

영상 기반 시설물 하자진단 자동화 프로세스 제안

A Proposal of Automatic Defect Diagnosis Process using Image Processing

정서영* 이슬기** 유정호***
 Jung, Seo-Young, Lee, Seul-Ki, Yu, Jung-Ho

키워드 : 상태평가, 육안조사, 하자 진단, 이미지 분석, 패턴인식

Keywords : State Assessment, Visual Inspection, Defect Diagnosis, Image Processing, Pattern Recognition

1. 서론

최근 전국적으로 건축물의 노후화 문제가 주목 받고 있다. 국토교통부가 발표한 ‘2017년 전국 건축물 현황’에 따르면, 준공 이후 20년이 지난 노후 건축물은 4,140,836동으로 전체(7,126,526동)의 58.1%에 육박한다. 또한, 2009년부터의 국내 신축공사의 증가율이 약 1% 내외로 신축 건축물은 점차 감소하는 추세에 있다. 이러한 상황으로 볼 때, 국내 건축물의 노후화 문제는 점차 가속화 될 것으로 보여 진다.

이처럼 건축물의 노후화 문제가 가속화됨에 따라 건축물의 상태평가 및 유지관리에 대한 관심 또한 급증하고 있다. 건축물을 포함한 시설물은 신축 후 시간이 경과함에 따라 성능은 점차 감소하게 되며, 균열·표면열화를 비롯한 각종 하자가 발생하게 된다. 이러한 시설물의 하자는 건물의 내구성, 안전성, 기능성 등 기본성능 저하와 직결되어 있기 때문에 시설물의 하자관리의 필요성은 더욱 중요하게 여겨지고 있다.

한편, 시설물의 상태평가는 대부분 관련 전문가의 육안 조사를 통해 이루어지고 있다. 이러한 방식은 많은 전문 인력을 필요로 하며, 조사자의 경험과 주관적인 판단에서 오는 오차 또한 피할 수 없다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 시설물 상태평가를 보다 효율적이고 객관적으로 수행할 수 있는 기술로서 영상처리기술의 활용이 대두되고 있다.

따라서, 본 연구에서는 보다 효율적이고 객관적인 시설물 하자진단 기술 개발을 위해 영상처리기술과 온톨로지를 활용한 영상기반 시설물 하자진단 자동화 프로세스를 제안하고자 한다.

2. 이론적 고찰

2.1 현행 시설물 상태평가 방식

국토교통부의 ‘안전점검 및 정밀안전진단 세부지침’에 따른 안전점검은 정기점검, 정밀점검, 정밀안전점검, 긴급점검으로 나뉘진다(표 1 참조).

표 1. 안전점검의 종류

종류	점검 시행 시기	점검 수준
정기점검	6개월에 1회 이상 실시	상태변화 외관조사 수준
정밀점검	안전등급에 따라 자동 실시	외관조사 및 간단한 측정·시험장비로 측정
긴급점검	관리주체 필요시, 관계기관장의 요청 시	
정밀안전점검	정밀점검 또는 긴급점검 결과에 따라 실시	외관조사 및 각종 측정·시험장비로 측정

<표 1>과 같이 안전점검은 시설물의 외관조사를 기초로 하고 있다. 이 때, 외관조사는 주로 관련 전문가의 육안 조사를 통해 이루어지게 되는데 전문가의 주관적인 판

단으로 인한 오차가 발생하기 쉽다. 특히, 경험과 기술을 갖춘 전문가에 의한 외관조사 수준으로만 이루어지는 정기점검의 경우, 육안조사가 대부분이기 때문에 점검자가 따라 점검결과가 크게 달라질 수 있다.

따라서 본 연구에서는 안전점검의 다양한 종류 중에서 가장 시행빈도가 높으며, 육안조사로 인한 오류가 가장 발생하기 쉬운 정기점검의 프로세스(그림 1 참조) 개선에 초점을 맞추고자 한다.

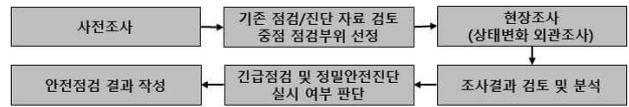


그림 1. 기존 정기점검 프로세스

2.2 패턴인식기법

영상이란, 넓은 의미에서 시각적으로 정보를 기록하고 표현하는 하나의 방식으로 그림이나 사진을 의미한다(김우생, 2009). 최근에는 방송, 미디어, IT 분야와 더불어 교통, 의료, 보안, 건축 등 다양한 분야에서 디지털 영상처리 (Digital Image Processing) 기술이 다양하게 활용되고 있다. 다양한 영상처리 기술 중 패턴인식(Pattern Recognition)기법은 인지하고자 하는 객체 또는 형상으로 부터 중요한 속성을 추출하여 식별할 수 있는 클래스(class) 또는 카테고리(category)로 분류하는 기술이다(김우생, 2009). 패턴인식 프로세스는 다음 <그림 2>와 같다.



