

2016 FEBRUARY
vol.06

06

융합

WeeklyTIP

Technology • Industry • Policy

4D 프린팅 연구 현황과 시장 전망

송가은 | 융합연구정책센터

발행일 2016. 02. 15
발행처 융합정책연구센터



융합연구정책센터
Convergence Research Policy Center



4D 프린팅 연구 현황과 시장 전망

송가은 | 융합연구정책센터

선정 배경

- MIT의 자가조립연구소장 Skyyar Tibbits이 TED('13년)에서 소개하면서 크게 주목받기 시작하였으며, 국내에서도 KISTI의 10대 유망기술('14년 11월)에 선정됨
- 외부환경에 맞게 자체변화가 가능하기 때문에 헬스케어, 전자부품, 스포츠 용품, 대형 선박, 비행기, 자동차 등 다양한 분야에서 활용될 것으로 기대됨
 - 미국의 Organovo Holdings는 4D 프린팅 기술과 의료 기술을 융합하여 인공 생체 조직을 개발 중이며, 4D 프린팅 기술을 이용한 제품 중 가장 먼저 상용화 될 전망
- 스마트센서 기술과 융합되어 스마트 전자제품 시장을 선점할 것으로 기대

개요

- **(정의)** 인간의 개입 없이 열, 진동, 중력, 공기 등 환경이나 에너지원의 자극에 의해 시간에 따라 형태가 달라지고 자가 변형이 가능한 스마트 소재를 3D프린터로 출력
 - 3D 프린팅 기술에 시간의 변화에 따라 변형되는 4차원 개념이 적용되어 4D 프린팅 기술이라고 명명함
 - 생산된 물질이 스스로 변형 가능하다는 의미에서 자기변형물질(self-transformable materials)이라고도 하며, 조건에 따라 반응한다고 하여 프로그램 가능물질(programmable materials)이라고도 함



▲ 그림1. 출력 후 변형이 가능한 4D 프린팅 기술

출처 : 4dprinter.net

표1. 3D프린팅 기술과 4D 프린팅 기술 비교

구 분	3D 프린팅	4D 프린팅
물 질	열경화성 플라스틱, 금속, 세라믹, 생체재료, 나노재료	자동 조립식 물질, 다중물질, 설계물질 (기억형상합금/복합체, 자동변형물질 등)
설 계	3D 디지털 정보(스캔, 제도)	변형에 대한 3D 디지털 정보
프 린 터	3D 프린터(스테레오리소그래피, 압출가공, 선택적 레이저 소결)	스마트 3D 프린터(수정된 노즐, 바인더, 레이저), 다중물질 3D 프린터(고체/액체, 고체/고체, 경사 기능재료, 나노복합소재)
응용분야	귀금속, 장난감, 의류, 엔터테인먼트, 자동차, 항공, 국방, 의료장비 등	3D 프린팅에 적용되는 분야 중 역학적으로 형태 변형이 필요한 분야
기 타	변화 없음	프린팅 된 후 모양, 색, 기능의 변화

● 의류, 헬스케어, 자동차, 항공 등 주요 산업분야에서 응용제품으로 활용될 전망

- (의류) 스마트 소재를 활용하여 프린팅만으로 원하는 모양의 옷으로 인쇄가 가능하고 3D 프린팅 기술로 구현이 어려웠던 형태는 접힌 상태로 출력된 후 최종 원하는 모양으로 펼쳐짐



▲ 그림 2. 너브시스템(Nervous System)의 4D 프린팅 기술로 만든 드레스

출처 : SK브로드밴드 블로그

- (의료) 조직세포공학, 자기조립식 생체재료, 나노입자 설계, 화학요법용 나노로봇 개발 등으로 응용되어 상용화 될 전망. 가장 중요한 분야는 4D 프린팅을 이용한 인공지능기 생산으로, 2019년부터 윤곽을 드러낼 예정
- (자동차) 습기나 염분이 있는 대기에 따라 부식되지 않도록 변형이 가능한 물질로 구성된 차량 본체의 구현이 가능할 것
- (항공) 자기교정부품, 위성의 동력을 위한 태양전지판의 개발
- (군사) 주위 환경에 위장 가능한 군복, 자기교정다리 및 임시도로의 개발이 가능할 전망

지역별 개발현황



● **(미국)** 대학에서 새로운 연구를 주도하여 수행하고 있으며, 미국이 4D 프린팅 기술개발에서 세계적으로 가장 앞서고 있음

- 항공과 국방, 자동차, 헬스케어, 인프라의 응용분야에 집중적으로 투자 중

- 미 국방연구소(US Army Research Office)와 국방부(DOD, Department of Defense)가 기술개발에 가장 많은 지원 중

