

# 퍼지 기법과 명암도를 이용한 콘크리트 표면의 균열 검출

김준희\* · 김광백\*

\*신라대학교 컴퓨터정보공학부

## Detection of Concrete Slab Surface Cracks using Fuzzy Method and Brightness

Jun-Hoi Kim\* · Kwang-Beak Kim\*

\*Division of Computer and Information Engineering, Silla University

### 요 약

본 논문에서는 콘크리트 표면에 발생한 균열의 미세한 부분까지 효과적으로 검출 할 수 있는 방법을 제안한다. 제안된 균열 검출 방법은 콘크리트 영상의 RGB값을 퍼지 기법에 적용하여 후보 균열 영역을 검출한다. 검출된 후보 균열 영역에서 밀도와 명암도를 이용하여 효과적으로 세부적인 잡음까지 제거한 후, 최종으로 균열 영역을 검출한다. 실제 콘크리트 표면의 균열 영상을 대상으로 실험한 결과, 제안된 방법이 기존의 방법보다 균열의 검출 성능이 개선되었음을 확인할 수 있었다.

### 1. 서 론

대부분 균열이 점검자에 의해 수작업으로 계측되기 때문에 시간적 측면이 비효율적이므로 컴퓨터를 통해 객관적으로 계측할 수 있는 기법의 필요성이 더욱 확대되고 있다[1,2]. 영상 처리 기법을 이용한 균열 계측 기법은 컴퓨터가 균열을 자동으로 인식하는 검출 기법과, 검출된 균열의 특징들(폭, 길이, 방향)을 계산하는 분석 기법으로 구분할 수 있다[3]. 전자의 경우, 콘크리트 구조물에서 발생하는 균열은 형상이 랜덤하여 수학적 모델링이 불가능할 뿐만 아니라 콘크리트 구조물은 시공을 한 후, 바로 외부 환경에 노출되기 때문에 균열만을 완벽히 검출할 수 있는 기법은 아직 소개되어 있지 않다.

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[4,5]. 그리고 다양한 콘크리트 영상에 적용하였을 때 균열 검출이 어려운 단점이 있다.

따라서 본 논문에서는 콘크리트 균열 영상의 R, G, B 채널 값을 퍼지기법[6,7]에 적용하여 후보 균열 영역을 검출한 후, 균열과 인접한 배경과의 명암도 차이가 변하는 특징을 이용하여 세부적인 잡음을 제거한 후에 최종적으로 균열 영역을 검출한다.

분포에 의해 결정된다. 명암도 분포가 한곳에 치우쳐 있는 영상은 좋은 영상이라고 할 수 없다. 콘크리트 균열 영상의 경우 명암도 분포가 한곳에 치우쳐 있다. 한곳에 치우쳐 있는 명암도 분포를 최대한 활용하도록 펼치기 위해서 명암 대비 스트레칭 기법을 적용한다. 콘크리트 영상에서 균열 부분은 잡음 부분의 색상과 유사하며, 지역마다 영상의 명암도 분포도가 일정하지 않기 때문에 영상을 임의의 작은 영역으로 분할하여 분할된 영역에 대해서 평활화를 한다. 평활화를 수행하여 균열 부분과 잡음 부분을 명확히 한다.

콘크리트 영상은 저 대비 영상이며 명암도 스펙트럼에서 균열 영역과 인접 잡음 영역이 유사한 범위를 형성하고 있다. 따라서 영상을 그레이로 변환하는 경우에는 균열 영역과 잡음 영역의 색상 정보가 유사해진다. 본 논문에서는 이러한 점을 이용하여 콘크리트 영상에서 임의로 나눈 객체 영역의 그레이 평균값 이하 영역에 대하여 R, G, B 채널 정보를 퍼지 기법에 적용한다. RGB 컬러 정보에 대한 소속 함수는 그림 1과 같다.

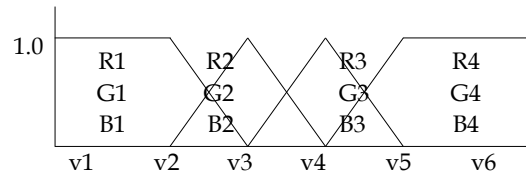


그림 1. RGB 컬러 정보에 대한 소속 함수

### II. 제안된 균열 검출 방법

영상의 명암 대비는 밝거나 어두운 픽셀들의

객체 영역의 RGB 컬러 정보에 대한 소속 함수 구간은 객체 영역의 R, G, B 채널의 각 평균

값을 사용하며, 소속 함수 구간 값은 표 1과 같다.

