

# 글로벌 3D 프린터 산업기술 동향 분석

한국기계연구원 전략연구실

- ❶ 3D 프린터란? / 1
- ❷ 3D 프린터 기술의 부상 배경 / 8
- ❸ 글로벌 3D 프린터 산업 및 R&D 동향 / 19
- ❹ 국내 3D 프린터 산업 및 R&D 동향 / 30
- ❺ 요약 및 시사점 / 33

## 1. 3D 프린터란?

### □ 정의와 분류

- 설계 데이터에 따라 액체 · 파우더 형태의 폴리머(수지), 금속 등의 재료를 가공 · 적층 방식(Layer-by-layer)으로 쌓아올려 입체물을 제조하는 장비
- 3차원 CAD에 따라 생산하고자 하는 형상을 레이저와 파우더 재료를 활용하여 신속 조형하는 기술을 의미하는 RP(Rapid Prototyping)에서 유래
- 입체형상의 재료를 기계가공 · 레이저를 이용하여 자르거나 깎는 방식으로 입체물을 생산하는 절삭가공(Subtractive Manufacturing)과 반대되는 개념
- 공식적인 기술 용어는 적층 가공(Additive Manufacturing)\*이며, Additive Fab., Layer Mfg., Freeform Fab. 등이 혼용

\* ASTM(미국재료시험학회) International F42 Committee 위원회에서 2009년 정의<sup>1)</sup>



<그림 1> 기존 전통 제조 기술과 3D 프린팅 기술과의 비교<sup>2)</sup>

- 최초의 3D 프린팅 기술은 1981년 나고야시립연구소의 히데오 코다마가 개발하였으나, 이를 시스템으로 최초 구현한 것은 미국의 Charles Hull\*

\* 1984년 입체인쇄술(Stereolithography, SLA)이라는 제목으로 특허를 출원, 상용화를 시도하여 1988년에 달성

1) process of joining materials to make objects, usually layer by layer, from 3D CAD data

2) 장웅성 외(2013), '3D 프린터 제호혁명에 대한 한국 금속산업의 대응전략', KEIT PD Issue Report, Vol. 13-6, Cambell(2011), "Could 3D Printing Change the World", Strategic Foresight Report, Atlantic Council, October 2011

○ 크게 적층 방식과 입체물 제조에 활용 가능한 재료에 따른 기술로 구분

- 적층 방식은 압출, 잉크젯 방식의 분사, 광경화, 파우더 소결, 인발, 시트 접합 등으로 구분

<표 1> 3D 프린팅 기술에서의 적층 방식

적층 방식	정의
Extrusion(압출)	고온으로 가열한 재료를 다이스를 부착한 용기에 넣어 강한 압력을 가해서 구멍으로부터 압출하여 성형하는 방식
Jetting(분사)	고압의 액체 원료를 분출시키는 방식
Light Polymerised(광경화)	빛의 조사에 의해 광경화성 플라스틱에서 일어나는 중합반응을 이용하여 재료를 고형화하는 방식
Granular Sintering(파우더 소결)	분체를 용접 이하 또는 부분적인 용융이 일어날 정도로 가열하여 고형화하는 방식
Directed Energy Deposition	레이저 등의 에너지를 활용, 재료를 완전히 녹여서 기존의 구조물 및 손상 부품에 적층하는 방식
Wire(인발)	끝이 좁은 다이스를 통해 생성된 실 형태의 폴리머 재료를 이용해서 이를 조형물 적층에 활용
Sheet Lamination(시트 접합)	얇은 필름 모양의 재료를 접착제를 사용하거나 열접착방법으로 접착시키는 방식

- 활용 가능 재료는 폴리머, 금속, 종이, 목재, 식재료 등 매우 다양

<표 2> 3D 프린팅 기술에 활용되는 재료의 종류

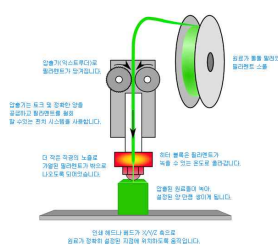
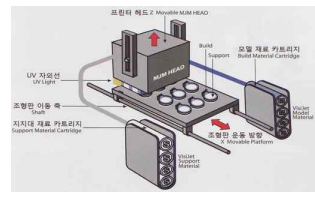
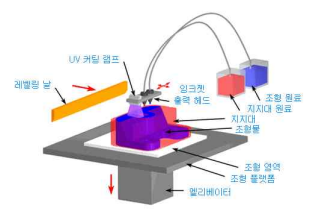
재료	종류
폴리머	PLA, ABS, HDPE, 폴리스티렌, 나일론, Resin,
금속	거의 모든 금속(티타늄, 알루미늄, 코발트, 스테인리스 스틸 등)
종이(Film)	종이, 필름 형태 플라스틱
기타	목재, 식재료, 아크릴, 석회가루, 왁스(밀랍)

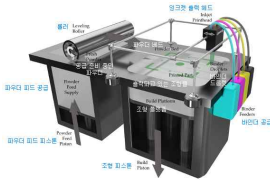
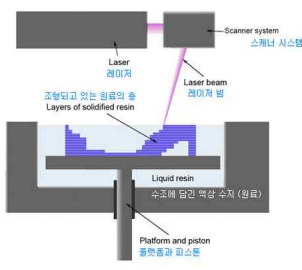
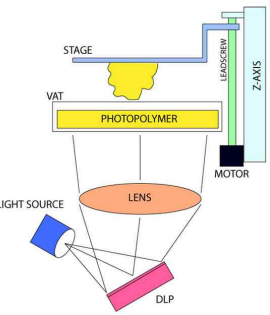
<표 3> 적층 방식과 재료에 따른 3D 프린팅 기술의 구분

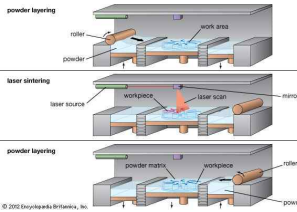

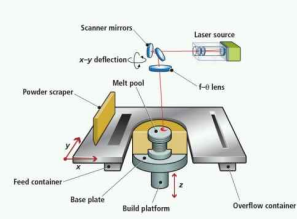
재료		폴리머(수지)	폴리머 · 금속	Paper(Film)	금속
적층 방식					
Extrusion(압출)			<b>FDM(FFF)</b>		
Jetting (분사)	Material	<b>MJM, Polyjet</b>			
	Binder	<b>3DP(파우더)</b>			
액체 Light Polymerised		<b>SLA, DLP</b>			
고체 Granular Sintering(Melting)			<b>SLS, SHS</b>		<b>DMLS, SLM EBM(티타늄전용)</b>
Directed Energy Deposition					<b>DMD(DMT)</b>
Wire(인발)		<b>EBF<sup>3</sup></b>			
Sheet Lamination				<b>LOM</b>	

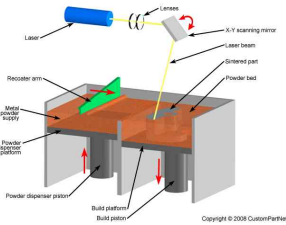
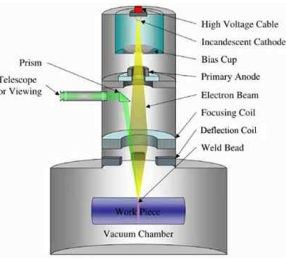
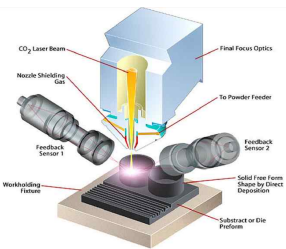
## □ 3D 프린팅 기술 별 특징과 장단점

<표 4> 3D 프린팅 기술별 주요 특징

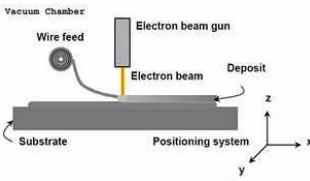
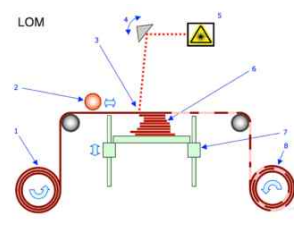
적층방식	기술명	주요 특징
Extrusion (압출)	<p>FDM (Fused Deposition Modeling, Fused Filament Fabrication)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>정의 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 가는 실(필라멘트) 형태의 열가소성물질을 노즐 안에서 녹여 얇은 필름형태로 출력하는 방식으로 적층</li> <li>- 노즐은 플라스틱을 녹일 수 있을 정도의 고열을 발산하며 플라스틱은 상온에서 경화</li> </ul> </li> <li>장점 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 타 방식에 비해 장치의 구조와 프로그램이 간단하기 때문에 장비 가격과 유지보수 비용이 낮음</li> <li>- 오픈 소스 형태로 개발, 3D 프린팅 기술 대중화 주도 (2012년 6월 특허 만료)</li> <li>- 다양한 소재 적용이 가능하며 단순한 구조로 인해 대형화에 용이하고 다양한 산업분야에 적용 가능</li> <li>- 리니어 모션 컨트롤의 정밀도에 따라 표면 조도 개선 가능</li> </ul> </li> <li>단점 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 표면 조도가 비교적 뒤떨어짐(세부 형상 구현 미흡)</li> <li>- 경화 시 소재의 흘러내림을 방지하기 위한 지지대 필요</li> <li>- 제작 속도 매우 느린편</li> <li>- 개인용 · 가정용으로의 활용에 국한</li> </ul> </li> </ul>
Jetting (분사)	<p>MJM (Multi Jetting Modeling)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>정의 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 프린터 헤드에서 광경화성 수지와 WAX를 동시분사 후, UV Light로 고형화하는 방식으로 적층</li> <li>- 광경화성 수지는 모델의 재료이며, WAX는 지지대로 사용</li> </ul> </li> <li>장점 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 정밀도가 가장 높은 기술로 뛰어난 곡선 처리와 우수한 표면 조도로 후처리가 필요없는 장점</li> <li>- 광경화성 수지의 특성 때문에 투명한 조형물 제작 가능</li> </ul> </li> <li>단점 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 강도가 약하며 65℃ 이상의 온도에서는 변형 발생 가능</li> </ul> </li> </ul>
	<p>Polyjet</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>정의 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 광경화와 잉크젯 방식의 혼합</li> <li>- 프린트 헤드의 수 백 개의 미세 노즐에서 재료를 분사함과 동시에 자외선으로 경화시키는 방식</li> <li>- 이스라엘의 Objet에서 개발(현재 Stratasys에 인수)</li> </ul> </li> <li>장점 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 조형물의 품질이 매우 높음</li> <li>- 지지대를 워터젯 방식으로 녹여서 제거</li> <li>- 재료 신축성 조절이 가능해 다양한 조형물 산출 가능</li> </ul> </li> <li>단점 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 높은 비용</li> </ul> </li> </ul>

