
ART2 기반 양자화를 이용한 콘크리트 슬래브 표면의 균열 검출

김광백* · 조재현**

Cracks Detection of Concrete Slab Surface using ART2 based Quantization

Kwang-Baek Kim* · Jae-Hyun Cho**

요 약

영상에 나타난 콘크리트 표면의 균열은 그 획득 과정에서 빛이나 외부환경에 의해 훼손되는 경우가 발생한다. 또한 콘크리트 표면이 고르지 않고 균열과 표면의 명암도 차이가 거의 없기 때문에 정확한 균열을 검출하기 어렵다. 따라서 본 논문에서는 콘크리트 표면 영상을 밝기에 따라 여러 영역으로 구분하기 위해 ART2 기반 양자화를 적용한다. 양자화된 영역에서 균열과 잡음의 분포를 조사하여 균열과 잡음이 같이 존재하는 영역에서는 잡음 제거 과정을 수행한 후, 균열 후보 영역을 추출하고 균열 후보 영역에서 형태학적인 정보를 이용하여 잡음을 제거하여 최종 균열 영역을 검출한다. 실제 콘크리트 표면 균열 영상을 대상으로 실험한 결과, 제안한 방법이 기존의 방법보다 콘크리트 표면의 밝은 영역에서 균열이 비교적 정확히 검출되는 것을 확인하였다.

ABSTRACT

In computer vision analysis of detecting concrete slab surface cracks, there are many difficulties to overcome. Target images often have defamations due to the light condition and other external environment. Another difficulties in detecting concrete crack image is that there is no clear distinction in intensity between the crack and the surface since the surface is often irregular. In this paper, we apply ART2 based quantization in order to classify target concrete slab surface images into several areas with respect to the light intensity. From those quantized areas, we investigate the distribution of real cracks and noises. Then, we extract candidate crack areas after applying noise removal process to areas which have both cracks and noises. Finally, crack areas are recognized by using morphological features of cracks from such candidate areas. In experiment with real world concrete slab structure images, our algorithm has advantage in recognizing accuracy of cracks to other algorithms especially in relatively brighter areas of concrete surface.

키워드

Concrete Slab Surface Cracks, ART2 based Quantization, Morphological Features

I. 서 론

최근에는 고강도·고유동·고성능 콘크리트가 개발되고 실용화되면서 콘크리트 분야의 기술이 선진화·합리

화되고 있는 것은 주지의 사실이지만, 콘크리트의 균열 발생에 대한 문제는 구조물의 상태를 예측할 수 있고, 직, 간접적인 피해를 최소화 할 수 있기 때문에 아직도 많은 관심을 가진다.

* 신라대학교 컴퓨터정보공학부
** 부산가톨릭대학교 컴퓨터공학과

대부분 균열이 발생하면 점검자의 수작업에 의해 계측되어 점검자의 주관이 개입될 수 있기 때문에 컴퓨터를 통해 객관적으로 계측할 수 있는 기법의 필요성이 확대되고 있다[1,2].

기존의 영상 처리 기법을 이용한 균열 검출 방법은 빛이나 외부환경에 의해 콘크리트 표면 균열 영상에 잡음이 포함되어 있거나, 균열과 콘크리트 표면의 명암도의 차이가 거의 없는 경우에는 효과적으로 균열을 검출할 수 없는 문제점이 있다[3,4].

기존의 콘크리트 균열 검출방법[5,6]에서 임의의 영역으로 나누어서 균열을 검출하는 방법과는 달리 본 논문에서는 콘크리트 영역을 밝기에 따라 여러 영역으로 구분하기 위해 ART2 기반 양자화를 적용하여 효과적으로 균열을 검출하는 방법을 제안한다.

II. 콘크리트 균열 검출

제안된 콘크리트 균열 검출 방법의 개요도는 그림 1과 같다.

