

개선된 퍼지 스트레칭을 이용한 렌즈 흠집 검출

이경윤 · 이민정 · 김광백

신라대학교 컴퓨터정보공학부

A Lens Crack Detection using Enhanced Fuzzy Stretching

Gyeong-Yun Yi · Min-Jung Lee · Kwang-beak Kim

Division of Computer and Information Engineering, Silla University

E-mail : gyui0718@gmail.com, min_jung4964@naver.com, gbkim@silla.ac.kr

요 약

본 논문에서는 영상의 명암도 분포도를 효과적으로 조정하기 위해 개선된 퍼지 스트레칭 기법을 제안하여 적용한다. 개선된 퍼지 스트레칭이 적용된 영상에서 소벨 마스크를 이용하여 에지를 추출한다. 추출된 에지 영상에 퍼지 추론 기법을 적용하여 흠집 크기에 대한 소속도와 중심과 흠집간의 거리에 대한 소속도를 구한 후에 퍼지 추론 기법을 적용하여 흠집이 눈에 미치는 영향 정도를 분석한다.

본 논문에서 제안된 방법의 성능을 평가하기 위해 CHEMI, MID, HL, HM와 같은 시력 보정용 렌즈 영상을 대상으로 실험한 결과, 제안된 방법이 기존 렌즈 흠집 추출 방법보다 흠집 영역이 정확히 추출되고 눈에 미치는 영향을 효과적으로 분석할 수 있는 가능성을 확인하였다.

키워드

퍼지 스트레칭, 소벨 마스크, 퍼지 추론 기법

I. 서 론

안경 렌즈의 경우 1년 단위로 교체하는 것이 권장되고 있다[1]. 그러나 안경착용자마다 생활습관이나 관리는 차이가 날 수 밖에 없으므로 객관적인 교체시기로는 보기 어렵다. 안경착용자의 경우에는 안경 렌즈에 흠집이 중심에 가까이 있는 경우에는 안경 착용자의 시력 저하와 두통 같은 실생활에 악영향을 끼친다 그리고 안경 렌즈의 제작과정이나 운반과정 중 공정렌즈에 흠집이 발생할 수 있다. 이렇게 발생한 흠집 검사는 검사자의 목시검사를 통해 이루어진다. 그러나 목시검사는 검사자의 주관성이 개입되므로 신뢰성이 떨어져 정확하고 객관적인 검사로 보기 어렵다. 따라서 본 논문에서는 흠집 분석 결과의 객관성과 신뢰성을 향상시키기 위해서 개선된 퍼지 스트레칭 기법과 퍼지 추론 규칙을 적용하여 렌즈 흠집이 중앙에 멀어 질수록 눈에 미치는 영향 정도를 분석하는 방법을 제안하여 시간 감소와 흠집 검사의 객관성과 신뢰

성을 향상시킨다.

II. 제안된 흠집 검출 방법

본 논문에서는 렌즈의 흠집을 정확히 추출하기 위한 전단계로 퍼지 이론을 적용한 개선된 퍼지 스트레칭 기법을 제안하여 적용한다.

기존의 퍼지스트레칭 기법은 객체와 배경의 명암도 분포가 차이가 명확하지 않거나 특정 일부 지역으로 밀집하게 분포되어 있는 경우에는 객체와 배경을 분리하는 과정에서 정보 손실이 발생한다[2]. 그리고 엔드인 탐색은 상한과 하한의 백분율을 경험적으로 설정하기 때문에 적용 분야에 따라 최적의 값을 설정할 수 없는 문제점이 있다[3,4]. 따라서 본 논문에서 사다리꼴 타입의 소속 함수 적용하여 스트레칭 하는 방법을 제안하여 적용한다[5].

