

드론을 활용한 시설물 상태점검 현황과 미래

A Present and Future: Facility Inspection using Drone



여창재 Yeo, Chang-Jae
 정회원, 광운대 건축공학과 석박사통합과정
 Ph.D Student, Kwangwoon University
 yeocj89@kw.ac.kr



유정호 Yu, Jung-Ho
 정회원, 광운대 건축공학과 교수
 Professor, Kwangwoon University
 myazure@kw.ac.kr

머리말

건물 및 시설물의 상태점검은 육안 또는 비파괴 검사 장비 등을 이용하여 수행된다. 이러한 방식은 관련 전문 인력의 기술 및 경력에 따라 결과에 대한 신뢰도의 차이가 발생할 수 있다. 또한 사람의 접근이 어려운 위치의 경우, 육안으로 진단하기 어려우며, 해당 위치를 점검하기 위해서는 시간과 비용이 많이 소요된다. 그리고 현행 유지관리 업무는 작업자가 현장에서 데이터를 취득하고, 이를 다시 사무실에서 재정리하는 순으로 업무가 이루어지고 있다. 이러한 방식은 시간과 비용의 낭비뿐만 아니라 진단 이후에 데이터를 정리하기 때문에 중요 정보의 누락 및 오기 등으로 데이터 손실이 발생할 수 있으며, 결과적으로는 의사결정의 신뢰도가 낮아져 재작업을 발생 시킬 수 있는 문제점을 가지고 있다.

최근에는 인력위주의 시설물 유지관리 문제점을 개선하기 위해 IoT, ICT 기술을 유지관리에 적용하기 시작하였으나, 검사 영역이 센서 주변 지역에 국한되고, 설치된 센서에 대한 유지보수가 필요하다는 한계점이 나타났다. 이러한 단점을 보완하기 위해 드론을 활용하여 구조물의 균열, 나사풀림, 열화 등을 점검하는 방법이 제시되고 있으며, 교량 등 시설물 유지관리에서는 매우 효율적인 상태점검 도구로 기대되고 있다. 하지만, 건물 실내의 경우, 위치추적을 위한 통신 및 가시거리 확보의 어려움으로 활용이 제한적이다.

본 고에서는 건물 및 시설물 상태점검에 드론을 활용하는 사례를 살펴보고, 건물 실내에서 드론을 활용하는 방안을 제안한다.

드론을 활용한 유지관리 현황 및 사례

국내외에서 드론을 활용한 사례를 살펴보면, 건물 상태점검, 구조물 손상 평가, 도시모니터링, 도로상태평가 등에서 활용되고 있다. 상태점검내용은 균열검사, 나사 풀림검사, 열화검사 등이며, 드론을 활용한 상태점검을 위하여 열화상카메라 또는 LiDAR 등의 기술을 접목하여 상태점검을 위한 상세 정보를 수집·분석하고 있다(표 1 참조). 현재 유지관리에 드론이 활용된 사례와 개발된 제품들을 살펴보면 다음과 같다.

교량점검사례

교량의 슬래브 하부는 접근성이 보장되지 않아 육안점검을 수행하기 어려우며, 대형 교량의 슬래브 하부를 점

표 1. 응용분야별 드론 활용 현황

응용분야	활용내용
Building Inspection	<ul style="list-style-type: none"> • 이미지 기반 3D model 재구성 및 매핑 • RGB-D 센서와 3D 회전 레이저 스캐너를 사용하여 지진 피해 건물의 3D 매핑 • 건물 외관에 균열을 식별하기 위한 모서리 감지
Structural Damage Assessment	<ul style="list-style-type: none"> • 이미지 기반 3D model 재구성 • 손상 특징 추출을 위한 이미지 세분화 및 객체 분류 • 이미지 변환 및 특징 추출에서 얻은 정보를 활용하여 손상된 건물을 기계 학습 기반으로 분류
Infrastructure Inspection	<ul style="list-style-type: none"> • 이미지 기반 3D model 재구성 • 레이저 스캔 계획을 위한 기하학적 형상 인식 및 분류
Urban Monitoring	<ul style="list-style-type: none"> • 건물의 기하학적 특성을 추론하기 위한 이미지 기반 3D 재구성 • 3D Point Cloud에서 얻은 기하학적 특징을 사용하여 이미지 분할 • 객체 기반 의사 결정 트리 분석을 위한 정사 영상 매핑 및 다중 이미지 세분화
Road Assessment	<ul style="list-style-type: none"> • 이미지 기반 3D model 재구성 • 이미지 필터링을 통한 특징 추출 • 도로 표면 손상의 크기 분석 • 특징 추출 및 정사 사진 매핑



