

퍼지 기법을 이용한 안경 렌즈의 흠집 검출

최경열* · 이원주** · 김광백*

*신라대학교 컴퓨터정보공학부

**인하공업전문대학 컴퓨터정보과

A Cracks Detection of Spectacle Lens using Fuzzy Method

Kyoung-Yeol Choi* · Won-Joo Lee** · Kwang-Beak Kim*

*Division of Computer and Information Engineering, Silla University

**Dept. of Computer Science, Inha Technical College

요 약

본 논문에서는 렌즈의 흠집을 추출할 수 있는 퍼지 기법을 이용한 렌즈 흠집 검출 방법을 제안한다. 제안된 방법은 렌즈 영상을 그레이 영상으로 변환한 후, 캐니 마스크를 이용하여 렌즈의 경계선을 추출한다. 추출된 렌즈의 경계선에 대해 평균 이진화와 모폴로지를 이용하여 렌즈 경계선을 보정한다. 렌즈 경계선이 보정된 영상에서 Seed Fill 알고리즘을 적용하여 렌즈의 내부 영역만을 추출한다. 추출된 렌즈의 내부 영역에 해당하는 원 영상에서 소벨 마스크를 적용하여 렌즈 내부 영역의 에지를 추출한다. 렌즈 내부 영역에서 추출된 에지 객체들의 정보를 이용하여 흠집과 비흠집을 분류하는 퍼지 기법을 적용하여 흠집 영역을 추출한다. 본 논문에서 제안된 렌즈의 흠집 검출 방법의 성능을 평가하기 위해 CHEMI, MID, HL, HM 시력 보정용 렌즈를 대상으로 실험한 결과, 제안된 방법이 흠집을 효과적으로 검출하는 것을 확인하였다.

키워드

렌즈 흠집, Seed Fill 알고리즘, 퍼지 기법

1. 서 론

컴퓨터나 TV는 미세한 깜빡임으로 우리 눈을 피로하게 하는데 TV 화면이나 컴퓨터 모니터를 주시하는 시간이 증가함에 따라 사람들의 눈의 피로도는 높아지고 있다. 또한 밝은 불빛 아래에서의 과도한 노동과 수면 부족이 생활화 되면서 잠을 자며 휴식을 취하여야 할 시간에 휴식을 취하지 못해 눈의 피로도는 더욱 심해진다. 눈의 피로도가 높아짐에 따라 이는 시력의 저하로 이어져 현대인들 중에는 안경을 착용하는 사람들이 증가하고 있는 추세이다[1]. 시력 저하로 인해 안경을 착용하는 사람이 증가하면서 안경 렌즈의 중요성이 높아졌고 더 가벼운, 더 튼튼한 렌즈를 위한 연구가 계속되고 있다.

안경 렌즈는 렌즈 이외에도 렌즈 표면에 멀티코팅,

하드코팅, UV코팅 등 얇은 코팅 막이 여러 겹으로 겹쳐진 구조로 되어 있다. 이러한 얇은 코팅 막에 흠집이 생길 수도 있는데 안경 렌즈에 흠집이 발생하면 사용자의 시력, 눈의 피로도에 악영향을 미친다[2]. 따라서 렌즈를 가공하는 과정에서 레이저 빔을 이용하여 렌즈 표면을 정밀하게 점검하여 표면의 정밀성(간섭 외변)을 나타내는 가장자리 또는 선의 상태를 기초로 렌즈의 합격 또는 불합격을 엄격하게 결정한다.

하지만 렌즈 검사 공정 과정 후, 운반 과정에서 렌즈의 미세한 흠집이 생기는 경우가 있다. 렌즈가 안경 점으로 운반된 후에는 안경점에서 렌즈를 사용할 때 안경사가 목시 검사를 하는 정도이기 때문에 이런 미세한 렌즈 흠집은 검출하지 못하는 경우가 발생한다. 따라서 본 논문에서는 퍼지 기법을 이용한 렌즈 흠집 검출 방법을 제안한다.

