

환경에 강인한 얼굴인식을 위한 CMSB-plane과 Entropy 기반의 적응 평활화 기법

*이수영, 박석래, 박영경, 김중규
성균관대학교 정보통신공학부
e-mail : toso419@skku.edu, jkkim@skku.edu

Adaptive Smoothing Based on Bit-Plane and Entropy for Robust Face Recognition

*Su Young Lee, Seok Lai Park, Young Kyung Park, Joong Kyu Kim
School of Information and Communications Engineering
Sungkyunkwan University

Abstract

Illumination variation is the most significant factor affecting face recognition rate. In this paper, we propose adaptive smoothing based on combined most significant bit (CMSB) - plane and local entropy for robust face recognition in varying illumination. Illumination normalization is achieved based on Retinex method. The proposed method has been evaluated based on the CMU PIE database by using Principle Component Analysis (PCA).

I. 서론

조명은 얼굴인식시스템의 성능을 저하시키는 가장 현저한 요소 중 하나이다. 특히 조명에 의한 강한 그림자는 얼굴인식을 더욱 어렵게 한다. 따라서 외관기반의 얼굴인식 시스템에서는 조명정규화의 전처리 과정이 일반적으로 사용된다. 대표적인 전처리 기법 중 하나인 Retinex기법의 기본 가정에 의하면 영상 I 를 $I(x,y) = L(x,y)R(x,y)$ 와 같이 조명 L 과 반사 R 의 곱으로 표현하며,[1] 조명은 반사에 비해 변화가 적다는 것이다.[2] 이 가정을 토대로 원 영상을 평활화하여 조명을 추정하고, 추정된 조명을 원 영상에서 나눴으로써 조명을 정규화한다. 본 논문에서는 조명을 추정하기 위하여 combined most significant bit-plane과

entropy를 기반으로 적응적으로 생성된 3×3 마스크를 이용해 반복적인 컨볼루션을 수행한다.

논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 CMSB-plane과 entropy를 기반의 적응 평활화 및 조명정규화를 설명한다. 3장에서는 실험 결과를 보여주고, 4장에서 결론을 내린다.

II. 본론

2.1 Combined Most Significant Bit-plane

제안된 기법에서는 조명과 그림자의 불연속성을 정확하게 추정하기 위하여 bit-plane을 사용한다.



그림.1 원영상과 bit-plane

그림 1에서 영상의 상위 bit-plane이 하위 bit-plane보다 뚜렷한 영상정보와 조명에 의한 그림자 불연속정보를 많이 포함하는 것을 확인할 수 있다. 따라서, 본 논문에서는 상위 다섯 bit를 결합한 CMSB-plane을 구성하여 적응 평활화에 사용함으로써 조명을 추정한다.

2.2 적응 평활화

그림자의 불연속성을 보존하고 조명을 추정하기 위하여 CMSB-plane을 기반으로 식(1)과 같은 평활화 과정을 반복한다. 즉, 영상의 pixel (x,y) 에서 인접 pixel과 CMSB-plane이 같은 경우 1, 다른 경우 α 인 3×3 마스크를 사용한다.

$$I(x,y) = \frac{\sum_{s=-a}^a \sum_{t=-b}^b w(s,t)F(s+a,t+b)}{\sum_{s=-a}^a \sum_{t=-b}^b w(s,t)}$$

$$\begin{cases} w(s,t) = 1, & f(s,t) = f(s+a,t+b) \\ w(s,t) = \alpha, & \text{else} \end{cases} \quad (1)$$

이때, α 값은 entropy를 사용하여 적응적으로 결정된다. 영상에서 entropy는 영상을 표현할 수 있는 최소한의 bit수로써, 영상이 가지는 정보를 표현한다.

$$e_{x,y} = - \sum_{i=-1}^1 \sum_{j=-1}^1 p_{x,y}(i,j) \log_2 p_{x,y}(i,j)$$

$$1 \leq x \leq M, 1 \leq y \leq N, \text{ with } p_{x,y}(i,j) = \frac{n_k}{9} \quad (2)$$

영상의 local entropy를 구하는 식(2)을 통하여 좌, 우, 정면에 조명에 의한 그림자가 뚜렷한 영상에 적용해본 결과, 그림 2는 조명에 의한 강한 그림자 영역에서 영상의 정보를 손상된 것을 알 수 있다.



