

드론, 대공간 건축에 어떻게 활용할 것인가

Drones, How to Use It in Spatial Structures



진 상 욱*
Jin, Sang-Wook



손 수 덕*
Shon, Su-Deok



이 승 재**
Lee, Seung-Jae

1. 드론이란

드론(Drone)이란 이름으로 하늘의 4차 혁명을 불러일으키고 있는 소형 로봇 비행 기술이 학술 및 교육 현장과 산업 응용 분야를 비롯하여 여가 및 취미 생활에 이르기까지 다양한 분야에서 사회적 주목을 받고 있다. 특히 여러 개의 프로펠러로 구동하는 멀티콥터 비행 형식이 주류를 이루게 되면서 국내에서는 멀티콥터가 곧 드론으로 인식되어버린 면도 있지만, 드론은 원래 비행기체의 크기와 상관없이 다양한 형식으로 비행하는 무인 항공기 전체를 가리키는 말이다.

드론이라는 이름은 전투기 ‘Queen bee(여왕벌)’ 훈련에서 비롯되었다. 훈련 과녁으로서 무인 항공기를 사용했는데, 전투기에 빔대어 무인 항공기에 ‘Drone

(수벌)’이라는 이름을 붙인 것에서 유래한다¹⁾.

무인 항공기는 파일럿이 탑승하지 않는 비행기로, 원격 조종에 의한 것과 자율에 의한 것을 포함한다. 또한 비행에 필요한 통신 시스템이나 지상의 지원 장치 등을 포함해 전체가 하나로 결합되어 그 기능을 드러낸다는 점에서 무인 항공기 시스템(UAS: Unmanned Aircraft System)이라는 호칭도 사용되고 있다²⁾. 특히 파일럿이 원격 조종하는 UAS는 원격 조종 항공기 시스템(RPAS: Remotely Piloted Aircraft System)으로 불리는 경우도 있다.

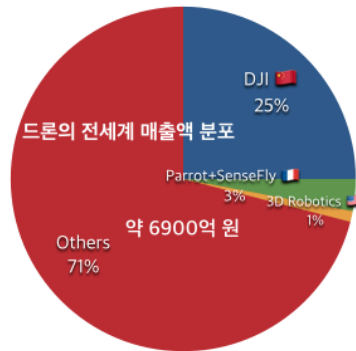
드론의 역사는 유인 항공기 역사에 거의 필적할 정도로 길어서, 라이트 형제의 첫 비행으로부터 14년 후에 자이로스코프에 의해 자세가 제어된 무인 항공기의 비행이 실현되었고³⁾, 그 후 복수의 기술적으로 중요한 과정을 밟으며 오늘날 드론의 기초가 구축되어 왔다. 예를 들어 오늘날에는 당연시되는 통신 기술이나 위성 항법 기술 등은 드론의 중요 기술인데, 이러한 기술의 발전 및 실용화와 함께 드론의 능력이 확대되어 왔다. 오늘날에는 유인 항공기와 구별 없이 동일 공역에서 비행할 수 있는 것까

* 한국기술교육대학교 디자인·건축공학부 연구교수, 공학박사
School of Industrial Design & Architectural Engineering, Korea University of Technology & Education

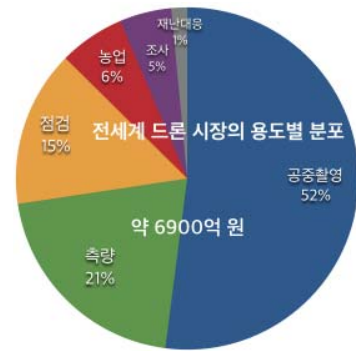
** 한국기술교육대학교 디자인·건축공학부 교수, 공학박사
School of Industrial Design & Architectural Engineering, Korea University of Technology & Education



〈Fig. 1〉 Curtiss-Sperry Aerial Torpedo: 1917



〈Fig. 2〉 Sales distribution of commercial drones



〈Fig. 3〉 Distribution of drones market by usage

지 목표로 연구 개발이 진행되고 있고, 드론 기술 분야의 발전과 장래의 이용 확대, 사회에의 공헌 등이 기대되고 있다.