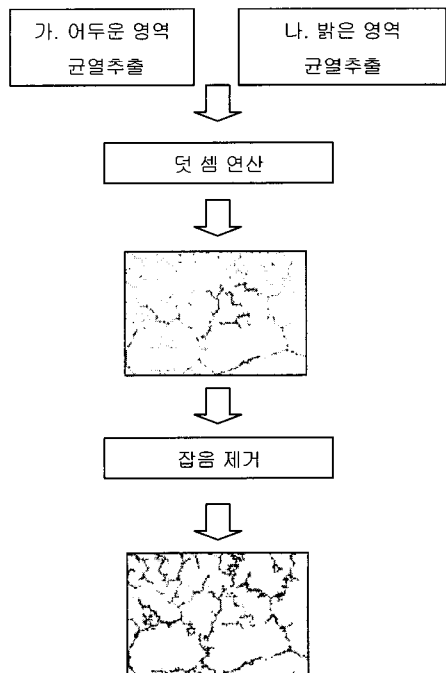
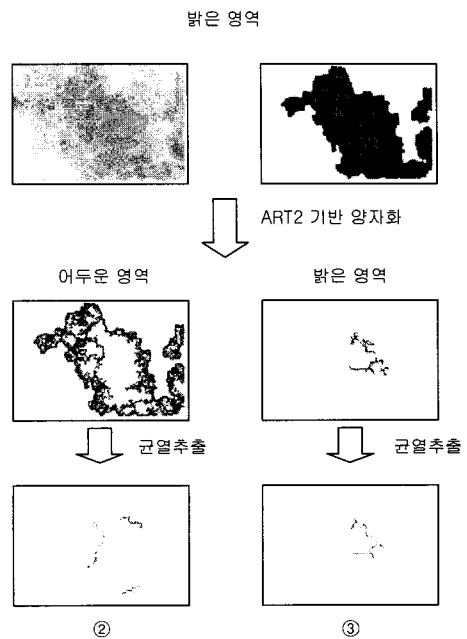
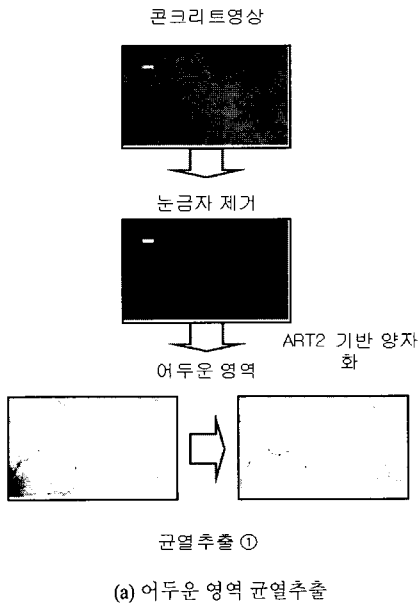


그림 1. 콘크리트 표면 균열 검출
Fig. 1 Concrete Surface Crack detection

2.1 눈금자 제거

콘크리트 영상에는 분석 대상이 되는 균열 이외에 균열 측정을 위한 눈금자가 존재한다. 이 눈금자는 균열 검출 시 균열로 잘못 추출 될 가능성이 있기 때문에 잡음으로 간주하여 제거한다. 눈금자 제거 과정은 눈금자의 밝기와 콘크리트 표면의 밝기가 구분되는 임계치를 T 로 설정하여 식 (1)과 같이 이진화를 수행한다.

$$h(x,y) = \begin{cases} 255, & \text{if } (f(x,y) > T) \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

여기서 $f(x,y)$ 는 콘크리트 균열 영상의 밝기 값이고, $h(x,y)$ 는 임계치 T 에 의해 줄눈과 배경이 이진화된 영상이다. 이진화된 영상에서 모폴로지 기법 중의 하나인 백화소 팽창 연산을 적용하여 줄눈 영역과 눈금자의 경계 부분이 균열로 검출되지 않도록 한다. 그림 2는 콘크리트 균열 영상에서 눈금자를 제거한 결과 영상이다.

