

---

# 비파괴 검사를 이용한 항공 갑판의 결함 검출

김광백\* · 조재현\*\*

Detection of Flaws in Air Deck using Non-Destructive Testing

Kwang-Baek Kim\* · Jae-Hyun Cho\*\*

## 요 약

본 논문에서는 비파괴 검사를 통하여 얻어진 항공 갑판 영상에서, 조직의 결함의 정도를 자동으로 검출하는 방법을 제안한다. 먼저 비파괴 검사를 통하여 얻어진 항공 갑판 영상에서 감마상관 변환과  $7 \times 7$  소벨 마스크와  $13 \times 13$  소벨 마스크를 각각 적용하여 윤곽선을 추출하고 추출된 윤곽선 영역을 평활화와 평균 이진화 기법을 적용하여 영상을 보정한다. 마지막으로 보정된 영상에서 침식 연산과 팽창 연산을 이용하여 잡음을 제거한 후, 라벨링 기법을 적용하여 항공 갑판의 결함 영역을 추출한다. 실험 결과에서, 항공 갑판에서 결함을 추출하는데 기존의 방법보다 효과적인 것을 확인하였다.

## ABSTRACT

In this paper, we propose an effective method that automatically detects flaws in air deck by using non-destructive testing. First, Gamma correlation transform,  $7 \times 7$  and  $13 \times 13$  Sobel mask apply to the image of air deck acquired non-destructive testing in order to detect the edge of the image. Second, the edge detection area is smoothed and corrected by mean binarization method. Finally, the region of flaws in air deck is detected by a labeling method after removing the noise by the erosion and the dilation operation. In experimental results, we showed that the proposed detection method is effective in air deck.

## 키워드

비파괴 검사, 소벨 마스크, 침식, 팽창

## Key word

Non Destructive Testing, Sobel Mask, Erosion, Dilation

---

\* 정회원 : 신라대학교 컴퓨터공학과 (제1저자, gbkim@silla.ac.kr)

접수일자 : 2011. 04. 27

\*\* 종신회원 : 부산가톨릭대학교 컴퓨터공학과 (교신저자, jhcho@cup.ac.kr)

심사완료일자 : 2011. 05. 26

I. 서 론

비파괴 검사는 제품의 원형과 기능을 전혀 변화시키지 않고 물리적 에너지를 투과하여 그 조직의 이상이나 결함을 검사하는 방법이다. 비파괴검사 방법으로는 방사선비파괴 검사, 초음파 검사, 자분탐상 검사 등이 있다 [1,2]. 이 중 방사선비파괴검사는 방사선을 투과하여 물질 내부의 결함을 알아내는 방법이다. 방사선 비파괴 검사는 고내열성, 저비중, 고경도 등의 특징 가진 항공기, 자동차, 기계 구조물 부품 등으로 광범위하게 응용되어지고 있다[3]. 기존의 세라믹 결함 검출 방법[4]을 적용할 경우에는 항공갑판의 다양한 종류의 결함이 존재하여 정확히 검출할 수 없는 경우가 발생한다. 따라서 본 논문에서는 방사선 비파괴 검사를 통하여 얻어진 항공 갑판 영상에서, 조직의 이상이나 결함을 다양한 영상처리 기법[5,6]을 적용하여 검출하는 방법을 제안한다.

II. 마스크를 이용한 윤곽선 추출

본 논문에서는 비파괴 검사 영상에서 각 영역을 구분하기 위해 2가지 종류의 마스크를 적용한다. 첫 번째는 객체와 배경이 뚜렷하게 구분된 경우에 적용하는 7×7 마스크이고 두 번째는 객체와 배경이 명확하지 않는 경우에 적용하는 13×13 마스크이다. 이 마스크들을 각각 적용하여 비파괴 검사 영상에서 윤곽선을 추출한다. 비파괴 검사를 통하여 획득된 영상에서 영상이 너무 밝거나, 어두운 단점을 보완하기 위하여 영상을 감마 조절한다. 감마 상관관계 변환 함수는 식 (1)과 같으며  $x$ 는 영상에서 명암도 값이고,  $r$ 은 감마값을 의미한다. 본 논문에서는 다양한 실험을 통해 감마값을 9.5로 정의하였다.