이 글에서는 우리에게 너무도 친숙한 드론 기술이 건축이라는 산업 분야에, 더 나아가 대공간 건축 분야에 어떻게 이용될 수 있을지 그 가능성을 이야기 해 보고자 한다.

2. 드론의 역사

무인 항공기 관련 기술은 때때로 정치적인 배경과 군사 이용의 요구에 따라 발전해 왔다. 최초의 무인 항공기로 불리는 것은 〈Fig. 1〉에 나타내는 Curtiss-Sperry의 Aerial Torpedo(1917년 첫 비행, 미국)이다. 무인 비행의 시험 단계였던 1920년대까지의 여명기부터 표적기나 정찰기로서의 부분적 이용 단계(1930~1950년대), 냉전을 배경으로 하는 본격적인 전략 정찰에 사용된 본격 이용 단계(1960~1970년대)를 거쳐 지금의 드론 모습이 구축된 발전 단계(1980~2000년대)를 지나 오늘에 이르고 있다. 2010년 이후부터는 유행기와 동등한 지위로 항공 교통 관제 통합을 향한 논의가 활성화되고, 장래의 이용 확대를 목표로 관련 학회의 연구 또한 활발히 진행되고 있다⁴⁾.

드론은 2010년에 프랑스의 Parrot사가 발표한 ‘AR, Drone’이 공전의 히트를 기록하면서 그 존재와 이름을 세계에 널리 알리는 계기가 되었다. 결국

우리가 접한 10여년의 세월 속에서 하늘의 4차 산업혁명을 일으킬 정도로 성장했다.

3. 드론의 성장 및 시장 규모

세계 드론 시장의 90% 이상은 군사용 드론이 차지하고 있었으나, 최근에는 민간 분야의 드론 활용이 점점 증가하는 추세이다. 2015년에 40억 달러(약 4조 8천억)에서 2024년경에는 147억 달러(약 17조 7천억) 규모로 급성장하고, 민간 드론 시장이 전체 드론 시장 규모의 14%(약 6천 9백억)에 이를 것으로 전망하고 있다⁵⁾ 〈Fig. 2〉.

2012년 기준 국가별 드론 시장 점유율은 미국이 71%, 유럽 13%, 중동 7%, 아시아·태평양 8%이었다. 2021년에는 미국의 지배력이 약화되어 미국 49%, 유럽 17%, 아시아·태평양 22%, 중동 9% 등으로 과점 시장에서 경쟁 시장으로 변화될 것으로 전망하고 있다.

특히, 2012년 중국의 DJI사가 판매한 Phantom의 히트로 드론의 상용, 보급화가 급격히 진행되었으며, DJI사 제품이 전 세계 제품의 약 70%를 점하게 되었다.

세계 드론 시장을 용도별로 구분하면 〈Fig. 3〉에 나타내는 바와 같이, 공중 촬영이 과반 이상을 점하고 있으나, 측량, 점검 등 건축 관련 분야에서도 35% 이상 이용되고 있다.

아시아·태평양 지역에서의 급속한 발전은 중국



〈Fig. 4〉 Drones in a disaster scene

의 급성장에 기인하는 것으로, 중국은 내수 시장을 기반으로 무인 항공기 투자를 확대하고 있어, 당분간은 중국의 독주가 계속될 것으로 전문가들은 전망한다.

4. 드론의 활동 분야

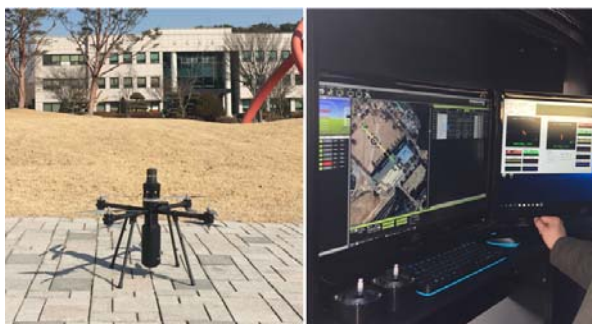
현재 무인 항공기의 가장 일반적 형식인 멀티콥터형 드론은 그 기구가 비교적 단순하면서도 높은 비행 능력을 보유하고 있어 오늘날 학술, 산업, 여가 활동 등에 폭 넓게 이용되게 되었다.