<p>Jetting (분사)</p>	<p>3DP (3 Dimensional Printing, Power Bed and Injet Head 3D Printing)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>정의 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 노즐에서 액체 상태의 컬러 잉크와 경화물질을 분말 원료에 분사하는 방식으로 적층</li> </ul> </li> <li>장점 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 컬러 잉크 사용, 다양한 색상의 섬세한 작업 가능</li> <li>- 제조 시간이 비교적 짧은 편</li> </ul> </li> <li>단점 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 출력 후 별도의 분말 제거와 표면처리 필요</li> </ul> </li> </ul>
<p>액체 Light Polymerised</p>	<p>SLA (Stereo Lithography Apparatus)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>정의 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 액체 광경화성 수지가 담긴 수조 안에 저전력 · 고밀도의 UV 레이저를 투사하여 경화시키는 방식으로 적층</li> <li>- 조형판 위에 지지대(받침대)를 조성하고 조형하고자 하는 모델의 아랫부분부터 경화 · 적층</li> <li>- 1단계 적층이 완성될 때마다 조형 모델을 아래로 조금씩 하강시키며 수평 유지</li> <li>- 리코터(Recoater)의 수평 날을 이용하여 수지의 표면 평탄화와 재료 코팅 처리 수행</li> </ul> </li> <li>장점 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 레이저를 사용하여 정밀도가 높으며 표면 조도가 우수</li> <li>- 중간 정도의 조형 속도로 가장 널리 쓰이는 기술</li> </ul> </li> <li>단점 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 강도가 약하고 60℃ 이상의 온도에서 변형 발생 가능</li> <li>- 출력 후 지지대 제거 작업 필요(조형물이 정교할수록 지지대 제거에 많은 시간 소요)</li> <li>- 사용 가능 원료와 색상이 제한적</li> </ul> </li> </ul>
	<p>DLP (Digital Light Processing)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>정의 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 액체 상태의 광경화성 수지에 조형하고자 하는 모양의 빛을 DLP(Digital Light Projector)에 투사하여 적층</li> <li>- 프로젝터에서 나온 이미지를 마스크 단위(2차원)로 투사</li> </ul> </li> <li>장점 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 지지대와 같은 별도의 부재료 없이도 출력 가능</li> <li>- 표면조도가 우수하고 낮은 소음 발생</li> <li>- Paython 기반의 오픈소스 SW 사용</li> <li>- 사진과 같은 면 단위 조형방식으로 작업속도가 균일하며, 비교적 빠른 조형 속도</li> <li>- 저가형 DLP printer가 개발되면서 가격적인 부담 감소</li> </ul> </li> <li>단점 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 조형물의 사이즈가 작고, DLP 전용 수지 재료를 필요로 하기 때문에 원료 선택이 제한적</li> </ul> </li> </ul>

고체 Granular Sintering (Melting)	<p style="text-align: center;">SLS (Selective Laser Sintering)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 정의 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 베드에 도포된 파우더(분말)에 선택적으로 레이저를 조사·소결하고, 파우더를 도포하는 공정을 반복하여 적층</li> </ul> </li> <li>■ 장점 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2014년 2월 특허 만료 예정으로 고부가가치 3D 프린터의 대중화에 기여 기대</li> <li>- 소결되지 않은 원재료 분말이 지지대 역할</li> <li>- 다양한 응용 분야 및 활용 가능 재료가 광범위하기 때문에 재료 강도 고려 시 파급효과가 클 것으로 예상</li> <li>- 조형속도가 비교적 빠름</li> </ul> </li> <li>■ 단점 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 레이저 장비와 같이 고가의 부품 사용</li> <li>- 금속 재료 활용 시 후표면처리 공정이 필요</li> <li>- 다양한 원료 사용에 따라 가열 온도와 레이저 변수를 조절해야 하기 때문에 셋터 작업이 어려움</li> </ul> </li> </ul>
	<p style="text-align: center;">SHS (Selective Heat Sintering)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 정의 <ul style="list-style-type: none"> <li>- Thermal Printer Head를 이용하여 챔버에 얇게 도포된 파우더를 녹여 경화시키는 방식으로 적층</li> <li>- SLS 방식과 유사하나 레이저 대신 Thermal Printer Head를 사용하는 것이 특징</li> </ul> </li> <li>■ 장점 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 복잡하고 벽이 얇은 형상 제작 가능(최저 벽 두께 1 mm)</li> <li>- 다수의 제품 동시 제작 가능</li> <li>- 덴마크 Blueprinter 제품은 100% 웹 기반 인터페이스</li> <li>- 남은 파우더는 재활용 가능하며, SLS에 비해 저렴한 가격</li> </ul> </li> <li>■ 단점 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 제작 속도가 느리며, 사용가능한 원료가 제한적</li> </ul> </li> </ul>
	<p style="text-align: center;">SLM (Selective Laser Melting)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 정의 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 도포된 금속 파우더에 선택적으로 고출력 Ytterbium-Fibre 레이저를 조사하여 용융시키는 방식으로 적층</li> <li>- 리코터(Recoater)를 이용하여 금속 파우더 표면 평탄화</li> <li>- 금속 파우더가 용융되는 동안 산화 방지를 위해 불활성 가스(아르곤, 질소)를 챔버 내에 공급</li> </ul> </li> <li>■ 장점 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 복잡한 형상의 금속 제품 생산 용이(얇은 벽, 엉덩이 빠, 인공 고관절, 교정 임플란트, 항공기 부품 경량화 등)</li> <li>- 순수 금속 재료의 제품 제작이 가능</li> <li>- 열처리에 있어서 후공정 없음</li> </ul> </li> <li>■ 단점 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 정밀도와 표면 조도가 다소 미흡</li> <li>- 재료 특성상 후처리가 제한적임</li> <li>- 금속을 가공하는 레이저 장비이기 때문에 SLS방식 보다 가격이 조금 높음</li> </ul> </li> </ul>

<p>고체 Granular Sintering (Melting)</p>	<p>DMLS (Direct Metal Laser Sintering)</p>  <p>EBM (Electron Beam Melting)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 정의 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 도포된 금속 파우더에 선택적으로 고출력 Ytterbium-Fibre 레이저를 조사하여 용융시키는 방식으로 적층</li> <li>- SLM과 매우 유사한 방식이며, SLS와의 차이점은 금속 파우더에 국한되어 사용된다는 점</li> </ul> </li> <li>■ 장점 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 열처리에 있어서 후공정 없음</li> <li>- 재료 강도가 매우 우수</li> <li>- SLM, SLS과 같이 복잡한 형상의 금속 제품 생산 용이</li> </ul> </li> <li>■ 단점 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 표면 조도가 다소 미흡해서 별도의 폴리싱 작업 필요</li> <li>- SLM과 마찬가지로 금속을 가공하는 레이저 장비이기 때문에 가격이 높음</li> </ul> </li> </ul>
<p>Directed Energy Deposition</p>	<p>DMD (Direct Metal Deposition, Laser Aided Direct Metal Tooling)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 정의 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 고출력의 레이저 빔을 이용하여 금속 분말을 녹여 붙이는 방식으로 적층</li> <li>- 지지대 역할 금속 표면에 고출력 레이저 빔을 조사하여 일시적으로 용융 풀(pool)을 생성하고, 여기에 금속 분말을 공급하여 클래딩 층을 형성(DMT로도 알려짐)</li> </ul> </li> <li>■ 장점 <ul style="list-style-type: none"> <li>- ASTM International에서 가장 기술적으로 앞선 'Directed Energy Deposition' 기술로 평가</li> <li>- 일반 산업용 금속분말 사용 가능</li> <li>- 레이저 빔을 이용한 금속의 완전 용융과 금속 응고로 인해 뛰어난 제품 강성</li> </ul> </li> <li>■ 단점 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 표면 조도 미흡하며, 단가가 높은 편 (10~15억)</li> </ul> </li> </ul>



Wire (인발)	<p>EBF<sup>3</sup> (Electron Beam Freeform Fabrication)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>정의 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 와이어 형태의 원료에 전자빔을 조사시켜 경화시키는 방식으로 적층</li> <li>- 무중력 환경에서 사용할 수 있는 시스템 개발 목적으로 NASA의 Langley Research Center에서 개발 주도</li> </ul> </li> <li>장점 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 진공상태에서 작동이 가능한 원리로 설계되어 무중력 환경에서 사용하기 적합</li> </ul> </li> <li>단점 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 진공 챔버의 크기 및 사용 가능한 와이어 원료의 양이 제한적이기 때문에 소형의 조형물만 제조 가능</li> </ul> </li> </ul>
Sheet Lamination	<p>LOM(Laminated Object Manufacturing)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>정의 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 모델의 단면 형상대로 절단된 점착성 종이, 플라스틱, 금속 라미네이트 층 등을 접착제로 접합하여 조형</li> </ul> </li> <li>장점 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 제조 비용의 극적인 감소</li> <li>- 목재 재질의 조형물 구현 가능, 대형 제품 제작 가능</li> <li>- 밀링 등 후처리 불필요</li> </ul> </li> <li>단점 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 약한 내구성, 정밀도, 표면조도 미흡</li> <li>- 색상 재료, 투명 재료, 유연성 재료 선택 불가</li> </ul> </li> </ul>

