

# 조명변화에 강인한 눈 검출을 위한 조명 정규화 방법

허성철, 이흐테삼 울 이슬람, 김인택  
명지대학교 통신공학과

e-mail : xcz75@mju.ac.kr, ihteshcise@yahoo.com, kit@mju.ac.kr

## Illumination Normalization Method for Robust Eye Detection in Lighting Changing Environment

Chengzhe Xu, Ihtesham Ul Islam, Intaek Kim  
Department of Communication Engineering  
Myongji University

### Abstract

This paper presents a new method for illumination normalization in eye detection. Based on the retinex image formation model, we employ the discrete wavelet transform to remove the lighting effect in face image data. The final result based on the proposed method shows the better performance in detecting eyes compared with previous work.

### I. 서론

현재까지 알려진 얼굴인식의 단계는 얼굴 영역 검출 및 사이즈 정규화, 얼굴특징 추출 및 데이터베이스 구축과 정합 알고리즘의 3단계로 나눌 수 있다. 눈의 위치는 검출된 얼굴 영역을 일정 사이즈로 정규화 하는 중요한 의거로 사용되고 있다. 눈 검출 방법으로는 컬러 기반 방법, 템플릿 기반 방법, AdaBoost 기반 방법 등 많은 방법이 있다. 이상의 눈 검출 방법에서 눈 검출에 가장 큰 영향을 주는 요소로는 조명의 영향이라 할 수 있다.

본 논문에서는 레티넥스 이론과 웨이블릿 변환을 결합한 방법으로 조명변화가 눈 검출에 주는 영향을 제

거하는 알고리즘을 제안한다. II장에서는 영상 생성 모델, 웨이블릿 변환과 제안한 알고리즘을 소개하고 III 장에서는 실험 및 결과를 기술하고 결론을 맺는다.

### II. 본론

#### 2.1 영상 생성 모델 (Image Formation Model)

본 논문에서는 레티넥스 (Retinex) 이론[1]에 기반을 둔 영상 생성 모델을 사용 한다. 레티넥스 이론에 의하면 영상은 수식 (1)과 같이 물체 표면에서의 반사율 (reflectance)과 그 물체에 비추지는 조명(illumination)의 곱에 의해 결정된다.

$$f(x,y) = r(x,y) \times i(x,y) \tag{1}$$

동일한 두 물체라 할지라도 서로 다른 조명하에서는 수식 (1)에서 보듯이 다른 밝기(luminance)를 갖게 된다. 그러나 인간 시각은 이러한 조명의 영향을 배제하고 단지 물체의 반사율을 통해 물체를 인지한다는 것이 레티넥스 이론이다.

#### 2.2 이산 웨이블릿 변환 (DWT)

웨이블릿 이론[2]의 개념은 스케일링 함수  $\phi(x)$ 와 웨이블릿 함수  $\psi(x)$ 의 확장(dilation)과 천이

(translation)에 있다. 이산 웨이블릿 변환에서 신호  $x(t)$ 는 다음과 같이 표현된다.

$$x(t) = \sum_k c_{j,k} \phi_{j,k}(t) + \sum_k d_{j,k} \psi_{j,k}(t) + \sum_k d_{j-1,k} \psi_{j-1,k}(t) \cdots + \sum_k d_{1,k} \psi_{1,k}(t) \quad (2)$$

수식 (2)에서  $\phi_{j,k}(x)$ 와  $\psi_{j,k}(x)$ 는  $\phi(x)$ 와  $\psi(x)$ 를 확장하고 천이함으로써 얻어진다.

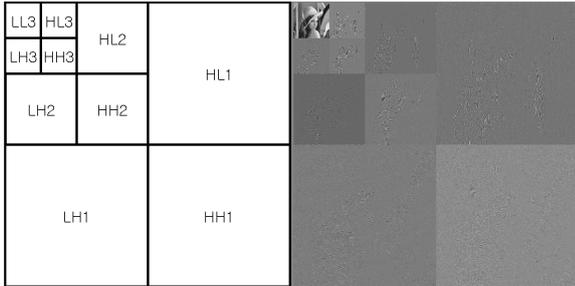


그림 1. 3 Level 웨이블릿 변환 분해도

2차원 영상의 웨이블릿 변환은 영상을 수평과 수직 방향으로 1차원 DWT를 반복적으로 수행하여 얻어진다. 그림 1에 표시된 LL, HL, LH, HH는 분해된 대역을 나타내는 것으로 L과 H는 각각 저주파 및 고주파 성분을 의미한다.