드론의 활동 분야를 수행 목적에 따라 분류하면 크게 세 분야로 나누어 볼 수 있다. 가장 많이 이용되는 분야는 드론에 장착된 고성능 카메라 등을 통해 수집된 영상을 분석해 목적인 바를 얻는 정찰, 감시, 조사, 측량과 같은 영상 촬영 분야이다. 다음으로는 목적인 물건을 실어 나르는 물류, 운송 분야를 들 수 있는데, 아마존의 프라임에어로 잘 알려져 있다. 마지막으로, 요구 목적에 부합한 장치를 드론에 탑재해 그 장치로 하여금 목적인 행위를 하고 드론은 보조적 역할을 하는 것을 들 수 있다. 인력이

부족한 농업 분야에서 먼저 시행하고 있는 농약이나 비료 살포 드론이 좋은 예이다.

드론의 활동 중에서도 특히 사회 공공의 이익을 위해서 활동하는 드론은 상기 수행 목적이 통합된 형태로 나타나는데, 가장 기대되는 분야가 재난 대응 분야이다. 〈Fig. 4〉에 나타내는 바와 같이, 각종 재난 현장에서 드론은 공중 촬영을 비롯하여 가벼운 구호 물품 수송 등의 역할을 수행하고 있다. 특히 지진, 홍수, 산사태, 화재, 조난 등의 재난 시 현장 접근이 어려운 상황에서 긴급한 현장 상황을 전달하고, 생존자 수색이나 인명 구조, 긴급 물자 수송 등 드론의 장점을 살린 중요한 역할 수행으로 그 지위를 자리매김하고 있다.

최근에는 국민적 관심이 높은 미세먼지를 정밀하게 측정할 수 있는 드론이 저자들에 의해 개발되었다(〈Fig. 5〉). 자율 주행이 가능한 드론에 장착된 센서가 실시간으로 초미세먼지 농도와 풍향, 풍속 등의 기상 데이터를 측정해 전송하게 되는데, 측정 주기와 장소, 높이에 구애받지 않고 정확한 측정이 가능하다. 빅데이터 분석 및 인공 지능과 연계해 초미세먼지 예측을 가능하게 할 것으로 기대를 모으고 있다.

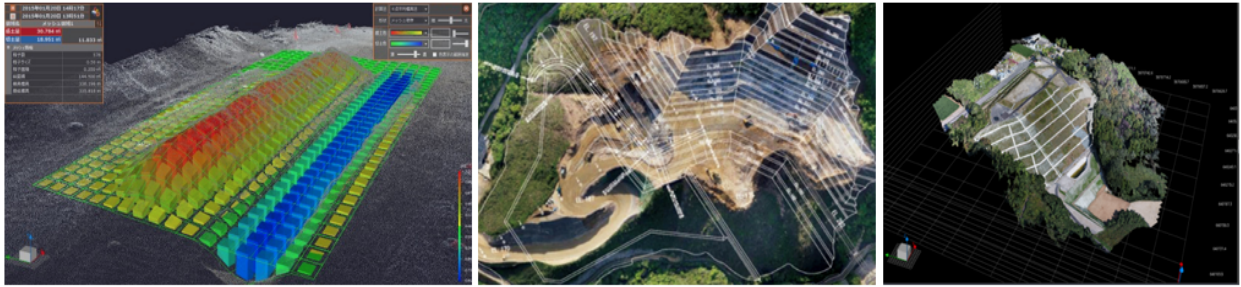


〈Fig. 5〉 Ultrafine dust measuring drone

5. 토목, 건축 분야에서의 드론

3D 업종 회피에 따른 생산성 저감과 늘어나는 건설 재해를 비롯하여 향후 노동력 부족이 예상되는 건축, 토목 현장에서는 프로세스 전체를 최적화함으로써 생산성을 향상시키려는 노력을 계속하고 있다.