표 1. 그림 1에 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 동일)	

객체 영역의 R과 B채널을 그림 1의 소속 함수에 각각 적용하여 소속도를 구한다. R과 B채널을 먼저 수행하는 이유는 사람이 볼 수 있는 빛은 가시광선이기 때문이다. 그 중 초록색은 가시광선 중에서 중심에 해당하는 색상이다[8]. 중심에 해당하는 색상인 G채널 값을 가장 먼저 인식 후에 R과 B채널 값을 각각 인식한다. 따라서 R과 B채널을 먼저 수행한다. 계산된 소속도를 표 2의 퍼지 추론 규칙에 적용한다. 퍼지 추론 규칙은 콘크리트 영상에서 후보 균열 영역을 검출하는데 적용한다.

표 2. 퍼지 추론 규칙

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 퍼지 추론 규칙에 Max\_Min 방법으로 추론한 후, 그림 2와 같은 소속 함수를 이용하여 소속도를 계산한다.

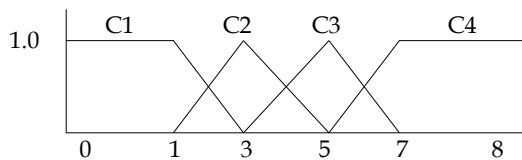


그림 2. 후반부 소속 함수

객체 영역의 R, G, B 각 채널 값을 그림 2의 소속 함수에 적용하여 소속도를 계산한다. 그리고 Max\_Min 방법으로 추론한 후, 소속도를 계산한다. 계산된 소속도를 식(1)과 같은 무게 중심법에 적용하여 비퍼지화를 수행한다.

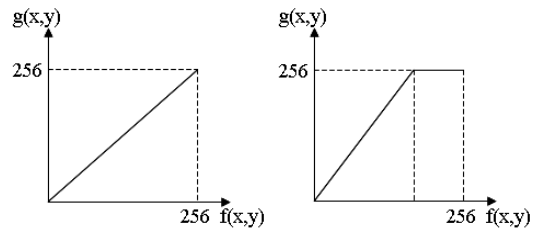
$$W = \frac{\sum u(Y)X}{\sum u(Y)} \quad (1)$$

식(1)에서 구한 비퍼지화 값을 표 3에 명시된 조건에 적용하여 균열 후보 영역을 검출한다.

표 3. 후보 균열 영역 기준

$0 < W < 6$	후보 균열 영역
$6 \leq W < 8$	잡음 영역

콘크리트 균열 영상에서 균열 부분과 잡음 부분의 명암도 값의 차이가 많이 나지 않는 경우에는 균열을 검출할 수 없는 경우가 발생한다. 따라서 Multiple 연산을 적용하여 명암도 값의 차이를 명확히 한다.



(a) Multiple 연산 전 (b) Multiple 연산 후

그림 3. Multiple 연산에 의한 히스토그램 변화

그림 3에서 Multiple 연산을 적용하면 낮은 명암 값일수록 상승폭이 적고 높은 명암 값 일수록 상승폭이 크다는 것을 확인할 수 있다.

콘크리트 균열 영상에서 균열 영역은 낮은 밀도와 명암도를 가지고 잡음영역은 높은 밀도와 명암도를 가진다. 따라서 각 영역에 대하여 밀도와 평균 명암도의 정보를 이용하여 잡음을 제거한다. 이러한 밀도와 평균 명암도 정보를 이용하여 잡음을 제거하기 위해 식(2)를 적용한다.

$$f_{cr} = \frac{A_{ob}}{MAX(A_x, A_y)^2} \quad (2)$$

식(2)에서  $A_x, A_y$ 는 각각 객체를 외접하는 직사각형의 폭과 높이를 의미하고,  $A_{ob}$ 는 객체의 면적을 의미한다.

### III. 실험 및 결과분석

본 논문에서 제안한 방법을 Intel Pentium-IV 3.0GHz CPU와 1GB RAM이 장착된 IBM 호환 PC상에서 Visual Studio 2005를 구현하여 실험하였다. 실험에 적용된 균열 영상은 CANON사의 350D디지털 카메라를 사용한 영상을 획득하여 실험에 적용하였다.