II. 안경 렌즈 영역 추출

기존의 방법은 원 영상에서 렌즈의 경계선을 추출하고 이진화 방법과 라벨링 기법을 적용하여 흠집을 검출한다. 그러나 기존의 방법은 렌즈의 경계선이 흠집 영역보다 두드러지게 나타나기 때문에 이진화 과정에서 일부 흠집 영역이 제거되어 흠집 영역을 정확히 추출하는데 실패하는 경우가 발생한다.

이러한 문제점을 개선하기 위해 본 논문에서는 원 영상에서 렌즈의 내부 영역만을 추출한 후에 이진화 방법을 적용하여 흠집 영역이 제거되는 부분을 개선한다. 렌즈의 내부 영역만을 추출하기 위해 그레이 영상으로 변환된 렌즈 영상을 스트레칭 기법을 적용하여 낮은 명암 대비를 가진 영상을 고른 명암도 값을 가지도록 변환하여 흠집과 렌즈의 명암 대비 효과를 높인다. 스트레칭 기법이 적용된 영상에 잡음에 강한 가우시안 마스크를 적용하여 흠집을 제거한 후, 렌즈의 경계선을 효과적으로 추출하는 소벨 마스크를 적용하여 렌즈의 경계선을 추출하고 평균 이진화 방법을 적용한다. 그리고 렌즈 영역을 원의 형태로 획득하기 위하여 모폴로지 기법을 적용한다. 모폴로지 기법 [3]이 적용된 영상에서 좌우 2방향 탐색 후, 상하 2방향을 탐색하여 렌즈의 내부 영역을 추출하는 Seed Fill 알고리즘[4]을 적용하여 렌즈의 내부 영역을 추출한다.

III. 퍼지 기법을 이용한 흠집 검출

안경 렌즈의 흠집을 검출하는 순서도는 그림 1과 같다.

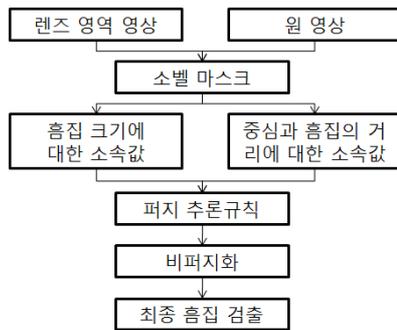


그림 1. 렌즈의 흠집 검출 순서도

추출된 렌즈의 내부 영역에 해당하는 원 영상에서 소벨 마스크를 적용하여 렌즈 내부 영역의 에지를 추출한다. 그림 2의 (a)는 원 영상에 스트레칭 기법을 적용한 결과이고 그림 2의 (b)는 렌즈의 내부 영역을 검출한 결과이다. 그리고 그림 2의 (c)는 그림 2의 (a)와 같이 스트레칭 기법이 적용된 원 영상에서 그림 2의 (b)와 같이 렌즈 내부 영역에 해당하는 영역을 추출하여 소벨 마스크를 적용한 후, 렌즈 내부 영역의 에지를 추출한 결과이다.

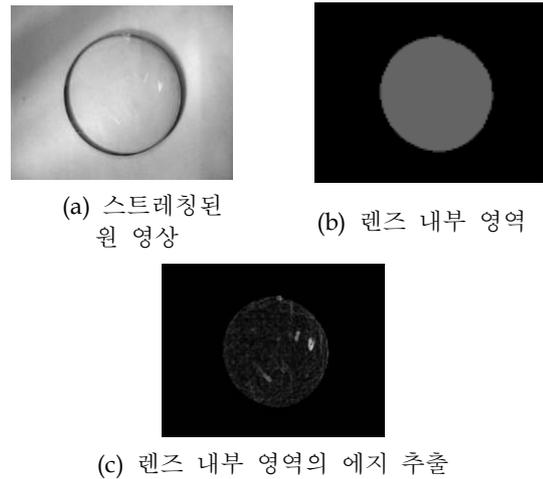
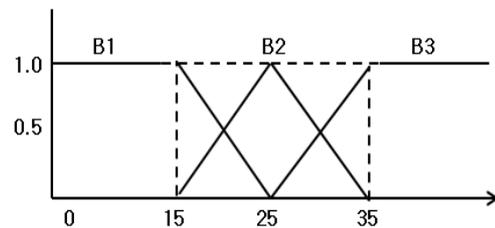


