

K-means 알고리즘을 이용한 세라믹 영상에서의 결함 검출

김광백[○], 우영운^{**}

[○]신라대학교 컴퓨터공학과

^{**}동의대학교 멀티미디어공학과

e-mail: gbkim@silla.ac.kr[○], ywwoo@deu.ac.kr^{**}

Fault Detection of Ceramic Imaging using K-means Algorithm

Kwang Beak Kim[○], Young Woon Woo^{**}

[○]Dept. of Computer Engineering, Silla University

^{**}Dept. of Multimedia Engineering, Dong-Eui University

● 요약 ●

본 논문에서는 세라믹 소재 영상에 가우시안 필터링 기법을 적용하여 잡음을 제거하고, K-means 알고리즘을 적용하여 결함 영역을 세분화 한 뒤, 세분화된 결함 영역에 Max-Min 이진화 기법을 이용하여 결함 영역을 추출한 후, 형태학적 기법을 이용하여 잡음을 제거하고 결함을 추출한다. 제안된 방법을 세라믹 소재 영상을 대상으로 실험한 결과, 기존의 방법보다 효율적으로 결함이 검출되는 것을 확인하였다.

키워드: 가우시안 필터링 기법, K-means 알고리즘, 결함 영역

I. 서론

비파괴검사는 점검자의 육안 조사를 통한 수작업으로 이루어지고 있기 때문에 점검의 수행속도와 자료의 저장에 많은 시간과 인력이 요구되며, 이러한 육안 조사는 점검자의 주관에 개입되며, 점검자에 따라 검사 결과의 차이가 있을 수 있으므로 신뢰도의 차이가 발생하게 된다. 따라서 비파괴 검사를 통해 얻어진 영상에서 결함을 자동으로 추출하는 연구를 통하여 검사의 신뢰도의 향상과 인력 및 시간을 절약함으로써 검사의 질을 향상시킬 수 있다[1].

기존의 세라믹 소재 영상에서 결함을 검출하는 방법에서는 마스크를 이용하여 결함의 윤곽선을 추출한 뒤, 윤곽선을 이용하여 결함 후보 객체를 추출하였으며, 형태학적 정보를 이용하여 최종적으로 결함을 추출하였다. 하지만 기존의 방법에서는 결함 후보 객체를 추출하는 과정에서 미세한 잡음 객체들이 많이 추출되었으며, 이러한 미세한 잡음을 제거하기 위하여 형태학적 정보를 이용하였으나 미세한 잡음을 제거하는 과정에서 작은 사이즈의 결함 객체까지 미세한 잡음으로 간주되어 제거되는 문제점이 있다.

이러한 문제점을 해결하기 위해서 본 논문에서는 결함 객체의 윤곽선을 이용하여 결함의 후보 객체를 추출하는 방법대신에 영상의 명암도 값을 이용하여 9개의 클러스터로 분류한 뒤, 각 클러스터의 명암도 값 정보를 이용하여 결함의 후보 객체를 추출하는 방법을 제안한다.

II. 영상 보정

가우시안 필터링은 가우시안 분포를 따르는 가우시안 커널을 이용하여 영상의 잡음을 제거하는 기법이다. 가우시안 필터는 비슷한 크기의 평균 필터에 비해 경계선과 같은 에지 정보를 잘 유지하면서 자연스럽게 스무딩을 적용할 수 있는 것이 특징이다. 세라믹 영상에서의 미세잡음을 제거하기 위해서 가우시안 필터링을 세라믹 영상에 적용하여 마스크 연산을 수행한다[2]. 가우시안 필터링의 수식은 식 (1)과 같다.

$$G_{\sigma}(x,y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \quad (1)$$
$$= \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} \times \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{y^2}{2\sigma^2}}$$

식 (1)의 $G_{\sigma}(x,y)$ 는 현재 픽셀의 좌표 값을 나타내며, σ 는 값의 분포를 결정지으며, 표준편차를 의미한다. 식 (1)을 이용하여 가우시안 마스크 필터링을 세라믹 영상에 적용한 결과 영상은 그림 1과 같다. 그림 1의 (a)는 원본 영상이며, 그림 1의 (b)는 가우시안 마스크 필터링을 적용한 영상이다.