그 일환으로 최근 공사 현장에서 멀티콥터형 드론의 활용이 급속히 보급되고 있다. 특히 토목 공사



〈Fig. 6〉 3D image analysis using drone in civil engineering field



〈Fig. 7〉 Inspection of building using drone

현장에서는 공사의 진행 상황을 기록하기 위해 높은 시점으로 전경을 찍고자 하는 경우가 많다. 현장 내에 높은 장소가 없어 근처 맨션이나 빌딩 등에 의존하는 경우가 많지만 좋은 각도에서 촬영할 수 없는 경우가 빈번하다. 고소작업차나 공중 사진을 촬영을 의뢰하면 비용이 많이 들뿐더러 최적의 타이밍에 찍지 못하는 경우도 다반사이지만 이러한 경우 드론은 강력한 무기가 된다.

또, 유인 항공기 공중 사진 촬영에 의존하던 기존의 3차원 영상 기반 측량 기술은 드론으로 촬영한 2차원 영상을 3차원 점군 데이터로 변환하는 기술 개발로 해당 작업의 시간 단축과 비용 절감을 가능하게 했다. 〈Fig. 6〉에 나타내는 이러한 기술은 해석 툴을 바꿈으로써 3차원 CAD를 사용하지 않고 단시간에 높은 정확도로 항공 측량을 가능하게 함으로써 정확한 토량 계산을 가능하게 했다.

건축 분야에서도 드론을 활성화시키기 위해서 다양한 노력을 기울여 오고 있다. 해외 건설 현장에서는 드론을 활용해 공사 진행 상황을 관리하거나, 안전한 노동 환경 조성을 위한 노동자 안전 순찰용으로 활용하고 있다⁶⁾.

최근에는 건축물의 조사, 진단 업무에 드론의 다양한 활용이 기대되고 있다. 작업자를 위한 비계를 준비할 필요가 없고, 1차적인 열화 진단인 외관 또는 비파괴 검사에의 활용이 유효하다. 특히 고층 건축물의 고층 외벽 점검이나 외벽 면적이 큰 경우에는 드론에 탑재한 가시 카메라나 적외선 카메라를 이용한 촬영으로 균열을 포함한 외관의 이상 징후를 발견할 수 있다〈Fig. 7〉.

최근 일본에서는 드론을 이용해 철근 콘크리트 건축물의 열화 상황 관찰과 영상 분석 데이터의 검증 등 그 활용에 대해 검토를 진행하고 있다. 데이터로부터 정밀 진단이 요구된다고 판단될 경우에도 〈Fig. 7〉에 보이는 바와 같이 드론이 일정 부분 역할을 담당한다. 타격봉과 마이크, 포일을 구비한 드론이 벽면과 일정한 거리를 유지하면서 타격하여 얻은 음 데이터를 분석함으로써 이상 유무를 판단할 수 있는 검사법이 시범 운용되고 있다⁷⁾.

6. 드론의 대공간 건축물 적용 가능성

드론을 이용한 점검은 사람의 눈에 띄기 어려운



〈Fig. 8〉 Various drones available for visual inspection of spatial structures

곳이나 조사자가 대상물에 접근하기 힘든 곳으로서, 외벽의 경우에는 고층 건물이 그 대상이 되고, 접근이 어려운 지붕이나 구배가 큰 지붕에 효과적일 수 있다.

그럼에도 불구하고 건축물의 유지 관리는 건설이나 토목의 시공 현장과는 달리 이미 지어진 건축물이 대상이 되므로, 인구 밀집 지역에서 행해지는 경우가 많다. 때문에 전선이나 장애물 등으로 인한 드론의 낙하 사고로 사람 접촉 위험성과 인접 주민 및 거주자들의 사생활 침해 및 소음 문제가 발생한다. 게다가 고층 건축물은 ‘세로’로 길어 바람의 영향을 고려해야 하고, 비용 또한 건축주가 부담해야 하는 등 사회적, 환경적 요인으로 인해 드론의 성능 발휘가 어려워 사용에 제한을 받는다.