자료: 3D Ways 홈페이지(sdways.net), 3D 프린트 지식 창고-자이저스트 닷컴(xyzist.com), 한국콘텐츠진흥원 CT 인사이트 2013년 4월호 '3D 프린터 기술 동향', KT경제경영연구소(2012) 'ICT와 3D 프린터에 의한 제3차 산업혁명' 및 한국기계연구원 자체 분석

<표 5> 3D 프린팅 기술별 장단점 비교

기술명 \ 기술 속성	가공 정밀도	표면 조도	제작 속도	재료 강도	장비 가격
FDM(FFF)	1	2	2	3	5
MJM	5	4	3	2	4
3DP	3	3	5	1	3
SLA	4	4	3	2	4
DLP	5	4	5	2	4
Polyjet	4	4	3	3	3
SLS	3	3	3	4	2
SHS	4	4	2	3	3
DMLS	2	2	3	4	2
SLM	2	2	3	4	2
EBM	4	4	2	5	1
DMD(DMT)	3	3	2	5	1
EBF <sup>3</sup>	2	2	4	4	2
LOM	3	2	3	3	4

주: 5점 척도 측정, 점수가 높을수록 각 속성에서 해당기술이 장점(우수성)을 가짐

자료: 최성권(2010), '산업디자인을 위한 신속조형기술 RP 활용 가이드' 및 한국기계연구원 자체 분석

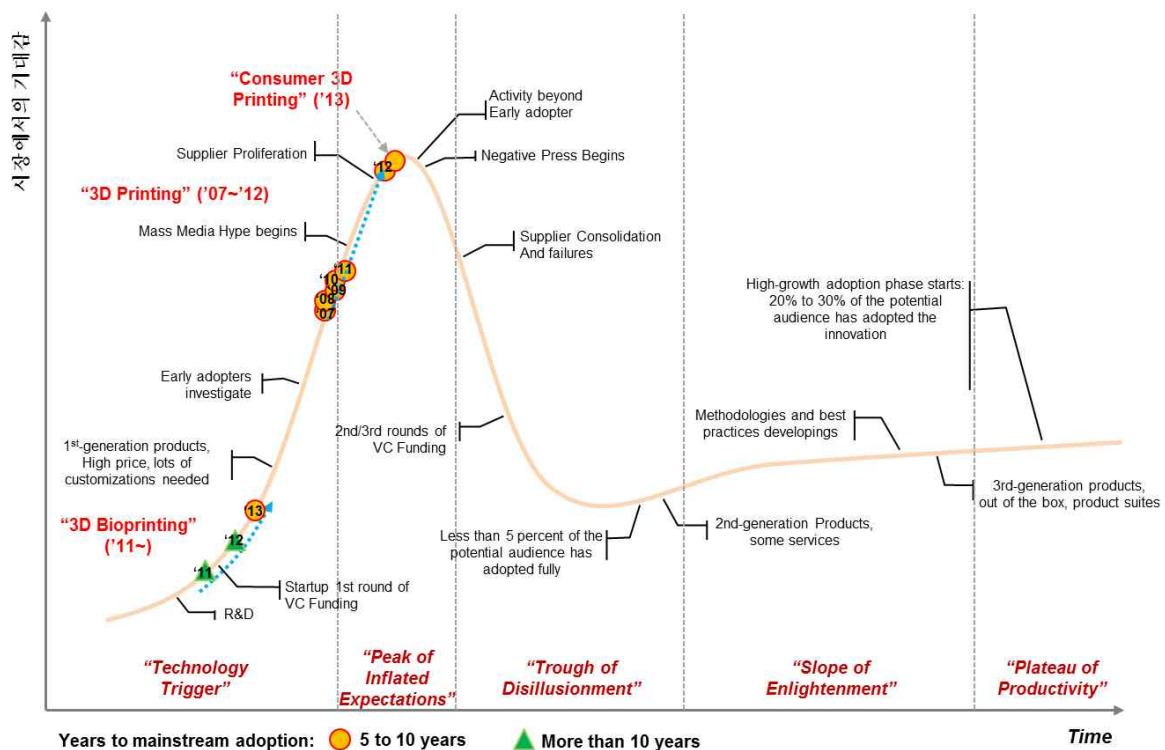


## 2. 3D 프린팅 기술의 부상 배경

□ 3D 프린팅 기술은 2000년대 후반 이후 각종 기관에서 미래유망기술로 부각

○ (가트너) 2007년부터 3D 프린터는 가트너의 'Hyper Cycle for Emerging Technologies'에서 선정한 미래유망기술<sup>3)</sup>로 등장

- 2007년 당시 '여명기·기술출현기(Technology Trigger)'와 '기술 기대 정점(Peak of Inflated Expectation)'의 사이에 위치
- 2007년~2011년 사이 지속적으로 기술출현기와 기술 기대 정점 사이에서 머무르다 2012년 기술 기대 정점 구간의 변곡점에 도달
- 2013년에는 '가정용(개인용) 3D 프린팅'과 '3D 바이오 프린팅' 기술로 나뉘어져 기술성숙도 및 시장기대감으로 구분
- 생산성의 안정기에 접어들어 광범위한 산업이 태동하는 '안정기(Plateau of Productivity)'는 2026년 경 도래 예상<sup>4)</sup>



<그림 2> 가트너 'Hyper Cycle for Emerging Technologies' 상의 3D 프린팅 기술<sup>5)</sup>

3) 가트너는 매년 기술별 성숙도와 시장에서의 기대, 사업성 및 방향성을 평가하고, 기술 별 성장기(Plateau of Productivity, 상용화기)에 도달하기까지 남은 기간을 표현하는 Hyper Cycle for Emerging Technologies를 발표

4) 정보통신산업진흥원(2013), '3D 프린터, 차세대 제조업 혁신 주도 전망'

<표 6> 가트너 ‘Hyper Cycle for Emerging Technologies’ 상의 기술 수명 주기 용어<sup>6)</sup>

기술수명주기 용어	정의 및 특징
여명기 · 기술출현기 (Tech. Trigger)	<ul style="list-style-type: none"> <li>개념 입증 연구를 통해 언론에 반향을 일으키고 있으나, 아직 상품화 가능성은 증명되지 않은 상태</li> <li>2013년 현재 3D 바이오 프린터는 여명기 · 기술출현기로 해석</li> </ul>
기술 기대 정점기 (Peak of Inflated Expectations)	<ul style="list-style-type: none"> <li>많은 공급기업이 발생하나, 비즈니스 모델로서 확산되지 않은 상태이며, 실제 기술 능력보다 과도한 관심이 집중되는 단계                         <ul style="list-style-type: none"> <li>이후 시장에서의 기대 급감 발생</li> </ul> </li> <li>일부 기업은 R&amp;D 등 구체적인 사업 활동을 수행하나 그렇지 않은 경우가 더 많음</li> <li>2013년 현재 가정용 3D 프린터는 기술 기대 정점의 변곡점에 위치</li> </ul>
기술에 대한 환상 소멸기 (Trough of Disillusionment)	<ul style="list-style-type: none"> <li>상용화 실패 등에 따른 시장의 기대 급감 발생</li> <li>제품 · 서비스 상용화 실패 기업의 시장 퇴출</li> <li>초기 제품 수용자(Early Adopter)의 만족도 개선에 성공한 생존 기업에 한해 추가 투자 발생                         <ul style="list-style-type: none"> <li>최종적으로 잠재 구매자 중 5%만이 실제 구매</li> </ul> </li> </ul>
계몽기 (Slope of Enlightenment)	<ul style="list-style-type: none"> <li>언론 노출은 극히 적어지나 기술이 수용되어 효용성과 실제적인 응용에서 이용되는 단계</li> <li>실제 응용에 대한 이해가 높아짐에 따라 완만한 곡선의 형태로 기대가 상승하는 시기</li> <li>2~3세대 제품 출시, 투자 확대 기업과 보수적 운영 기업으로 구분</li> </ul>
성장기 (Plateau of Productivity)	<ul style="list-style-type: none"> <li>주력(Mainstream) 시장으로부터 기술이 널리 받아들여지며, 다음 세대의 기술로 진화하는 단계</li> <li>기업별 생존 능력에 대한 평가가 명확해짐</li> <li>생산성의 안정기에 접어들어 광범위한 산업이 태동</li> </ul>
기술의 안정화 기간(Years to Mainstream Adoption)	<ul style="list-style-type: none"> <li>기술의 현재 위치에서 성장기에 도달할 때까지 소요될 것으로 예상되는 기간</li> </ul>

○ (MIT) 3D 프린터 기술(Additive Manufacturing)은 2013년 MIT의 「10 Breakthrough Technologies」<sup>7)</sup> 중 하나로 선정

- 향후 5년 내에 상당한 사회적 · 경제적 파급효과를 가져올 수 있는 제품화가 즉시 가능한 산업 기술에 해당

\* 델파이 방법과 같은 대규모 설문조사가 아닌 특정 전문가에게 직접 자문하는 방식에 의해 선정

- 3D 프린터 기술의 활용 사례로 GE 항공기 부문의 금속 정밀자동화 기업 인수와 합병 및 LEAP 제트 엔진에 들어가는 연소기 노즐 제작을 제시

5) 가트너에서 발표하는 연도별 ‘Hyper Cycle for Emerging Technologies’를 토대로 한국기계연구원 전략연구실에서 재작성

6) Wikipedia, the free encyclopedia 참고하여 재구성

7) MIT에서 매년 10 Emerging Technologies로 발표

<표 7> MIT의 「Breakthrough Technologies」 사례 (2009~2013)<sup>8)</sup>

번호	2008	2009	2010	2011	2012	2013
1	셀룰로이스 분해효소	액체배터리	실시간 검색기술	소셜 인덱스	난자줄기세포	딥 러닝
2	뉴런 연결체학	진행과 반응기	모바일 3차원 화면	준동형 암호화	라이트 필드 사진기술	일시적 소셜 미디어
3	원자 자력계	종이 진단기	소셜 TV	지능형 변압기	빠른 푸리에 변환	태아 DNA 염기서열 결정
4	미래상황예측 모델링	생물 모방기기	클라우드 프로그래밍	클라우드 스트리밍	클라우드 펀딩	적층 가공 (Additive Manufacturing)
5	확률론적 칩	100달러 게놈 분석기	이식가능한 전자기기	제스처 인터페이스	고용량 전지 대량생산기술	블루칼라 로봇
6	현실 마이닝	레이스트랙 메모리	줄기세포 시뮬레이션	충돌방지 코드	태양광 마이크로그리드	메모리 임플란트
7	X 인터넷	해시캐시	다기능 항체	암 유전체학	고효율 태양전지	스마트 시계
8	그래핀 트랜지스터	지능형 소프트웨어 보조수단	태양연료	염색체 분리	3차원 트랜지스터	초고효율 태양전지
9	나노라디오	소프트웨어 정의 네트워킹	그린콘크리트	고체 배터리	나노포어 시퀀싱	저가 휴대폰 빅데이터
10	무선 전력전송	나노압전 전자공학	태양광 흡수 광전변환소자	합성세포	페이스북 타임라인	수퍼 그리드



