

FCM 기반 양자화 기법을 이용한

세라믹 영상에서의 결함 검출

윤혜주 · 김광백

신라대학교 인공지능학과

Defect detection in ceramic image using FCM based Quantization

Hye-ju Yoon · Kwang-baek Kim

Department of Artificial Intelligence, Silla University

E-mail : dbspwn1321@naver.com / gbkim@silla.ac.kr

요 약

본 논문에서는 세라믹 영상에서 Gaussian Blurring과 Median Filter를 적용하고 FCM 기반 양자화 기법을 적용하여 결함을 추출하는 방법을 제안한다. 기존의 방법에서는 세라믹에 영상에 퍼지 이진화와 히스토그램 이진화를 각각 적용하고 Morphology 팽창과 침식 기법을 적용하여 결함을 추출하였으나 잡음에 민감하여 결함을 추출하는 방법으로는 비효율적이다. 따라서 제안된 방법에서는 Gaussian Blurring과 Median Filter를 세라믹 영상에 적용하여 잡음을 제거한 후 FCM(Fuzzy C-Means) 기반 양자화 기법을 적용하여 세라믹 결함을 추출한다. 제안된 방법의 효율성을 검증하기 위해 8mm, 10mm, 11mm, 16mm, 22mm 각각의 다양한 크기의 세라믹 영상을 대상으로 실험한 결과, 기존의 방법에서는 결함 영역과 잡음 영역이 검출되는 경우가 대부분이었지만 제안된 방법에서는 결함 영역만이 검출되었고 결함 검출율은 93.94%로 나타나서 제안된 방법이 세라믹 영상에서의 결함 검출에 효과적인 것을 확인하였다.

키워드

FCM, Gaussian Blurring, Median Filter

I. 서 론

비파괴 검사란 재료나 제품을 원형과 기능에 변화를 주지 않고 검사를 진행하여 결과를 얻는 검사이다[1].

기존의 방법에서는 ROI 영역을 적용하고 추출된 ROI 영역에 Minimum Filter와 히스토그램 기반 스트레칭을 적용하여 영상을 정규화 하였다. 그리고 정규화된 이미지에 퍼지 이진화와 Morphology 연산을 이용하여 잡음을 제거하고 결함을 추출하였다. 그러나 기존의 방법에서는 잡음을 효과적으로 제거하지 못하였고 Morphology 연산을 적용하는 과정에서 잡음 영역이 강조되는 경우가 발생하여 결함 영역을 추출하는 방법으로는 문제점이 있다.

따라서 본 논문에서는 기존의 방법과 추출된 ROI 영역에 Median Filter와 Gaussian Blurring 적용하여 잡음을 최소화하고 FCM(Fuzzy C-Means) 알고리즘을 적용하여 결함을 추출하는 방

법을 제안한다.

II. 제안된 결함 검출 방법

2.1 영상의 전처리

본 논문에서는 세라믹 영상의 ROI 영역을 추출하기 위해 원본 영상에 지역 기반 Otsu 이진화를 적용한다. 이진화된 영상에서 양방향 Sobel Mask를 이용하여 ROI 영역의 윤곽선을 추출하고 윤곽선의 수평값의 최댓값을 이용하여 ROI 영역을 추출한다[2].

그림 1은 원본 영상에서 ROI 영역을 추출하는 과정을 나타낸 것이다.

