

퍼지 추론 기법과 SOM 알고리즘을 이용한 콘크리트 슬래브 표면의 균열 추출 및 분석

조현학 · 강효주 · 김광백
신라대학교 컴퓨터정보공학부

Extraction and Analysis of Concrete Slab Surface Cracks using Fuzzy Reasoning
Method and SOM Algorithm

Hyun-Hak Cho · Hyo-Joo Kang · Kwang-Beak Kim

Division of Computer and Information Engineering, Silla University

E-mail : darkruby1004@naver.com, hyojoo2@nate.com, gbkim@silla.ac.kr

요 약

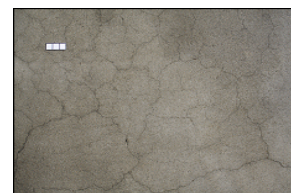
본 논문에서는 형태가 왜곡되지 않은 균열뿐만 아니라, 잡음과 유사한 미세 균열까지 효과적으로 추출하고 분석할 수 있는 방법을 제안한다. 본 논문에서 제안하는 균열 검출 방법은 콘크리트 슬래브 표면의 R, G, B 채널 값을 퍼지 기법에 적용하여 후보 균열 영역을 추출한 후, 추출한 후보 균열 영역에 SOM 기법을 적용하여 1차적으로 잡음 영역을 제거한다. 잡음이 제거된 후보 균열 영역에서 밀도 정보를 이용하여 2차적으로 세부적인 잡음 영역을 제거하여 최종적으로 균열 영역을 검출한다. 실제 콘크리트 균열 영상을 대상으로 실험한 결과, 다양한 콘크리트 균열 영상에서 기존의 균열 추출 방법보다 균열 검출 성능이 개선되었음을 확인하였다.

I. 서 론

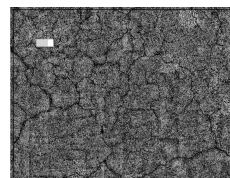
기존의 콘크리트 균열 검출 방법은 콘크리트 표면이 빛에 의해 명암도가 변하거나, 균열과 콘크리트 표면의 명암도의 차이가 거의 없는 경우에는 효과적으로 균열을 검출할 수 없는 문제점이 있다[1,2]. 그리고 다양한 콘크리트 영상에 적용하였을 때 균열 검출이 어려운 단점이 있다.

따라서 본 논문에서는 제안된 방법은 콘크리트 슬래브 표면의 R, G, B 채널 값을 퍼지 기법 [3,4]에 적용하여 후보 균열 영역을 추출한 후에 SOM 기법 [5]을 적용하여 추출된 후보 균열 영역 중에서 잡음 영역을 제거한다. 잡음이 제거된 영상에서 밀도 정보를 이용하여 세부적인 잡음을 제거한 후에 최종적으로 균열 영역을 검출한다. 다양한 콘크리트 균열 영상에서 기존의 방법보다 효과적으로 균열을 추출하여 특징을 분석할 수 있는 방법을 제안한다.

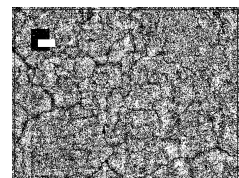
제안된 콘크리트 균열 검출 방법의 개요도는 그림 1과 같다.



(1) 콘크리트 영상



(2) 지역적 평활화



(3) 퍼지기법 적용

II. 콘크리트 슬래브 표면의 균열 검출

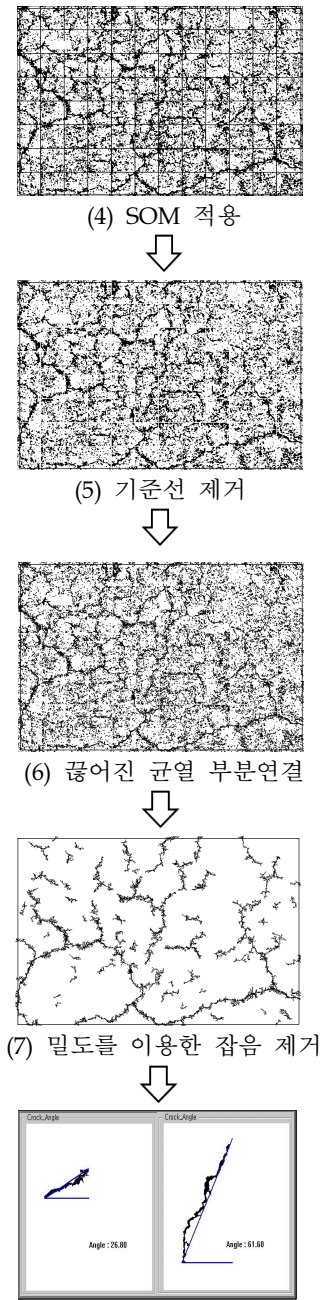


그림 1. 개요도

콘크리트 영상에서 미세한 균열 부분은 잡음의 명암도와 유사하다. 이러한 미세한 균열 부분의 명암도와 잡음의 명암도를 구분하기 위해 콘크리트 영상을 임의의 작은 객체로 나누어 각각의 영역에 대해 평활화를 수행하여 미세한 균열 부분과 잡음을 구분한다.