그림 2. 패턴인식기법의 기본적인 프로세스

2.3 영상처리기술을 활용한 하자진단 관련 연구

영상처리기술을 활용한 시설물 하자진단 관련 기존 연구 및 시스템을 분석한 결과는 다음 <표 2>와 같다.

표 2. 기존 연구 고찰 결과

저자	주요 연구 내용
이진환 외 2인 (2018)	영상장비가 탑재된 무인기 기반의 교량 균열 탐지 방법의 타당성을 검토함. 콘크리트와 강재 균열 시편을 제작하고, 무인기의 동적 환경을 모사하여 무인기와 영상처리기술을 활용한 균열 정량화 가능성을 검토함. 하지만, 균열 이외의 하자의 유형은 고려하지 않았다는 한계가 존재함.
김중우 외 2인 (2017)	드론과 이미지 분석을 이용한 사회 기반 구조물의 외관 균열 인식 기술을 개발함. 딥 러닝 플랫폼의 지도학습을 활용하여 결합 검출률을 높임. 하지만, 박리, 박락, 누수 등의 다양한 하자를 대표하기에는 한계점이 존재함.
김민수 외 2인 (2017)	패턴인식기법을 이용하여 획득한 콘크리트침묵 이미지에서 균열을 자동으로 검출할 수 있는 알고리즘을 제시함. 균열의 폭과 길이에 대한 높은 인식율을 확보하는데 성공하였으나, 나뭇가지, 그림자와 같은 균열이 아닌 요소를 균열로 인식하는 오차가 존재함.
김윤경 (2016)	원전 격납고와 같은 대규모 구조물에 적합한 이미지 분석기법을 이용한 균열 검출 시스템을 제안하였음. 하지만, 콘크리트에 생긴 열폭과 같은 결함과 균열을 구분할 수 없다는 한계가 존재함.

* 일반회원, 광운대학교 대학원 건축공학과 박사과정, talkin88@kw.ac.kr

** 일반회원, 서울대학교 건설환경종합연구소 선임연구원, sklee1128@snu.ac.kr

*** 중신회원, 광운대학교 건축공학과 교수, 공학박사(교신저자), myazure@kw.ac.kr

이호범 외 2인 (2012)	이미지 분석기술을 이용하여 원전 격납고와 같은 대형 콘크리트 구조물의 균열을 검출할 수 있는 기술을 개발함. 이미지 분석 기술을 이용하여 균열 폭을 측정할 수 있는 기술을 개발하였으나, 균열과 균열이 아닌 미세한 결함과의 구분이 불가능하다는 한계가 존재함.
변태보 외 2인 (2005)	콘크리트 구조물의 건조수축에 의한 균열에 한정하여 균열 검출 알고리즘을 제시함. 콘크리트 구조물의 건조수축에 의한 단순 균열에 한정적으로 효용성을 증명하였으나, 범용적인 균열 검출 및 자동인식 방법으로 활용하기에는 한계가 존재함.

기존 연구를 분석한 결과, 연구의 대상 시설물은 교량, 도로, 터널, 원자력 발전소 등 대규모 시설 또는 위험 시설에 한정되어 있었으며, 하자 유형에는 주로 균열을 다루고 있다. 또한, 대부분의 기존 연구에서는 원 영상으로부터 최대한 오차가 적도록 하자를 검출 하는 것에 목적을 두고 있으며, 하자검출 이후에 하자의 유형을 분류하거나 추출된 하자의 정보를 정량화하여 진단결과를 도출하는 것은 미흡했다.

이에 본 연구에서는 패턴인식기법을 활용하여 일반 건축물의 균열 및 표면열화를 검출하여 하자여부를 판단하고, 온톨로지를 활용하여 하자유형분류를 포함한 하자진단 까지 다룰 수 있는 영상기반 시설물 하자진단 자동화 프로세스를 제안한다.

2.4 온톨로지

온톨로지(Ontology)는 시맨틱 웹(Semantic web) 분야에서 지식을 표현하고 활용하기 위해 사용되는 핵심 기술이다. 온톨로지란 원래 철학에서 나온 개념이지만, IT 분야에서는 특정 영역의 개념과 그들 간의 관계를 정의하는 명세라는 좁은 의미의 개념으로 사용되고 있다. 이러한 온톨로지는 추론규칙을 포함 할 수 있기 때문에 새로운 사실을 자동으로 추출하거나 제약 조건에 맞지 않는 오류를 찾아 낼 수 있다. 따라서, 온톨로지는 지식을 수집하고 표현하는 데 사용될 뿐만 아니라 추론 기능을 지원함으로써 지식 모델링 및 지식 검색 시 유용한 수단으로 이용될 수 있다 (노상규, 2007).

3. 영상기반 시설물 하자진단 자동화 프로세스

본 연구에서 제안하는 영상기반 시설물 하자진단 자동화 프로세스는 다음 <그림 3>과 같다. 이 프로세스는 크게 하자여부판단 단계와 하자진단 단계로 구분할 수 있다.