● **(아시아)** 현재 산업적으로 3D 프린팅의 응용기술을 활용하는 단계에 있으며, 4D 프린팅 연구는 한발 느리게 진행될 것

- 싱가포르 과학대학의 연구진은 콜로라도 대학과 4D프린팅 공동연구를 통해 형상기억섬유 개발을 진행 중

● **(유럽)** 4D프린팅 연구의 시작 단계로 다수의 기관에서 주목하고 있으며, 초기비용 부담으로 아직 성과를 내지 못하였지만, 올 해부터 집중적으로 연구에 착수할 전망

기술 동향



● 4D 프린팅 도입에 있어 초기 비용이 걸림돌로 작용하였으며, 기술적으로도 많은 어려움을 겪음

- 급속조형기술(Rapid Prototyping Technology)은 물리적 개체 생산에 대한 사전실험이 충분히 이뤄지지 않아 기술의 유효성이 확실하지 않음

- 외부자극에 반응하여 변형되는 물질을 발견하거나 합성하기 쉽지 않음

● 나노단위 입자를 다루는 공학기술을 일상 물체에 적용하는 방식을 채택하여 난관을 극복해 가는 중

- 나노공학을 활용하면, 물질에 컴퓨팅이 가능하게 되어 물질의 모양과 성질 변환이 가능함

※ 나노공학에 이용되는 캐드나노(caDNAo)는 3차원 모형을 디자인하고, 자가 조립을 가능하게 하는 툴

● 나노 차원의 기술로는 해결할 수 없는 추가적인 문제가 존재

- 건축이나 제조, 특히 기반시설과 같이 거대규모 분야의 경우, 프로세스에 수정이 필요할 때 비용과 소요시간이 어려우며, 이를 극복할 수 있는 방안이 아직 마련되지 않음

국내외 연구동향



● (MIT) Tibbit 팀은 물을 흡수했을 때 1차원의 선에서 3차원의 입체적 구조로 변형되는 ‘스스로 접는 막대’ 개발

- 유공성과 수분 흡수능력이 다른 두 가지 물질을 사용하여, 물에 넣었을 때 부분적인 팽창으로 모양이 변형됨

● (노팅엄트렌트 대학) 심장에 이상이 생겼을 경우, 심장의 기능을 대신하는 물질 개발 프로젝트 수행 중

- 심장에 심어진 풍선모양의 실리콘 물질이 전기 자극을 받으면 팽창하여 심장의 혈액 공급을 도움

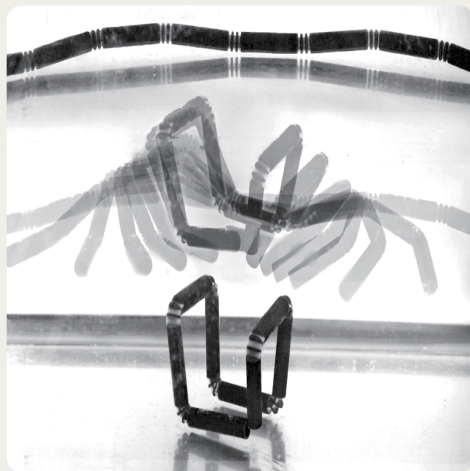
● (하버드 대학) Wyss Institute는 나노단위로 생체조직의 결손을 보완하기 위해 항체를 운반하는 조개모양의 나노로봇을 제조

- 나노로봇이 암세포를 만나면, 구조가 변형되어 운반한 약물을 배출하는 형태로 질병 치료

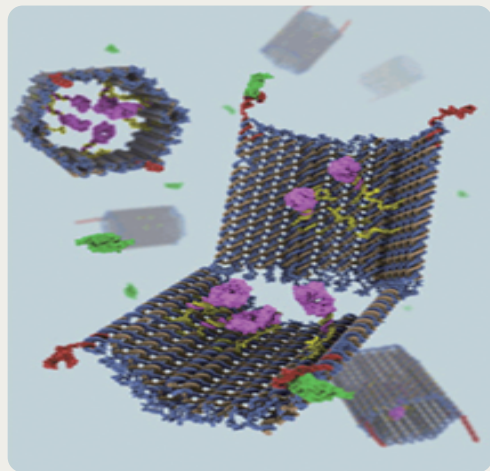
● (KIST) 형상기억폴리머와 합금과 같은 온도변화에 수축·확장하는 인공 손 개발