점검하기 위해서는 특수차량이 동원되어야한다. 또한 특수 차량을 운용하기 위해서는 교통통제가 필요하고, 이러한 특수차량을 이용한 육안점검은 많은 시간이 요구되어 교통체증을 유발한다(그림 1 참조).

B시 교통공사에서는 육안점검이 어려운 교각, 거더 등에 대해 드론을 활용하여 정밀점검을 수행하였다. 점검에 사용된 드론은 접촉에 의한 손상 위험도를 최소화하여 건물 지붕 및 교량 등 수직 구조물에 접근할 수 있도록 다방향 센서가 장착되어 있어 근접 모니터링이 가능하도록 개발되었다. 따라서, 근접 모니터링을 통해 교량 하부의 나사 조임 상태나 크랙 등을 정밀 관측할 수 있고, 수직 이동이 가능하여 교각의 하부에서부터 상부로 이동하면서 교각에 발생한 크랙을 점검할 수 있다.

일본의 N사에서는 교량의 균열검사를 위한 드론을 개발하였다. 이 드론은 균열검사 장비를 탑재하여, 점검 시에 교각 및 교량 뒷면에 드론을 밀착한 후, 금속 막대로 콘크리트 교각 등을 조금씩 두드려 나타는 소리 변화 등으로 콘크리트 내부 균열 여부를 점검한다. 사람이 망치로 두드려 확인하는 기존 방법에 비해 일정한 세기로 두드리기 때문에 획득하는 정보의 정확성이 높은 것으로 알려져 있다.

터널점검 사례

영국 Crossrail에서는 지하철 터널 유지보수에 드론을 활용하였다. 활용된 드론은 터널 및 기타 실내의 3D지도를 생산하기 위해 개발된 드론으로, 터널내부에서 위치를 측위하고, 물체 및 터널 벽과의 충돌을 피하기위해 레



이저 및 기타 센서가 장착되었다. 이 드론을 활용하여 터널 내의 시설관리, 시설검사 및 유지보수 등이 가능하며, Point Cloud와 고화질의 이미지를 상세한 3D 모델을 생성할 수 있다. 드론을 유지보수에 활용하므로써 기존에 활용하던 인력위주의 데이터 수집방식보다 훨씬 빠른 시간 안에 많은 양의 정보를 수집 할 수 있었으며, 현장(지하) 작업 시간의 감소하는 경제적인 효과를 얻을 수 있다(그림 2 참조).

건물 안전 및 하자조사

K사에서는 드론을 활용하여 건물의 안전진단 및 하자 조사를 수행해왔다. K사에서는 드론을 통해 획득한 영상 정보를 3D model로 재구성하여 건물의 기둥기 및 각종 균열을 측정하여 건물의 안전을 진단하였다. 또한 획득한 영상정보를 바탕으로 균열 및 도장 박락 등을 검사하여 건물의 하자를 조사하였다(그림 3 참조).

• 안전진단



• 하자조사



그림 3. 건물 안전진단 및 하자조사 사례



그림 4. 실내점검 사례

실내점검 사례

건물 실내의 경우, 협소하고 사람의 접근이 비교적 쉬워 드론을 활용한 실내 상태점검이 많이 이루어지고 있지 않으나, 층고가 높은 실내의 설비를 점검하는 데 활용된 사례는 있다. F사에서 개발한 드론은 협소한 지역 및 실내 상태점검시, 주변 구조물과의 부딪힘을 방지하기 위하여 보호망이 장착된 드론을 개발하였다. 원료정제공장에서 이 드론을 활용하여 수직으로 설치된 144ft길이의 파이프 상태를 점검하였고, 기존대비 비용은 75%, 시간은 85%를 절감하였다(그림 4 참조).