$$f(x) = 255.0 \times \left( \frac{x}{255.0} \right)^{\frac{1}{r}} \quad (1)$$

그림 1의 (a)는 원 영상이고, (b)는 감마 상관관계 변환 함수를 적용하여 명암도 값을 조절한 결과 영상이다. 소벨 마스크는 수직, 수평 방향 에지보다 대각선 방향 에지에 더 민감하게 반응한다. 따라서 비파괴 검사를 통하여 획득된 영상에서는 대각선 방향으로 윤곽선이 존재하므로 본 논문에서는 소벨 마스크를 적용한다. 윤곽선을 추출하기 위해 감마 조절을 한 영상에서 모든 방향의 에

지를 추출하는 소벨 마스크를 적용한 후, 윤곽선을 추출한다. 항공 갑판 영상은 세라믹 영상이나 파이프 영상과는 다르게 결함의 종류가 다양하고 결함이 아닌 부분도 결합처럼 나타나는 영역이 존재한다.

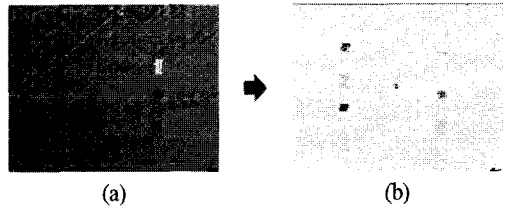


그림 1. 감마 변환 영상  
(a) 원 영상 (b) 감마 변환 영상  
Fig.1 Gamma correlation transformation image  
(a) Original image (b) Gamma transformation image

따라서 미결함 부분이 추출되는 경우와 결함이 추출되지 않는 경우를 개선하기 위하여 본 논문에서는 한 종류의 마스크가 아닌 7×7 소벨 마스크와 13×13 소벨 마스크를 각각 적용한다. 그림 2는 13×13 마스크에서 수직 마스크와 수평 마스크이고 그림 3은 7×7 마스크에서 수직 마스크와 수평 마스크이다.

-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	1	1	1	1	1	1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	1	1	1	1	1	1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	1	1	1	1	1	1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	1	1	1	1	1	1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	1	1	1	1	1	1
-2	-2	-2	-2	-2	-2	0	2	2	2	2	2	2
-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	1	1	1	1	1	1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	1	1	1	1	1	1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	1	1	1	1	1	1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	1	1	1	1	1	1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	1	1	1	1	1	1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	1	1	1	1	1	1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	1	1	1	1	1	1

(a)

1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-2	-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-2	-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-2	-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-2	-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-2	-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-2	-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-2	-1	-1	-1	-1	-1	-1

(b)

그림 2. 13×13 마스크 (a) 수직 마스크 (b) 수평 마스크  
Fig. 2 13×13 mask (a) Vertical mask (b) Horizontal mask

-1	-1	-1	0	1	1	1
-1	-1	-1	0	1	1	1
-1	-1	-1	0	1	1	1
-2	-2	-2	0	2	2	2
-1	-1	-1	0	1	1	1
-1	-1	-1	0	1	1	1
-1	-1	-1	0	1	1	1

1	1	1	2	1	1	1
1	1	1	2	1	1	1
1	1	1	2	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0
-1	-1	-1	-2	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-2	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-2	-1	-1	-1

그림 3. 7×7 마스크  
 (a) 수직 마스크 (b) 수평 마스크  
 Fig. 3 7×7 mask  
 (a) Vertical mask (b) Horizontal mask

그림 4의 (a)는 7×7 마스크를 이용하여 윤곽선을 추출한 결과이고, (b)는 13×13 마스크를 이용하여 윤곽선을 추출한 결과이다.