- 각 제트엔진에는 10~20개의 연소기 노즐이 투입
- GE는 향후 3년 내 25,000개의 연소기 노즐을 3D 프린터 기술을 통해 확보할 예정
  - 3D 프린팅 기술을 활용할 경우, 질소산화물(NOx) 발생을 저감하기 위한 복잡 형상의 연소기 노즐 생산에 용이
  - 재료(코발트 크로뮴) 사용량 감소, 경량화 및 연료 사용 저감
  - 층별 두께는 20  $\mu m$  수준
- 2015년~2016년 경 상용화 예정이며, 시장 규모는 약 220억 달러로 예상(제트엔진 기준)

<그림 3> GE와 Snecma의 합작회사 CFM이 개발한 LEAP 제트 엔진<sup>9)</sup>

8) MIT Technology Review, 2001년부터 발표하였으며, 본 표에서는 최근 5년 간 미래유망기술 작성

9) MIT Technology Review, 'A More Efficient Jet Engine is Made from Lighter Parts, Some 3-D Printed', 2013. 5. 14

○ (맥킨지) 경영컨설팅업체 맥킨지는 2013년 5월 와해적 혁신을 유발할 것으로 예상되는 12개 기술 중 하나로 3D 프린팅 기술을 선정

- 소비자 잉여(Consumer Surplus)로 측정한 3D 프린팅 기술의 2025년 경제적 파급효과는 2,300~5,500 억 달러로 12 개 기술 가운데 9 위

- 재생에너지, 셰일가스 · 타이트오일(Light Tight Oil) 보다 큰 경제적 파급효과

<표 8> 맥킨지가 선정한 12대 와해성 기술의 2025년 연간 경제적 파급효과(십억 달러)<sup>10)</sup>

번호	기술명	경제적 파급효과	
		최소	최대
1	모바일 인터넷(Mobile Internet)	3,700	10,800
2	지식 노동의 자동화(Automation of Knowledge Work)	5,200	6,700
3	사물인터넷(Internet of Things)	2,700	6,200
4	클라우드 기술(Cloud Technology)	1,700	6,200
5	첨단 로봇(Advanced Robotics)	1,700	4,500
6	자율적 운송수단(Autonomous and Near-autonomous Vehicles)	200	1,900
7	차세대 지노믹스(Next-Generation Genomics)	700	1,600
8	에너지 저장장치(Energy Storage)	90	635
9	3D 프린팅(3D Printing)	230	550
10	첨단 재료(Advanced Materials)	150	500
11	첨단 원유 · 가스 탐사 및 복구(Advanced Oil&Gas Exploration & Recovery) (글로벌 셰일가스 · 타이트오일 개발)	95	460
12	재생에너지(Renewable Energy) - 태양광, 풍력	165	275
계		16,630	40,320

- (경제적 파급효과 크기) 가정용(개인용) 3D 프린터가 가장 크고, 소량 · 고부가 산업용 부품 생산, 3D 프린팅 기술로 생산한 공구 · 금형 순으로 나타남

<표 9> 3D 프린팅 기술의 경제적 파급효과 분류(십억 달러)<sup>11)</sup>

분류	개요	경제적 파급효과	
		최소	최대
가정용 3D 프린터	<ul style="list-style-type: none"> <li>구매투입 절감과 고객화 관점에서 수요 증가 예상</li> <li>인형 · 장난감, 악세사리, 보석, 신발, 도자기, 의류 등에서 활용될 것으로 기대               <ul style="list-style-type: none"> <li>상기 제품군의 세계시장 규모는 2025년 4조 달러에 이를 전망이며, 5~10% 정도는 3D 프린터를 통해 생산 가능 예상</li> </ul> </li> <li>3D 프린터 디자인 판매 비즈니스 출현과 함께 온라인에서 무료로 유통되는 디자인도 많을 것으로 기대</li> </ul>	100	300

10) McKinsey Global Institute(2013), 'Disruptive Technologies: Advances that will transform life, business, and the global economy', 경제적 파급효과가 큰 순서대로 나열

11) 전게서, 연구자 재구성

소량 · 고부가가치 산업용 부품 생산	<ul style="list-style-type: none"> <li>2025년에도 전통 제조 기술은 3D 프린팅 기술에 비해 대량생산 시 압도적인 원가 우위 유지 예상</li> <li>3D 프린팅 기술은 복잡형상 · 소량 · 높은 고객화가 필요한 제품 생산에 확산 · 적용 전망               <ul style="list-style-type: none"> <li>의료, 항공기 엔진 등(2025년 시장 규모 7,700억 달러)의 30~50% 가량이 3D 프린팅 기술로 생산될 전망</li> <li>재료비 절감, Tooling · Handling 비용 절감을 통해 40~55%의 원가 절감 기대</li> </ul> </li> </ul>	100	200
3D 프린팅 기술로 생산한 금형 (Secondary Market)	<ul style="list-style-type: none"> <li>2025년에도 사출성형과 같은 전통 제조 기술이 3D 프린팅 기술보다 우위에 있을 전망</li> <li>짧은 Setup 시간, 공구 작동 오차 감소, 생산성 향상에 기여할 수 있는 부분에서 3D 프린팅 기술이 널리 활용될 전망               <ul style="list-style-type: none"> <li>사출성형 시 금형의 'Conformal Cooling Channel' 등 (냉각속도 개선, 사이클 타임 감소, 제품 품질 개선)</li> </ul> </li> <li>30~50% 플라스틱 제품이 3D 프린터 제조 금형으로 생산 전망</li> </ul>	30	50

- (경제적 파급효과 특성) 개도국 보다는 선진국, 소비 패턴 변화, 창업 활성화, 신제품 · 서비스 창출 및 생산성 증가 관점에서 전개 예상

\* 2025년 경 3.2억 명의 글로벌 제조업 고용, 11조 달러의 글로벌 제조업 GDP 창출<sup>12)</sup>

	개인 및 사회			창업	비즈니스				경제와 정부 정책				국가별 파급효과 분포	
	삶의 질 건강 환경	소비 패턴	작업의 특성		신 제품 서비스	생산자 간 잉여 전환	소비자 잉여 확대	조직 구조 변화	생산성 증대	국가 비교우위 변화	고용 창출	규제 강화		
모바일 인터넷													선	개
지식 노동의 자동화													선	개
사물인터넷													선	개
클라우드 기술													선	개
첨단 로봇													선	개
자율적 운송수단													선	개
차세대 지노믹스													선	개
에너지 저장장치													선	개
3D 프린터													선	개
첨단 재료													선	개
첨단 원유/가스 탐사 및 복구													선	개
재생에너지(태양광/풍력)													선	개

<그림 4> 맥킨지가 선정한 12대 와해성 기술의 경제적 파급효과의 범위<sup>13)</sup>

12) 전게서

13) 전게서 인용하여 연구자 보완 · 재구성

- (미국 정부) 첨단 제조 파트너십(AMP)에서는 미국 제조업 부흥을 위한 10개 핵심 제조기술 중 하나로 3D 프린팅 기술을 선정
  - AMP(Advanced Mfg. Partnership)는 백악관 과학기술자문위원회(PCAST)의 권고에 따라 오바마가 2011년 설치한 산·관·학 공동 조직<sup>14)</sup>
  - AMP가 2011년 발표한 ‘첨단 제조분야에서의 미국 리더십 확보방안’<sup>15)</sup>에서는 이미 3D 프린터가 1,000 종 이상의 재료 활용이 가능하다고 주장

<표 10> 미국 백악관 산하 첨단 제조 파트너십(AMP)에서 제시한 11개 핵심 제조 기술<sup>16)</sup>

번호	기술명
1	Sensing, measurement and process control
2	Materials design, synthesis and processing
3	Digital manufacturing technologies
4	Sustainable manufacturing
5	Nanomanufacturing
6	Flexible electronics manufacturing
7	Biomanufacturing
8	Additive manufacturing
9	Industrial Robotics
10	Advanced forming and joining technologies

- 다보스포럼(세계경제포럼), 세계 미래학회, Economist紙, Time紙, 파이낸셜타임즈 등에서도 3D 프린팅 기술의 파급력과 가능성을 높게 평가
  - (다보스포럼) 다보스포럼 산하 유망기술 글로벌 아젠다 카운슬은 2013년 세계 10대 유망기술 중 하나로 3D 프린터를 선정(<sup>13. 2</sup>)

<표 11> 다보스포럼의 미래유망기술 리스트<sup>17)</sup>

2012년 10대 미래유망기술	2013년 10대 미래유망기술
빅데이터 처리 핵심기술 인포매틱스	무선충전 전기자동차(OLEV)
합성생물학과 대사공학	3차원 인쇄기술 및 원격 생산
녹색혁명 2.0	자기치유 물질
나노 스케일 소재 설계	고효율 정수 기술
시스템 생물학·컴퓨터 모델링	이산화탄소 전환과 사용
이산화탄소 원료화	분자 수준의 영양분 공급
무선 파워 전달	원격 센서
고밀도 파워시스템	나노 스케일 설계를 통한 정밀 약물 전달 기술
개인 맞춤의학과 질병예방	유기 전자소자, 유기 태양전지
신교육 기술	4세대 원자로 및 폐기물 재처리 기술

14) 첨단 분야에서의 미국의 리더십 확보를 목표로 제시

15) ‘Report to the President on Ensuring American Leadership in Advanced Mfg.’