원 영상에서 그레이 값 X_i^G , 넓이(M), 높이(N)을 이용하여 중간 밝기 값 X_m 을 식(1)과 같이 계산한다.

$$X_i^G = \frac{X_i^r + X_i^g + X_i^b}{3} \quad (1)$$

$$X_m = \sum_{i=0}^{255} X_i^G \times \frac{1}{M \times N}$$

소속도를 결정하기 위해 최대 밝기 픽셀(I_{max}), 최소 밝기 픽셀(I_{min})을 이용하여 X_{m^2} 을 식(2)와 같이 계산한다.

$$X_{m^2} = \frac{I_{max}}{I_{min}} \quad (2)$$

식(2)에서 계산된 X_{m^2} 을 이용하여 어두운 영역의 거리값(D_{min})과 밝은 영역의 거리 값 (D_{max})의 계산은 식(3)과 같다.

$$\begin{aligned} D_{max} &= |X_h - X_m| \\ D_{min} &= |X_m - X_l| \end{aligned} \quad (3)$$

식(3)에서 구한 어두운 영역의 거리값(D_{max})과 밝은 영역의 거리값 (D_{min})을 이용하여 밝기 조정률 (*adjustment*)을 식(4)와 같이 구한다.

$$\begin{aligned} \text{if}(X_m > 128) \\ \text{then } adjustment &= 255 - X_m \\ \text{else if}(X_m \leq D_{min}) \\ \text{then } adjustment &= D_{min} \\ \text{else if}(D_{max} \geq X_m) \\ \text{then } adjustment &= D_{max} \\ \text{else } adjustment &= X_m \end{aligned} \quad (4)$$

밝기 조정률(*adjustment*)를 이용하여 제안된 퍼지 스트레칭 기법의 소속 함수 구간을 설정하기 위해 최대 밝기 값 (I_{max}), 최소 밝기 값(I_{min}), 중간 밝기 값(I_{mid})을 구하고 X_m 와 X_{m^2} 를 이용하여 I_{minmid} 과 I_{midmax} 를 식(5)와 같이 계산한다.

$$\begin{aligned} I_{max} &= X_m + adjustment \\ I_{min} &= X_m - adjustment \\ I_{mid} &= \frac{I_{max} + I_{min}}{2} \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} I_{minmid} &= |X_m - X_{m^2}| \\ I_{midmax} &= |X_m + X_{m^2}| \end{aligned}$$

식(5)에서 구한 I_{max} , I_{min} , I_{minmid} 과 I_{midmax} 을 그림 1과 같은 사다리꼴 타입의 퍼지 소속 함수에 적용한다. 사다리꼴 타입의 구간은 그림 2와 같이 [I_{min} , I_{minmid} , I_{midmax} , I_{max}]를 가진다.

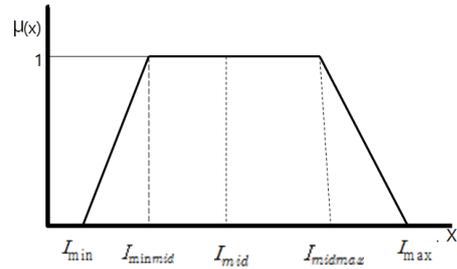


그림 1. 사다리꼴 퍼지 소속 함수

그림 1과 같은 구간 [I_{min} , I_{minmid} , I_{midmax} , I_{max}]에 대한 소속도를 계산한다. 사다리꼴타입의 퍼지 소속 함수에서 구한 소속도에 대해서 식(6)과 같이 α_{cut} 를 구한 후, 구한 α_{cut} 을 이용하여 퍼지 스트레칭에 필요한 높은 값인 상한(β)와 가장 낮은 픽셀 값인 하한(α)을 구한다. 구한 상한(β)과 하한(α)을 이용하여 스트레칭 한다.

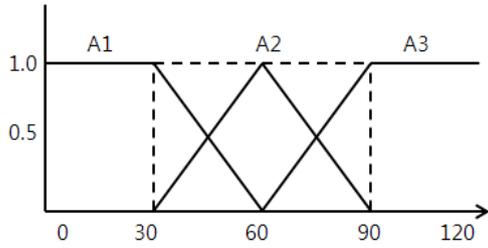
$$\begin{aligned} \text{if}(I_{min} \neq 0) \alpha_{cut} &= I_{min} / I_{max} \\ \text{else } \alpha_{cut} &= 0.5 \end{aligned} \quad (6)$$

$$X_{mnew} = \frac{X_m - \alpha}{\beta - \alpha} \times 255$$

식(6)에서 X_m 는 스트레칭 이 적용되지 않은 픽셀 값, X_{mnew} 는 스트레칭이 적용된 픽셀 값이다.