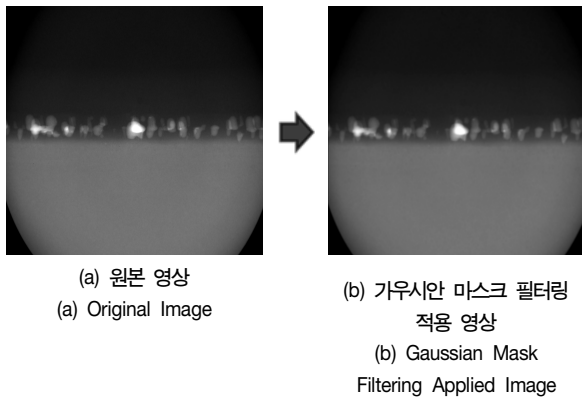


그림 1. 가우시안 마스크 필터링 기법
Fig.1. Gaussian Mask Filtering Method

위해 세분화된 영상에서 가장 높은 명암도 값을 가지는 클러스터의 픽셀 정보를 Max-Min 이진화 기법에 적용하여 결함의 후보 객체를 추출한다. 추출된 결함 후보 영역에서 3x3 마스크를 이용한 형태학적 정보를 바탕으로 결함의 미세한 잡음을 제거한다. 중심 화소의 4방향을 탐색하여 255인 픽셀이 명암도 값 0을 가진 픽셀보다 많이 존재할 경우에는 중심 화소의 명암도 값을 255로 변환하여 영상에서 잡음을 제거한다. 그림 3은 3x3 마스크 구조를 나타낸 것이다.

0	0	255
0	0	255
255	255	255

➔

0	0	255
0	255	255
255	255	255

그림 3. 3x3 Mask 구조
Fig. 3. 3x3 Mask Structure

III. 결함영역 세분화

K-means Clustering 기법은 미리 클래스를 분류하는 것이 아니라 입력된 학습 데이터의 특성을 분석하여 특성이 비슷한 K개의 클래스로 분류하고 새롭게 입력되는 테스트 데이터를 K개의 클래스 중에 하나로 분류하는 방법으로 군집화라고도 부른다[3].

세라믹 영상에서 결함 객체만을 분류하기 위해 밝은 명암도 값을 가진다는 결함의 특성을 이용하여 결함 후보 영역을 K-means Clustering 기법을 적용하여 9개의 군집으로 세분화 하여 결함 객체만을 분류한다. 그림 2의 (a)는 Gaussian Filtering 기법을 적용한 영상이며, 그림 2의 (b)는 K-means Clustering 기법이 적용된 영상이다.

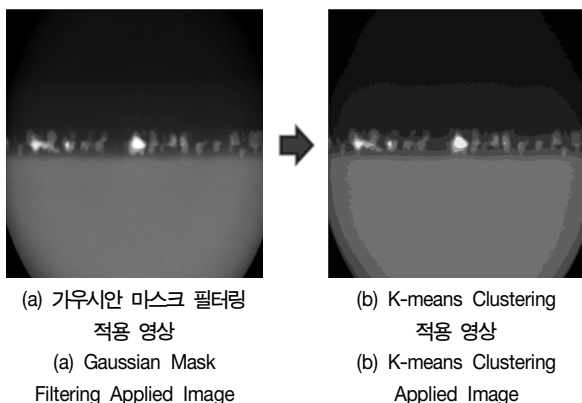


그림 2. K-means Clustering 기법을 이용한 결함 영역 세분화
Fig. 2. Grouping of Defect Areas Using K-means Clustering Method

결함 후보 영역을 추출한 영상에서 형태학적 정보[4]를 이용하여 미세한 잡음을 제거한 후에 결함을 복원하여 최종 결함을 추출한 결과는 그림 4와 같다.

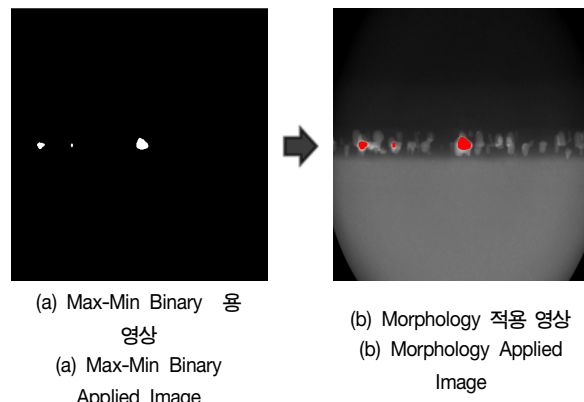


그림 4. Morphology 기법을 이용한 미세잡음 제거 및 결함 복원
Fig. 4. Removal of Minute Noises and Restoration of Defects Using Morphology Method