- 형상기억폴리머는 압출가공*방식으로 단순한 온도 변화에 변형되어 활용

* 고온으로 가열한 재료를 컨테이너에 넣고 램에 강한 압력을 가하여 다이형(型)으로부터 압출해서 성형하는 가공



▲ 그림3. MIT의 스스로 접는 막대



▲ 그림4. Wyss Institute의 4D 나노로봇

시장 예측



- 미국을 제외한 국가에서는 4D 프린터는 이제 연구 시작단계라 시장이 형성되지 않았으나, 3D 프린터의 시장*을 능가하는 경제적 파급효과를 창출할 것으로 예측됨(Wohlers Associate)

* 3D 프린터 시장규모는 '19년 65억 달러로 예상

- '19년 실용화 시 6천3백만 달러 규모에서 이후 '25년까지 5억5천만 달러로 연평균 40%의 성장이 예측됨(RNCOS E-Services)
- 파급효과는 클 것으로 예상되지만 초기 연구 및 개발비용이 막대하여 소수의 주체들에 의해서만 시장이 형성되어 완만하게 성장할 전망
- '25년까지 북미지역에서는 연평균 44%로, 유럽에서는 35%, 아시아태평양 지역에서는 최대 10%의 성장이 예상됨(MarketsandMarkets)
- 초기 비용이 크게 필요한 기술 분야로 초반 진입시장은 고가의 제품이나 중공업 분야로 예상
 - 군사 및 방위분야가 성장의 선도 분야로, '19년에 전체 시장 규모의 55%를 차지할 것으로 전망되며, 우주항공 산업분야에서 두 번째로 큰 규모를 형성할 것
 - 보건의료 분야에서 현재 기술의 완성도가 가장 높아 처음으로 상업화 될 전망
- 프로그램가능 소재 중에서는 탄소섬유가 전체 시장의 62%를 차지하면서 가장 큰 규모를 형성할 것
- 제조 및 가공비용 절감의 필요성, 지속 가능한 환경의 촉진, 새로운 활용 분야 개척을 위한 자기변형능력 수요의 증가로 성장의 촉진이 예상됨
 - 주로 제조비용을 삭감하려는 제조업체에 도입될 전망

결론 및 시사점



- 제품 디자이너가 설계만 하면, 제조단계에서 사람의 도움 없이 직접 프로토타입을 구현할 수 있어 제조공정의 효율을 극대화함
 - 디자인과 제품 간의 불일치로 발생하는 문제를 최소화하고 인건비 절감으로 제조비용효율 향상에 기여
 - 향후 다양한 기호를 가진 소비자를 하나의 제품으로 만족 시킬 수 있으므로, 제조비용 대비 실제 사용 효율을 극대화함
 - 단순한 소비재를 넘어서, 바이오 및 의료용 상품으로까지 개발될 경우 서로 다른 구조를 가진 다양한 사람들의 질병 치료 및 수명 향상에 기여할 수 있음
- 4D 프린팅 제품은 각 산업 분야의 규제가 풀리지 않으면 성장 불가하며 산업 내·외간의 기술 및 성능 표준이 확립되어야 함
 - 기존에 사용되지 않은 재료를 사용하여 새로운 분야에 적용을 위한 연구를 위해서는 기존 산업 간의 균형을 위해 적용되어오던 규제의 완화가 필요함

- 향후 해당 기술이 실제 생활에 적용되었을 때 야기할 혼란을 미리 예방하기 위해서는 4D 프린팅의 허용 범위 및 적용에 대한 국제적인 표준이 확립되어야 함

● 신물질에 대한 연구와 막대한 초기투자비용을 극복하기 위해 일정기간 국가주도로 4D 프린팅을 육성해 나갈 필요가 있음

- 초기에 프로젝트의 시험제작 프로토타입을 만들기 위해 뛰어난 조립 기술이 필요하며, 건축분야와 제조업체 간의 오랜 투자가 필요함

- 기존에 다른 분야에서 연구되어 온 제한적인 재료 및 기술에 국한되어 연구되어 오고 있으므로, 추후 더 다양한 분야로 적용을 위해서는 신물질에 대한 연구가 필요함

참고문헌 및 사이트 주소



- 스스로 변형하는 물질을 만들어 내는 4D프린팅 기술, 정보통신산업진흥원, 2013.06.12.
- Advances in 4-D Printing, frost & sullivan, 2014.08.
- 2014 KISTI 미래유망기술 10선 : 4D프린팅, 한국과학기술정보연구원, 2014
- Is 4-D Printing the Next Big Thing in Medical Technology-Daily Buzz, 2014.02.28.
- 4D Printing Market by Material, End-User Industry & Geography-Global Trends & Forecasts to 2019-2025, MarketsandMarkets, 2015.06.