3D 프린팅과 로보틱스를 활용한 스마트 건축

Robotics, 3D-printing, and applied technologies for advanced smart architecture

이 황 교수
아주대학교 건축학과

Yi, Hwang Professor
Ajou University

Robotics and 3D printing (also known as additive manufacturing) are emerging technologies that are important subjects of active research and recent experimental practices in the architecture, engineering, and construction (AEC).
Although the tools and knowledge that they provide can be leveraged into reshaping the way we design, build, and think. Korean architectural professionals appear to discount the huge potential and opportunities that such new media and science of design would promise. This article shares thoughts and ideas of technology-led innovation in architecture, including latest cases of the author's design research related to robotics application. Major issues include: 1) building-scale 3D printing, 2) mobile app-controlled kinetic building, 3) motor-less responsive architecture, and 4) 6-axis robot arm 3D printing.

스마트 기술 시대의 건축

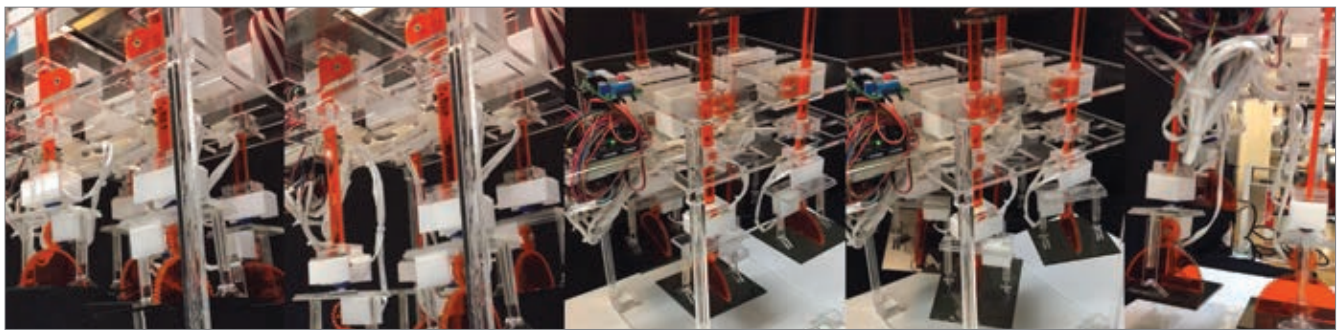
현대자동차그룹은 향후 5년간 무인 비행, 로봇 등의 지능형 스마트 모빌리티 사업에 61조 이상을 투자하겠다고 발표한 바 있다. 전통적인 자동차 제조사가 로봇 회사로 전환한다는 소식은, 대량 생산 시대의 종말을 고하고 우리가 대량 맞춤 (mass customization)의 사회로 이미 들어섰음을 확인해 주는 것이었다. 우리는 기술혁신이 주도하는 급격한 산업 구조의 개편과 전 세계적인 사회 변화에 대해 건축 현장은 얼마나 준비가 되어 있는가라고 반문하지 않을 수 없다. 이와 관련하여 지난 몇 년간 필자가 수행한 건축학 분야의 연구 및 실험 결과에 대해 간략히 공유하고자 한다.