콘크리트 영상은 저 대비 영상이며 명암도 스

펙트럼에서 균열 영역과 인접 잡음 영역이 유사한 범위를 형성하고 있다. 따라서 영상을 그레이화하는 경우에는 균열 영역과 잡음 영역의 명암도가 유사하다. 본 논문에서는 이러한 점을 이용하여 지역적 평활화된 영상을 임의로 나눈다. 그리고 각 나누어진 객체 영역의 그레이 평균값을 구한다. 그레이 평균값 이하 영역에 대해서는 R, G, B 각각 채널 정보를 퍼지 기법에 적용한다. RGB 컬러 정보에 대한 소속 함수는 그림 2와 같다.

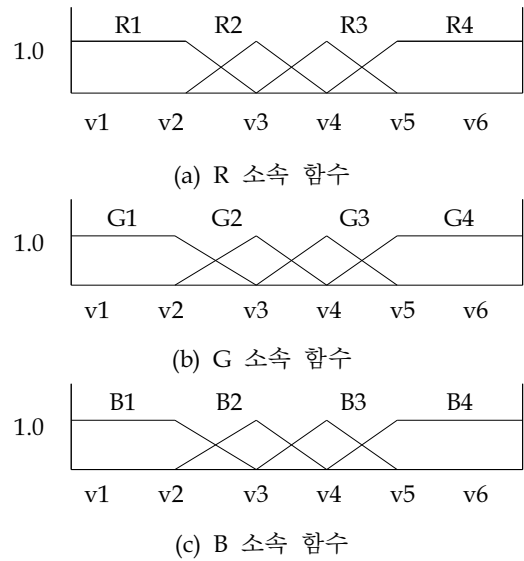


그림 2. 전반부 소속 함수

각 객체 영역의 RGB 컬러 정보에 대한 소속 함수 구간은 각 영역의 R, G, B 채널의 평균값을 적용하며, 소속 함수 구간은 표 1과 같다.

표 1. 그림 2에 대한 소속 함수 구간

v1	0
v2	$R(G, B) / 2$
v3	$R(G, B) * (3 / 4)$
v4	$R(G, B) * (5 / 4)$
v5	$R(G, B) * (6 / 4)$
v6	255
R = 객체 영역의 R의 평균값 (G, B 채널도 동일한 방식을 적용)	

계산된 소속도를 다음과 같은 추론 규칙에 적용하여 콘크리트 영상에서 후보 균열 영역을 추출한다.

- IF X is R1(G1, B1) and Y is R1(G1, B1)
then W is C1
- IF X is R1(G1, B1) and Y is R2(G2, B2)
then W is C1
- IF X is R1(G1, B1) and Y is R3(G3, B3)
then W is C2
- IF X is R1(G1, B1) and Y is R4(G4, B4)
then W is C3
- IF X is R2(G2, B2) and Y is R1(G1, B1)
then W is C1
- IF X is R2(G2, B2) and Y is R2(G2, B2)
then W is C2
- IF X is R2(G2, B2) and Y is R3(G3, B3)
then W is C2
- IF X is R2(G2, B2) and Y is R4(G4, B4)
then W is C3
- IF X is R3(G3, B3) and Y is R1(G1, B1)
then W is C2
- IF X is R3(G3, B3) and Y is R2(G2, B2)
then W is C3
- IF X is R3(G3, B3) and Y is R3(G3, B3)
then W is C3
- IF X is R3(G3, B3) and Y is R4(G4, B4)
then W is C4
- IF X is R4(G4, B4) and Y is R1(G1, B1)
then W is C2
- IF X is R4(G4, B4) and Y is R2(G2, B2)
then W is C3
- IF X is R4(G4, B4) and Y is R3(G3, B3)
then W is C4
- IF X is R4(G4, B4) and Y is R4(G4, B4)
then W is C4

제시한 추론 규칙에 Max_Min 방법으로 추론한 후, 그림 2의 소속 함수에 적용하여 소속도를 계산한다. 추론 규칙은 Max_Min 방법으로 추론하고 그림 3의 소속 함수에 적용하여 소속도를 계산한다. 계산된 소속도를 무게 중심법에 적용하여 비퍼지화를 수행한다.

