

# 다중의 초점면 영상을 통한 구면 렌즈의 이물 검사

박종원, 장진우, 정호영, 최경주  
충북대학교 소프트웨어학과  
e-mail:neoweb88@gmail.com

## Defect Inspection of Globular Lens Using Multiple Focal Plane Images

Jong-Won Park, Jin-Woo Jang, Ho-Young Jeong, Gyeong-Ju Choi

Department of Software Engineering, Chungbuk National University

### 요 약

모바일 카메라 모듈의 성능 향상에 따라, 카메라 렌즈의 미세한 오염도 큰 불량요인으로 작용하게 되었다. 그로인한 새로운 검사 시스템들과 검사방법이 제안되었다. 본 논문에서 제안하는 새로운 검사방식은 영상처리를 통해 기존에 비해 정확도가 높고, 전처리 횟수가 적은 이점이 있어 산업현장에서 적용 시 효율성 증대를 기대할 수 있다.

## 1. 서론

최근 스마트폰 시장이 급속하게 성장하였고, 보급률도 높아졌다. 그에 따라 스마트폰에 장착된 카메라 모듈의 수요도 증가하였다. 스마트폰 성능향상과 디스플레이의 발전, 저해상도에 만족하지 못하는 소비자의 요구까지 더해져 최근 출시되고 있는 카메라 모듈의 해상도는 13메가픽셀 급이 주류를 이루고 있다. 그리고 보다 높은 해상도의 카메라모듈이 속속 개발되어 판매되고 있는 실정이다.

이런 고해상도 카메라 모듈에 장착되는 렌즈 모듈은 종래의 것보다 높은 해상력이 요구된다. 하지만 생산과정에서 여러 요인으로 인해 발생하는 불량으로 렌즈모듈의 해상도가 저하되는 문제가 생기고 있다. 불량의 요인으로는 조립불량, 단품 사출 렌즈의 불량을 들 수 있는데, 단품 사출 렌즈의 불량의 경우에는 렌즈의 사출 상태 불량, 코팅 불량, 이물 유입 등을 들 수 있다.

이전에 수작업으로 진행했던 단품 사출 렌즈 검사는 생산성 증대, 검사의 확실성을 위해 육안검사에서 장치에 의한 자동검사로 대체되었다. 그러나 자동검사의 경우 장치의 구성과 검사 알고리즘에 따라 정확도의 변동이 크다.

본 논문에서는 복수의 불량요인을 가지는 구면렌즈에서 이물의 초점면을 찾아 한 번의 전처리를 통해 이물을 검출하는 알고리즘에 대해 기술하였다.

## 2. 관련 연구

### 2.1 기존의 검사방식

#### 2.1.1 육안 검사

육안검사의 경우 숙련된 작업자에 의해 높은 정확도를 기대 할 수 있지만, 작업자의 판단이 주관적이어서 객관성이 부족하며 재현도가 낮고, 작업속도가 빠르지 않은 문제가 있다. 이런 문제를 해결하기 위해 자동검사시스템들이 개발되어 적용되었다.

#### 2.1.2 단일 영상 검사

심도가 깊은 렌즈를 사용하여 한 장의 영상으로 이물을 검사하는 방식으로, 작업속도는 빠르지만, 상하차가 존재하는 구면렌즈의 특성상 이물의 크기가 부정확하여 이물의 크기를 통한 양품판정이 불가능하다.

#### 2.1.3 복수 초점 영상 검사

카메라를 미세구동이 가능한 Z축 서보모터에 연결하여 복수의 초점영상을 촬영하여 MTF를 계산하여 이물영상의 최적초점면을 찾아내는 방법이다.[1] 정확도가 높지만, 렌즈에 복수의 이물이 존재할 경우 이물의 면적을 구할 때 이물의 개수에 비례하여 전처리 횟수가 증가한다.

또는 간단한 구현을 위해 모든 영상을 블렌딩한 후 처리하는 방식도 있으나 이는 이물의 크기에 대한 고려를 할 수 없다는 단점이 있다.