공정 렌즈의 경우에는 개선된 퍼지 스트레칭이 적용된 영상에 수평 및 수직 에지를 검출하는 소벨 마스크 기법과 이진화 기법을 적용하여 에지를 추출한다. 에지가 추출된 영상에서 흠집 영역이 아닌 렌즈 테두리와 미세한 잡음을 제거한다. 잡음이 제거된 영상에서 효과적으로 검출하기 위해서 팽창기법을 적용한 후에 Labelling 기법을 적용하여 흠집 영역을 검출한다. 일반 안경 렌즈의 경우에는 개선된 퍼지 스트레칭이 적용된 영상에 수평 및 수직 에지를 검출하는 소벨 마스크 기법을 적용하여 에지를 추출한다. 에지가 추출된 영상에서 미세한 잡음 영역을 제거한다. 잡음이 제거된 영상에서 흠집을 검출하기 위하여 레이블링 기법을 적용한다.

본 논문에서는 공정 렌즈 영상에서 추출한 흠집 영역에 대해서 퍼지 추론 기법을 적용하여 눈에 미치는 영향 정보를 분석한다. 따라서 공정 렌즈 영상에서 추출된 흠집 영역에 대해서 그림 2(a)와 같이 흠집 크기에 대한 소속 함수를 설계하고 렌즈 영역의 중심 좌표에서 흠집 영역 간의 거리에 대한 소속 함수를 그림 2(b)와 같이 설계한다.



(a) 흠집 크기에 대한 소속 함수

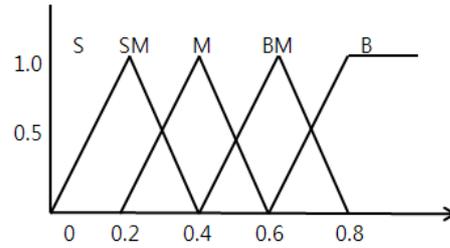
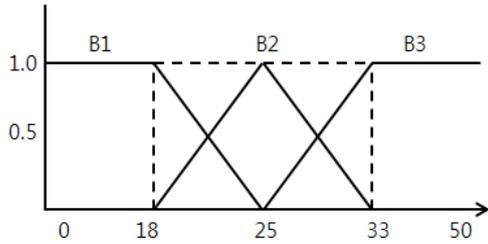


그림 3. 흠집이 눈에 미치는 영향에 대한 소속 함수



(b) 중심과 흠집의 거리에 대한 소속 함수
그림 2. 퍼지 소속 함수

렌즈의 흠집 크기가 크고 흠집이 렌즈의 중심에 가까운 경우에는 눈에 미치는 영향이 크며, 반대로 렌즈의 흠집이 작고 렌즈의 중심으로부터 멀어질수록 눈에 적은 영향을 끼친다. 따라서 그림 4와 같은 소속 함수를 이용하여 표 1과 같은 퍼지 추론 규칙에 적용한다.

표 1. Fuzzy 추론 규칙

규칙1	If X is A1 and Y is B1 Then W is BM
규칙2	If X is A1 and Y is B2 Then W is B
규칙3	If X is A1 and Y is B3 Then W is B
규칙4	If X is A2 and Y is B1 Then W is SM
규칙5	If X is A2 and Y is B2 Then W is M
규칙6	If X is A2 and Y is B3 Then W is BM
규칙7	If X is A3 and Y is B1 Then W is S
규칙8	If X is A3 and Y is B2 Then W is S
규칙9	If X is A3 and Y is B3 Then W is SM

그리고 표 1의 퍼지 추론 규칙에 대하여 만다니의 Max-Min[6] 추론 방법을 적용하여 흠집이 눈에 미치는 정도를 분석한다, 따라서 눈에 미치는 정도는 소속 함수에서 구한 소속도를 퍼지 추론 규칙에 적용하여 추론한 후, 무게중심법을 적용하여 비퍼지화를 수행한다.