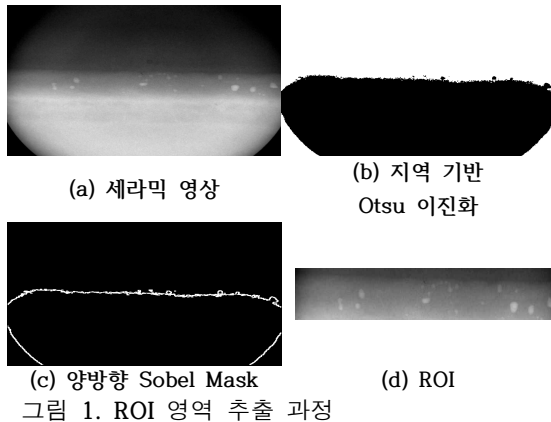


그림 1. ROI 영역 추출 과정

그림 1에서 그림 1(a)는 세라믹 원본 영상이고 원본 영상에 지역기반 Otsu 이진화를 적용한 결과는 그림 1(b)와 같다. 그림 1(c)는 그림 1(b)에 양방향 Sobel Mask를 적용한 결과이며, 그림 1(d)는 추출된 ROI 영역이다.

2.2 잡음 제거

세라믹 영상의 경우에는 Salt and Pepper 라고 불리는 Impulse 잡음을 가지고 있는 특징이 있다 [3].

본 논문에서는 Minimum Filter와 Median Filter 및 Gaussian Blurring 그리고 히스토그램 기반 스트레칭과 같은 이미지 전처리 기법을 추출된 ROI 영상에 적용하여, Impulse 잡음을 효과적으로 제거한다.

Median Filter를 이용하여 잡음을 제거한 결과를 그림 2와 같이 나타내었다.

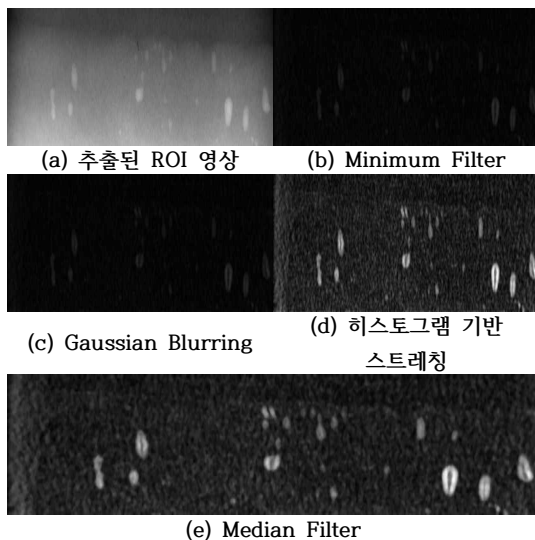


그림 2. 잡음 제거 및 영상 정규화 과정

그림 2에서 그림 2(a)는 원본 영상에서 추출된 ROI 영역이다. 그리고 그림 2(b, c, d, e)의 경우에는 각각의 영상 전처리 기법을 적용한 결과이다. 그림 2에서 ROI 영역 내의 결함 특징과 배경 잡음이 구분되고 잡음 영역이 제거되는 것을 알 수 있다.

2.3 FCM 기반 양지화 기법

FCM은 하나의 클러스터에 속해 있는 각각의 데이터들을 클러스터에 대한 데이터의 소속 정도에 따라 분류하는 데이터 분류 알고리즘이다[4].

세라믹 영상에서 추출된 ROI 영역에 FCM 알고리즘을 적용하여 세라믹 결함을 그림 3과 같이 추출한다.

