

영역 분할을 이용한 조명효과에 강한 얼굴인식

김지훈, 이철희
연세대학교 전기전자공학과

Illumination Robust Face Recognition Using Region Segmentation

Jihoon Kim, Chulhee Lee
Dept. Electrical and Electronic Engineering, Yonsei University
E-Mail : jihoonk@yonsei.ac.kr

Abstract - 얼굴인식에서 조명에 의한 얼굴영상의 왜곡은 인식률에 큰 영향을 미친다. 본 논문에서는 이를 해결하기 위해 다양한 조명환경에서도 인식률의 변화가 거의 없는 방법을 제안하였다. 얼굴인식에 사용하는 영상의 전처리 방법으로 대부분 히스토그램 이퀄라이제이션(Histogram Equalization) 과정을 거친다. 그러나 이 방법은 영상 전체에 적용되는 것이기 때문에 어두운 영역에 숨어있는 얼굴특징을 부각시키는 데에 한계가 있다. 따라서 얼굴영상이 가지고 있는 성질에 따라 임계값을 정하고 이를 기준으로 밝은 부분과 어두운 부분을 분할한다. 여기에 얼굴의 특징들이 더욱 선명해지도록 화질을 향상시켰다. 이 전처리 과정을 거쳐 PCA를 사용하여 얼굴인식을 수행한 결과 평균 99.6%라는 높은 인식률을 얻을 수 있었다.

기에서 화소 각각의 값을 비교하면 매우 복잡한 분할이 이루어지기 때문에 중심화소 주변의 값도 같이 고려해줄 필요가 있다. 따라서 이 논문에서는 사각 윈도우를 사용하여 전체 윈도우에 포함되어있는 화소값의 평균을 임계값과 비교하여 영역을 구분하였다. 윈도우의 크기를 $K \times L$ 이라 하고, 중심화소 $p_{i,j}$ 에서 전체 윈도우의 평균 값을 $M_{i,j}$ 라 하면, 식 (1)과 같이 표현할 수 있다.

$$M_{i,j} = \frac{1}{KL} \sum_{k \in K} \sum_{l \in L} p_{i+k, j+l} \quad (1)$$

$X \times Y$ 크기의 영상에서 임계값 T 는 영상 전체 화소값의 평균으로 계산하였다. 이를 기준으로 식 (2)와 같이 영역을 분할 할 수 있다.

$$c(i, j) = \begin{cases} 1 & \text{if } M_{i,j} > T \\ 0 & \text{if } M_{i,j} < T \end{cases} \quad (2)$$

1. 서 론

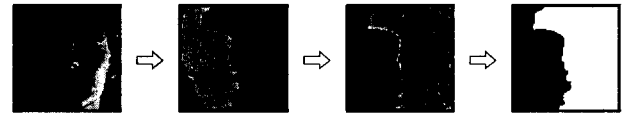
사람이 가지고 있는 생체정보(얼굴, 지문, 홍채, 음성)를 이용하여 개인 인증, 정보 보안 등에 적용할 수 있는 생체 인식 기술에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이 중, 얼굴을 이용한 인식은 다른 생체정보에 비해 강제성을 포함하고 있지 않기 때문에 보다 다양하고 실용적인 응용이 가능하다. 그리고 국가기관, 국제공항, 범죄수사 등 여러 분야에서 그 중요성이 날로 증가하고 있다.

얼굴인식은 표정, 자세, 조명 등 다양한 요소들로 인해 영향을 받는다. 특히, 조명에 의해 얼굴이 왜곡되는 현상은 인식률에 치명적인 영향을 끼친다. 같은 얼굴의 다른 조명에서 생긴 변화는 서로 다른 얼굴에서 생긴 변화보다 더 크다는 것을 이를 잘 설명해준다. [1] 이러한 얼굴인식의 문제점을 해결하기 위한 방법은 일반적으로 모델링과 영상처리로 나뉜다. 조명에 의한 얼굴 영상의 왜곡은 얼굴 자체가 가지는 구조적 특징 때문에 생긴 것으로 가정하고 여러 조명 환경에서의 영상을 얼굴로 재구성하여 인식에 사용하는 것을 모델링 기법이라 말한다. [2][3][4] 이론적으로 보면 모델링 기법이 완벽한 것처럼 보이지만, 추가적인 제약조건이나 가정들 때문에 실제로 적용시키기 어려운 점이 많다. 반면, 영상처리 기법은 사전정보와 가정 없이 바로 영상을 변환시켜 사용하기 때문에 단순성과 실용적인 측면에서 실제적인 적용에 유리하다고 할 수 있다.

