

Global Report

건축과 건설에서의 3D 프린팅

1. 소 개
2. 혁신 강도의 개요
3. 혁신에 대한 관심의 현황분석
4. 결 론

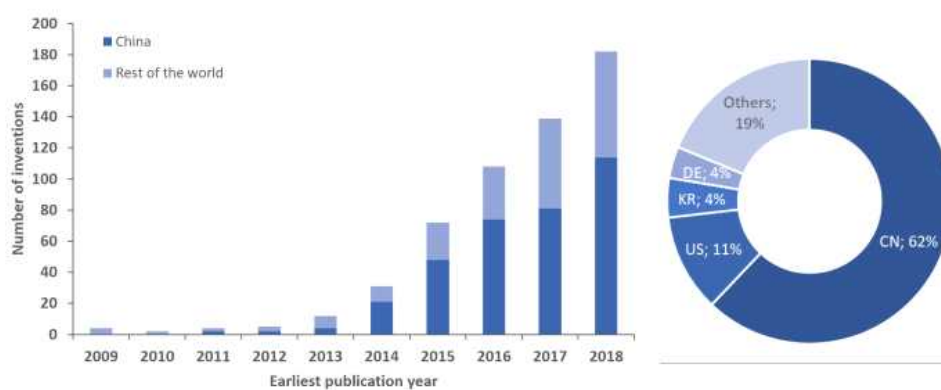
1. 소개

노동 집약적 건축 및 건설 산업에서 3D 프린팅의 활용은 대규모 건물의 건설 감독, 건설 비용 절감, 복잡한 건축 설계 뿐만 아니라 안전 문제, 긴 공사 시간, 대규모 폐기물 및 탄소 생성 등 산업에서 겪고 있는 문제에 대한 솔루션으로 점점 인정받고 있다.

건축 및 건설 산업에서 3D 프린팅 활용은 아직 초기 단계에 있지만, 응용 프로그램은 꾸준히 인기를 얻고 있다. 2014년도 이후 3D 프린팅되는 현실 가능한 프로토타입이 이미 현실화된 이후, 향후 10년 동안 더 많은 3D 프린팅 인프라가 만들어질 것으로 예상되어 진다.

이 보고서에서는 특허 데이터에서 관찰된 초기 관련된 개요를 제공하면서 일부 주요 플레이어와 흥미로운 혁신기술을 강조하고 있다. 이 보고서는 건축 및 건설 산업의 최신 기술에 대한 높은 수준의 이해를 제공할 뿐만 아니라 지속적인 혁신 및 기술 채택을 위한 잠재적인 영역에 대한 통찰력을 제공할 것이다.

2. 혁신 강도에 대한 개요 (OVERVIEW OF INNOVATION INTENSITY)



전 세계적으로 공개된 특허 데이터를 바탕으로 2009-2018년 조사 기간 동안 총 559건의 발명이 있었다. 이 영역에 대한 관심은 2014-2018년 사이에 연간 42%의 비율로 증가하고 있다. 그 중 중국의 출원건수가 가장 많다. 게시된 모든 발명품의 62%가 이 기간 동안 중국에서 시작되었다. 특허 출원권수로 판단해 볼 때, 건축 및 건설 분야의 3D 프린팅은 2009년부터 2013년까지 상위 국가 중에 특허출원이 상대적으로 탐색되지 않았다. 2014년 특허 출원건수가 급격히 증가한 것은 주로 중국에서의 출원에 따른 것이다. 이는 혁신에 중점을 둔 3D프린팅 기술에 대한 중국 정부의 추진에 기인하고 있다. 중국 정부는 "made in China 2025" 이니셔티브를 시작으로 2015년부터 여러 단계로 3D 프린팅을 산업 발전의 중요한 원동력으로 삼아 3D 프린팅 / 첨가제 제조 산업의 발전에 중점을 두고 있다. 중국을 3D 프린팅의 세계적 리더로 만드는 중국의 빠른 도시화와 인구 증가는 많은 건설 프로젝트를 자극했으며, 기업들은 건축 및 건설에 3D 프린팅을 적용함으로써 얻을 수 있는 잠재적 이점을 분명히 활용하려고 하고 있다. 중국은 향후 10년 동안 이 산업분야의 혁신적인 개발을 지속적으로 이끌 것으로 예상된다.