로보틱스와 건축 설계

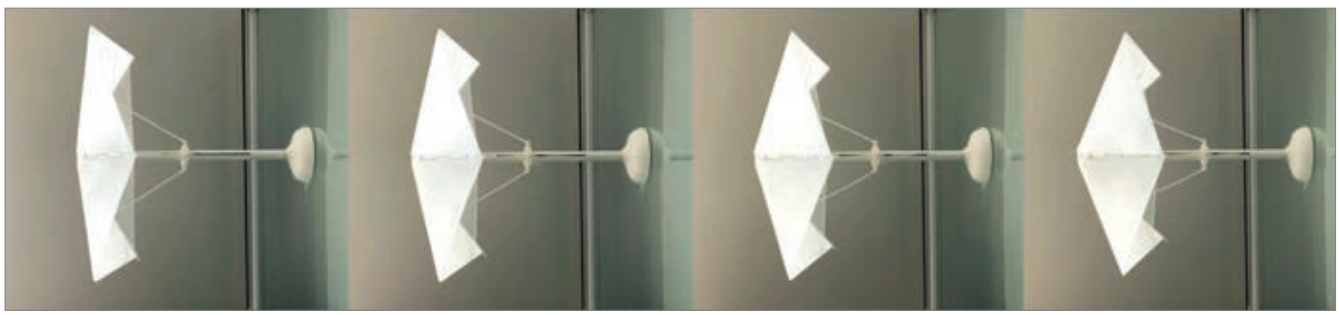
로봇이란 스스로 작업을 수행할 수 있도록 설계된 기계의 총칭이며, 소프트웨어를 통한 자동/피드백 제어(control)와 하드웨어를 통한 효과적인 움직임(actuation)간의 긴밀한 연결이 핵심이라고 볼 수 있다. 구조를 제외한 건물의 대부분은 사실상 상시적으로 움직이는 (혹은 움직일 수 있는) 부분으로 구성되어 있으며, 우리는 이러한 건축 부품을 자동화하고, 로봇화하여 실내외 환경과 조건 변화에 반응하는 새로운 건축 형태와 공간을 만들어낼 수 있다. 움직이는 건물이라는 설계 아이디어 자체는 이미 1980년대 Jean Nouvel의 아랍문화원에서 시도되었듯이 새로운 것이 아니며, 지속적으로 구현되고 있다. 두바이의 Al-bar tower를 비롯하여, 최근 뉴욕 허드슨 야드 (Hudson Yards)에 완공된 Diller Scofidio의 Shed를 대표적인 예로 들 수 있다. 그러나 현재 구현되는 움직이는 건물은 로보틱스의 입장에서 보면 상당히 단순한 움직임과 제어만을 제공하며, 그 적용 범위 또한 외피, 바닥, 천장 등의 실내외 경계부에 집중된다는 한계를 갖는다. 다양한 컨트롤러와 센서의 도입, 움직임들을 최적 제어하기 위한 알고리즘과 키네틱(kinetic) 건축에 특화된 소프트웨어 아키텍처에 대한 연구가 반드시 필요한 이유이다. 〈그림 1〉은 랩 스케일의 실험으로써, 마이크로 컨트롤러와 센서를 모바일 앱과 연동하고, 별도로 개발된 최적화 알고리즘과 연동한 실시간 형태 제어 시스템을 구현한 설계 작업을 보여준다. 〈그림 2〉의 연구는 전자기 모터를 사용하지 않고, 외부 기후에 반응하여 스스로 형태를 변화하도록 3D 프린팅으로 제작된 건물 외피 모듈이다.

3D 프린팅을 활용한 비정형 건축

〈그림 3〉 은 필자와 아주대학교 학생, 연구원들이 주도하여 2018년 국내에서는 최초로 제작, 완성된 실 스케일의 비정형 3D 프린팅 건축이다 (아주대학교 내 버스정류소). 3D 프린팅 기술은 1980년대에 자외선경화



<그림 1> 모터, 마이크로 컨크롤러와 모바일 앱으로 작동하는 키네틱 설계 (2016)



<그림 2> 모터 없이 기후에 따라 자율적으로 작동하는 3D 프린트 건물 외피 모듈 (2018)

(stereolithography) 및 재료 분사 (material deposition) 원리가 이미 제안되었으나, 특허가 만료된 2009년 이후에야 관련 기기와 제작 기법 등이 본격적으로 보급되었다. 건축분야에서는 2010년대에 학교 연구실을 중심으로 실험적으로 시도되기 시작했고, 학계에서는 2016년 네덜란드의 DUS Architects가 설계한 'Micro house'를 세계 최초의 3D 프린팅 건물로 인정하고 있다. 주어진 형태를 자유롭게 뽑을 수 있는 3D 프린팅의 장점을 가장 유용하게 활용할 수 있는 분야가 비정형 건축이나, 설계 방법 및 제작 등의 어려움으로 그 가능성이 충분히 실험되지 못하고 있다. 건물 스케일의 대형 3D 프린터는 제작자체가 어려운 것은 아니나, 그 결과가 실제 상용화된 건물로 이어지기 위해서는 적절한 건축 재료의 선정, 내 · 외장재와의 결합, 컴퓨터 설계와 3D 프린팅 상의 오차발생 등이 해결해야 될 과제로 남아있다.

6축 수직다관절 로봇 (6-axis robot arm) 〈그림 4〉 을 활용한 3D 프린팅은 Gantry를 확장하는 방식이 갖는 대형 3D 프린팅의 제작 범위 한계 및 고정된 노즐 및 제어 루트로 인해 한정될 수밖에 재료 합성 등에 대한 문제점을 극복할 수 있는 좋은 대안 중의 하나이다. 필자는 3D 프린팅으로 로봇 토출기(extruder)및 관련 툴을