하나의 영상 안에 밝고 어두운 부분이 공존한다면, 명암 대비를 향상시키는 방법(Contrast Enhancement)을 적용시킬 수 있다. 이러한 방법 중 전형적인 기법으로는 히스토그램 이퀄라이제이션(Histogram Equalization, HE)과 히스토그램 스펙시피케이션(Histogram Specification) 등이 있다. 이는 영상이 가지고 있는 화소값의 분포를 통계적으로 넓게 분산시켜 영상의 명암 대비를 향상시키는 방법이다. 그리고 대부분의 얼굴인식 시스템에서 인식을 하기 전에 이 과정을 거침으로써 서로 다른 얼굴의 차이점을 더욱 극명하게 만들기도 한다. 그러나 이러한 방법들은 영상 전체에 대하여 히스토그램을 평활화하기 때문에 명암 대비가 상대적으로 큰 영상에서는 그 효과가 크지 않을 수 있다. 게다가 어두운 영역에 대부분의 얼굴 특징들이 숨어 있다면, 같은 얼굴의 동일성과 다른 얼굴의 차이점을 구별하기 쉽지 않을 것이다. 이를 해결하기 위해 로컬 히스토그램 이퀄라이제이션(Local Histogram Equalization)을 사용하기도 하지만, 영역을 나누는 방법이 단순하여 부가적인 보완이 필요하다.

이러한 기존 방법들의 문제점을 보완하고자 보다 유연한 영역분할을 할 수 있고 각 영역들에 대하여 능동적으로 히스토그램을 평활화 할 수 있는 방법을 고안해냈다. 이 논문에서는 자세의 변화는 가정하지 않고 조명의 변화에만 초점을 맞춰 조명효과에 강한 얼굴인식을 수행한 결과를 보여줄 것이다. 인식을 수행하기 전에 전처리 과정으로 영상이 가지고 있는 고유의 정보를 기준으로 밝은 영역(Bright Region)과 어두운 영역(Dark Region)으로 나누었고 각각 변형된 히스토그램 이퀄라이제이션(Modified Histogram Equalization, MHE)을 적용시켰다. MHE는 히스토그램을 펼치는 범위를 인위적으로 조절할 수 있기 때문에 여러 실험을 거쳐 최적의 범위를 찾아냈다.

위 과정을 거쳐 영역을 분할해도 각 영역 내부에 반대 영역이 포함되어 있을 수 있다. 이는 영상에 얼룩이 진 것처럼 보일 수 있기 때문에 이러한 영역을 제거하는 작업이 필요하다. 여기에서는 분할된 영역들을 라벨링하여 일정 수준 이하 넓이의 영역은 제거하였다. 그리고 모폴로지를 사용하여 분할된 영역의 경계부분을 부드럽게 처리하였다. <그림 1>은 이 과정을 보여준다.



<그림 1> 영역 분할 과정

2.2 변형된 히스토그램 이퀄라이제이션(MHE)

각 영역에 일반적인 HE를 취하면 영역의 경계부분의 불연속성이 커지게 된다. 이러한 불연속적인 요소를 최소화하여 얼굴영상의 왜곡을 줄이는 방법으로 HE의 확장 범위를 인위적으로 조절할 수 있도록 하였다. 그리고 그 범위를 조정하는 경우의 수를 계산하여 모두 실험에 적용한 결과 최적의 범위를 찾아냈다. 이 범위를 밝은 영역과 어두운 영역에 각각 적용하여 얼굴인식에 사용할 영상을 만들어 냈다.