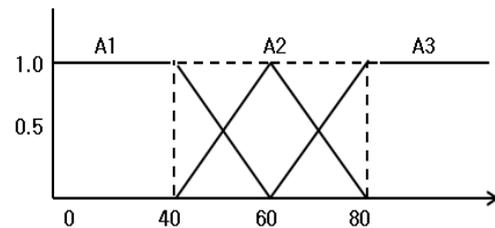
그림 2. 렌즈 내부 영역에서 에지 추출 과정

렌즈 내부 영역의 에지가 추출된 영상에서 평균 이진화 방법을 적용하여 흠집 영역만을 부각시킨 후에 라벨링 기법을 적용하여 흠집 영역을 추출한다. 하지만 렌즈 경계선에서 빛의 반사로 인해 생기는 반사광이 흠집과 같이 추출하는 문제점이 발생한다. 이 문제를 개선하기 위해 본 논문에서는 평균 이진화가 적용된 영상에서 퍼지 기법을 적용하여 흠집 객체만을 추출한다.

그림 3은 흠집 추출에 적용하기 위한 소속 함수이다. 그림 3의 (a)는 추출된 흠집의 크기에 대한 소속 함수이며, 그림 3의 (b)는 렌즈의 중심에서 흠집간의 거리를 나타내는 소속 함수이다.



(a) 흠집 크기에 대한 소속 함수



(b) 렌즈 중심과 흠집의 거리에 대한 소속 함수

그림 3. 흠집 추출을 위한 퍼지 소속 함수

그림 3과 같은 각 소속 함수에서 구해진 소속도를 표 1에 정의된 퍼지 추론 규칙에 적용하고,

Max-Min 추론 방식[5]을 적용하여 최종적인 흠집에 해당하는 소속도를 구한다.

표 1. 퍼지 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 BM

그림 4는 흠집과 비흠집 분류를 위한 소속 함수이다.

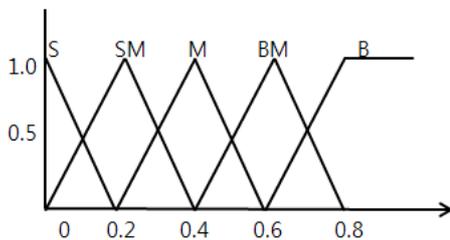


그림 4. 흠집과 비흠집 분류를 위한 소속 함수

흠집에 해당하는 소속도를 식(1)과 같은 무게중심법을 적용하여 비퍼지화 한다.

$$p^* = \frac{\sum u(Y_i)X_i}{\sum u Y_i} \quad (1)$$

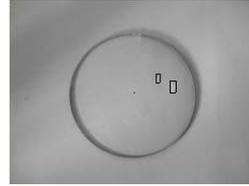
비퍼지화된 결과값이 0.3보다 작은 객체들은 흠집일 가능성이 매우 낮은 것으로 판단하여 0.3 보다 작은 객체들은 잡음으로 간주하여 제거한다. 본 논문에서 0.3으로 설정한 것은 목시 검사를 하는 안경사가 흠집의 형태학적 특징을 기초로 실험한 결과로서 설정한 것이다.

IV. 실험 및 결과분석

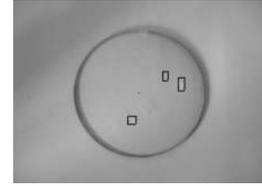
실험에 적용된 영상은 안경사가 촬영한 CHEMI MID HL HM 시력 보정용 렌즈 영상 10장을 대상으로 실험하였다. 그림 5의 (a)는 렌즈의 원본 영상이다. 그림 5의 (b)는 기존의 방법을 적용하여 흠집을 검출한 결과이고 그림 5의 (c)는 제안된 방법으로 검출한 결과이다.