16) Wall Street Journal, 2013년 6월 10일자 기사, <What’s Hot in Manufacturing Technology : Cold spraying, factories in the dark, biomanufacturing — and other high-tech research to keep your eye on>

17) World Economic Forum, 2012년부터 발표

- (프로스트 앤 설리번) 2020년 유망 첨단 제조·자동화 기술 중 파급효과가 가장 크고, 실현시기가 가장 빠른 기술로 3D 프린터 선정('13. 5)<sup>18)</sup>
  - (파급효과) 자동화·수송, 항공·국방, 에너지·전력시스템, 의료 등 다양한 산업에 적용될 경우 막대한 파급효과 예상
    - \* 산업침투력 10점(10점 만점), 메가트렌드 파급효과 7점(8점 만점) 평가
  - (실현시기) 4대 첨단 제조·자동화 기술 중 가장 빠른 상용화 기대('13년)
  - (메가트렌드 부합) 제조 공정 상의 폐기물 감소 및 이에 따른 온실가스 배출 감소, 대량 맞춤 생산의 신비즈니스 모델\* 창출
    - \* 개인화 된 생산에도 기여 가능

<표 12> 3D 프린터 기술의 파급효과 전망<sup>19)</sup>

Cluster	Technology	Year of Impact	Market Potential (H/M/L)	Breadth of Industries <sup>1)</sup>	Impact on Megatrend <sup>2)</sup>
Advanced Mfg. and Automation Technology	3D Printing	2013	High	10	7
	Roll-to-Roll Manufacturing	2015	Medium	10	3
	Composites Manufacturing	2017	High	6	4
	Micromanufacturing	2017	High	6	2

1) 10점 만점, 2) 8점 만점

- (로드맵) 3D 프린터 기술의 산업 적용 가능성, 혁신 기회 창출, 타 기술과의 융합 가능 시기를 로드맵으로 제시

<표 13> 3D 프린터 기술의 발전 로드맵<sup>20)</sup>

시기 분류	~2012	2013~2014	2015~2016	2017~2018	2019~2020
산업 적용	자동차·수송		항공·국방	에너지·전력 시스템	헬스케어
혁신 기회	대량 맞춤형 생산	개인 제조	분산 제조 (On-site)	순기능(Net Functional) 산업용 부품	주문형 장기 생산
타 기술과의 융합		클라우드 컴퓨터	복합재료 생산 기술	CSP* (집중형 태양광 발전)	재생 의료

\* Concentrated Solar Power

18) 프로스트앤설리번의 'Techvision 2020' 보고서에서는 2020 미래유망기술 50개를 선정하고, 각 기술별 실현시기, 시장 잠재력, 글로벌 R&D 현황, 특허 활동, 산업 적용성, 메가트렌드 부합성 등을 평가

19) Frost & Sullivan(2013) 'Techvision 2020'

20) 전게서



- (세계미래학회) 2025년에 실현 될 20대 미래 예측 중 하나로 3D 프린터에 의한 생산혁명 유발을 선정('13. 5)

<표 14> 세계미래학회의 20대 미래 예측<sup>21)</sup>

① Lab on a chip에 의한 의료혁명	② 연료전지 전기차로 분산형 발전	③ 3D Printer가 생산혁명 유발	④ 10년 내에 간병 로봇 현실화
⑤ 클라우드 컴퓨터가 일상의 조안자로	⑥ 2028년 인도 인구 중국 인구 역전	⑦ 에너지 절약형 그린주택 붐 현상	⑧ 클라우드 기술로 로봇 가격 90% 감소
⑨ 탄소나노튜브에 의한 에너지 생산 붐	⑩ '사물의 인터넷' 시대 본격화	⑪ SNS 관리 전담 CEO의 등장	⑫ 스마트폰에 의한 아프리카 정치개혁 촉진
⑬ 호흡만으로 질병 진단	⑭ DNA 로봇에 의한 약물 전달	⑮ 수명 연장으로 빈부 갈등 심화	⑯ 2050년까지 바다 생물 대멸종
⑰ 인터넷 평판이 기업 가치를 좌우	⑱ 물 생산의 정점 후 하락세	⑲ 미국의 기독교 근본주의자 증가	⑳ 20년 내에 민간 우주시대 본격화

- (Time紙) 2012년 최고의 발명품 26선 중 하나로 3D printer 포함('12. 11)

<표 15> 타임지가 선정한 2012년 최고의 발명품 26선<sup>22)</sup>

가격	발명품		
Priceless	Indoor Clouds(인공 실내 구름)		
Free~\$150	The Civilization Starter Kit (기계를 스스로 만들 수 있는 Kit)	LiquiGlide (기울이면 내용물이 쏟아지는 마찰력 제로 병)	
	The Motion-Activated Screwdriver (자이로스코프 센서 장착 드라이버)	Enable Talk Gloves (수화해석 장갑)	
	OraQuick Home HIV Test (침이용 자가 에이즈 테스트기)	Techpet (아이폰 도킹 로봇 강아지)	
	Elidomestic Solar Water Distiller (태양광 이용 해수 담수화 용기)	Nike Flyknit Racer (폐기물 최소 친환경 · 초경량 운동화)	
\$200~\$500	Self-inflating tires (자기 팽창 타이어)	Bounce Imaging (이미지 반송 카메라)	Body Armor for Women (여성만을 위한 방탄복)
\$600~\$3,000	Sony RX100 Digital Camera (일본 소니 카메라)	Wingsuit Racing (날개달린 슈트)	
	The MakerBot Replicator 2 (3D 프린터)	Google Glass (구글 글래스)	
\$22,000~\$750,000	The Switchblade Drone (날개 폭 60cm, 무게 2.7kg 무인정찰기)	Baxter (포장 · 정렬 전문 로봇)	
	A Drifting Fish Farm (친환경 표류 양식장)	The Tesla Model S (재규어 전기자동차, 1회 충전 426km 주행)	
\$1 million~\$2.5 billion	The Deepsea Challenger Submarine (심해탐사 잠수함)	NASA's Z-1 Space Suit (나사의 Z-1 우주복)	
	Element 113 (신원소 113)	Bahar Towers (두바이 향온 바하 타워)	The Curiosity Rover (화성탐사로봇 Curiosity)

- (Economist紙) 3D Printer는 내연기관 · 컴퓨터를 이은 3차 산업혁명의 주역('12. 4)<sup>23)</sup>

21) 조선일보 2013년 1월 28일자 기사 <간병 로봇 10년 내 현실화... 60세 같은 100세 시대 예고>

22) Time紙 2012년 11월 1일자 기사 <Best Inventions of the Year 2012>

23) Economist紙 2012년 4월 21일자 기사 <A third industrial revolution>

## □ 3D 프린터의 장점

### ○ 시제품의 제작 비용 및 시간 절감

- 손쉽게 디자인을 수정할 수 있을 뿐 아니라 별도의 금형이 필요 없기 때문에 투자 비용의 극적 감소가 가능
- 시제품 사내 제작을 통한 기밀 유출 가능성 차단
- (람보르기니) 스포츠카 'Aventador' 시제품 제작에 3D 프린터를 사용, 기존의 시제품 제작 시간·비용(4개월·4만 달러)을 각각 1/6, 1/8로 절감
- (포드) 실린더 헤드, 브레이크 로터, 후륜 엑셀 등의 부품 시제품을 3D 프린터로 제작, 제작 기간(3개월)을 1~2개월 단축
- (현대모비스) FDM 및 SLA 방식의 3D 프린터를 활용하여 헤드램프, 대시보드, 에어백 등 다양한 부품의 시제품을 저비용·고속으로 생산
  - \* 3D 프린터 활용 시제품 제작건수 49% 증가: 2,119 건('11) → 3,159 건('12)
  - \* 헤드램프 시제품의 경우 제작 시간·비용 각각 1/30, 1/12 수준으로 절감
- (두산인프라코어) 3D 프린터로 제작한 컨셉 굴삭기 'CX'가 2009년 레드닷 디자인 어워드에서 대상 수상
  - \* 최근에는 조이스틱 디자인에 3D 프린터 적극 활용
- (아디다스) 시제품 개발에 필요한 인력(12명 → 21명) 및 개발 기간(4~6주 → 1~2일) 대폭 절감
- (시스코) 3D 프린터를 활용하여 매주 평균 10 건의 통신장비 디자인 및 시제품 개발 수행