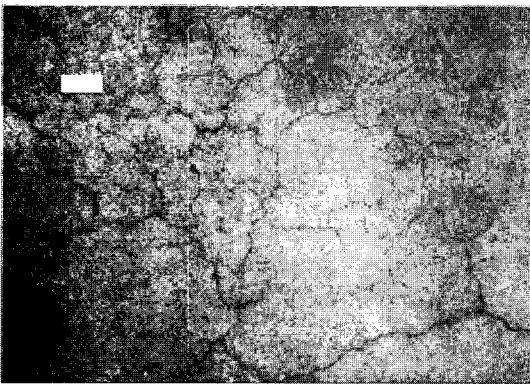


그림 2. 눈금자를 제거한 영상
Fig. 2 The image removed graduations

2.2 ART2 기반 양자화

콘크리트 영상은 저 대비 영상이며 명암도 스펙트럼에서 균열 영역과 인접 잡음 영역이 유사한 범위를 형성하고 있다. 따라서 본 논문에서는 콘크리트 균열 영역을 효과적으로 추출을 위해 그림 3과 같은 ART2 기반 양자화를 이용하여 콘크리트 영역을 그림 4와 같은 어두운 부분과 그림 5와 같은 밝은 부분으로 구분한다.

그림 3에서 출력 값은 식(2)과 같이 계산하고 연결 가중치 조절은 식(3)과 같이 계산한다.

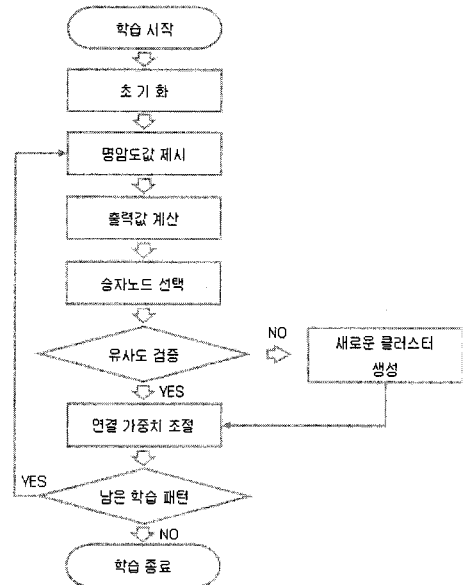


그림 3. ART2 알고리즘
Fig. 3 ART2 algorithm

$$O_j = \sqrt{\sum_{i=0}^{n-1} (x_i - w_{j,i})^2} \quad (2)$$

$$w_{j,i}^{t+1} = \frac{x_i + w_{j,i}^t \times n_{j,i}}{n_{j,i} + 1} \quad (3)$$

식 (2)와 (3)에서 x_i 는 입력 패턴이고 $w_{j,i}^t$ 는 승자노드의 연결 가중치이다. $n_{j,i}$ 는 승자 노드에 갱신된 패턴의 수이다.

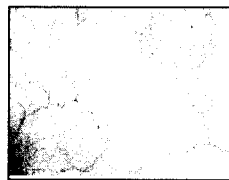


그림 4. 어두운 영상
Fig. 4 A dark image

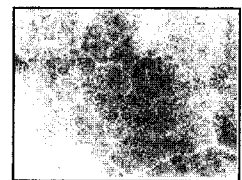


그림 5. 밝은 영상
Fig. 5 A bright image

대부분의 콘크리트 영상에서 낮은 명암도를 가지는 경우에는 균열일 가능성이 높다. 그러나 그림 6과 같이 어두운 영상에서는 균열과 잡음이 같이 존재하는 경우가 있다.

따라서 그림 6과 같은 영상에서는 4×4 마스크를 이용하여 그림 7과 같이 픽셀수를 계산하여 픽셀 수가 마스크 크기의 60% 이상일 경우에는 균열과 잡음이 같이 존재 하는 영역으로 간주하고 균열과 주위의 잡음을 최대한 제거하기 위해서 RGB 컬러 평균 이진화를 수행한다. 이 과정을 반복 수행하여 잡음을 제거한 영상은 그림 8과 같다.