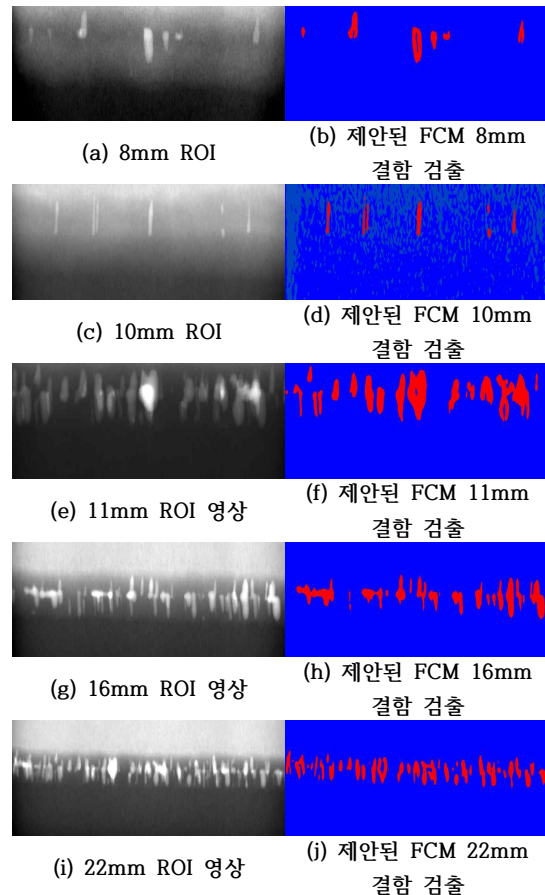


그림 3. 제안된 FCM 영상의 결함 검출 영상

그림 3(a, c, e, g, i)는 각각의 세라믹 영상에서 추출된 ROI 영역이고 그림 3(b, d, f, h, j)는 추출된 ROI 영역에 FCM 알고리즘을 적용한 결과 영상이다.

III. 실험 및 결과 분석

본 논문에서는 제안된 방법의 성능을 분석하기 위하여 AMD Ryzen 3 3300X 4-Core Processor, 3.79 GHz와 16GB RAM이 장착된 PC에서 Visual Studio 2019 C#으로 제안된 방법을 구현하였다. 제안된 방법의 성능을 검증하기 위해 8mm 9장, 10mm 1장, 11mm 3장, 16mm 4장, 22mm 16장으로 총 33장의 세라믹 비파괴 영상을 대상으로 제안된 방법의 결함 추출 성능을 실험하여 분석하였다.

표 1은 제안된 방법을 적용하여 각각의 세라믹 영상에서 결함을 추출한 성능을 나타내었다.

표 1. 결함 검출수와 성공률

영상	검출 성공	검출 실패	성공률
8mm	8/9	1/9	88.88%
10mm	1/1	0/1	100%
11mm	3/3	0/3	100%
16mm	4/4	0/4	100%
22mm	15/16	1/16	93.75%

표 1에서 세라믹 영상 33장 중 31장의 영상에서 결함이 검출되어서 평균 검출률은 93.94%로 나타났다. 제안된 방법을 적용한 결과 중에서 제안된 방법이 효과적인 영상의 예시는 그림 4와 같다.

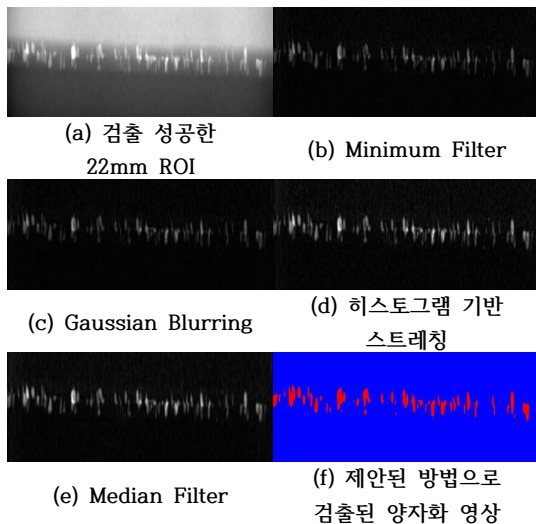


그림 4. 제안된 FCM 영상의 결함 검출 성공 영상

그림 4 (a)의 경우에는 세라믹 22mm의 영상으로 각각의 영상 전처리 기법을 적용하여 잡음이 효과적으로 제거된 것을 확인할 수 있고 결함도 비교적 정확히 검출되는 것을 확인할 수 있다.