		Country of origin**																		Total filing	
		AT	AU	CH	CN	DE	DK	ES	FI	FR	UK	IL	IT	JP	KR	MT	NL	RU	UA		US
Market of protection*	CN		3		380	3		1		3	2	1	2		2		2	1		5	405
	US		5	2	4	4	1	1	1	3	2	1	3				2	2	2	70	103
	EP	4	5	2	1	7	1	1	1	4	3		2			6	3			10	50
	KR		2												37					1	40
	CA		5	1		1	1			1		1	1				1	1		8	21
	DE					20														1	21
	JP		4								2	1		7						4	18
	FR									17											17
	AU		5			1	1				1		1				1			4	14
	RU									1								11		1	13

* 특허의 보호 시장은 특정 발명이 출원된 모든 관할 구역에 의해 정의된다.

** 히트 맵의 숫자는 특정 시장에서 해당 국가의 출원한 공개 특허 출원 수를 나타낸다.

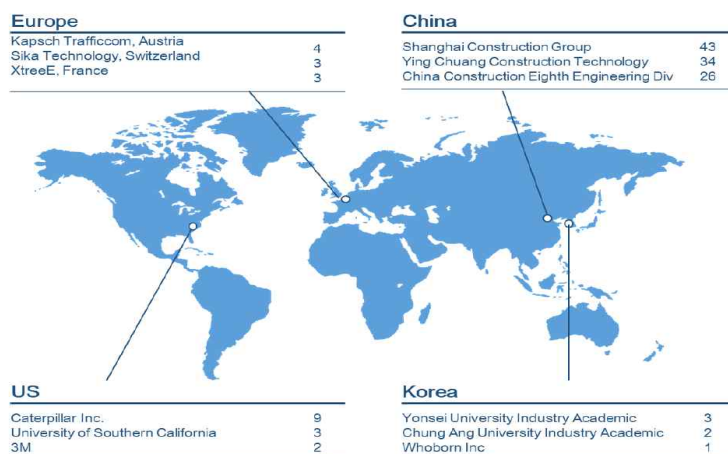
CN - 중국, US - 미국, EP - 유럽, KR - 한국, CA - 캐나다, DE - 독일, JP - 일본, FR - 프랑스, AU - 오스트레일리아, RU - 러시아, AT - 오스트리아, CH - 스위스, DK - 덴마크, ES - 스페인, FI - 핀란드, GB - 영국, IL - 이스라엘, IT - 이탈리아, MT - 몰타, NL - 네덜란드, UA - 우크라이나

중국 혁신가들이 주도하는 초기 분야임을 감안할 때, 중국이 특허 출원 건수가 가장 많은 시장(405)에 이어 미국 (103)과 유럽 (50)이 두 번째 및 세 번째로 큰 시장이라는 것은 놀랄 일이 아니다. 더 심층적인 분석에 따르면 중국 특허 출원의 93.8%가 자국 출원인에 의해 신청된 것으로 나타났다. 대조적으로, 미국 시장의 특허 출원 중 32 %가 외국인에 의해 신청되었다. 중국 출원인은 현재 건축 및 건설을 위한 3D 프린팅의 사용과 관련하여 발명을 주도하고 있으며, 이 분야에서 전 세계 상위 10개 특허 출원 중 9 개가 중국에서 발생하고 있다.

Applicant	No. of inventions	Innovation focus
Shanghai Construction Group	43	Printing of high-rise building using automated climbing and telescopic mechanisms
Ying Chuang Construction Technology (WinSun)	34	Scaffold and supporting structures for building printers, and printed products such as wall, floor, column, etc.
China Construction Eighth Engineering Div	26	Workflow to combine 3D printing into traditional pre-casting of wall, floor, beam, etc.
Shanghai Yannuo Building Materials	13	Printed wall with improved properties (mechanical reinforced, sound barrier)
Caterpillar Inc.	10	Control system for printer coordinates in a construction field & positioning of the mechanical parts for printing
China Minsheng Drawin Technology Investment	8	Printed piping system for bathroom
Dou Shupeng	7*	Printhead
Kejia Construction	6*	Workflow to combine 3D printing into traditional building construction for wall, floor, ceiling, etc.
China MCC17	6	BIM, printhead, printed structures
Tongji University	5	Printer for buildings and tunnel printing