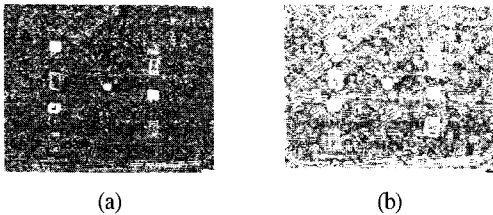


그림 4. 소벨 마스크를 이용한 윤곽선 추출  
 (a) 7×7 마스크 (b) 13×13 마스크  
 Fig. 4 Edge detection using Sobel mask  
 (a) 7×7 mask (b) 13×13 mask

항공갑판 영상에서 추출된 윤곽선에서 결함 영역과 비결함 영역을 분류하기 위해 히스토그램 평활화 기법을 적용하여 영상의 영역별 명암도 차이를 명확히 한다. 평활화가 적용된 영상에서 명암도 평균을 구하여 임계치로 적용하는 평균 이진화 기법을 적용하여 영상을 이진화 한다. 평균 이진화를 구하는 과정은 식(2)와 같다. 식(2)에서  $avghist$ 는 히스토그램의 평균을 나타내는 임계치이다.  $w$ 와  $h$ 는 각각 영상의  $x$ 축과  $y$  축의 크기이다.

$$binary[x][y] = \begin{cases} 1 & \text{if } gray[x][y] > avghist \\ 0 & \text{if } gray[x][y] \leq avghist \end{cases} \quad (2)$$

$$avghist = \left( \sum_{y=0}^h \sum_{x=0}^w gray[x][y] \right) / (w \times h)$$

그림 5는 7×7 마스크가 적용된 영상에서 히스토그램 평활화와 평균 이진화 방법을 적용한 결과이다.

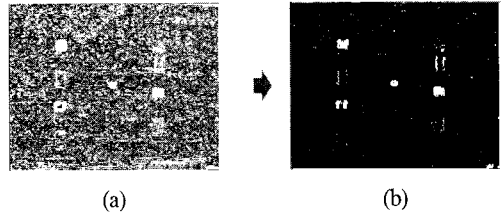


그림 5. 7×7 마스크에서 평활화와 평균 이진화 방법 적용한 결과 (a) 히스토그램 평활화 (b) 평균 이진화  
 Fig. 5 The result image by smoothing and mean binarization method in 7×7 mask  
 (a) Histogram smoothing (b) Mean binarization

그림 6은 13×13 마스크가 적용된 영상에서 히스토그램 평활화와 평균 이진화 방법을 적용한 결과이다.

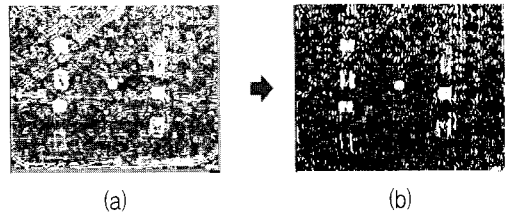


그림 6. 13×13 마스크에서 평활화와 평균 이진화 방법 적용한 결과 (a) 히스토그램 평활화 (b) 평균 이진화  
 Fig. 6 The result image by smoothing and mean binarization in 13×13 mask  
 (a) Histogram smoothing (b) Mean binarization

이진화된 영상에서 결함 윤곽선 외에 검출되는 다양한 잡음을 제거하기 위해 윤곽선을 객체의 크기를 축소시키는 침식 연산과 객체의 크기를 팽창시키는 팽창 연산을 연속적으로 적용한다. 침식 연산의 정의는 식(3)과 같으며 8 방향 침식 연산 과정은 그림 7과 같고, 팽창 연산은 식(4)와 같으며 8 방향 팽창 연산 과정은 그림 8과 같다.