그림.2 CMU-PIE 데이터베이스 1번 클래스의 2, 9, 16번 영상과 local entropy

식(3)을 이용해 local entropy가 작은 영역에서 α 값을 크게 함으로써 그림자 정보가 보존된 정규화 영상을 얻는다.

$$\alpha_{x,y} = 1/(1 + p_{x,y})^2 \quad (3)$$

2.3 조명 정규화

그림 3은 제안된 기법의 프레임워크를 보여준다. 원 영상으로부터 추정된 조명을 나누고 log함수를 적용하여 정규화된 영상을 얻는다.

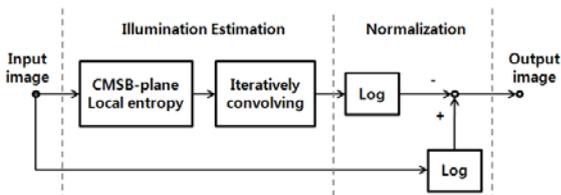


그림.3 제안된 기법의 프레임워크

III. 실험결과

제안된 기법을 평가하기 위해 CMU-PIE 데이터베이스를 사용하였다.

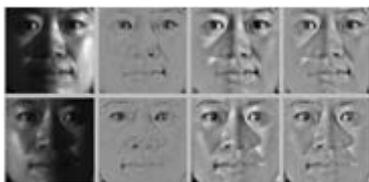


그림.4 조명정규화 영상, 왼쪽부터 원영상, 제안된 기법, SSR, MSR 기법

그림 4는 그림자 불연속 특징이 강한 2번과 15번 얼굴 영상에 대해 기존의 정규화 기법인 Single Scale Retinex[2], Multi Scale Retinex[3] 기법들과 비교한 결과이며, 그림 5는 제안된 기법과 각 조명 정규화 기법들에 대한 PCA알고리즘에 의한 인식률 실험 결과이다.

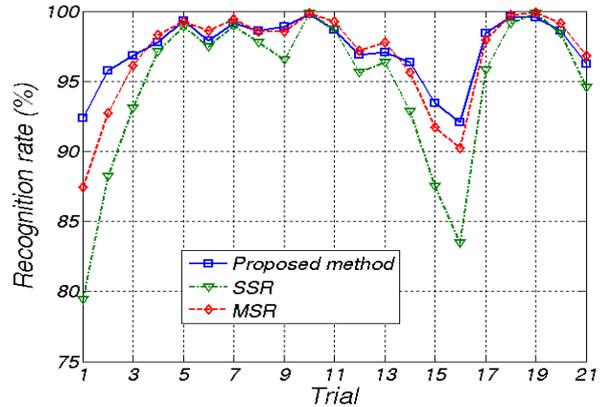


그림.5 다른 조명 정규화 기법들과 인식률 비교

특히 좌, 우 조명에 의한 강한 그림자가 나타나는 1, 2번 그리고 15, 16번의 영상에서 다른 기법에 비하여 그림자 제거 효과가 좋고, 인식률도 높게 나타남을 알 수 있다. 제안된 기법을 적용한 경우 97.34%의 높은 평균 인식률을 얻을 수 있었다.

IV. 결론

제안된 적응 평활화 기법은 조명에 의한 강한 그림자가 생기는 영상에 대하여 육안으로 높은 조명 정규화 효과를 확인할 수 있을 뿐만 아니라, 얼굴인식에서도 다른 기법들에 비해 높은 인식률을 나타내었다. 따라서 제안된 기법이 열악한 조명환경의 얼굴 인식 시스템에서 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

[1] Rafael C. Gonzalez et al. Digital Image Processing, Prentice Hall, 2002
 [2] Daniel J. Jobson et al. "Properties and Performance of a Center/Surround Retinex". IEEE Transactions on Image Processing, Vol. 6, No. 3, pp. 451-462, 1997
 [3] Daniel J. Jobson et al, "A Multiscale Retinex for Bridging the Gap Between Color Images and the Human Observation of Scenes". IEEE Transactions on Image Processing, Vol. 6, No. 7, pp. 965-976, 1997