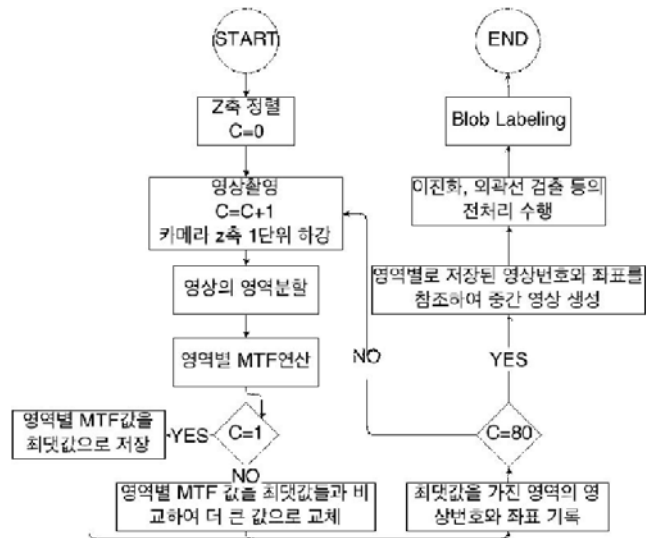
## 2.2 원리 및 방법

### 2.2.1 이물

렌즈의 이물은 흑점, 긁힘, 얼룩, 사출 불량, 코팅 불량 등으로 분류할 수 있다. 이물의 주된 발생원인은 아래의 표와 같다.[1]

<표 1>이물의 종류와 발생원인

종류	원인
흑점	Gate-Cutting이나 Coating 시 입자유입
긁힘	긁힘
얼룩	손으로 접촉
사출 불량	사출시 기포발생
코팅 불량	코팅막의 벗겨짐



(그림 1) 이물검출 알고리즘 순서도

### 2.2.2 검사용 장비의 구성

검사용 장비는 조명광학계와 결상광학계를 통해 다양한 초점의 렌즈영상을 촬영할 수 있다.[1]

<표 2>장비의 구성

	조명광학계	결상광학계
구성	LED조명, 확산판	카메라, Z축 서보모터
역할	균일조도조명 제공	다수의 초점면 제공

조명광학계는 직하 방식이 아닌 백라이트 방식으로 사용되기 때문에 렌즈에 반사광이 생기지 않고 균일한 조도의 조명을 공급한다.

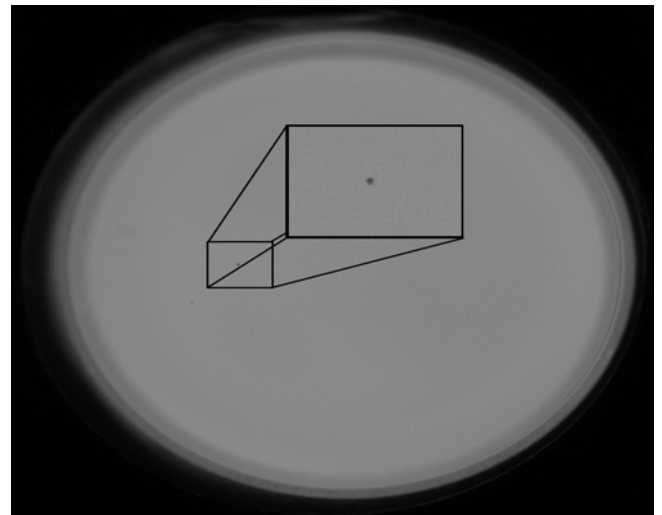
결상광학계는 복수의 초점면을 제공하여 렌즈의 최고(最高) 초점면에서 50 $\mu$ m씩 내려가면서 80장의 영상 촬영할 수 있도록 한다.