### 2.3 조명 정규화 알고리즘

조명 성분은 영상에서 저주파 성분으로 표현되므로 저주파 성분을 추정하여 제거함으로써 조명의 영향을 제거할 수 있다. 본 논문에서는 웨이블릿 변환을 이용하여 저주파 성분을 추정하여 제거한다.

영상에 로그변환을 하면 반사율은 다음과 같이 표시된다.  $\log_a r(x,y) = \log_a f(x,y) - \log_a i(x,y)$ . 조명  $i(x,y)$ 는 영상  $f(x,y)$ 의 저주파 성분으로 표현되므로 영상을  $n$  level 웨이블릿 변환한 후 LL대역의 웨이블릿 계수들만을 사용하여 복원한 영상으로 추정되므로 반사율은 수식 (3)과 같이 표시할 수 있다.

$$r(x,y) \approx a^{IDWT[c(x,y)]}, c(x,y) \in LL \quad (3)$$

여기서  $c(x,y)$ 는  $\log_a f(x,y)$ 를 DWT한 후 얻어진 계수를 표시하며 IDWT는 웨이블릿 역변환을 표시한다.

얻어지는  $r(x,y)$ 에 대해 adaptive 히스토그램 균등화를 실행하여 최종적으로 조명 정규화를 완성한다.

## III. 실험 결과 및 결론

본 논문의 실험 영상데이터는 180개의 정면 얼굴 이미지로 구성되어 있는, 본 연구실에서 자체 수집한 SPL Face Database를 사용하였다. 이 DB는 PC카메

라로 획득한  $320 \times 240$  사이즈의 컬러영상으로서 10명의 사람들에 대해 3개의 조명환경, 3개의 배경과 2개의 자유 포즈 조건하에서 획득한 데이터로서 일반적인 환경에서 PC카메라 등 저렴한 카메라를 이용한 실시간 얼굴 인식에 적합한 데이터이다.

영상데이터에서 AdaBoost[3] 알고리즘으로 얼굴 영역을 추출하였으며, 추출한 얼굴 영상은  $100 \times 100$  사이즈로 정규화 한 후 조명 정규화를 실행하였다. 조명 정규화 알고리즘을 사용함에 있어서 7 level 웨이블릿 변환을 수행하였으며 'bior3.7' mother 웨이블릿을 사용하였다. 웨이블릿 처리 후 adaptive 히스토그램 균등화를 실행하여 조명 정규화를 완성하였다. Adaptive 히스토그램 균등화 파라미터 설정에서 tile 개수는  $8 \times 8$ 로 하였고 히스토그램 shape는 rayleigh로 지정하고 alpha값은 0.8로 하였다. 조명 정규화를 실행한 후 AdaBoost 알고리즘 기반 방법으로 눈을 검출하였다. 조명 정규화의 유무에 따른 눈 검출 에러는 표 1에 표시한 것과 같다.

표 1. 조명 정규화 유무에 따른 눈 검출 에러율

	Error Rate
Without Illumination Normalization	6.1 %
Illumination Normalization	1.7 %

실험 결과로부터 본 논문에서 제안한 방법은 효과적으로 조명의 영향을 제거할 수 있음을 확인하였다.

앞으로 해야 할 연구과제로는 본 알고리즘을 사용함에 있어서 그림자의 경계 부근에서 어두운 곳은 더 어둡고 밝은 곳은 더 밝게 나타나는 후광 효과(Halo Effect)를 효과적으로 억제하는 새로운 알고리즘을 연구해야 할 것이다.

## 참고문헌

[1] Z. Rahman, D. Jobson, and G. A. Woodell, Properties and Performance of a Center/Surround Retinex, IEEE Trans. Image Processing, Vol. 6, No. 3, pp. 451-462, 1997.  
 [2] Rao, R.M., Bopardikar, and A.S, Wavelet Transforms: Introduction to Theory and Applications, 1st Edn., Addison Wesley Longman, Inc., Redwood City, 1998.  
 [3] Paul Viola, Robust Real-Time Face Detection, International Journal of Computer Vision, Vol. 52(2), pp. 137-154, 2004.