IV. 결함검출

명암도 값을 기준으로 세분화한 세라믹 영상에서 밝은 명암도 값을 가진다는 결함의 특성을 이용하여 결함 후보 영역을 추출하기

V. 실험 및 결과 분석

세라믹 비파괴 검사 영상에서 결함을 검출하기 위해 본 논문에서 제안한 방법을 Intel(R)Core(TM) i7-2600 CPU 3.40GHz와 4GB RAM이 장착된 IBM 호환 PC상에서 Visual C# 2010으로 구현하여 실험하였다. 실험 표본은 세라믹을 비파괴 검사하여 얻은 10mm와 11mm 종류의 1360x1024 크기를 가진 영상을 대상으로 실험하였다. 세라믹 비파괴 검사에서 본 논문에서 제안한 방법을 이용하여 결함을 검출한 결과는 그림 5와 같다.

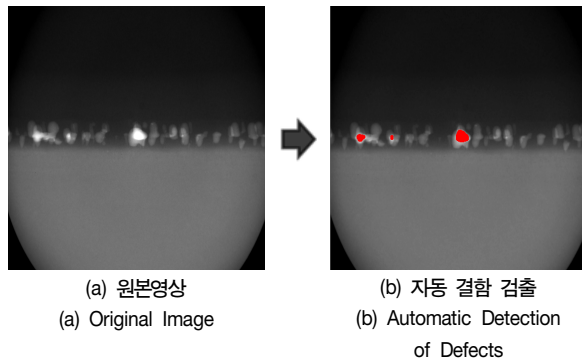


그림 5. 결함 검출
Fig. 5. Detection of Defects

표 1은 비파괴 검사로 얻어진 9장의 세라믹 영상에서 제안된 방법으로 결함 검출에 성공한 영상의 수와 성공률을 나타내었다.

표 1. 결함 검출수와 성공률

Table 1. The Number of Defect Detection and Success Rate

	추출 성공	추출 실패	성공률
10mm	4/4	0/4	100%
11mm	3/5	2/5	60%

VI. 결론

본 논문에서는 세라믹 비파괴 검사로 얻어진 영상에서 결함을 자동으로 검출하는 방법을 제안하였다. 제안된 결함 검출 방법은

Gaussian Filter 기법을 이용하여 미세한 잡음을 제거한 후, K-means Clustering 알고리즘을 적용하여 결함 영역을 세분화 하였다. 세분화된 결함 영역에서 밝은 명암도 값을 가진다는 결함의 특성을 이용하기 위해 Max-Min 이진화 기법을 적용하여 결함의 후보 영역을 추출하였고, 형태학적 정보를 이용하여 미세한 잡음을 제거한 후에 결함을 복원하여 최종 결함을 효과적으로 추출하였다.

향후 연구 과제는 11mm, 16mm, 22mm의 일부 세라믹 영상에서 제안한 방법으로 추출할 수 없던 문제점을 개선하기 위하여 결함의 특성을 분석한 후, 제안된 방법을 개선하여 8mm와 10mm 뿐만 아니라 11mm, 16mm, 22mm의 영상에서도 정확히 결함을 효율적으로 검출할 수 있도록 확장할 것이다.

참고문헌

- [1] Korea Society for Nondestructive Testing <http://www.kandt.or.kr>
- [2] S. W. Hwang, S. M. Lee, K. B. Kim, Y. W. Woo "Analysis of Non-Destructive Flaws in Ceramic Images", The Korean Institute of Information and Communication Sciences, Vol.17, No.1, pp. 361, 2013.
- [3] K. B. Kim, H. W. Jang, H. J. Lee "Extraction of Deep Neck Flexors from Cervical Ultrasound Images", Korea Multimedia Society Conference papers, Vol.14 No.1, pp. 73, 2011.
- [4] S. W. Hwang, K. B. Kim, "The Measurement of Lumbar Multifidus using Kuwahara Algorithm and Cubic Spline ", Korea Multimedia Society Conference papers, Vol.15, No.2, pp.45, 2012.