### 3. 이물검출알고리즘

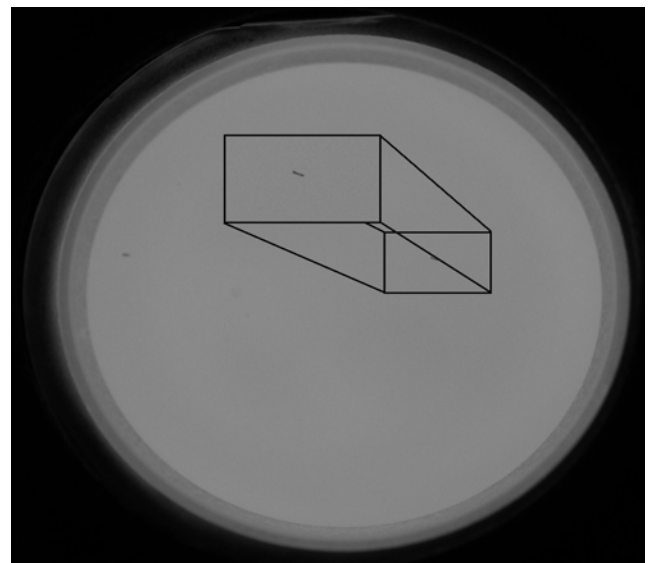
이물검출 알고리즘의 대략적인 순서도는 (그림 1)과 같다.

이물이 존재할 경우 80장의 영상에서 각 이물의 초점면을 찾아야 이물의 정확한 크기를 알 수 있다. (그림 2), (그림 3), (그림 4)는 실험에 사용한 한 렌즈에서 다른 초점면에 위치하고 있는 이물들의 영상이다. 이 렌즈에는 이외에도 미세한 이물들이 다수 존재한다.

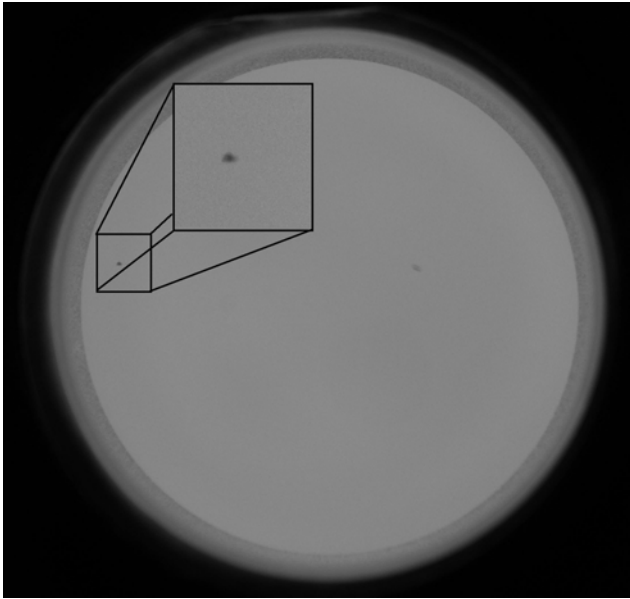
먼저 영상을 일정한 크기의 영역으로 분할을 하고 각각의 영역에 대해 좌표를 부여한다. 영역을 분할한 모습은 (그림 5)에 표현하였다.



