

홍채인식을 위한 이미지 기반의 자동 초점 계산 방법

우 상 봉*°, 추 현 곤**, 김 희 율**
*한양대학교 정보통신대학원 소프트웨어공학
**한양대학교 전자전기컴퓨터공학부
전화 : 02-2299-8402

Image Based Focus Value Estimation Method for Iris Recognition

Sang-Bong Woo*°, Hyun-Gon Choo**, Whoi-Yul Kim**
*Dept. of Software Engineering Graduate School of Information and
Communications, Hanyang University
**Division of Electrical and Computer Engineering, Hanyang University
E-mail : sbwoo@vision.hanyang.ac.kr

Abstract

본 논문에서는 홍채인식 시스템에서 효율적인 영상을 획득을 위한 이미지 기반 자동초점 계산방법을 제안한다. 제안된 방법은 동공 영역을 중심으로 Block단위로 이미지 기반 초점 계수를 조합하여 Out-of-Focusing 현상이나 노이즈의 간섭을 줄여줄 수 있다. 22800장의 홍채 영상을 이용한 실험 결과를 통해 제안하는 방법이 약 95%의 효율성을 가짐을 증명하였다..

I. 서론

홍채인식 시스템은 사람마다 고유한 눈동자의 홍채 패턴을 구별해 신분을 증명하는 장치로서, 신체 일부분을 이용하는 생체인식 가운데 개인 식별 및 보안 분야에서, 정확성면에서 가장 우수한 기술로 인정받고 있다. 홍채인식 시스템은 크게 영상 획득과정, 눈 영상에서의 홍채영역 추출과정, 특징 추출과정, 홍채코드 생성, DB등록과 인식에 의한 매칭으로 이루어진다[6]. 정확한 홍채 코드 생성을 위해서는 홍채 특징이 잘 나타나는 선명한 화질의 눈 영상을 획득하는 것이 매우 중요하다. 그래서 홍채인식에서는 자동 초점 카메라가 많이 사용된다. 자동 초점 비디오카메라 (Autofocusing video camera)에서 초점이 가장 잘 맞는 위치를 찾는 측정 방법에는 초음파를 이용하여 비디오카메라와 피사체 사이의 거리를 계산하는 방법, 적외선 빔을 사용

하여 삼각법에 의해 렌즈를 움직이면서 초점을 맞추는 방법 등이 있다. 그러나 피사체와의 거리를 계산하여 초점을 조절하는 방법은 홍채영역이 아닌 곳에 초점이 맞춰질 수 있는 단점을 가지고 있기 때문에 홍채인식을 위해서는 이미지 기반의 자동 초점 계산이 필요하다.

본 논문에서는 홍채 인식에 적합한 이미지 기반의 자동 초점 계산 방법을 제안한다. 노이즈로 인한 간섭과 홍채 외의 영역에 초점이 맺히는 Out-of-Focusing 문제를 해결하기 위해서, 동공 영역을 중심으로 한 Block단위의 접근 방법을 이용하였으며, 초점 계산 방법을 복합적으로 사용하여 효율적인 초점 계수를 구하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서 기존의 이미지 기반에서 초점값을 계산하는 방법을 설명하고, III장에서 이미지 기반에서의 자동 초점 계산을 위해 제안한 방법에 대해 설명하고, IV장에서 제안한 방법에 대한 실험과 그 결과를 통하여 제안한 방법의 성능을 평가하고 V장에서는 실험과 결과에 대한 결론을 내린다.

II. 기존의 방법

기존의 이미지 기반에서 초점을 계산하는 방법은 영상의 고주파 성분이나 경계선 성분을 검출하여 초점값을 계산하는 방법이다. 이미지 기반 초점 계산방법에

는 Tenengrad, SML, FSWM, FFT Spectrum 등이 있다[1-5].

2.1 기존의 이미지 기반 초점 계산 방법

가. Tenengrad Criterion

Tenengrad 초점 계산 방법은 영상의 각 화소의 gradient를 계산하여, 그 값의 magnitude의 전체 합을 통해 간단하게 구할 수 있다[2].

$$\sum |\nabla f(x, y)| = \sum \sqrt{f_x^2 + f_y^2} \quad (1)$$

f(x,y)는 화소의 밝기이고, f_x^2, f_y^2 는 수평, 수직 방향의 gradient이다. gradient는 다음의 sobel 연산을 통해 간단히 구할 수 있다.

$$I_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad I_y = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

gradient magnitude 는 S(x,y)로 계산된다.