최대 출원인인 상하이 건설그룹(Shanghai Construction Group)은 고층 건물, 기초, 다리, 지하 터널, 철도 및 기타 인프라의 인쇄를 위한 3D 프린터 개발에 주력해 왔다. 특히, 이 회사는 최근 고층 건물의 자동화된 연속 인쇄를 가능하게 하는 텔레 스코핑, 클라이밍 및 리프팅 메커니즘으로 설계된 특수 프린터 특허를 획득했다. 또한, 최근에 출원된 많은 특허 출원은 중국 국가 특허청으로부터 긍정적인 결과를 얻었다. 이 발명품들은 상하이 건설 그룹이 향후 상업적으로 이용함에 있어 강력한 경쟁우위를 제공할 것이다. 더 일반적으로 WinSun으로 알려진 잉 추양 건설 기술은 다양한 3D 프린팅 아키텍처, 특히 하루에 3D 프린팅 10 채를 달성할 수 있다는 강력한 주장을 하였다. WinSun의 기술은 콘크리트 층을 서로 압출하는 것이다. 빌라, 전통 중국식 안뜰, 공중 화장실, 버스 정류장 등 다양한 3D 인쇄 구조물을 제작했다. 이 회사는 2017 년 15 억 달러 규모의 계약으로 콘크리트 3D 프린터를 사우디 아라비아에 임대했으며, 같은 해에 전체 건설 과정에서 탄소 배출량을 줄이면서 더 빠른 공사기간을 달성하고자 하는 노력의 일환으로 미국 엔지니어링 회사(AECOM)와 양해 각서(MOU)에 서명을 하였다.

중국 국영 기업인 중국 주 건설 엔지니어링 회사의 자회사인 중국 건설 Eighth Engineering Division은 3D 프린팅 기술을 건축 및 시공 프리 캐스팅 공정에 통합한 전통적인 프리 캐스트 콘크리트 제조업체이다. 출원된 제품 중 56%는 주로 단열, 내진성 및 전단 응력 분포 개선과 같은 기존과 같은 건물 구조를 만들기 위해 3D 프린팅과 프리 캐스팅 워크 플로우의 조합하였다.



반면 미국, 유럽 및 한국에서는 특허 포트폴리오 크기가 상대적으로 작다. 가장 주목할만한 비 중국의 주요 출원인은 유명한 중장비 제조업체인 캐터필러 기업(Caterpillar Inc)이며, 9개의 발명 포트폴리오를 보유하고 있다. 2016년에 이 분야에 진입한 Caterpillar는 건설 기계 설계에 대한 전문 지식을 활용하고 기존 제품 라인에 3D 인쇄 기능을 성공적으로 통합했다. 주요 연구 중점은 3D 프린터와 건설장비의 시너지 효과 조합에 있다. 특히, 대부분의 혁신 활동은 작업장 건설 운영과 관련이 있으며, 특히 작업장에서 지형의 실시간 매핑을 기반으로 모듈식 3D 프린터의 좌표를 제어하게 된다.

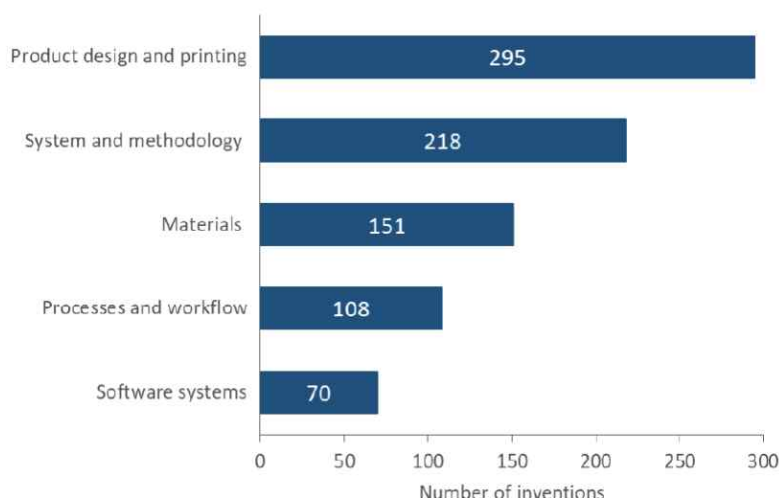
싱가포르에서는 현재 총 6건의 특허 출원으로 건축 및 건축 관련 기술을 위한 3D 프린팅 보호에 대한 관심이 제한적이다. 모든 응용 프로그램은 외국 기관에 의해 제출되었으며, 최고의 싱가포르 출원인은 Laing O'Rourke이며 곡선 거푸집 공사의 3D 인쇄와 관련된 FreeFABTM 기술로 유명하다.