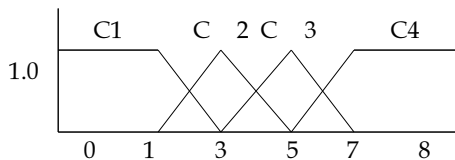


그림 3. 후반부 소속 함수

그리고 비퍼지화 값을 표 2에 명시된 조건에

적용하여 균열 후보 영역을 추출한다.

표 2. 후보 균열 영역 기준

$0 < W < 2$	후보 균열 영역
$2 < W < 4$	
$4 < W < 6$	
$6 < W < 8$	잡음 영역

퍼지 기법을 적용한 영상에서 RGB 컬러 정보를 이용하여 후보 균열을 추출하는 경우에는 균열 영역과 잡음 영역의 RGB 컬러 정보가 유사하여 균열을 추출할 수 없는 경우가 발생한다. 따라서 퍼지 기법을 적용한 영상에 SOM 기법을 적용하여 보다 정확히 후보 균열 영역과 잡음 영역을 구분한다.

지역적으로 평활화된 영상에서 3X3 크기를 가진 마스크의 그레이 평균값을 SOM 알고리즘에 적용하여 학습하고 출력값을 계산한다.

학습이 완료된 SOM 알고리즘에서 후보 균열을 추출하기 위해 퍼지 기법을 적용한 영상을 SOM 알고리즘의 학습 방법과 같은 방법으로 3X3 크기를 가진 마스크의 그레이 평균값을 인식 패턴으로 적용하여 그림 4와 같이 세밀한 후보 균열 영역을 추출한다.

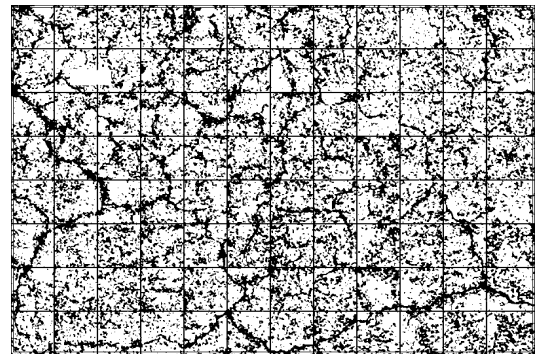


그림 4. SOM 알고리즘을 적용한 영상

그림 5에서와 같이 균열은 낮은 밀도와 낮은 명암도를 가지며, 잡음은 높은 밀도와 높은 명암도를 가진다.

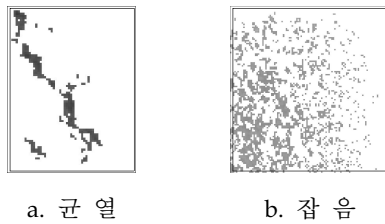


그림 5. 균열과 잡음

이러한 밀도 정보를 이용하여 잡음을 제거하기 위해 GRASSFIRE 알고리즘을 수행한 후에 식(1)을 적용한다.

$$f = \frac{A_{ob}}{A_x \times A_y} \quad (1)$$

식(1)에서 A_x, A_y 는 GRASSFIRE 알고리즘을 적용하여 추출된 객체를 외접하는 직사각형의 폭과 높이를 의미하고, A_{ob} 는 추출된 객체의 픽셀 수이다. 식(1)을 적용한 후에 표 3을 적용하여 그림 6과 같이 최종 균열을 추출한다.

표 3. 최종 균열 영역 추출 기준

$f \geq 0.3$	잡음
$f < 0.3$	균열

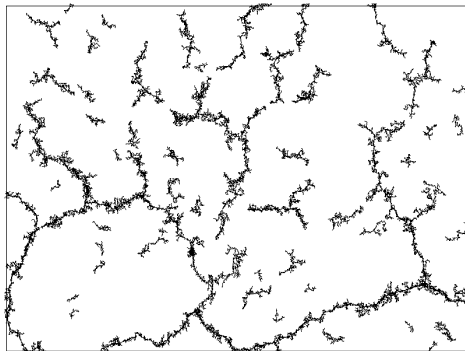


그림 6. 최종 균열 검출 영상

III. 콘크리트 균열 분석

본 논문에서는 균열의 특징을 분석하기 위해 균열 영역을 라벨링하여 추출된 균열을 대상으로 균열의 특징인 길이와 방향, 폭을 분석한다.