2.3 영상 선명화(Image Enhancement)

위 과정을 거쳐 만들어진 영상에서 눈, 코, 입과 같이 얼굴의 특징을 잘 나타내는 부위를 보다 선명하게 만들면 같은 얼굴에 대한 상관도가 커져 보다 높은 인식률을 얻을 수 있을 것이다. 따라서, 라플라시안(Laplacian) 필터를 이용한 다음과 같은 영상 선명화 과정을 사용하였다. f 는 원영상이고, g 는 선명화된 영상이다.

$$g(x, y) = f(x, y) - \nabla^2 f(x, y) \quad (3)$$

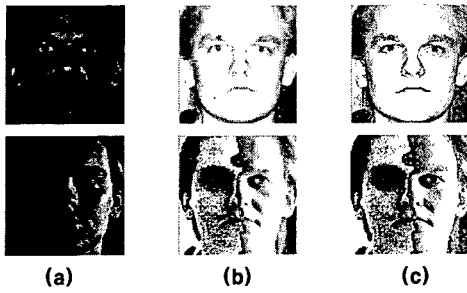
그 결과, <그림 2>와 같은 최종 영상을 얻을 수 있었다. 다음은 그림에 대한 설명이다.

- (a) : 원영상
- (b) : 분할된 영역에 각각 MHE를 적용시킨 영상
- (c) : (b)영상을 선명화한 영상

2. 본 론

2.1 영역 분할(Region Segmentation)

얼굴영상을 밝은 영역(Bright Region)과 어두운 영역(Dark Region)으로 구분하기 위해서는 화소가 가지는 밝기값을 사용하는 것이 일반적이다. 여



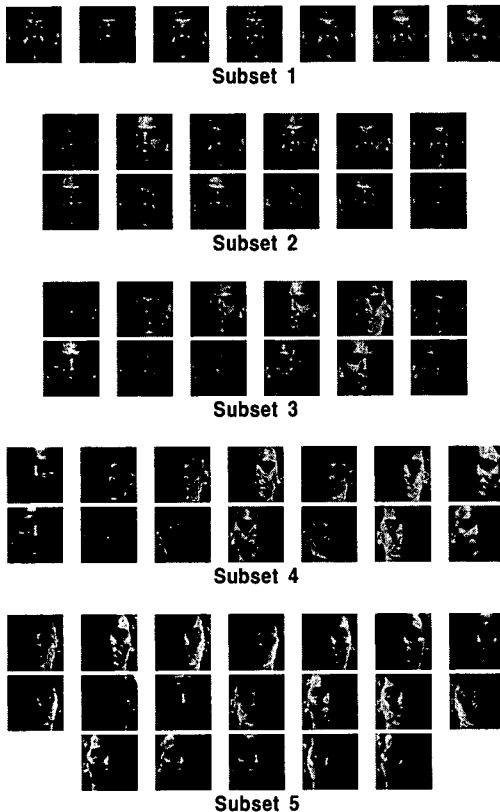
〈그림 2〉 전처리 얼굴 영상

2.4 실험 결과(Experimental Result)

2.4.1 Yale Face Database B

본 논문에서 제안한 방법에 대한 성능을 평가하기 위해 Yale Face Database B [2] 를 사용하였다. 이 데이터베이스는 10명의 사람에 대한 5760개의 조명 및 자세 변화에 따른 영상을 포함하고 있다. 각 사람에 대하여 9개의 자세와 64가지 조명 변화가 따른다. 원본 영상의 크기는 640(w)x480(h)이며, 이 논문에서는 두 눈의 위치를 기준으로 100x100크기로 표준화시켜 실험을 진행하였다. 그리고 조명 변화에 따른 인식률에 초점을 맞추었기 때문에 64가지 조명 조건의 정면 얼굴영상만 선택하여 실험하였다. 〈그림 3〉은 한 사람에 대한 예를 보여준다. 그리고 영상들은 조명이 비추는 각도에 따라 다음과 같이 5개의 subset으로 나누어진다.