람보르기니의 Aventador



현대모비스의 대쉬보드 샘플



두산인프라코어의 컨셉굴삭기 CX

<그림 5> 3D 프린터를 활용한 시제품의 제작 비용 및 시간 절감 사례

## ○ 다품종 소량 생산(Mass Customization) · 개인 맞춤형 제작 용이

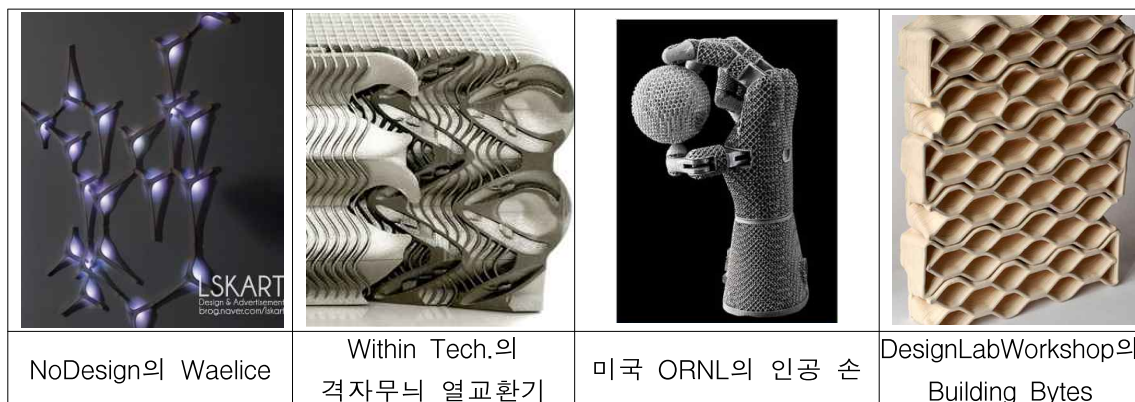
- 소량 생산하더라도 3D 디자인 파일\*만 있으면 매번 디자인이 다른 제품을 생산하더라도 추가비용이 거의 발생하지 않는 장점
  - \* 3D 스캐너의 고도화에 따라 3D 디자인이 용이해지기 시작
- (덴마크 Widex) 3D 프린터와 3D 스캐너를 활용한 보청기 제작 기술 CAMISHA\*를 개발, 개인 맞춤형 컷본 제작에 성공
  - \* Computer Aided Mfg. for Individual Shells for Hearing Aids
- (딜라이트) 우리나라의 사회적 기업인 딜라이트는 2011년부터 3D 프린터를 활용한 34만원짜리\* 맞춤형 보청기를 제작하여 저소득층에 보급
  - \* 정부 지원금 30만원을 고려하면, 4만원에 보청기 구입이 가능
- (UC 버클리 의대) 3D 프린터를 활용하여 삼쌍둥이 분리수술에 성공
  - \* 다수의 신체 인체를 통해 내장과 뼈를 안전하게 자르는 연습을 충분히 한 결과
- (일본 교토대) 경추 추간판 탈출증 환자 4명에게 적합한 모양의 인공 뼈(티타늄 분말 활용)를 3D 프린터를 이용하여 제작한 후 이식에 성공
  - \* CT와 MRI 이미지를 활용하여 정확한 뼈의 크기와 모양을 파악
- (미국 Bespoke Inno.) 3D 프린터 기술을 이용하여 만든 의족 Bespoke Fairings를 개발하여 기존 의족의 비대칭성 문제를 극복
- (삼성서울병원) 부비동암 수술에 3D 프린터를 활용함으로써 수술 후 부작용(얼굴 골격 · 눈 함몰) 가능성을 최소화
- (네덜란드 Shapeways) 3D 프린터를 이용해서 개인 맞춤형 제품을 조형해서 배송해주며, 이를 다른 사람에게 판매하는 서비스 제공
- (미국 Oxford) 고성능 소재 PEKK(Polyetherketoneketone)를 활용하여 제작한 두개골 임플란트를 환자에게 삽입하는데 성공



<그림 6> 3D 프린터를 활용한 다품종 소량 생산 · 개인 맞춤형 제작 편의 사례

○ 기존 절삭가공 대비 복잡한 형상 제작 및 재료비 절감에 큰 우위

- 별집구조와 같이 복잡하고 내부가 비어있는 형상 제작에 용이하며, 가공 후 버리는 재료(Buy-to-Fly Ratio)<sup>24)</sup>의 급격한 감소 가능
  - \* 알루미늄 등 고가의 금속을 절삭하는 경우에 비해 재료비 크게 절감
- (프랑스 NoDesign) 복잡한 형상의 벽 부착형 조명 Waelice를 생산하는데 나일론을 소재로 한 SLS 3D 프린터 기술 적용
- (영국 Within Tech.와 3T RPD) 3D 프린트를 활용하여 격자 무늬를 반복적으로 적용한 판형 열교환기와 자동차 배기가스 배출구의 후프 제작에 성공
- (미국 Oak Ridge National Lab.) 1:1 수준의 'Buy-to-Fly Ratio'를 달성한 항공기 부품 제작에 성공하였으며, 유체 흐름의 효율성 제고도 달성
- (네덜란드 DesignLabWorkshop) 3D 프린트를 활용하여 기존의 절삭가공 방식으로는 구현하기 어려운 형상의 벽돌 'Building Bytes'를 제작



<그림 7> 3D 프린터를 활용한 복잡한 형상 제작 및 재료비 절감 사례

○ 완제품 제작 시의 제조 공정 간소화 및 이에 따른 인건비·조립비용 절감

- 조립·용접 공정 간소화 및 일체형(One-Body) 생산에 따른 시간·비용 절감
- (GE) 3D 프린터를 활용하여 초음파 진단기용 탐촉자(Probe) 제조 공정 비용 30% 절감
- (NASA) 로켓 연료분사장치 생산에 EBF<sup>3</sup> 기술을 적용, 4개월만에 생산
  - \* 기존 가공 방식으로는 최소 2~3년 소요되는 매우 복잡한 부품

24) 1kg의 제품 생산에 필요한 투입된 재료 무게(kg)의 비율을 의미

### 3. 글로벌 3D 프린터 산업 및 R&D 동향

#### □ 산업용 3D 프린터 세계 시장 규모 및 구조

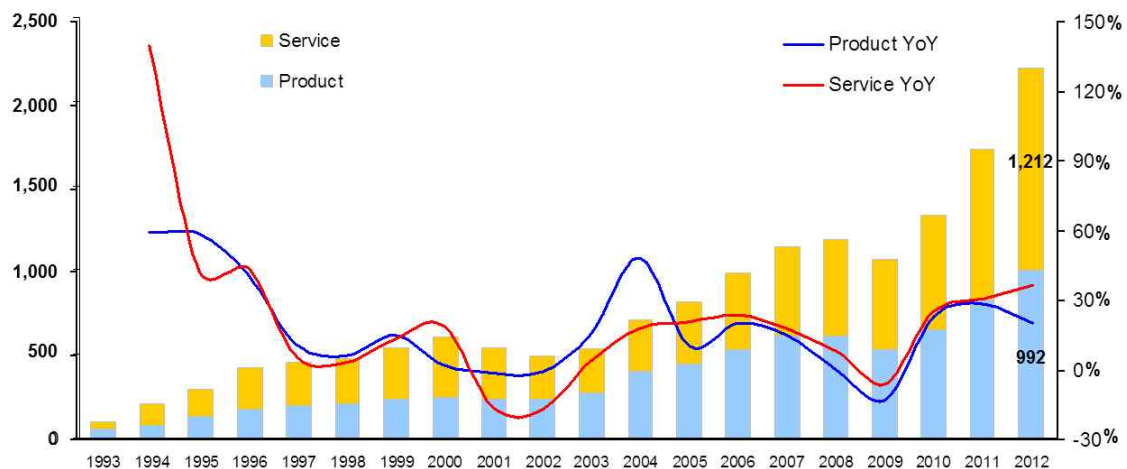
○ 2012년 현재 글로벌 산업용 3D 프린터 산업 규모는 약 22억 달러이며, 연평균 19.3% 증가하여 2021년 108억 달러에 달할 전망

- (Product) 3D 프린터 장비 및 A/S 부품, 시스템 U/G\*, 재료 등을 포괄하는 제품 시장 규모는 2012년 약 9.9억 달러로 추정

\* Utility Good의 개념으로 3D 프린터 주변 장치를 의미

- (Service) 3D 프린팅 서비스, 유지보수, 사용자 훈련, 세미나·컨퍼런스, 출판, 컨설팅 서비스를 포괄하는 서비스 시장 규모는 약 12.1억 달러로 추정

- 최근 3년 간 연평균 성장률(27.4%)이 10년 간 연평균 성장률(17.1%)를 압도하며, 2005년 이후 서비스 시장 증가율이 제품 시장 증가율을 추월



<그림 8> 3D 프린터 산업 글로벌 시장 규모(백만 달러, %)25)

○ (3D 프린터 장비) 1998년~2012년 세계 3D 프린터 장비 설치 대수(누적)는 56,856대이며, 미국·독일·일본·중국의 점유율이 세계시장의 60%를 상회

- 중국의 경우 2004년 설치 점유율이 7.2%에 불과하였으나, 2012년 세계 3위의 설치 대수를 기록하며 9%에 육박하는 점유율 달성

- 우리나라는 약 1,300여 대 설치 추정(점유율 2.3%)

25) Goldman Sachs(2013) 'The Search for Creative Destruction', 김종호(2013), '3D Printing Industries', 2013년 한국정밀공학회 임의형상제조시스템 부문 하계강습회 자료집 및 Wohlers Associates 외

<표 16> 국가별 3D 프린터 장비 설치 점유율(누적)<sup>26)</sup>

국가	미국	독일	일본	중국	영국	이태리	프랑스	한국	캐나다	대만	러시아	스페인	스웨덴	기타
점유율	38.0%	9.4%	9.7%	8.7%	4.2%	3.8%	3.2%	2.3%	1.9%	1.5%	1.4%	1.3%	1.2%	12.0%

- (3D 프린팅 서비스) 3D 프린터를 설치, 조형물을 주문 생산·배송 및 재판매하는 온·오프 마켓플레이스 시장 규모는 2012년 8.0억 달러
  - 3D 프린터에 대한 대중의 관심과 인지도 확대에 따라 시장규모 전년 대비 24.2% 확대
  - Shapeways(네)가 가장 큰 기업이며, Sculpteo(프), Staples Easy 3D(미), Ponoko(뉴), imaterialise(벨) 등의 기업이 존재
- (활용 산업) 소비재·전자제품, 자동차, 의료, 산업기계, 항공 등 다양

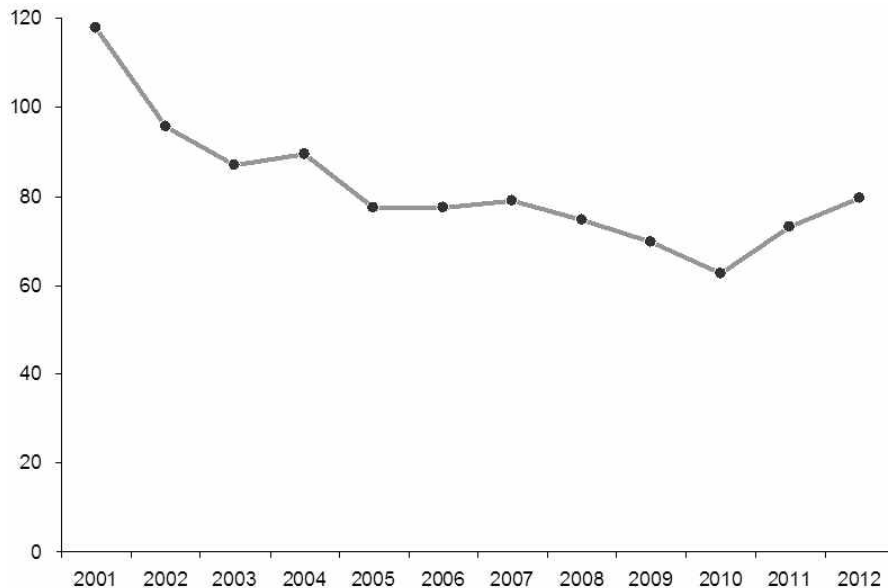
<표 17> 산업분야별 3D 프린터 활용 현황(2012년)<sup>27)</sup>