$$A \ominus B = \bigcap_{b \in B} A_b \quad (3)$$

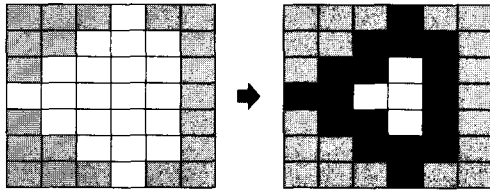


그림 7. 침식 연산 실행 과정  
Fig. 7 The execution process of erosion operation

$$A \oplus B = \bigcup_{x \in B} A_x \quad (4)$$

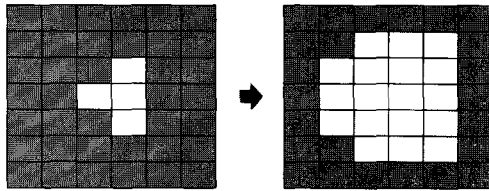


그림 8. 팽창 연산 실행 과정  
Fig. 8 The execution process of Dilation operation

그림 9는 7×7 마스크를 수행한 평균 이진화 영상에서 침식 연산과 팽창 연산을 각각 1회씩 실행한 결과이다.

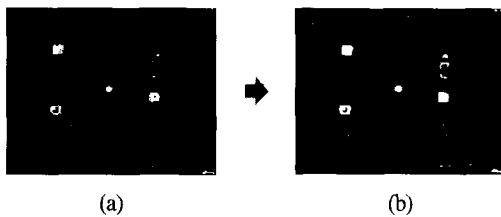


그림 9. 7×7 마스크가 적용된 영상에서 침식 연산과 팽창 연산을 각 1회 실행한 결과 (a) 침식 (b) 팽창  
Fig. 9 The result image executed the erosion and dilation operation once in 7×7 mask  
(a) Erosion (b) Dilation

그림 10은 13×13 마스크를 수행한 평균 이진화 영상에서 침식 연산과 팽창 연산을 각각 2회씩 실행한 결과이다.

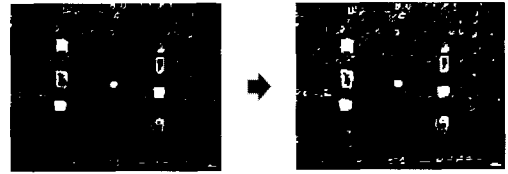


그림 10. 13×13 마스크가 적용된 영상에서 침식 연산과 팽창 연산을 각 2회 실행한 결과 (a) 침식 (b) 팽창  
Fig. 10 The result image executed the erosion and dilation operation twice in 13×13 mask  
(a) Erosion (b) Dilation

### III. 실험 및 결과분석

본 논문에서는 결함을 검출하기 위해 추출한 윤곽선을 이용하여 결함 영역을 검출한다. 평활화된 영상에 대해 라벨링 기법을 이용하여 결함을 검출한다. 본 논문에서는 결함 영역을 검출하기 위해 라벨링 기법 중에서 자기 호출을 이용하여 모든 인접 요소를 라벨링하는 GrassFire 기법을 적용하여 잡음을 제거하고 항공 감판의 결함이 있는 객체를 검출한다.

그림 11은 7×7 마스크와 13×13 마스크가 각각 적용된 영상에서 잡음을 제거 한 후, 라벨링 기법을 적용하여 결함 영역을 검출한 결과이다.

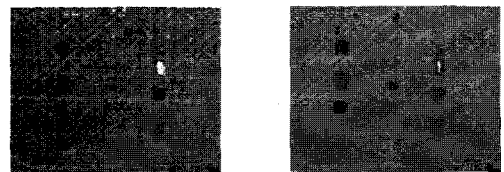


그림 11. 결함 영역 검출 결과 (a) 7×7 마스크 (b) 13×13 마스크  
Fig. 11 The detection result of fault region  
(a) 7×7 mask (b) 13×13 mask

실험 환경은 Intel Pentium-IV 3GHz CPU와 1.5GB RAM이 장착된 IBM 호환 PC상에서 Visual C# 2008로 구현하였고, 실험 영상은 항공 감판을 비파괴 검사하여 얻은 영상들을 대상으로 실험하였다. 그림 12는 같은 영상

에서 기존의 결함 추출 방법과 제안된 방법 간의 결함을 추출한 결과를 나타내었다.