$$S(x, y) = \sum_x \sum_y \sqrt{(I_x * f(x, y))^2 + (I_y * f(x, y))^2} \quad (3)$$

초점값은 다음과 같이 구해진다.

$$\max \sum_x \sum_y S(x, y)^2 \quad (4)$$

나. SML Criterion

SML 초점 계산 방법은 수정된 라플라시안을 이용한 2차 미분값의 형태로 계산된다[3].

$$\begin{aligned} \nabla^2 f(x, y) &= \left| \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial x^2} \right| + \left| \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial y^2} \right| \\ &= |2f(x, y) - f(x-1, y) - f(x+1, y)| \\ &= + |2f(x, y) - f(x, y-1) - f(x, y+1)| \end{aligned} \quad (5)$$

초점값은 다음과 같이 구해진다.

$$\max \sum_x \sum_y \left\{ \left| \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial x^2} \right| + \left| \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial y^2} \right| \right\}^2 \quad (6)$$

다. FSWM Criterion

FSWM 계산 방법은 비선형 Weighted Median 필터의 특성을 가지고 효과적으로 노이즈를 제거하면서 초점값을 계산한다[4].

$$\begin{aligned} Fx &= \text{med}\{x_{n-2}, x_{n-1}, x_n\} - \text{med}\{x_n, x_{n+1}, x_{n+2}\} \\ Fy &= \text{med}\{y_{n-2}, y_{n-1}, y_n\} - \text{med}\{y_n, y_{n+1}, y_{n+2}\} \end{aligned} \quad (7)$$

초점값은 다음과 같이 계산된다.

$$S(x, y) = \sum_x \sum_y Fx^2 + \sum_x \sum_y Fy^2 \quad (8)$$

라. FFT Spectrum

Daugman은 각 프레임의 2D Fourier 스펙트럼에서 고주파 성분을 측정하여 초점값을 계산하였다[1][5].

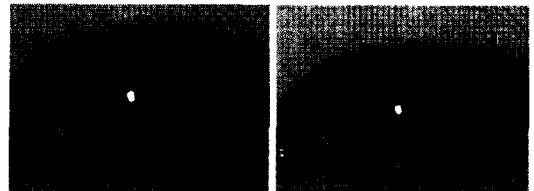
$$F(u, v) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(x, y) e^{-j2\pi(ux+vy)} \quad (9)$$

초점값은 다음과 같이 구해진다.

$$|F(u, v)| = [R^2(x, y) + I^2(x, y)]^{1/2} \quad (10)$$

III. Block 기반의 초점 계산 방법

앞에서 소개한 기존의 이미지 기반 계산 방법은 이미지의 고주파 성분이나 경계선을 이용한다. 이런 이유로 노이즈가 심한 경우, 노이즈를 고주파성분이나 경계선으로 인식하게 된다. 또 Out-of-Focusing의 경우, 홍채 영역이 아닌 다른 영역(눈썹이나 눈꺼풀)에 초점이 맞았음에도 불구하고, 눈썹으로 인한 경계성분들로 인해, 높은 초점값이 나타나게 된다. 그림 1은 노이즈와 Out-of-Focusing 현상에도 불구하고, 초점값들이 높게 나오는 예를 보여준다.



(a) 노이즈 간섭 (b) Out-of-Focusing
그림.1 노이즈 간섭과 Out-of-Focusing의 예

제한한 방법은 노이즈의 간섭을 극복하고 Out-of-Focusing 문제를 해결하기 위해서 다음과 같이 Local Block 단위 접근 방법을 사용하였다. 먼저, 전체 영상을 10×7 Block으로 나누고, Block단위로 밝기값을 계산하여, 가장 어두운 Block을 찾아서 그 영역을 동공이 위치한 영역이라 가정한다. 그리고 그림 2와 같이

중앙에 있는 4개의 Block 안쪽으로 동공 영역 중심이 들어올 수 있도록 Local Block을 지정한다. Block의 크기는 중앙에 있는 4개의 Block 안에 동공이 들어올 수 있도록 전체 영상의 1/10 정도 크기로 지정하였다. 실험에 사용된 영상 640×480이므로, 64×64 크기의 Block들로 구간을 나누었다.