산업 분야	비중(%)	주요 활용
소비재/ 전자제품	21.8	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 개인 맞춤형 제품 제작으로 소비자의 구매욕구 자극</li> <li>▪ 기존의 부식/절삭 방법이 아닌 적층방식으로 정밀한 회로 제작비용 절감</li> </ul>
자동차	18.6	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 시제품 제작비용 및 기간 단축을 통한 최종 시제품 생산 빠른 대응</li> <li>▪ 단종된 부품도 바로 제작 가능</li> </ul>
의료/치과	16.5	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ CT로 스캔한 데이터로 종양을 재현하여 충분한 연습을 통해 수술 성공 가능성 제고</li> <li>▪ 인공 혈관, 인공 장기, 맞춤형 조직을 개발·생산 시도 확산</li> </ul>
산업기계/ 사무기기	13.4	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 복잡한 형상·극미소 부품 제작 용이</li> <li>▪ 주변 환경 맞춤형 사무기기 제작</li> <li>▪ 회의·컨퍼런스 개최 준비물의 자체 제작</li> </ul>
항공우주	10.2	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 복잡한 형태의 모듈을 단일 구조로 제작하여 조립기간과 유지보수 비용 절감</li> <li>▪ 분말 및 액체 형태의 식료품을 이용한 우주식품 개발</li> <li>▪ 우주 공간에서의 부품 생산 및 조달</li> </ul>
교육/연구	6.8	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 수업의 특성에 맞는 실험 장비 및 저렴한 비용으로 교육 보조재 제작</li> <li>▪ 가정에서 교육 콘텐츠를 스스로 생산하여 활용</li> </ul>
정부/국방	5.2	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 항공기 부품 등 군수 물자 적시 보급 확대, 재고 비용 및 생산 비용 감소</li> <li>▪ 3D 프린터를 활용한 무기 생산</li> </ul>
건축	3.9	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 건설 현장에서 건축자재를 생산함으로써 운송비용 감소 및 공사기간 단축</li> <li>▪ 다양한 디자인의 건축 모형 구현</li> </ul>
기타	3.6	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 예술, 엔터테인먼트 분야 등</li> </ul>

26) 김중호(2013), '3D Printing Industries', 2013년 한국정밀공학회 임의형상제조시스템 부문 하계강습회 자료집 및 Wohlers Associates 외

27) 전게서

- (2차 시장) 3D 프린터로 생산한 금형 및 이를 통해 생산된 사출성형품, 주물을 포함하는 시장은 2012년 현재 11.9억 달러로 추정
- 산업용 3D 프린터의 평균 판매 가격은 2001년 이후 지속 하락하였으나, 2011년 이후 반등
  - 평균 판매가격 하락: 117.7천 달러('01) → 79.5천 달러('12)
  - 평균 판매가격 하락의 원인은 기술 진보에 따른 원가 절감과 3,000달러 미만의 Entry Level 제품이 다수 출시되었기 때문
  - 현재 판매 중인 산업용 3D 프린터 가격 범위는 5,000~150만 달러로 매우 광범위<sup>28)</sup>



<그림 9> 산업용 3D 프린터 평균 판매 단가 추이(천 달러)<sup>29)</sup>

- 가트너의 경우 2016년 31억 달러<sup>30)</sup>의 3D 프린터 산업 성장을 예상하며 비교적 보수적인 전망치 제시
  - 추가 가격 하락, 사용자 훈련, 구조와 디자인 역량, 재료의 강도 보완, 적층 속도 개선 등의 선결 과제 제시

28) Plastic News, 2013년 6월 26일자 기사 'Wohlers report says 3-D printing exploding'

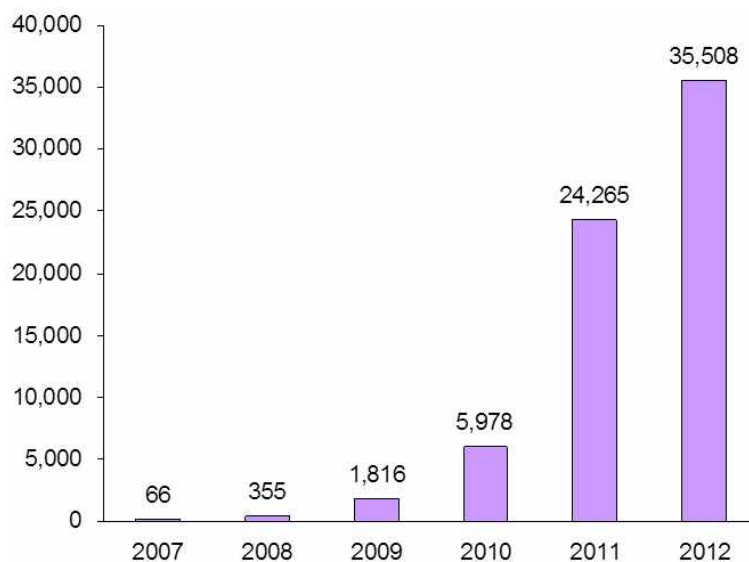
29) 김종호(2013), '3D Printing Industries', 2013년 한국정밀공학회 임의형상제조시스템 부문 하계강습회 자료집 및 Wohlers Associates 외

30) 2012년에는 16.8억 달러 추정



## □ 개인용 3D 프린터 세계 시장 구조 및 규모

- 개인용 3D 프린터 시장규모는 2013년 1.2억 달러로 절대 규모는 미미하나 2018년 5.9억 달러까지 성장할 전망<sup>31)</sup>
  - 재료, 3D 프린터 서비스 등을 모두 포함한 산업 규모는 2018년 약 14.6억 달러에 이를 전망
    - \* 개인용 3D 프린터 SW 시장은 2018년 약 3.1억 달러 규모 예상
- 개인용 3D 프린터는 2007년만 해도 보급 수준이 미미하였으나, 2010년 이후 폭발적인 성장세를 기록하며 2012년 보급 대수 35,000대 돌파
  - 설계 전문가 층의 구입확대에 따라 2013년 70,000대 가량 보급 예상
  - 개인용 3D 프린터 보급 속도: 5,978대('10) → 35,508대('12)
  - 현재 판매 중인 개인용 3D 프린터 가격은 200~5,000 달러 사이에 분포하며, 평균 단가는 약 1,100 달러 수준<sup>32)</sup>



<그림 10> 개인용 3D 프린터 연도별 판매 추이(대)<sup>33)</sup>

- 장비 가격, 사용자 편의성, 적층 속도 및 장비 신뢰성, SW 및 매뉴얼 교육 가능성, 재료 가격, A/S 등이 보급 속도에 큰 영향을 미칠 전망

31) GII(2013), 'Personal 3D Printers: Market Forecast and Market Share Analysis: 2013-2022'

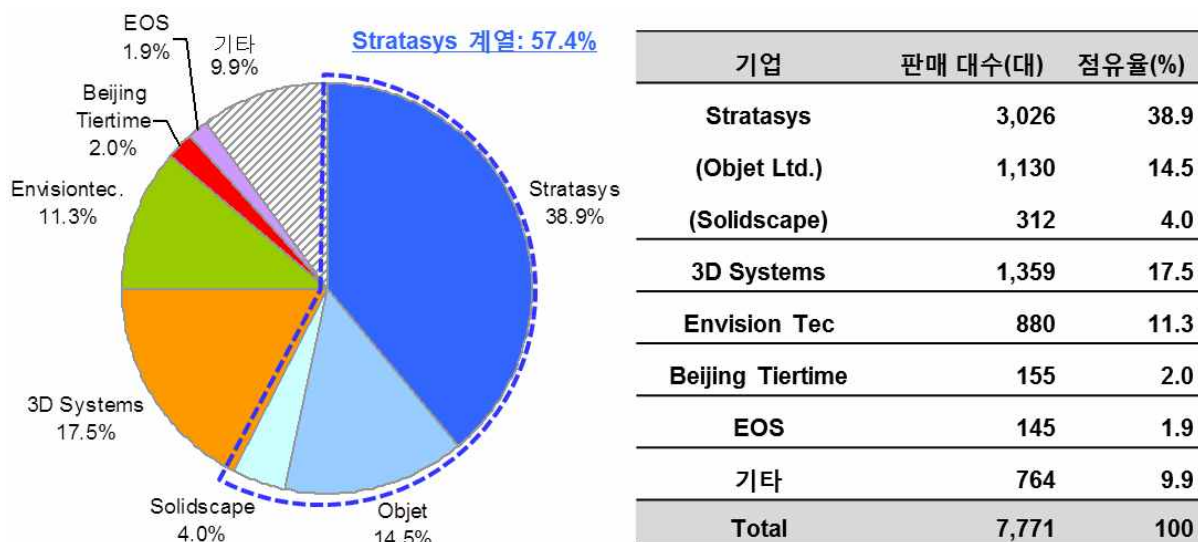
32) Plastic News, 2013년 6월 26일자 기사 'Wohlers report says 3-D printing exploding', 장웅성 외(2013), '3D 프린터 제조 혁명에 대한 한국 금속산업의 대응전략', KEIT PD Issue Report, Vol. 13-6,

33) Plastic News, 2013년 6월 26일자 기사 'Wohlers report says 3-D printing exploding'