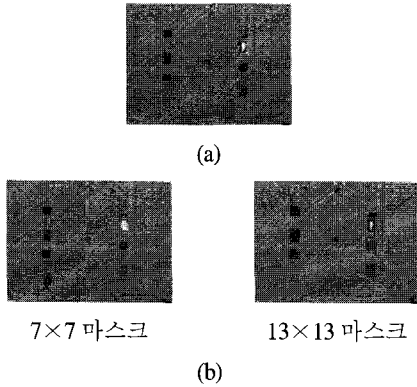


그림 12. 항공 갑판 결함 검출 결과  
(a) 기존의 방법 (b) 제안된 방법

Fig. 12 The detection result in air deck  
(a) Conventional method[4] (b) Proposed method

기존 방법은 그림 12(a)에서와 같이 좌측 결함이 검출되지 않았고 우측 결함도 비교적 정확히 검출되지 않는 것을 확인할 수 있다. 제안된 방법에서  $13 \times 13$  마스크의 경우에는 기존 방법에 비교하여 비교적 결함을 정확히 검출하는 것을 확인할 수 있다. 그러나  $7 \times 7$  마스크의 경우에는 기존 방법과 비슷한 정도로 결함이 검출되었다.  $7 \times 7$  마스크를 이용한 결함 검출 방법은 잡음들은 정확히 제거된 상태에서 결함 영역을 검출할 수 있었지만 일부 결함 영역이 검출되지 않았다. 그러나  $13 \times 13$  마스크를 이용한 결함 검출 방법은 항공 갑판 영상에서 모든 결함을 비교적 정확히 검출되었지만 일부 잡음도 검출되었다.

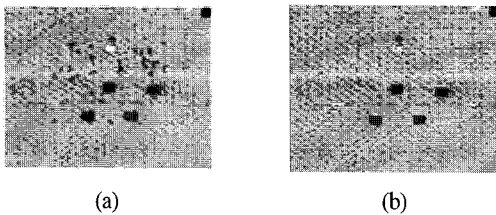


그림 13. 항공 갑판 결함 검출 영상  
(a) 기존의 방법 (b) 제안된 방법

Fig. 13 The detection image in air deck  
(a) Conventional method (b) Proposed method

그림 13은 다른 종류의 항공 갑판 영상을 기존 방법과 제안된 방법을 적용하여 결함을 검출한 결과이다. 기존 방법에서는 결함이 아닌 부분까지 결함으로 추출하였지만 제안된  $7 \times 7$  마스크 방법은 비교적 결함 부분만을 검출하는 것을 확인할 수 있다. 그림 14는 제안된  $13 \times 13$  마스크의 검출 방법으로 다른 항공 갑판 영상의 결함을 검출한 결과이다.

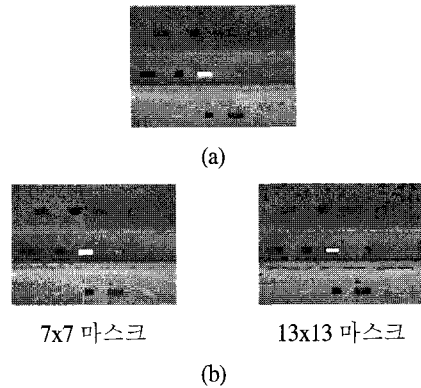


그림 14. 결함 검출 실패 영상  
(a) 기존의 방법 (b) 제안된 방법

Fig. 14 The fault image of detection  
(a) Conventional method (b) Proposed method

그림 14에서와 같이 결함을 제외한 잡음까지 결함으로 검출되는 것을 확인할 수 있다. 그러나  $7 \times 7$  마스크 검출 방법을 적용하는 경우에는 결함이 거의 검출되지 않았다.