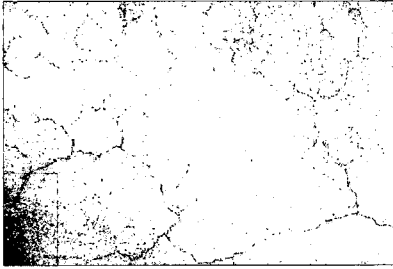


그림 6. 균열과 잡음이 존재하는 영역
Fig. 6 The region with cracks and noises

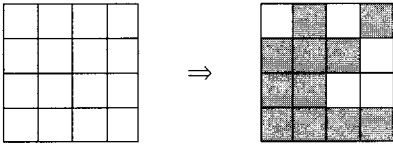


그림 7. 4×4 마스크를 이용하여 픽셀 수 측정
Fig. 7 Pixel number calculation by 4×4 mask

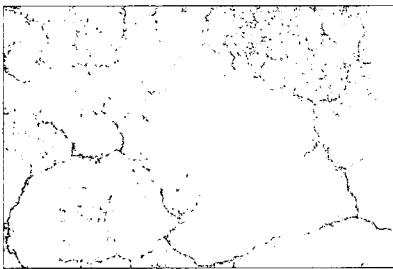


그림 8. 잡음을 제거한 영상
Fig. 8 Image removed noises

밝은 영역에서는 일반적으로 콘크리트 표면의 명암도가 더 많이 존재한다. 그리고 콘크리트 표면과 표면의 사이에는 균열이 존재한다. 따라서 균열이 존재하는 영역을 추출하기 위하여 콘크리트 표면이라고 판단되는 부분의 영역을 확장시킨 영상은 그림 9와 같다.

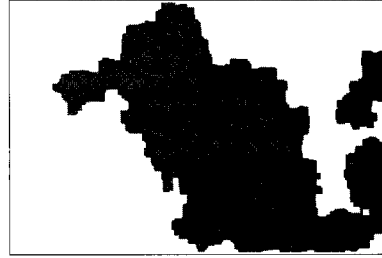


그림 9. 콘크리트 표면을 확장시킨 영상
Fig. 9 Concrete surface extension image

콘크리트 표면을 확장 시킨 영상을 ART2 기반 양자화를 수행하여 그림 10과 같이 어두운 영역과 그림 11과 같은 밝은 영역으로 구분한다.

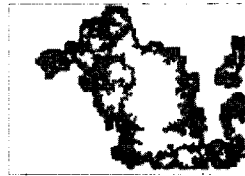


그림 10. 어두운 영역
Fig. 10 A dark region

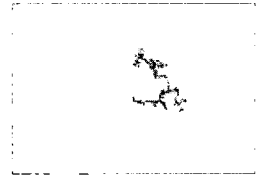


그림 11. 밝은 영역
Fig. 11 A bright region

그림 10과 같은 어두운 영역은 그림 6과 같이 균열과 잡음이 같이 존재 하는 영역을 탐색한 후, RGB 컬러 평균 이진화 방법을 적용하여 그림 12와 같이 잡음을 제거하고, 밝은 영역은 RGB 평균 이진화 방법을 적용하여 그림 13과 같이 잡음을 제거한다.

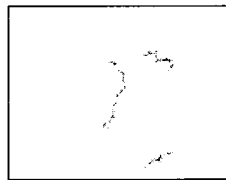


그림 12. 어두운 영상에서의 균열 검출
Fig.12 Crack detection in the dark image

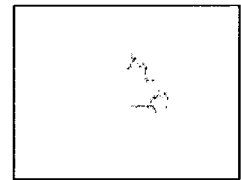


그림 13. 밝은 영상에서의 균열 검출
Fig.13 Crack detection in the bright image

2.3 형태학적 정보를 이용한 잡음 제거

그림 8, 그림 12, 그림 13에서와 같이 각각 추출된 균열 후보 영역들에 대해 덧셈 연산을 적용한다. 그림 14는

추출된 균열 후보 영역들에 대해서 덧셈 연산을 수행한 결과 영상이다.