드론을 활용한 상태점검의 미래

현재 드론을 활용한 상태점검은 전문 드론 조종사에 의해 이루어지고 있다. 따라서 유지점검자가 드론 전문가가 아닐 경우, 별도의 비용이 발생하고 있다. 또한 사람에게 의해 조종되기 때문에 좁은 공간 및 가시거리가 확보되지 않는 지역에서는 드론을 활용하기 어렵다는 한계점이 있다. 이러한 한계점으로 인해 덕트 또는 엘리베이터 샤프트 내부, 천정 내부 등 접근성이 낮은 공간은 드론을 활용하여 점검할 수가 없다. 이를 보완하기 위해서는 자율주행 드론이 필요하다. 최근 자율주행드론 연구가 많이 이루어지고 있지만, 위치추적기술의 정확도 한계로 좁은 공간에서 활용하기에는 아직까지 어려운 실정이다. 위치추적기술은 GPS, BLE, WiFi 등의 무선통신기술을 활용한 측위방법과 레이저 기술을 활용한

ToF(Time of Flight) 방법이 대표적이다. 무선통신기술의 경우, 신호의 세기를 기반으로 위치를 측위하는데 신호의 세기가 거리 및 장애물에 영향을 많이 받아 일관된 정확도 확보가 어렵다. ToF기술의 경우, 동일한 공간에서의 위치추적은 정확하게 할 수 있으나, 여러 공간을 이동하면서 위치를 측위할 때는 높은 정확도를 기대하기 어렵다. 하지만, 최근 몇 년간 위치추적기술이 지속적으로 발전하고 있어, 향후 몇 년 뒤에는 정확한 위치를 측위할 수 있을 것으로 예상된다.

현재 사진, 동영상 등 카메라로 촬영된 영상을 기반으로 시설물의 균열, 누수, 파손 등을 식별하는 연구가 이루어지고 있다. 대표적으로 연구되고 있는 분야는 균열이며, 영상속의 균열을 식별하여 균열의 길이, 폭 등에 대한 정보를 제공한다. 또한 4차 산업혁명과 맞물려 인공지능 기술을 활용하여 건물의 상태판단에 대한 연구가 많이 이루어지고 있다. 인공지능은 지속적인 학습과 다양한 정보를 바탕으로 상태를 판단하기 때문에 기존 방법보다 정확한 결과를 도출해낼 수 있다. 하지만 건물의 상태점검 상황과 내용이 다양하기 때문에 정확한 상태점검을 위해서는 정확한 결과를 산출할 수 있는 원시데이터(raw data)(다양한 환경에서 촬영된 영상 및 영상과 관련한 상태판단 정보 등)의 확보가 중요하다.

이러한 위치추적기술과 상태판단에 대한 연구가 지속적으로 진행됨에 따라 그림 5와 같이 드론이 건물 내외부를 자동으로 이동하며 점검하고, 점검결과를 바탕으로 시설물 유지관리 여부를 자동으로 판단하여 시설물을 관리하는 프로세스로 기존의 상태점검 프로세스가 개선될 것이다.

맺음말

최근 몇 년 동안 건설분야에서 드론의 활용이 지속적으로 증가하고 있으며, 이에 발맞추어 다양한 기술이 개발되고 있다. 특히 인력에 의해 이루어졌던 시설물의 유지관리에 비해 효율성이 높은 것으로 검증됨에 따라 지금보다 더 높은 활용이 이루어질 것으로 예상된다. 하지만, 현재의 드론 활용은 사람의 조종에 의해 점검이 이루어