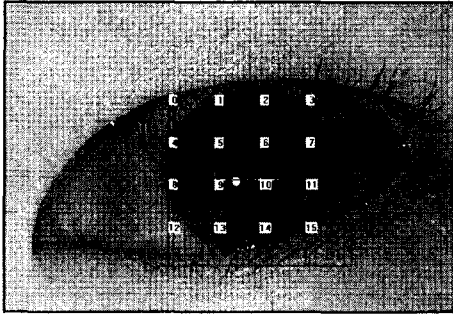


그림2. 4×4 Local Block

그림 2와 같이 동공 영역에 집중하여 분포된 16개의 Block에 대해서 각각 SML과 FSWM의 초점값을 계산하여, 16개 Block의 각 값을 합하여 이 영상의 초점값으로 사용하였다.

$$fValue(SML, FSWM) = \left(\sum_{i=0}^{15} S_i, \sum_{i=0}^{15} F_i \right) \quad (11)$$

$S_i = \text{Block}_i$ 의 SML값 $F_i = \text{Block}_i$ 의 FSWM값

제안된 방법에서는 각 Block에서의 초점값을 계산하기 위해 SML과 FSWM을 사용하였다. SML은 경계선의 특성을 잘 검출하고, FSWM은 노이즈에 강인한 특성이 있어서, SML과 FSWM의 조합은 효과적인 초점계수 검출 방법이 될 수 있다. 초점값에 대한 조합의 선택은 실험적으로 선택하였다.

IV. 실험 결과

실험을 위해 사용된 데이터는 LG Iris Access [EOU-2200] 카메라를 통해 입력된 데이터로 640×480 해상도를 가진 영상이다. 57명의 눈 영상을 좌, 우 각각 200장씩을 촬영하여 한 사람당 400장씩 총 22800장의 흑백 영상을 데이터로 실험하였다.

먼저 정확한 자동 초점 계산의 시점을 정의하기 위해 인위적으로 Gaussian Blurring을 적용하여 실험하였다. 57명의 눈 영상에서 화질이 가장 좋은 영상을 1인당 1장씩 선택하여 Gaussian Blurring σ (sigma)값을 0.5에서 5.0까지 0.1 단위로 50단계로 적용하여 50장의 눈 영상을 만들었다. 57명의 눈 영상을 각각 50단계로 구

분한 전체 영상 2850장에 관하여 SML, FSWM, Tenengrad, FFT Spectrum의 초점값을 계산하여 실험을 행하였다.

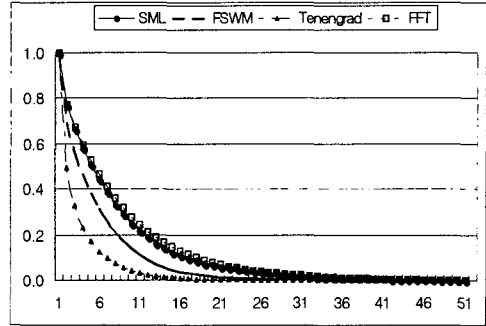
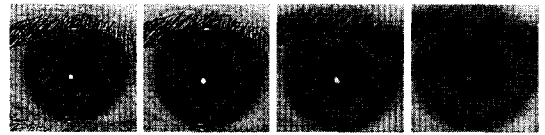


그림3. Gaussian Blurring Test의 초점값 분포



1번, $\sigma=0.5$ 5번, $\sigma=0.9$ 10번, $\sigma=1.4$ 50번, $\sigma=5.0$

그림4 Gaussian Blurring Test 영상

실험 결과 영상에 대해서 인지적으로 판단하였을 때, 5번까지의 영상을 화질이 선명하다고 가정하였다.

전체 각 계수의 값의 분포를 [0,1]로 정규화 하였을 때, 얻어지는 영상 획득의 경계치(Thresholds)는 SML 0.5, FSWM 0.4, Tenengrad 0.15, FFT 0.5 이다.

표1은 실험 데이터 1000장의 영상에 대해서 계산된 경계치 값을 이용 하여, 구분한 결과를 나타낸다. [오류1]은 정상영상(홍채 인식에 적합한 영상)임에도 불구하고 비정상적으로 판단된 경우, [오류2]는 비정상적인 영상(홍채 인식에 부적합한 영상)임에도 불구하고 정상 영상이라고 판단된 경우이다.

구분	정상		비정상	
	검출개수	오류1	검출개수	오류2
SML	944개	59개(6.2%)	56개	3개(5.3%)
FSWM	934개	61개(6.5%)	66개	5개(7.5%)
Tenengrad	935개	84개(8.9%)	65개	6개(9.2%)
FFT	921개	73개(7.9%)	79개	6개(7.5%)

표1. 기존의 방법을 이용한 결과

표2는 표1의 실험과 같은 환경에서 여러 개의 초점계수를 조합하여 초점값을 계산해본 결과 중에서, 가장 좋은 효율을 보여주는 SML과 FSWM, 두가지 계

산 방법을 조합하여 사용한 결과이다.