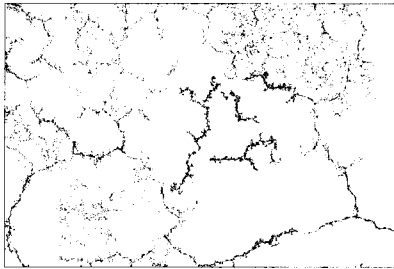


그림 14. 균열의 덧셈 연산 영상
Fig. 14 Result image by add operation

콘크리트 균열 영상에서 ART2 기반 양자화 방법을 적용하여 어두운 영역과 밝은 영역을 구분한 후, 각 영역에 대해 잡음 제거 과정을 반복적으로 수행하여도 잡음들이 내포되어 있다. 이러한 영역에서는 콘크리트의 균열과 잡음의 형태학적 특징 정보를 이용하기 위하여 모폴로지 기법인 팽창과 수축을 적용한다.

팽창과 수축을 적용하여 미세하게 끊어진 균열을 복원시키고 그림 15와 같은 균열과 잡음의 특징을 적용하여 잡음을 제거한다.

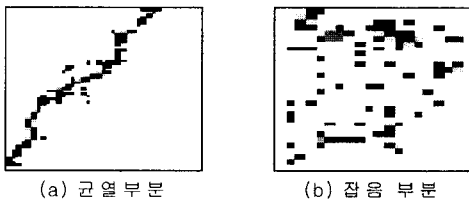


그림 15. 균열과 잡음의 특징
Fig. 15 Feature of crack and noise

III. 실험 및 결과 분석

본 논문에서 제안한 방법을 Intel Pentium-IV 2.4GHz CPU와 512MB RAM이 장착된 IBM 호환 PC상에서 VC++ 6.0으로 구현하여 실험하였다.

실험에 적용된 균열 영상은 CANON사의 350D 디지털 카메라를 사용하여 2496×1664 크기를 가진 영상을 획득하여 실험에 적용하였다. 제안된 방법에서 전처리 과정으

로 인해 균열이 끊어진 부분들을 일정한 거리 내에 존재하면 같은 균열로 인식하여 검출한 결과는 그림 16과 같다.

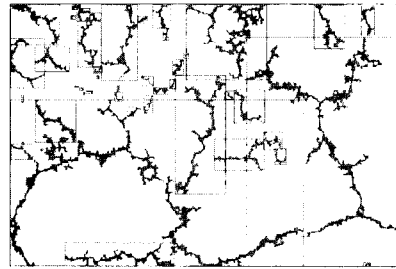


그림 16. 균열 추출 결과
Fig. 16 Result of crack detection

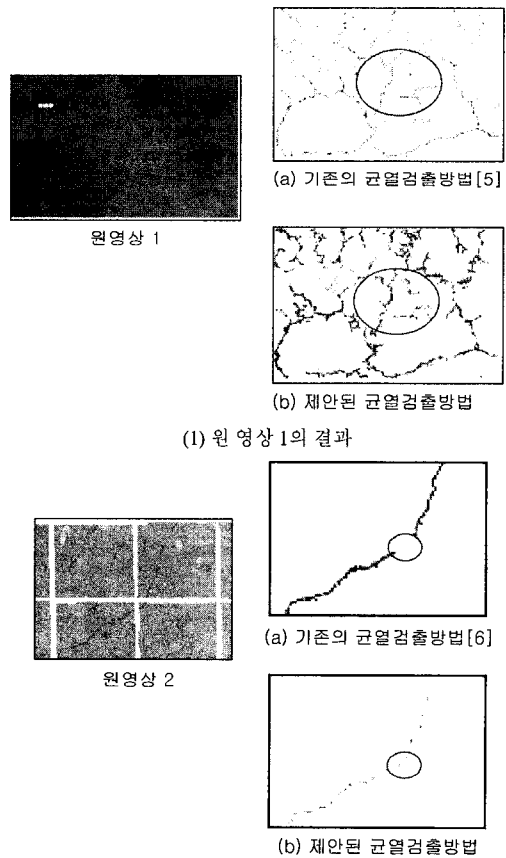


그림 17. 기존의 콘크리트 균열 추출방법과 제안된 콘크리트 균열 추출방법의 결과 비교
Fig. 17 Result comparison of concrete crack detection methods