Earliest publication number	Earliest publication year	Applicant	Title
CA2909909A1	2014	Laing O'Rourke (AU)	Method for casting a construction element
CA2928481A1	2015	Laing O'Rourke (AU)	Method for fabricating an object
CA2976118A1	2015	Laing O'Rourke (AU)	Method for fabricating a composite construction element
CA2993095A1	2016	Laing O'Rourke (AU)	Method for fabricating a composite construction element
HK1204842A1	2015	Beyon 3D (Israel)	Method and system for fabrication of custom-made moulds and concrete-architectural components
WO 2016/079099 A1	2016	BPB United Kingdom (UK), Saint Gobain (FR)	Calcium sulphate-based products

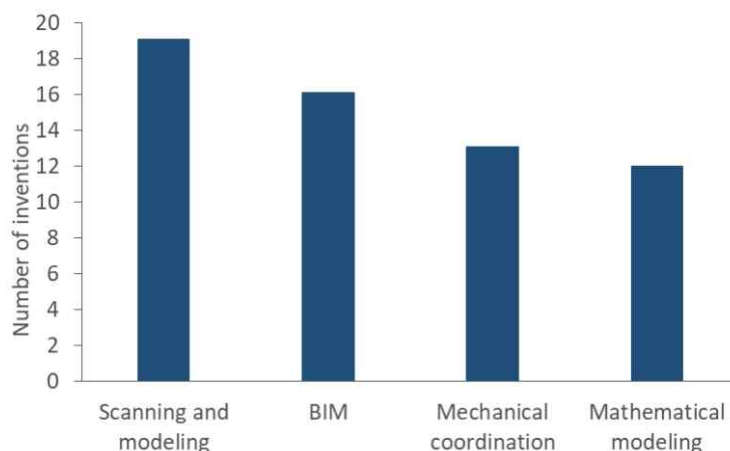
3. 혁신에 대한 관심의 현황 분석

건축 및 건설 분야의 3D 프린팅 기술은 5 가지 측면으로 분류 할 수 있다.

- 1) 제품 디자인 및 인쇄 : 건물, 벽, 천장, 바닥, 빔 및 복잡한 건축 구조와 같은 모듈식 구성 요소를 포함한 인프라 인쇄
- 2) 시스템 및 방법론 : 건물, 터널, 교량 및 기타 인프라용 3D 프린터의 주변 구성 요소 (비계, 크레인, 지지 구조물)를 포함한 기계 설계
- 3) 프로세스 및 워크 플로우 : 3D 프린팅 프로세스 (예 : 융합 증착 모델링, 재료 분사) 및 건설 워크 플로우
- 4) 재료 : 재료 (시멘트, 콘크리트, 폴리머, 강재, 강화 섬유 등)의 3D 인쇄
- 5) 소프트웨어 시스템 : BIM, 기계 좌표 및 위치 제어 시스템, 프로세스 및 워크 플로우 제어 시스템, 스캐닝 및 모델링, 구조 및 재료 최적화를 위한 수학적 모델



모든 기술적인 측면에서 최근 5년간 연 25% - 48%의 성장으로 두 자릿수 상승 추세를 보였다. 전체적으로 발표된 발명품의 35%를 대표하는 제품 설계 및 인쇄는 최고의 혁신을 가져 왔으며 이는 이미 예상된 일이었다. 인쇄된 제품에는 벽, 천장, 보, 건물 구성 요소 (예 : 창문 / 기계 부품) 및 조립식 인쇄된 금형이 포함된다. 이는 진입 장벽이 낮은 혁신으로 간주된다. 실제로 이 영역에서 295개 발명 중 1/3 이상이 특허보다 훨씬 낮은 혁신 표준을 요구하는 실용신안이었다. 그럼에도 불구하고 특수 기능 (예 : 단열, 방음, 방수, 충격 흡수기, 무선 주파수 차폐, 응력 분포 등)이 있는 제품에서도 혁신 제품이 관찰되었다. 시스템 및 방법에 있어서는 지난 5년 동안 가장 높은 성장률을 나타냈다 (2014-2018 년 p.a. 48.1 % 성장). 이 영역에서 발명의 대부분은 대형 3D 프린터의 설계 문제와 스캐폴드, 크레인, 플랫폼, 자재 공급 시스템 및 로봇 팔과 같은 주변 기계 구조에 중점을 두었다. 최근 이 영역은 기존의 대규모 정적 프린터에서 모듈식 인쇄 장치에 이르기까지 극단적인 프린터 재설계의 조짐을 보였다. 재료 관점에서 산업은 주로 콘크리트 인쇄에 중점을 둔 것으로 보인다. 재료영역에 관한 151개의 발명 중에서 80 %는 콘크리트 인쇄에 중점을 두고 있다. 콘크리트는 건축 및 건설에 사용되는 가장 기본적인 재료이기 때문에 놀라운 일이 아니다. 현재의 연구는 콘크리트를 붓기 전에 보강 철근을 배치하는 거푸집 공사를 위해 반액체 상태에서 콘크리트의 압출 또는 재료 분사를 연구하고 있다. 콘크리트 이외에도 약 1/4의 재료 발명은 섬유 강화 열가소성 수지와 같은 중합체 재료의 인쇄에 관한 것이다. 중합체 재료는 절연과 같은 특성을 제공하고 콘크리트와 같은 다른 재료와 함께 인쇄될 때 인장 강도 및 연성을 포함하여 인쇄 재료의 특성을 향상시킬 수 있다. 철근을 사용한 콘크리트 기반 재료의 공동 인쇄는 건설 산업에서 많이 요구되지만 이 단계에서는 애매모호하다.