그림 3은 흠집이 눈에 미치는 영향에 대한 소속 함수이다,

III. 실험 및 결과분석

본 논문에서 제안한 방법을 Intel Core™ i5-4210M 기반 RAM 8GB이 장착된 IBM 호환 PC상에서 Visual Studio .NET 2010으로 구현하여 실험하였다. 실험에 적용된 영상은 안경사가 촬영한 CHEMI MID HL HM 시력 보정용 렌즈 영상 10장과 Leica Mz8 현미경으로 촬영한 일반 안경 렌즈 영상 5장을 대상으로 실험하였다. 제안된 흠집 추출 화면은 그림 4와 같고, 퍼지 추론 기법을 적용하여 흠집이 눈에 영향 정도를 분석하는 화면은 그림 5와 같다.

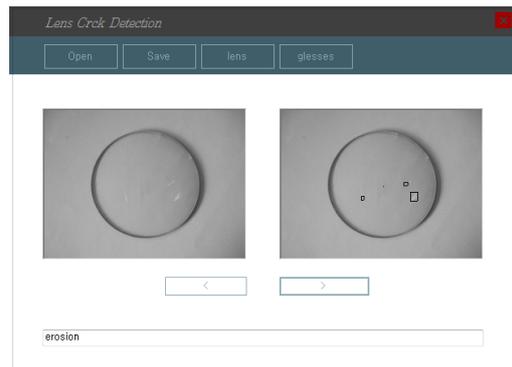


그림 4. 흠집 추출 구현 화면

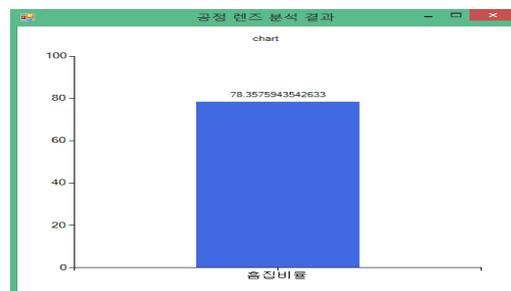


그림 5. 흠집이 눈에 미치는 정보 분석 구현 화면

IV. 결 론

본 논문에서는 렌즈 영상의 흠집 정보를 이용하여 시력을 분석하는 전단계로 퍼지 기법을 이용하여 흠집을 자동으로 검출하고 눈에 미치는 영향을 계산하는 방법을 제안하였다.

본 논문에서 제안된 흠집 추출 기법을 공정 및 일반 렌즈 영상을 대상으로 실험한 결과, 공정 렌즈에서는 기존의 흠집 추출 방법보다 개선되었고 일반 렌즈에서는 흠집 영역이 모두 검출되는 것을 확인하였다.

향후 연구 과제는 일반 안경 렌즈에서 추출된 흠집 영역이 시력에 미치는 영향을 안과 전문의와 함께 연구할 것이고 공정 렌즈에서 추출에 실패한 영상에 대해 유전자 기반 에지 검출을 연구하여 개선할 것이다.

참고문헌

- [1] 노안교정술보다 주기적인 안경 교체가 낫다, 국제신문, 2012년 12월 31일, 24면.
- [2] A. Kandel, G. Langholz, Fuzzy Control Systems, CRC Press, Inc. 1994.
- [3] W. Pedrycz, Fuzzy Control and Fuzzy Systems, Research Studies Press Ltd., 1989.
- [4] J. H. Cho, K. B. Kim " A Cracks Analysis of Spectacle Lens using Fuzzy Reasoning Method", Journal of Korea Society of Computer and Information, Vol. 4, No. 2, pp.358-361, 2010.
- [5] K. B. Kim, "Fuzzy Stretching Method of Color Image," Journal of Korea Society of Computer and Information, Vol. 18, No. 5, pp.18-23, 2013.
- [6] K. B. Kim, "퍼지 스트레칭과 퍼지 추론 규칙을 이용한 렌즈 흠집 검출," 한국전자통신학회 춘계학술지, Vol.8, No.1, 107-110, 2014