- subset 1: angle < 12°
- subset 2: 20° < angle < 25°
- subset 3: 35° < angle < 50°
- subset 4: 60° < angle < 77°
- subset 5: others



〈그림 3〉 Yale Face Database B의 64가지 조명 조건에서의 정면 얼굴

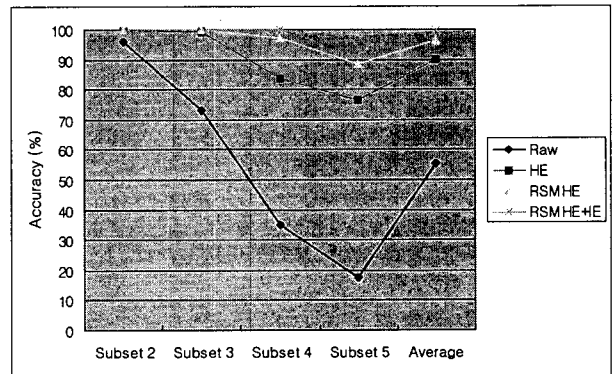
2.4.2 실험 결과

본 실험에서 Subset 1 (7개의 얼굴영상)을 학습영상으로 선택하고 나머지 Subset 2 ~ 5의 얼굴영상으로 테스트를 해보았다. [5] 얼굴인식 알고리즘으로는 PCA를 사용하였고, 유클리디안 거리(Euclidean Distance)가 가장 짧은 것을 매칭 결과로 정하였다. 그 결과 평균 99.6%라는 높은 인식률이 나왔다. 〈표 1〉은 Subset에 따른 인식률과 평균 인식률을 보여준다.

- Raw : 원영상을 그대로 적용
- HE : Histogram Equalization
- RSMHE : Region Segmentation + MHE
- RSMHE + IE : RSMHE + Image Enhancement

Methods	Subset 2	Subset 3	Subset 4	Subset 5	Average
Raw	95.83	73.33	35	17.37	55.38
HE	100	99.17	83.57	76.32	89.76
RSMHE	100	100	97.14	88.42	96.39
RSMHE + IE	100	100	100	98.42	99.61

〈표 1〉 각 방법에 따른 인식률 비교



〈그림 4〉 각 방법에 따른 인식률 비교

3. 결 론

본 논문에서는 얼굴영상의 명암에 따른 영역 분할을 통해 적응적인 히스토그램 이퀄라이제이션을 거쳐 다양한 조명 조건에서도 높은 인식률을 얻을 수 있는 전처리 방법을 제안하였다. 기존의 방법과 같은 단순한 영역 분할이 아닌 많은 경우의 수와 임계값을 두어 실험을 거친 결과 최적의 수치를 발견하였고 이 방법대로 실험을 수행한 결과 99.6%라는 상당히 높은 인식률을 얻을 수 있다. 향후 고정된 자세가 아닌 다양한 자세에서도 조명 변화에 강한 전처리 알고리즘을 개발하는 연구가 필요하다.

[참 고 문 헌]

- [1] Y. Adini, Y. Moses and S. Ullman, "Face recognition: the problem of compensating for changes in illumination direction," *IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell.*, vol.19, no.7, pp.721-732, 1997.
- [2] A. Georgiades, P. Belhumeur and D. Kriegman, "From few to many: Illumination cone models for face recognition under variable lighting and pose," *IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell.*, vol.23, no.6, pp.643-660, 2001.
- [3] R. Ishiyama and S. Sakamoto, "Geodesic Illumination Basis: Compensating for Illumination Variations in Any Pose for Face Recognition," *Proc. 16th Int. Conf. Pattern Recognition*, Quebec, 2002.
- [4] W. Zhao and R. Chellappa, "Illumination-insensitive face recognition using symmetric shape-from-shading," *Proc. IEEE Conf. CVPR*, Hilton Head, 2000.
- [5] Du, S. and Ward, R. K., "Wavelet-based illumination normalization for face recognition," *Proc. of IEEE International Conference on Image Processing*, vol. II, pp. 954-957, 2005.