건축 및 건축 분야에서 소프트웨어는 3D 프린팅 개발 분야에서 전체 발명의 7.6%에 연구에 불과하다. 그러나 2014~2018 년 기간 동안 46.8 %의 높은 성장률은 이 측면에 대한 관심이 높아지고 있음을 나타낸다. 특히, 스캐닝 및 모델링 및 빌딩 정보 모델링 (BIM)은 이러한 성장을 주도하는 주요 구성 요소이다. 3D 스캐닝 및 모델링 기술의 적용과 연관된 발명에는 건물 및 도로 및 철도와 같은 기타 인프라의 수리 및 재구성이 포함된다. 구체적인 예로는 모바일 3D 인쇄 장치를 사용한 도로 인쇄를 위한 Addibots (미국) 지형 스캔, 리모델링 및 내비게이션 시스템이 있다.

BIM은 장소의 물리적 및 기능적 특성의 디지털 표현을 생성하고 관리할 수 있는 소프트웨어를 사용하여 다차원 디지털 정보를 활용하는 객체 지향 건물 개발 프로세스이다. 특히 데이터를 기반으로 BIM은 구조의 3D 설계 최적화에 적용되어 구조적 특성이 향상되었다. 최소한의 재료 낭비, 실시간 데이터 수집, 인쇄 프로세스의 제어 및 현장 교정, 복잡한 인쇄의 효율적인 설치로 효율적인 인쇄 작업 순서, 인쇄주기 단축, 에너지 효율적인 설계 및 비용 절감에 대한 수요 증가로 인해 BIM은 향후 업계 내 3D 인쇄 기술의 중요한 초석이 될 것으로 예상된다.

스터디 과정에서 이 분야의 다음과 같은 흥미로운 기술 / 특허가 관찰되었다.

1) 2015년에 설립된 프랑스 스타트업인 XtreeE는 로봇 프린팅 팔의 정밀한 제어를 통해 로봇 공학을 3D 프린팅에 통합하는 작업을 진행하고 있다. 원거리에서 인쇄 장소까지의 물질 보유 탱크, 인쇄를 위한 재료 특성을 잘 제어할 수 있는 이 시스템을 사용하면 인쇄시 제어력을 향상시키기 위해 인쇄 헤드가 있는 로봇 팔에 인쇄 재료를 전달할 수 있게 된다. 따라서 이 기술은 재료 혼합기와 인쇄 시스템을 모두 포함하는 현장 부피가 크게 되고, 이는 인쇄 장비의 설계 배치가 필요하기 때문에 인쇄 프로세스를 복잡하게 하는데, 여기에 대한 솔루션을 제공한다.

흥미롭게도 XtreeE는 회사가 신생기업임에도 불구하고 건설 산업에서 큰 파장을 일으켰다. 건축 3D 프린팅의 선구자 중 한 명으로, 세계의 주목을 끄는 주목할 만한 프로젝트로는 4 미터 높이의 콘크리트 기둥, 3 미터 높이의 파빌리온, 및 세계 최초의 3D 프린트 산호초가 있다. 이 프로젝트를 통해 XtreeE는 업계에서 주목을 끌었으며, 세계 최대 건설 회사 중 하나인 Vinci Construction을 비롯한 여러 회사로부터 투자를 받았다. XtreeE는 Lafarge-Holcim, ABB 및 Dassault Systèmes를 포함하여 건축, 토목 공학, 재료 과학 및 소프트웨어 분야의 전문가인 다수의 유명 파트너와 협력하고 있다. 그들은 함께 3D 프린팅을 개발하고 있다. 사실상 3D 프린트 건설 시스템은 무한한 설계 기회를 제공할 뿐만 아니라 건설 회사와 회사가 건설 시간과 자재비용을 모두 줄이는데 도움이 된다. 최근 Vinci Construction은 XtreeE의 특허받은 3D 인쇄 기술을 사용하여 콘크리트를 인쇄하기 위해 두바이에 3D 인쇄 공장을 설립한 새로운 자회사인 Concreative를 시작했다.