그림 4는 다양한 콘크리트 영상에 대해 기존 방법과 제안된 방법 간의 결과를 비교한 영상이다. 그림 4에서와 같이 제안된 균열 검출 방법이 기존의 균열 검출 방법보다 효과적으로 균열을 검출하는 것을 확인할 수 있다.

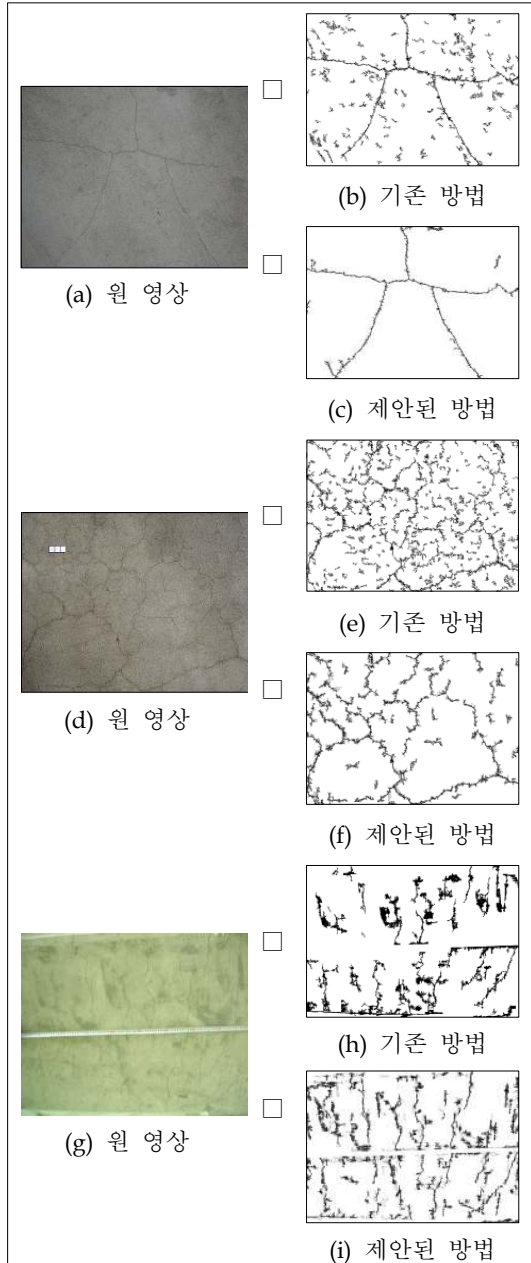


그림 4. 다양한 영상에 대한 검출 결과 비교

#### IV. 결 론

본 논문에서는 디지털 카메라로 획득한 콘크리트 영상에서 균열을 자동으로 검출할 수 있는 방법을 제안하였다. 제안된 콘크리트 균열 검출

방법은 콘크리트 영상의 RGB값에 퍼지 기법을 적용하여 후보 균열 영역을 추출 후, 밀도와 명암도 정보를 이용하여 미세한 잡음을 제거한 후에 최종적으로 균열 영역을 검출하였다.

향후 연구 과제로는 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 연구 할 것이다.

#### [참고문헌]

- [1] 金鎮根, "콘크리트 균열의 원인," 한국콘크리트학회학회지, 제6권, 4호, 1994.
- [2] 시설안전기술공단, 콘크리트 구조물의 균열 평가기법 및 보수 보강 전문시방서의 개발, 1999.
- [3] 강준목, 오영철, 엄대용, "수치영상처리에 의한 콘크리트 구조물의 균열 정보 획득," 대한토목학회논문집, 22권, 5-D호, pp.1001-1010, 2002.
- [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, 박현정, "개선된 Max-Min 신경망을 이용한 콘크리트 균열 인식," 한국컴퓨터정보학회논문지, pp.77-82, 12권, 2호, 2007.
- [6] A. Kandel, G. Langholz, Fuzzy Control Systems, CRC Press, Inc, 1994.
- [7] W. Pedrycz, Fuzzy Control and Fuzzy Systems, Research Studies Press Ltd, 1989.
- [8] <http://www.color21c.co.kr>