## VI. 결 론

본 논문에서는 항공 갑판 영상을 비파괴 검사를 통하여 획득된 영상에서 다양한 방법으로 결함을 검출하는 방법을 제안하였다. 윤곽선을 추출하기 위해  $7 \times 7$  소벨 마스크와  $13 \times 13$  소벨 마스크를 각각 적용하여 에지를 추출하고, 명암도 대비 확대를 위하여 히스토그램 평활화를 적용하였다. 평활화된 영상의 명암도 평균을 임계치로 설정하는 평균 이진화 기법을 적용하여 잡음을 포함한 결함을 추출하였다. 그리고 결함을 제외한 잡음을 제거하기 위해 침식 연산과 팽창 연산을 연속 수행하였다. 잡음이 제거된 영상에서 라벨링 기법을 적용하여 결

함 영역을 검출하였다. 제시된 결함 검출 방법은 기존의 세라믹 검출 방식에 비해 다양한 종류의 결함이 존재하는 경우에 효과적으로 결함을 검출하는 할 수 있는 것을 실험을 통하여 확인하였다. 그러나 비파괴 검사 영상에서 결함 영역과 배경 영역의 명암도 차이가 거의 없는 경우에는 제안된 방법으로 정확히 결함을 검출할 수 없는 경우가 발생하였고, 결함 영역을 제외한 갑판의 배경 영역의 명암도가 일정하지 않는 경우에는 잡음을 결함으로 검출하는 경우가 발생하였다.

향후 연구 방향은 결함만을 정확히 검출하기 위해 퍼지 기법을 적용하여 잡음을 정확히 제거하는 방법과 신경망을 적용하여 배경 영역과 결함 영역을 구분할 수 있는 양자화 방법을 연구하여 현재의 결함 검출 방법의 성능을 개선할 것이다.

### 참고문헌

- [1] 안영식, 박상기, 박병철, 이영호, "디지털 방사선을 이용한 용접부 비파괴검사 기술," *대한용접학회 추계학술발표대회 논문집*, 제45권, pp.12-14, 2005.
- [2] 임병수, 배시연, 정찬서, "초음파를 이용한 구조물 내부의 균열 및 미소 결함 검출," *한국자동차공학회 2004년 춘계학술대회논문집*, 제3권, pp.1652 -1656, 2004.
- [3] 장병국, 이상호, 오희갑, "비파괴 검사에 의한 세라믹스의 결함 검출 및 신뢰성 평가," *한국세라믹학회 세라미스트 요업기술*, 제 10권, 제 4호, pp.358-371, 1995.
- [4] 김광백, 우영운, "비파괴 검사를 이용한 세라믹 재료의 결함 검출," *한국전자통신학회논문지*, 5권, 3호, pp.321-326, 2010.
- [5] K. B. Kim, H. K. Yang, S.H.Ahn "Recognition of Concrete Surface Cracks using ART2-based Radial Basis Function Neural Network," *Lecture Notes in Computer Science*, LNCS 3982, Springer, pp.279-286, 2006.
- [6] 김광백, 조재현, "ART2 기반 양자화를 이용한 콘크리트 슬래브 표면의 균열 검출," *한국해양정보통신학회논문지*, 12권, 10호, pp.1897-1902, 2008.

### 저자소개

김광백(Kwang-Baek Kim)



1999년 : 부산대학교  
전자계산학과(이학박사)  
1997년~현재 : 신라대학교  
컴퓨터공학과 교수

2009년~현재 : 한국컴퓨터정보학회 이사 및 논문지 편집위원, 한국해양정보통신학회 학술상임이사 및 논문지 편집위원

※관심분야: 퍼지 논리, 영상 처리, 유전자 알고리즘, 의료정보시스템, 생물정보학

조재현(Jae-Hyun Cho)



1998년 2월 : 부산대학교  
전자계산학과 (이학박사)  
2001년~현재 : 부산가톨릭 대학교  
컴퓨터공학과 교수

2011년~현재 멀티미디어학회 이사,  
한국해양정보통신학회 이사  
※관심분야: 퍼지 이론, 신경회로망, 영상 인식, 인공지능시각시스템