2) 대형 현장 시스템 문제들을 해결하기 위해 드론 기술을 사용한 인쇄 혁신도 관찰되었다. Whoborn Inc. (한국), DediBot (중국) 및 Braun Project Engineering GmbH (독일)과 같은 스타트업은 건축 및 건설용 3D 프린팅 기능을 갖춘 드론을 개발했다. 이러한 발명이 컨셉 및 프로토타입 단계에 있지만 자율비행 개념은 정적 3D 프린터의 크기 제한에 대한 해결책을 제시할 뿐만 아니라 제한되거나 접근하기 어려운 영역에서 인쇄할 수 있는 것과 같은 추가 이점을 제공하게 된다. 비계, 크레인 및 컨베이어 벨트를 포함한 건설 장비에 대한 의존도를 줄일 수 있다. 이러한 드론 기술은 또한 미세한 움직임 제어가 필요한 복잡한 구조물을 더 쉽게 인쇄할 수 있다.

3) 전통적인 건축 및 시공을 위한 복합 재료의 3D 프린팅에서, 프레임 워크의 3D 프린팅은 먼저 강재 철근의 수동 오버레이 전에 수행된 다음 시멘트의 수동 주입이 뒤따르게 된다. 흥미롭게도, 복합 재료의 1 단계 인쇄 프로세스를 자세히 설명하는 새로운 기술이 등장했다. 예를 들어, Apis Cor (러시아)는 섬유 함침 콘크리트 압출 공정을 발명했으며, XtreeE (프랑스)는 금속 섬유와 콘크리트를 압출 공정으로 공동 인쇄하여 덕트 및 초고성능 콘크리트를 개발했다. 복합 재료는 인프라 및 건물의 필수 구성 요소이므로 인프라에 대한 단일 인쇄 프로세스를 가능하게 하면 건설 시간이 단축되어 건물의 3D 인쇄가

완전히 자동화된 프로세스가 될 때까지 좀 더 시간이 필요하다.

현재 싱가포르 혁신가들에 의해 발표된 발명품은 없지만, 지역 인프라 구축을 위한 3D 프린팅 사용에 대한 관심은 분명하다. 예를 들면, NUS의 연구원들은 방음을 위해 벽체에 통합될 수 있는 특정 소음 주파수를 제거하기 위한 3D 인쇄 재료를 개발했다. 또한, NUS 적층 가공 제조 센터는 새로운 건설 3D 프린팅 프로그램을 시작했으며, 여기서 첫 번째 프로젝트 중 하나는 콘크리트 구조물을 3D 프린팅하기 위해 두 대의 로봇을 사용하는 3D 프린팅을 사용한 화장실의 조립이다.

4. 결 론

3D 프린팅은 더 이상 제품의 모델을 제작하기 위한 틈새 기술이 아니라 항공 우주, 자동차 및 의료 기술과 같은 많은 산업 분야에서 점진적으로 혁명을 일으켰다. 그러나 건축 및 건설 산업에서의 3D 프린팅은 여전히 상대적으로 미개척 상태이다. 글로벌 혁신 트렌드는 최근 몇 년 동안 강력한 성장을 보이고 있으며, 상위 원산지 국가의 선두 업체들이 각 국내 시장에서만 혁신을 보호한다. 특히, 3D 인쇄 배포와 관련된 활동은 대부분 컨셉 증명 단계에 머물러 있으며 아직 대량 배포로 진행되지 않았다. 따라서 건물 인프라에 3D 프린팅의 초기 구축이 증가함에 따라 전 세계 혁신가들이 다른 분야의 3D 기술을 건축에 적용을 포함하여 새롭고 개선된 기술을 개발하여 건물을 변화시킬 돌파구를 마련 할 수 있는 기회가 되었다.

<원문제목> 3D printing in building and construction

<원문출처> INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE OF SINGAPORE