V. 결론

구분	정상		비정상	
	검출개수	오류1	검출개수	오류2
SML&FSWM	954개	50개(5.2%)	46개	2개(4.4%)

표2. SML과 FSWM 조합하여 사용한 결과

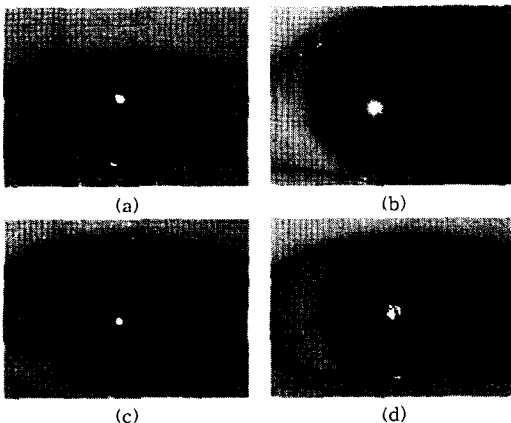
표3에서는 SML과 FSWM 초점 계수의 조합과 Local Block 계산을 사용하여 홍채인식에 적합한 영상과 부적합한 영상을 구분하고, 구분된 영상에서의 오류를 알아보는 실험의 결과다.

	전체 영상	정상	비정상
영상개수	22800개	15535개	7265개
오류	1155개	798개(오류1)	357개(오류2)
오류율	5.06%	5.13%(오류1)	4.91%(오류2)

표3. 제안한 방법의 실험 결과

표3의 실험 결과는 제안하는 방법을 통해 약 95%의 검출 성공률을 얻었으며, 전체 영상에 대한 오류율은 5.06%였다.

표3의 결과에서 나타나는 오류는 다음과 같은 경우에 주로 나타난다. 오류1의 경우, 그림 4.(a)(c)와 같이 사람의 속눈썹이 홍채 영역에 간섭하여 전체적으로 초점값이 높게 나온 것이며, 오류2의 경우, 그림 4.(b)(d)와 같이 콘택트렌즈의 상태가 좋지 않았기 때문에 초점값이 낮게 나온 것이다.



(a)(c): 속눈썹의 간섭, (b)(d): 렌즈에 의한 영향
그림4. 분석된 오류 영상

본 연구에서는 고화질의 홍채 영상을 획득을 위한 이미지 기반 자동 초점 계산 방법을 제안하였다. 동공 영역을 중심으로 Block 단위에서의 초점 계수를 조합하여 홍채인식에 적합한 영상을 검출하는 효율을 높일 수 있었다. 또 제안하는 방법은 홍채 카메라에서 발생이 가능한 Out-of-Focusing 현상과 노이즈의 간섭으로 인한 오류를 줄일 수 있다. 실험 결과로부터 제안하는 방법이 95%에 가까운 성공률을 얻을 수 있음을 알 수 있다.

향후에는 본 연구에서 얻어진 결과를 실제 홍채인식에 적용하여 실험을 해보고, 더 많은 연구를 통해 홍채인식 시스템을 설계해 보고자 한다.

Acknowledgement

본 연구는 정보통신부 정보통신연구진흥원에서 지원하고 있는 정보통신기초연구지원사업의 지원에 의한 것입니다.

VI.참고문헌

- [1]Daugman J., "High Confidence Visual Recognition of Persons by a Test of Statistical Independence", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 15, No. 11, pp. 1148-1161, Nov. 1993.
- [2]J.M. Tenenbaum, Accomodation in Computer Vision, Ph.D.thesis, Stanford University, 1970
- [3]S.K. Nayer and Y. Nakagawa "Shape from focus," IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 16, pp.824-831, Aug. 1994
- [4]K.S.Choi, K.H.Lee, S.J.Ko and A.W.Moraless, "Frequency selective weighted median filters," Proc.ISET/SPIE Symposium on Electronic Imaging, vol. 3646, Jan. 1999.
- [5]Daugman J., "Recognizing Persons by Their Iris Patterns", Security Technology, 2001 IEEE 35th International Carnahan Conference on, pp. 254-263, 2001.
- [6]박영규 "고정초점 흑백 CCD 카메라 환경에서 홍채 signature를 이용한 온라인 개인식별", 연세대학교 전자공학과 박사학위 논문. 2001