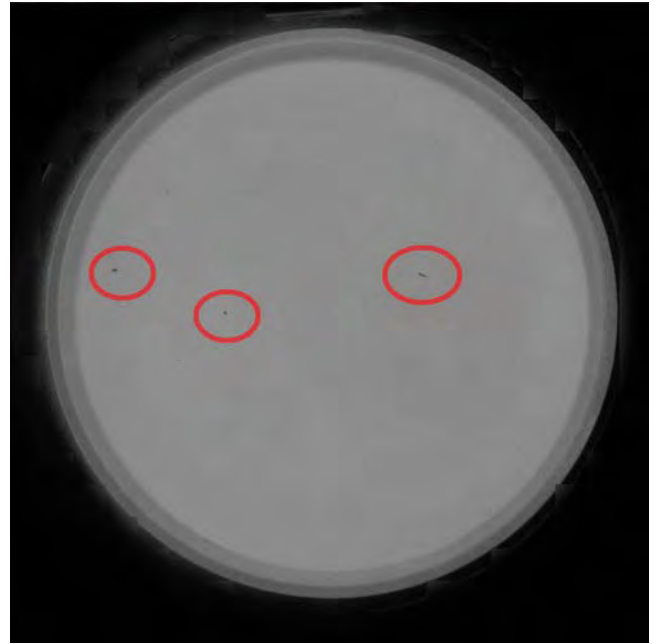
(그림 2) 초점면이 다른 이물 1



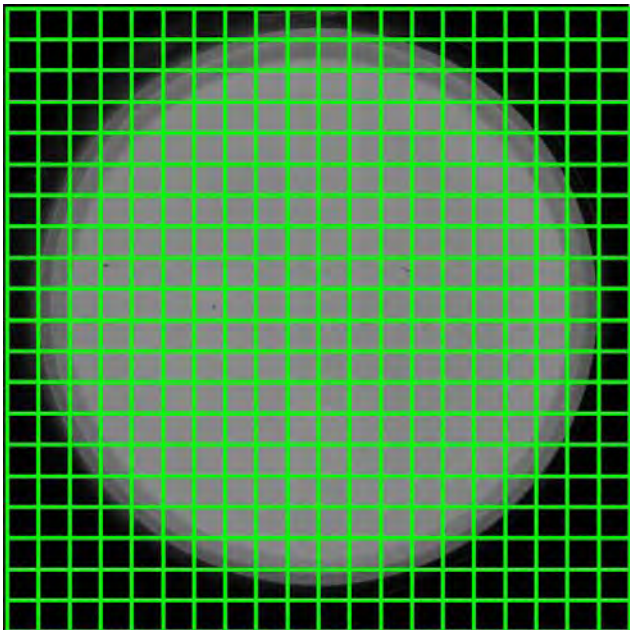
(그림 3) 초점면이 다른 이물 2



(그림 4) 초점면이 다른 이물 3



(그림 6) 최적 초점면의 영역들로 생성한 이미지



(그림 5) 영역의 분할

영상의 동일영역에서 명도에 대한 MTF(변조전이함수)의 결과값 비교를 통해 각 이물의 최적 초점면을 탐색할 수 있다.[2]

$$TF = \frac{Max - Min}{Max + Min}$$

수식의 Max와 Min에 대응하는 값은 같은 영역에서 최대 명도와 최저 명도이다. 영역별로 MTF의 최댓값을 찾게 되면, 그 영역들을 크롭하여 모든 이물의 최적 초점면을 가진 하나의 영상으로 합친다.

생성한 영상을 이진화. 외곽선 검출하여 이물탐색이 쉽도록 처리한다. 영상 내 이물탐색에 대해서는 Blob Labeling 알고리즘을 활용하여 구현하였다.[3]



(그림 7) 이물 탐색 결과

Blob 검색 시, 각 Blob의 좌표, 개수, 면적에 대한 계산도 함께 수행하여 양불관정을 수행할 때 사용가능한 정보로 제공한다.

#### 4. 결론

본 논문에서는 구면렌즈에서 다중의 초점면 영상에서

이물을 탐색하는 방법에 대해서 다루었다.

제안한 방법은 모든 영상에서 이진화, 외곽선 검출을 수행하지 않고 결과영상에서만 수행함으로써 연산횟수를 줄이는 이점이 있어 산업계에서 활용한다면 저렴한 연산 장치를 활용하여 장비를 구성하여 원가 절감이나, 연산횟수 감소로 UPH(Unit Per Hour)의 개선으로 긍정적인 영향이 있을 거라 판단한다.

하지만 제안한 이물검출 알고리즘은 영상의 수와 해상도에 많은 영향을 받는다. 구현에 사용한 렌즈는 심도가 짧아 80개의 초점면을 사용했지만, 심도가 깊은 렌즈를 사용하면 보다 적은 영상을 필요로 할 것이다.

현재는 구현의 편의성을 위해 렌즈의 유효경 외부에 대한 연산도 수행하고 있는데, 렌즈 유효경에 대한 계산 후 연산영역을 한정하는 방법을 통한 개선이 이루어질 필요가 있다.

## 5. 감사의 글

이 연구는 NIPA의 2014년도 서울어코드사업의 지원을 받아 수행되었습니다.

## 6.참고문헌

- [1] C. H. Song, "Auto detect inspection system for single lens product of mobile phone camera", 2005 KSPE Spring Conference, p432-435
- [2] S. W. Lee, "Development of Automatic Inspection Technique for Camera lenses using Line Charge Coupled Device", 1995 KSPE Fall Conference, p487-491
- [3] Omar Gameel Salem, "Connected Component Labeling Algorithm" [Internet], <http://www.codeproject.com/Articles/336915/Connected-Component-Labeling-Algorithm>