(a) 초기 렌즈 영상



(b) 기존의 흠집 검출 결과



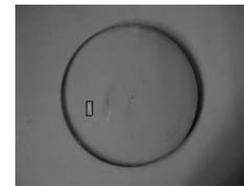
(c) 제안된 검출 결과

그림 5. 흠집 추출 결과

그림 5의 (b)에서 알 수 있듯이 기존의 흠집 검출 방법을 적용하는 경우에는 렌즈의 경계선 부분이 흠집 영역보다 두드러지게 나타나서 전체 영상을 이진화하는 과정에서 일부 흠집이 제거되어 흠집들을 모두 추출할 수 없는 경우가 발생하였다. 그러나 제안된 방법은 렌즈 내부 영역을 추출한 후, 렌즈 내부 영역에 대해 소벨 마스크와 평균 이진화 방법을 적용하였다. 그리고 렌즈 내부 영역에서 반사광이 흠집과 같이 추출되는 문제점을 개선하기 위해 제안된 퍼지 기법을 적용하여 그림 5의 (c)와 같이 흠집 영역만을 정확히 추출하였다. 그림 6은 제안된 방법을 적용하여 일부 흠집 영역을 추출하는데 실패한 경우를 나타내었다.



(a) 초기 렌즈 영상



(b) 흠집 검출 결과

그림 6. 흠집 추출에 실패한 영상

그림 6과 같이 전반적으로 원 영상에서 흠집 영역이 배경 영역과 명암도 차이가 거의 없는 경우에는 제안된 방법으로 미세한 일부 흠집 영역을 추출할 수 없는 경우를 나타난 것이다.

V. 결론 및 향후 연구과제

본 논문에서는 렌즈 내부 영역의 흠집을 추출하기 위해 캐니 마스크와 평균 이진화 방법을 적용하고 렌즈 영역을 원모양 형태로 획득하기 위해 모폴로지 기법을 적용하였다. 모폴로지 기법이 적용된 영상에서

Seed Fill 알고리즘을 적용하여 렌즈의 내부 영역을 추출하였다. 추출된 렌즈 내부 영역에 대해 소벨 마스크를 적용하여 렌즈 내부 영역의 에지를 추출하고 평균 이진화 방법을 적용하여 흠집 영역만을 부각시킨 후에 라벨링 기법을 적용하여 흠집 영역을 추출하였다. 그러나 렌즈 경계선에서 빛의 반사로 인해 생기는 반사광이 흠집과 같이 추출하는 문제점이 발생하여 퍼지 기법을 적용하여 흠집 객체만을 추출하였다. 제안된 방법을 흠집이 있는 렌즈에 적용한 결과, 기존 방법에 비해 비교적 효과적으로 검출되는 것을 확인하였다. 그러나 빛의 차이로 인해 배경과 흠집 영역의 명암도가 거의 차이가 없는 경우에는 미세한 일부 흠집이 추출되지 않는 경우가 발생하였다.

향후 연구 과제는 배경과 흠집 영역의 명암도 차이가 거의 없는 경우에 대해서 명암도를 효과적으로 보정할 수 있는 퍼지 기법을 연구하여 미세한 흠집을 추출하고 흠집 정도에 따라 눈의 피로 정도를 분석할 수 있는 방법에 대해 연구할 것이다.

참고문헌

- [1] 김정희, 홍진석, 이학준, "노안의 직업과 굴절상태에 따른 누진다초점 안경 착용 실태조사," 대한시과학회지, 11권, 2호, pp.93-104, 2009.
- [2] 이원진, "안경렌즈(CR-39)에의 DLC HARD코팅에 관한 연구," 한국안광학회지, 6권, 1호, pp.87-91, 2001.
- [3] Christopher D. W., Alberto S., Stephen M., Modern Image Processing: Warping, Morphing, and Classical Techniques, Academic Press Professional, 1993.
- [4] 최윤철, 임순범, 컴퓨터그래픽스 배우터, 생능출판사, 2003.
- [5] 조영임, "Development of a new max-min compositional rule of inference in control systems," 퍼지 및 지능 시스템학회 논문지, 제14권, 제6호, pp.776-782, 2004.