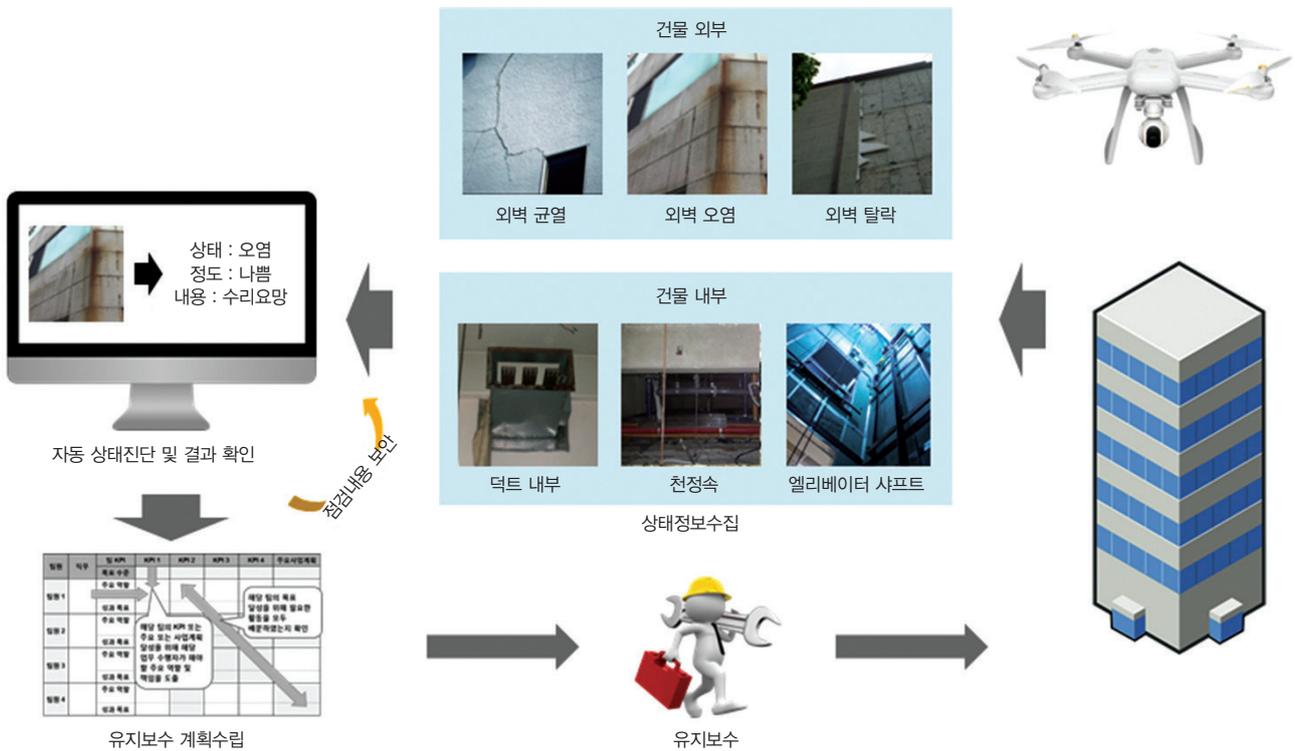


그림 5. 드론을 활용한 실내 상태점검 자동화 프로세스

어지고 있기 때문에 촬영의 정확성이 조종자의 숙련도에 영향을 받아 일관된 결과를 얻기 어렵다. 그리고 획득한 영상을 통한 상태점검 역시 전문가에 의해 이루어지기 때문에 결과의 정확성이 전문가의 능력에 좌우되는 한계를 가지고 있다. 이러한 한계점은 드론의 자율주행과 상태점검의 자동화를 통해 해결할 수 있으며, 이를 달성하기 위해서는 앞서 얘기한 바와 같이 위치추적기술의 정확도와 상태점검 결과의 신뢰성을 높이기 위한 기술 확보가 필요하다.☐

참고문헌

1. 공간기술단, 드론사업 운용분야, 2016
2. 국토교통부, 무인항공기를 활용한 도로관리 효율화 방안, 2017
3. 여창재, 유정호 드론을 활용한 시설물 상태 점검 자동화를 위한 요소기술 분석, 2017 한국건설관리학회 학술발표대회 논문지, 2017.
4. 임선영, 유정호
5. 정일원, 박재봉, 권지혜, 무인체를 활용한 스마트(Smart)시설물 유지관리, 물과 미래, 한국수자원학회 49(9), 2016
7. GPS WORLD, Indoor drone inspections made safer and faster, ,2017
8. Hovering solutions, London Crossrail tunnels are scanned using Drones, www.hoveringsolutions.com

필자 소개

여창재 연구원은 2014년부터 광운대학교 건축공학과에서 건설관리전공으로 석 박사통합과정을 수료하였고, BIM, 건설관리, 유지관리분야의 다양한 연구를 수행하고 있다.

유정호 교수는 서울대학교 건축학과에서 건설관리전공으로 박사학위를 취득하였다. 2006년부터 광운대에서 교수로 재직중이며, 시공, 건설관리, 유지관리, 건설T 분야의 다양한 연구를 수행하고 있다.