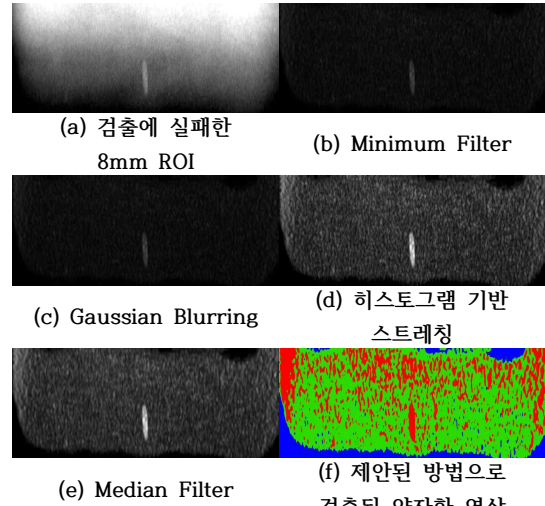


그림 5. 제안된 FCM 영상의 결함 검출 실패 영상

그림 5와 같은 실험 영상은 추출된 ROI 영역에 제안된 방법을 적용하였지만 원본 영상의 화질이 다른 영상에 비해 명암 대비가 낮아서 결함 영역과 잡음 영역의 명암도 차이가 없고 잡음 또는 결함 영역들의 경계선이 명확하지 않아서 잡음이 제거되지 않았다. 따라서 그림 5와 같은 영상의 경우에는 제안된 방법으로 결함 영역을 추출하는데 문 제점을 나타난 것을 실험을 통하여 확인하였다.

IV. 결 론

본 논문에서는 세라믹 영상에서 결함 영역을 효과적으로 추출하는 방법으로 FCM 기반 양자화 기법을 적용하는 방법을 제안하였다. 제안된 방법에서는 ROI 영역을 추출한 후, 해당 영역에 Minimum Filter와 히스토그램 스트레칭 기법을 각각 적용하여 배경을 제거하였다. 그리고 Gaussian Blurring과 Median Filter를 적용하여 배경의 잡음을 최대한 제거하였다. 잡음 영역들이 제거된 영역에 FCM 알고리즘 적용하여 결함의 특징 영역을 군집한 후, 군집한 영역의 특징을 분석하여 결함 영역을 검출하였다.

제안된 방법으로 33장의 세라믹 영상을 대상으로 실험하여 31장에서 결함 영역이 검출되었다. 따라서 제안된 방법의 결함 평균 검출률은 93.94%로 나타났다.

그러나 일부 명암 대비가 매우 적은 세라믹 영상에서는 결함 영역을 추출하는데 실패한 경우가 발생하였다. 향후 연구에서는 명암 대비가 적은 세라믹 영상에서도 결함 영역을 추출하기 위한 방법으로 비선형 퍼지 스트레칭 기법을 연구하여 결함

영역과 그 외 영역 간의 명암 대비를 높일 것이고 결함 영역을 분류하는 과정에서 FCM 기법을 적용할 경우에 발생하는 결함 영역과 잡음 영역이 같은 영역으로 클러스터링 되는 것을 개선하기 위하여 동적 클러스터 기반 FCM 알고리즘에 대해 연구할 것이다.

References

- [1] Korea Nondestructive Testing Association.
[Internet]. Available : <http://www.kandt.or.kr/ndt01.do>
- [2] K. B. Kim, D. H. Song, "Automatic Defect Detection using Fuzzy Binarization and Brightness Contrast Stretching from Ceramic Images for Non-Destructive Testing," Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering, Vol. 21, No. 11, pp. 2121-2127, Nov. 2017.
- [3] Y. S. Chung, N. H. Kim, "Salt and Pepper Noise Removal Algorithm based on Euclidean Distance Weight," Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering, Vol. 26, No. 11, pp. 1637-1643, Nov. 2022.
- [4] K. B. Kim, Y. W. Woo, "Recognition of Finger Language Using FCM Algorithm," Journal of the Korea Maritime Information and Communication Society, Vol. 2, No. 6, pp. 1101-1106, May. 2008.