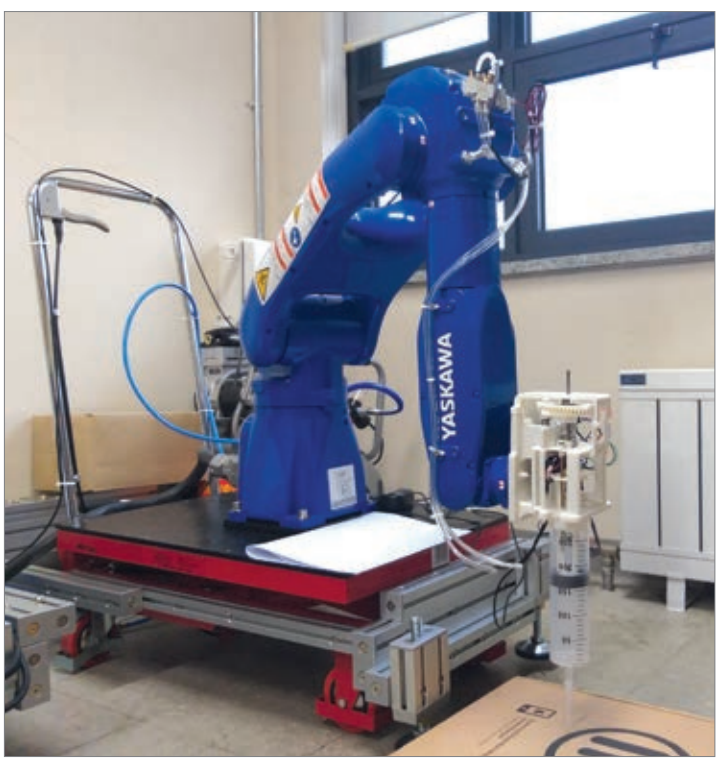
<그림 3> 3D 프린팅으로 제작 비정형 파빌리온 건축 (2018)

<그림 4> 로봇팔을 활용한 설계-자동화 건축 (2019)

자체 제작하여 연구하는 중이며, 로봇 3D 프린팅을 통해 기존의 구축 방식과 건축/건설 재료가 제한하는 건축 형태와 공간을 넘어서는 창의적인 설계를 구상하고 실현하기 위해 연구 중이다.

기술융합시대의 새로운 건축을 꿈꾸며

르 코르뷔지에 (Le Corbusier)가 자동차라는 당시 산업 혁신의 아이콘과 파르테논 신전의 사진을 나란히 놓고 20세기의 새로운 건축을 논하던 때가 1923년이다. 이제 그 100년 전의 자동차는 자율 주행 차와 스마트 폰으로 바뀌었으나, 건축은 과연 얼마만큼 그에 가까워졌는지, 혹은 더 멀어졌는지 모르겠다. 건축사지에 한 젊은 건축사가 AI가 건축현장을 바꿀 것이라고 생각하는 것은 큰 오산이라고 적은 글을 보면서, 실무에서는 여전히 건축이 단순히 기술이 아니라는 과거의 항변만을 답습하고 있는 것이 아닌가하는 안타까움이 있다. 필자가 박사과정을 마무리할 즈음, 프린스턴 대학의 건축과에서 산업용 로봇팔에 드릴을 달아 깍은 복잡한 스티로폼 모형을 자랑하던 한 교수를 만났던 것이 2016년이다. 그 사이 필자가 재직하던 Florida International University 건축학과에서는 로보틱스 랩을 개설하였고, 펜실베니아 대학 건축학과 또한 작년부터 Master in Robotics and autonomous systems (MS-RAS) 라는 새로운 학위과정을 개설하여 운영 중이다. 우리 건축계가 건축물이 시대를 담는 그릇이며 문화의 결정체라는 낭만적인 단어들로 포장하는 사이, 세계 건축계와 학교들은 각종 최신 기술들을 건축설계에 도입하려는 실험에 여념이 없음을 주지해야 한다.



<그림 5> 로봇 3D 프린팅 (2019)

Yi, Hwang
Department of Architecture,
Ajou University
Assistant Professor

아주대학교 공과대학 건축학과 건축설계 · 계획 분야 조교수로 재직 중이며, 기술융합을 통한 창의적인 건축이라는 주제로 연구 중이다. 미국 Florida International University 건축학과 (College of Communication, Architecture & The Arts) 조교수로 재직한 바 있으며, 서울대학교 건축학과를 졸업한 뒤, 삼우설계, 김영준 도시건축, Odile Decq 등에서 일하였다. 2016년 펜실베니아 대학 (UPenn)에서 건축학 박사학위를 받았다.

Yi is an assistant professor at Department of Architecture, Ajou University, leading the Architectural Design & Technology Lab. He received a PhD in Architecture from University of Pennsylvania. Prior to joining Ajou, he was an assistant professor at the School of Architecture, College of Communication, Architecture & The Arts, Florida International University. His study takes a technological approach to architecture, pursuing an innovative integration of design and engineering for environmental design and building sustainability.