콘크리트 영상에 존재하는 눈금자를 이용하여 하나의 픽셀이 나타내는 실제 길이를 구한다. 이

때 균열의 길이가 1cm 미만의 균열은 미세 균열로 간주하여 균열의 특징을 계산하지 않는다.

균열의 방향은 각 균열의 시작점(x, y)과 끝점(x', y')의 좌표를 이용하여 식 (2)와 같이 계산한다.

$$\angle(i) = \frac{180}{x} \times \tan^{-1} \frac{y'(i) - y(i)}{x'(i) - x(i)} \quad (2)$$

IV. 실험 및 결과 분석

실험에 적용된 균열 영상은 CANON사의 350D 디지털카메라를 사용하여 800×600 크기를 가진 영상을 획득하여 실험에 적용하였다.

본 논문에서 제안된 방법은 R, G, B 채널 값을 퍼지 기법과 SOM 기법을 이용하여 후보 균열을 추출한 후에 밀도 정보를 이용하여 최종적으로 균열을 검출하였다. 추출된 균열에서 유클리디안 거리와 식(2)를 이용하여 균열의 특징 정보를 분석하였다.

그림 7은 기존의 콘크리트 균열 검출 방법과 제안된 방법 간의 균열 검출 결과를 비교한 결과 영상이다.

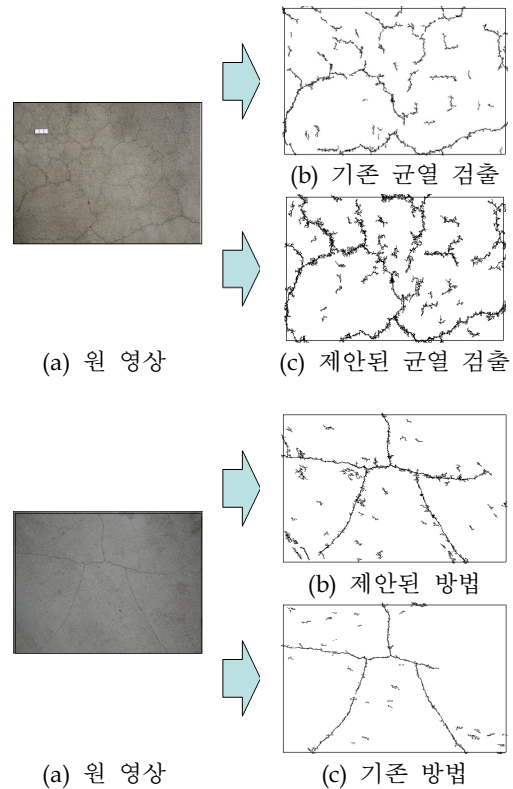


그림 7. 기존의 콘크리트 검출 방법과 제안된 방법 간의 결과 영상 비교

V. 결 론

본 논문에서는 콘크리트 슬래브 표면 영상에서 콘크리트 균열을 자동으로 추출할 수 있는 방법을 제안하였다. 제안된 콘크리트 추출 방법은 콘크리트 슬래브 표면의 R, G, B 채널 값을 퍼지 기법과 SOM 알고리즘을 이용하여 영상에서 후보 균열을 추출하였다. 추출된 후보 균열 영상에서 기준선을 제거한 후에 발생하는 오잡음 부분들을 복원하였다. 그리고 밀도 정보를 이용하여 세부적인 잡음을 제거한 후에 최종적으로 균열을 검출하였다. 최종적으로 추출된 균열 영상에서 각 균열의 특징(길이, 방향, 폭)을 분석하였다.

본 논문에서 제안한 균열 추출 방법은 균열의 원 형태를 유지하며 균열의 형태학적 특징 정보를 이용하여 잡음을 제거하였고, 콘크리트 균열 중에서 기존의 균열 추출 방법에서 잡음으로 간주되어 제거된 미세한 균열과 콘크리트 표면에 거친 잡음이 많이 내포된 영상에 대해서도 효율적으로 균열을 추출하였다.

참고문헌

- [1] 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.
- [2] 이훈석, 노대경, 우영운, 김광백 "ART2 기반 양자화와 명암도 변화를 이용한 콘크리트 슬래브 표면의 균열 검출" 한국해양정보통신학회 춘계종합학술대회발표논문집, pp. 379-385, 2008.
- [3] A. Kandel, G. Langholz, Fuzzy Control Systems, CRC Press, Inc., 1994.
- [4] W. Pedrycz, Fuzzy Control and Fuzzy Systems, Research Studies Press Ltd., 1989.
- [5] 김대수, 신경망 이론과 응용, 2005.