반면, 대공간 건축물은 사용 목적과 규모면에서 ‘가로’ 건축에 해당하고 대체로 도시 외곽에 위치하고 있어 안전 문제나 사생활 침해 가능성이 적을 뿐 아니라, 국가나 지자체가 관리하는 경우가 많아 일반 건축물이 갖는 제약에서 자유롭다.

우리나라는 시설물 안전 관리에 관한 특별법이 정하는 바에 따라 일정 용도를 가지거나, 일정 규모 이상의 건축물 및 대공간 건축물은 정기적으로 검사를 실시하고 그 결과를 보고할 의무가 발생한다.

대공간 건축물은 주로 국가나 지방자치단체에 의해 관리되어 비교적 주기적으로 유지 관리가 이루어지고 있다. 유지 관리를 위한 점검 항목 중에서 육안에 의한 외관 검사나 균열, 부식 등의 비교적 간단한 검사 분야에서는 〈Fig. 8〉에 나타내는 바와

같이 다양한 용도의 드론이 이미 가능성을 인정받고 있다.

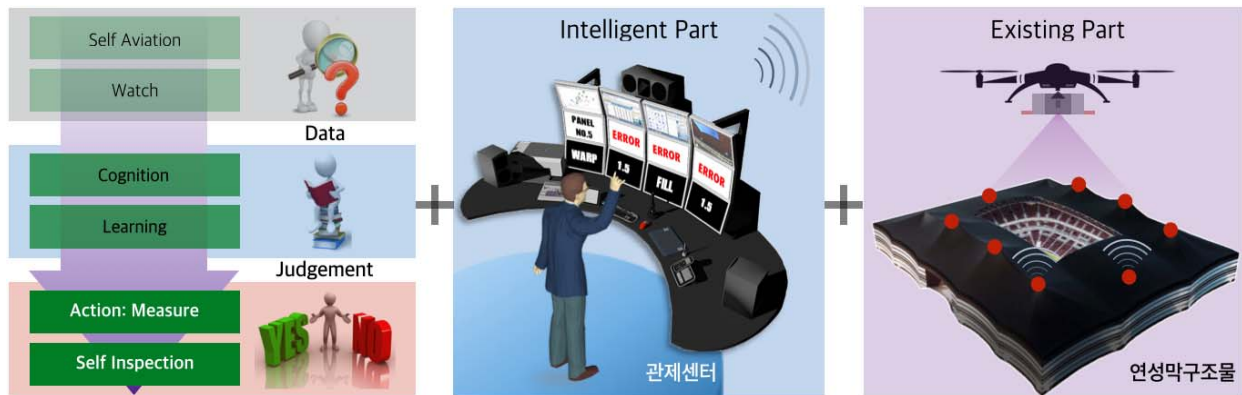
대공간 건축물 중에서도 특히 막구조 건축물은 막재 고유의 특성으로 인해 준공 후 꾸준하고 세심한 유지 관리 의무를 동반한다. 일반적으로 막구조물의 유지 관리는 점검을 통해 이루어지는데, 통상 일상 점검과 정기 점검, 그리고 임시 점검으로 나뉘어진다⁸⁾.

막구조물은 특히 관리자의 외관 조사에 의한 일상 점검이 매우 중요한데, 이상 징후를 조기에 발견하는 센스와 위기 관리 능력은 일상의 상태를 얼마만큼 숙지하고 있는가에 달려있다고 해도 과언이 아니다. 일반적 접근이 어려운 만큼 일상 점검에서 드론의 활용을 적극 고려해야 하는 부분이다.

막구조물 유지 관리의 여러 점검 항목 중에서도 막장력 측정은 막재에 도입된 설계 장력의 완화 정도를 파악할 수 있어 플러터링이나 폰딩 발생의 가능성을 예상할 수 있는 가장 중요한 자료가 되므로 필수 점검 항목이 된다.