그림 17은 기존의 콘크리트 균열 추출 방법[5,6]과 제안된 콘크리트 균열 추출 방법 간의 결과를 비교한 영상이다. 기존의 균열 검출 방법에서와 같이 임의의 영역으로 구분하여 균열을 검출하는 방법보다 ART2 기반 양자화 기법을 적용하여 밝기에 따라 영역을 구분한 후, 잡음 제거 기법을 적용하여 균열을 검출하는 것이 콘크리트 표면의 명암도가 밝은 곳에서 밝은 균열을 검출하는데 효과적임을 확인할 수 있다.

IV. 결 론

본 논문에서는 콘크리트 슬래브 표면 영상에서 콘크리트 균열을 검출할 수 있는 방법을 제안하였다. 제안된 콘크리트 균열 검출 방법은 ART2 기반 양자화를 적용하여 콘크리트 영상에서 어두운 영역과 밝은 영역으로 구분하였다. 각 구분된 영역에서 RGB 컬러 평균 이진화 방법을 각각 적용하여 잡음을 제거한 후에 균열의 후보 영역을 추출하였다. 추출된 균열 후보 영역에서 콘크리트의 균열과 잡음의 형태학적 특징 정보를 이용하기 위하여 모폴로지 기법인 팽창과 수축을 적용하여 균열의 후보 영역에서 형태학적 잡음을 제거한 후에 최종적으로 콘크리트의 균열 영역을 검출하였다.

향후 연구 과제로 콘크리트 표면에 존재하는 균열의 진행도와 진행 방향을 정확히 분석하여 균열이 발생할 위치와 균열의 형태에 따른 균열의 원인을 파악하고 미리 대처 할 수 있는 지능적인 균열 검출 및 분석 방법에 대해 연구할 것이다.

참고 문헌

[1] 한국콘크리트학회, 최신 콘크리트 공학, 기문당, 1992.

[2] 강준목, 오영철, 엄대용, “수치영상처리에 의한 콘크리트 구조물의 균열 정보 획득,” 대한토목학회 논문집, 22권, 5-D호, pp.1001-1010, 2002.

[3] 김광백, 조재현, 안상호, “콘크리트 표면의 영상 처리 기법,” 한국해양정보통신학회논문지, 9권, 7호, pp.1575-1582, 2005.

[4] K. B. Kim, K. B. Sim, S. H. Ahn, “Recognition of

Concrete Surface Cracks using The ART1-based RBF Network,” Lecture Notes in Computer Science, LNCS 3972, Springer, pp.669 -675, 2006.

[5] 김광백, “ART2 기반 RBF 네트워크를 이용한 콘크리트 슬래브 표면의 균열 추출 및 인식,” 멀티미디어 학회논문지, 10권, 8호, pp.1068-1077, 2007.

[6] 김광백, 박현정, “개선된 Max-Min 신경망을 이용한 콘크리트 균열 인식,” 한국컴퓨터정보학회논문지, 제 12권, 제 2호, pp.77-82, 2007.

저자소개



김 광 백(Kwang-Baek Kim)

1999년 부산대학교 전자계산학과 (이학박사)

1997년~현재 신라대학교 컴퓨터정보공학부 교수

2005년~현재 한국해양정보통신학회 이사 및 논문지 편집부위원장

※ 관심분야: Neural Networks, Image Processing, Fuzzy Logic, Medical Imaging



조 재 현(Jae-Hyeon Cho)

1998년 부산대학교 전자계산학과 (이학박사)

2001년 3월~현재 부산가톨릭 대학교 컴퓨터공학과 부교수

2005년~현재 해양정보통신학회 논문지 편집위원

※ 관심분야: 영상처리 및 컴퓨터비전, 퍼지 및 신경망, 인공지능