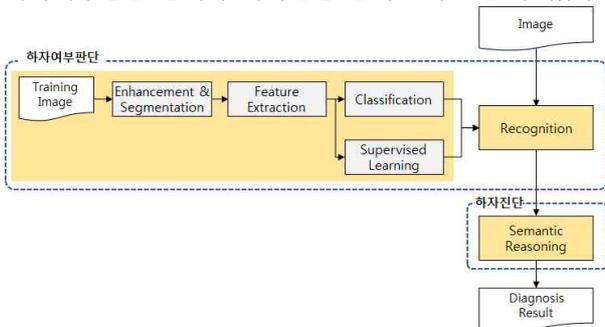


그림 3 영상기반 시설물 하자진단 자동화 프로세스

3.1 하자여부판단 단계

하자여부판단 단계는 다시 5단계로 구분되며, 각 단계의 역할은 다음과 같다.

1) 하자패턴 학습 (Pattern Learning)

- 영상개선 및 하자패턴분리(Enhancement & Segmentation) : 수집된 영상에 포함된 노이즈를 제거하는 등의 처리를 수행하고, 인식 대상이 되는 하자패턴만을 분리 추출한다.

- 하자특성추출(Feature Extraction) : 하자로 분류하기 위해 판단기준이 되는 특성(Feature)을 추출한다.

- 하자분류(Classification): 추출된 특징으로부터 하자를 분류하는 단계로 패턴들의 특징들의 조합으로 군집화하

여 클래스(class)를 만들고 그 클래스를 대표하는 표준 패턴을 정한다.

- 하자패턴학습(Supervised Learning): 기존의 입출력 훈련 데이터들을 이용하여 하자패턴 분류기를 설계한다.

2) 하자인식 (Recognition)

학습모듈의 영상개선 및 하자 패턴 분리 단계와 동일한 절차를 거친 후, 실제 미지의 영상이 입력되었을 때 그 패턴이 속하는 클래스를 결정하는 과정이다. 새롭게 입력된 패턴과 표준 패턴을 비교하여 가장 유사한 표준 패턴 클래스로 입력 패턴의 클래스를 결정하여 하자인지 아닌지에 대해 판단한다.

3.2 하자진단 단계

하자여부판단 단계 이후 검출된 하자특징정보들을 기반으로 시맨틱 추론(Semantic Reasoning)을 통해 하자유형(균열, 누수, 박리, 박락 등)과 하자상태를 진단한다. 시맨틱 추론을 위한 온톨로지 및 추론규칙은 하자진단요소와 하자상태유형으로 구성된다. 예를 들어, 입력된 영상이 균열로 판단되었을 경우, 균열 패턴의 폭, 길이, 진행방향, 균열부위 누수의 정도 등과 같은 하자특징요소의 정량 값으로 구조적으로 문제가 있는 균열인지 등을 진단한다.

4. 결론

본 연구에서는 기존의 시설물 안전점검(정기점검) 프로세스의 문제점을 제시하고, 보다 효율적이고 객관적인 시설물 상태평가 기술 개발을 위해 패턴인식기법과 온톨로지를 활용한 영상기반 시설물 하자진단 자동화 프로세스를 제안하였다. 본 연구의 결과는 추후 영상 기반 시설물 하자진단 자동화 시스템 개발의 기초자료로 활용될 수 있으며, 향후 시설물 상태점검 기술을 발전시키는데 활용 가능할 것이다.

감사의 글

본 연구는 2018년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임. (NRF-2017R1A2B4012228)

참고문헌

국토교통부 (2018). 2017년 건축통계집.
 국토교통부 (2017). 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침.
 김민수, 김경호, 최상현 (2017). “패턴인식을 이용한 콘크리트침목의 자동균열검출 알고리즘 개발” 한국철도학회 논문집, 20(3), pp. 374-381.
 김우생 (2009). 영상처리 및 패턴인식 배움터, 생능출판사, pp. 1, 253-257.
 김윤경 (2016). “이미지 분석기법을 이용한 콘크리트 구조물의 결함 검출 시스템 개발” 한국정보기술학회 논문집, 14(10), pp. 163-168.
 김종우, 정영우, 임홍철 (2017). “드론과 이미지 분석기법을 활용한 구조물 외관점검 기술 연구” 한국건설시공학회지, 17(6), pp. 545-557.
 노상규 (2007). 온톨로지 인터넷 진화의 열쇠, 웹 2.0에서 3.0으로, 가즈토이, pp.9-10
 변태보, 김장형, 김형수 (2005). “모폴로지 기반의 차영상 분석기법을 이용한 균열검출의 인식” 한국해양정보통신학회논문집, 10(1), pp. 197-205.
 이진환, 김인호, 정형조 (2018). “무인기 기반의 교량 균열 탐지를 위한 타당성 연구” 한국소음진동공학회 논문집, 28(1), pp. 110-117.
 이호범, 김종우, 장일영 (2012). “이미지 분석기법을 이용한 콘크리트 구조물의 균열 검출 시스템 개발” 한국구조물진단유지관리공학회 논문집, 16(1), pp. 64-77.