment Based on Learning to Rank", *IEEE Signal Processing Letters*, Vol.22, No.1, pp.90-94, 2015. DOI: <https://dx.doi.org/10.1109/LSP.2014.2347419>

[6] H. Wang, Y. Wang, Y. Cao, "Video-Based Face

Recognition: A Survey", *World Academy of Science, Engineering and Technology, International Journal of Computer, Electrical, Automation, Control and Information Engineering*, Vol.3, No.12, pp.293-302, 2009.

[7] M. Krasser, "Deep face recognition with Keras, Dlib and OpenCV", Available From: <http://krasserm.github.io/2018/02/07/deep-face-recognition/>

[8] Wikipedia, "Nearest-Neighbor Interpolation", Available From: https://en.wikipedia.org/wiki/Nearest-neighbor_interpolation

[9] Wikipedia, "Gaussian blur", Available From: https://en.wikipedia.org/wiki/Gaussian_blur

[10] L. Zhang, M. Yang, X. C. Feng, Y. Ma, D Zhang, "Collaborative Representation Based Classification for Face Recognition", arXiv:1204.2358, 2012.

[11] P. J. Phillips, H. Moon, S. A. Rizvi, P. J. Rauss, "The FERET Evaluation Methodology for Face Recognition Algorithms", *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol.22, No.10, pp.1090-1104, 2000. DOI: <https://dx.doi.org/10.1109/34.879790>

이 승 호(Seung Ho Lee)

[정회원]



- 2011년 2월 : KAIST 전기및전자공학부 (공학석사)
- 2015년 8월 : KAIST 전기및전자공학부 (공학박사)
- 2015년 9월 ~ 2018년 2월 : 국방과학연구소(ADD) 선임연구원
- 2018년 3월 ~ 현재 : 한국기술교육대학교 융합학과 교수

<관심분야>

컴퓨터 비전, 머신러닝, 패턴인식