저자들의 연구로 막장력을 두 축 각 방향으로 정량적이고 정확하게 측정할 수 있는 장치가 개발되었다⁹⁾. 저자들은 〈Fig. 9〉에 나타내는 바와 같이, 점검 시 점검자의 접근이 어려워 고가의 장비를 사용해야 하는 불편을 해소하고, 점검 효율을 높이기 위해 이 장치를 자율 주행이 가능한 드론에 장착해 막장력 측정 및 컨트롤 시스템과 접목시키는 연구를 진행하고 있다.

이를 통해 육안 검사뿐 아니라, 요구되는 측점에



〈Fig. 9〉 Maintenance concept of membrane structure using drones

서 간단하고 자유롭게 막장력을 측정할 수 있는 시스템이 구축되면 세심한 유지 관리 의무를 동반하는 막구조물의 유지 관리가 쉽고 효율적으로 수행될 수 있을 것으로 기대하고 있다.

7. 맺음말

우리나라는 전술한 바와 같이 시설물 안전관리에 관한 특별법에 따라 대공간 건축물을 정기적으로 검사하고 그 결과를 보고할 의무가 발생한다. 일장에서 육안으로 이상을 감지하고 조치를 취하는 노력은 정기적으로 수행하는 거창한 진단 못지않게 중요하다. 그러나 점검 환경이나 요령의 미숙지로부터 관리를 위임받은 자에게는 부담으로 작용할 수 있다.

드론을 이용한 대공간 건축물 점검 시스템은 가설 발판이 필요해 육안 검사가 어려운 건축물 외벽이나 경사로 인해 보행이 곤란한 지붕, 또는 대형 공간 건축물의 지붕 등 접근이 어려운 곳의 점검, 진단, 나아가서는 막장력 측정 등의 유지 관리를 가능하게 하는 기술이 될 수 있다.

진정한 에코(Eco; 친환경)는 잘 만들고 잘 관리해 오래 사용하는 것이다. 거대한 사회 자본이 축적되어 있는 대공간 건축물은 더더욱 친환경이 되어야 한다. 드론을 이용한 점검 및 유지 관리 시스템은 대공간 건축물이 우리의 삶 속에서 더 안전하고 오래도록 지속가능하게 하는 길을 열어 줄 수 있다.

감사의 글

이 연구는 2018년도 과학기술정보통신부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구입니다 (No. NRF-2018R1D1A1B07050800).

References

1. Werrell, K. P., "The Evolution of the Cruise Missile", Air University Press, 1985.
2. Newcome, L. R., "Unmanned Aviation: A Brief History of Unmanned Aerial Vehicles", American Institute of Aeronautics and Astronautics, pp.1~172, 2004.
3. Keane, J. F., & Carr, S. S., "A Brief History of Early Unmanned Aircraft", Johns Hopkins APL Technical Digest, Vol.32, No.3, pp.558~571, 2013
4. Kubo, D., "Technology Development History of Unmanned Aircraft Systems -Drones", Journal of the Society of Instrument and Control Engineers, Vol.56, No.1, pp.12~17, 2017
5. KESSI: Issue report: Dron technology development trend and Corporate Responses, 2016
6. Kim, H. K., "Drone applicability in the construction industry", Korean Journal of Construction Engineering and Management,

Vol.16, No.4, pp.3~7, 2015

7. Kawabe, S. (2017). Hammering Test for the External Tile Finishing Wall by Unmanned Aerial Vehicle with Wheels. Proceedings of Tokai Chapter Architectural Research Meeting, Vol.55, pp.29~32
8. Jin, S. W., Shon, S. D., & Lee, S. J., "Review of Membrane Tension Maintenance System for Membrane Structures through Membrane Tension Measurement", Journal of Korean Association for Spatial Structures, Vol.16, No.2, pp.39~45, 2016
9. Jin, S. W., "An Urgent Assignment for Sustainable Membrane Structures", Journal of Korean Association for Spatial Structures, Vol.16, No.2, pp.12~17, 2016