## □ 주요 기업별 동향

### ○ 산업용 3D 프린터 기업별 동향

- 2012년 현재 산업용 3D 프린터 시장은 M&A를 통해 성장한 Stratasys(美)와 3D Systems(美) 양사의 과점 체제가 구축
- (Stratasys) 2011년 5월 Solidscape(美)인수, 2012년 12월 Objet(伊)를 인수하며, 57.4%의 시장 점유율 달성<sup>34)</sup>
  - \* Objet인수를 통해 Stratasys는 기존의 FDM 및 Polyjet 기술에 대한 원천 특허 확보
- (3D Systems) SLA과 SLS 기술에 대한 원천 특허 보유하고 있으며, 2011년 이후에만 25건의 M&A를 통해 시장 점유율을 확대
  - \* 2012년 1월 시장 4위 업체 Z Corp 인수
- (EnvisionTec, 獨) DLP 기술에 대한 원천 특허를 보유하고 있으며, 고정밀도제품 제작이 가능하여 보석(악세사리), 의료 산업에 강점
  - \* 국내 Jewelry 산업에서 사용되는 3D 프린터 중 90% 이상이 DLP 방식
- 중국의 Beijing Tiertime\*, 독일의 EOS를 비롯하여 50여 개 기업이 산업용 3D 프린터 개발 및 생산 중
  - \* 칭화대학교 연구진이 설립한 회사



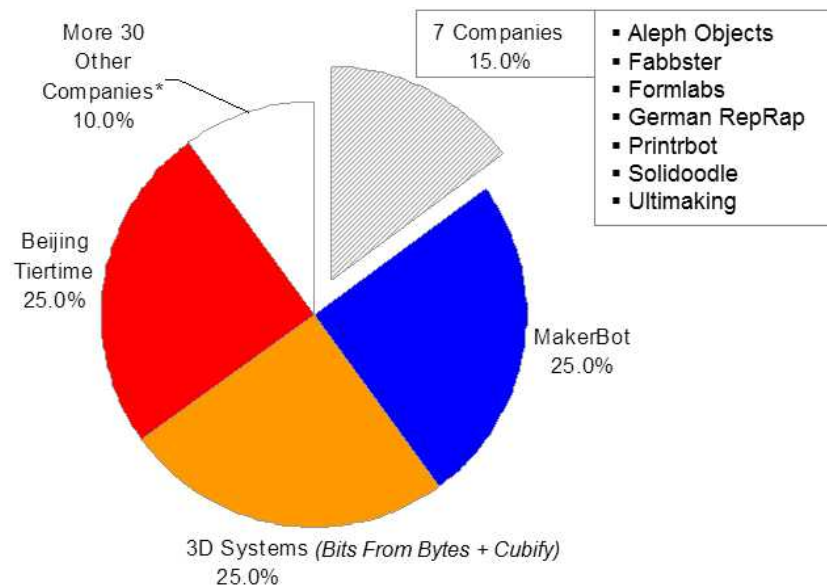
<그림 11> 2012년 기준 산업용 3D 프린터 시장 점유율 및 판매 현황<sup>35)</sup>

34) 합병 전 Stratasys와 Objet의 총 매출 규모는 2억7천7백만달러(2011년 기준)

35) 김종호(2013), '3D Printing Industries', 2013년 한국정밀공학회 임의형상제조시스템 부문 하계강습회 자료집 및 Wohlers Associates 외

○ 개인용 3D 프린터 기업별 동향

- 개인용 3D 프린터 시장은 산업용 제품 시장에서 지배적인 위치를 차지하고 있는 기업의 자회사들이 시장을 주도
- (MakerBot) 2013년 6월 Stratasys의 인수가 확정되었으며, 2009년 이후 총 22,000 대를 판매하며 시장 점유율 25% 기록('12)<sup>36)</sup>
  - \* 시장 점유율 추이: 2009년 16% → 2011년 22% → 2012년 25%
  - \* MakerBot의 MakerBot Replicator 2는 타임지가 선정한 2012년 최고의 발명품 26에 선정되었으며, 출시 9개월 만에 1만 1천여대 이상 판매 (가격: 2,199 달러)
  - \* 매출 추이: 2012년 1,570만 달러 → 2013년 1분기 1,150만 달러<sup>37)</sup>
- 3D Systems社의 자회사(Bits From Bytes, Cubify)와 Beijing Tiertime이 전체 시장 규모의 절반 차지 추정
- 상기 Big 3와 7개 社가 전체 시장 점유율의 90%를 차지하는 것으로 추정되며, 이 밖에도 30여 개사가 개인용 3D 프린터를 생산·판매



<그림 12> 2012년 기준 개인용 3D 프린터 시장 점유율 현황<sup>38)</sup>

- 국내의 경우 100 만원 대 이하 오픈소스의 개인용 3D 프린터가 본격적으로 도입되기 시작

36) 연합뉴스 2013년 6월 21일자 기사 <스트라타시스, MakerBot 인수 발표>, 한국콘텐츠진흥원(2013) , '3D 프린터 기술 동향', CT 인사이트 2013년 4월호

37) 전자신문, 2013년 6월 20일자 기사 <3D프린터 업계 1위 스트라타시스 다크호스 '메이커봇' 인수> 참고 및 추정

38) 김종호(2013), '3D Printing Industries', 2013년 한국정밀공학회 임의형상제조시스템 부문 하계강습회 자료집 및 Wohlers Associates 외

## □ 국가별 주요 R&D 동향

### ○ 미국 백악관

- 미국 제조업 고도화(Advanced Mfg.) 프로그램 산하에 NAMII\*를 설립하고 3D 프린터 기술 R&D를 총괄('12. 8)

\* National Additive Mfg. Innovation Institute

<표 18> National Additive Mfg. Innovation Institute 개요<sup>39)</sup>

구분	주요 내용
미션	미국 적층가공 분야 발전을 가속화하고, 제조업 경쟁력 제고에 기여
소재지	오하이오 Youngstown 주립대 소재: 과거 제조업이 흥했으나, 신흥국으로의 이전으로 인해 쇠퇴한 공업 지대
3D 프린터 보유	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 총 7대('13년 4월 기준)</li> <li>■ 3D Systems 3개, Z-Corp 1개(3D Systems 피인수), ExOne 1개, Renishaw 1개, Stratasys 1개,</li> </ul>
연구방향	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ DOD와 DOE을 중심으로 다양한 제조 분야에서의 원가 절감, 에너지/소재 소비 절감, 맞춤 생산의 관점에서 수행</li> <li>- 국방, 항공, 자동차, 의료 및 다양한 금속 가공</li> <li>- DOC, NSF, NASA에서도 NAMII 설립에 참여</li> </ul>
2012년~2013년 주요 성과	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ ('12. 11) 연구 네트워크 이사장 선임, 4명의 이사 선임</li> <li>■ ('13. 4) 오하이오 Youngstown 주립대에 Innovation Factory를 설립하고 다양한 3D 프린터 시스템 및 주변 장비를 구축</li> <li>■ ('13. 3) 7개 R&amp;D 프로젝트 출범(35개 기관이 참여)</li> <li>■ ('13. 6) 기술 로드맵과 전략 방향, 투자 계획을 포함하는 산업 기술 개발 전략(Industry-Driven Technology Investment Strategy) 수립</li> <li>■ 79개 기관이 참여하는 연구 네트워크 조직 발족: 거버넌스 모델, 이사회 등 구성</li> </ul>
주요 참여기관	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 기업, 대학, 커뮤니티 칼리지, 비영리 기관 등 79개('13년 8월)</li> <li>- Lead Member: 3D Systems 등 2개</li> <li>- Full Member: 카네기 멜론대, 존슨 컨트럴 등 25개</li> <li>- Supporting Member: 51개</li> </ul>

- 3D 프린터로 제작한 생분해성 기도를 호흡 곤란을 겪던 아기 (Youngstown 거주)에게 이식하는데 성공('13. 5)
- 이미 NAMII를 벤치마킹하여 3곳의 Additive Mfg. Innovation Institute를 추가로 만들고자 하는 작업 본격화<sup>40)</sup>

39) NAMII 홈페이지([www.namii.org](http://www.namii.org))


40) 오바마 대통령이 2013년 2월 국정연설에서 밝힘

○ 미국 Oak Ridge National Lab.(ORNL)는 MDF의 설립을 통한 산업계의 3D 프린팅 기술 개발 지원을 주도('12년 초)

- MDF는 3D 프린팅 기술 개발만을 위한 연구시설은 아니며, 기존 제조 기술과 공정 제어기술 등도 병행 연구

\* Manufacturing Demonstration Facility

<표 19> Oak Ridge National Lab.의 MDF 개요<sup>41)</sup>

구분	주요 내용
미션	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 新제조 기술을 빠르게 실증하고, 핵심 공정을 최적화하는데 필요한 Tool 지원</li> <li>- 맞춤 생산, 디자인 유연성을 통한 성능 개선, 다기능 및 비용 절감의 관점에서 실증 연구 수행</li> </ul>
연구분야	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 핵심 분야: <b>Additive Manufacturing</b>, 차량 및 산업용 Carbon Fiber &amp; Composites 기술을 주로 연구</li> <li>■ 보완 분야: Lightweight Metals Processing, Roll-to-Roll Processing, Magnetic Field Processing, Low-Temperature Materials Synthesis, Batteries Manufacturing 등</li> </ul>
Additive Mfg. 관련 R&D 분야	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 첨단 재료 개발: 티타늄 합금, Ni 슈퍼합금, 스테인리스와 초강성 철, 고강성 탄소 강화 폴리머 등</li> <li>■ 정밀 제어 기술: In-situ 피드백 및 제어 기술, 품질 제어 기술</li> <li>■ 차세대 3D 프린터 장비 기술: Bigger, Faster, Cheaper</li> <li>■ 장비, 재료, 부품 공급업자 및 최종 사용자의 가치 사슬 생태계 조성</li> </ul>
Additive Mfg. 관련 보유 기술	 <div> <p><b>Metal Powder Bed Consolidation</b> uses a high-power electron or laser beam to create a site-specific melt pool in a bed of metal powder.</p> <p><b>Direct Metal Deposition</b> uses inert gas to spray powder into a melt pool created by a high-power laser beam.</p> <p><b>Fused Deposition Modeling</b> uses a heated nozzle to melt and deposit a thin filament of thermoplastic material into a two-dimensional pattern.</p> <p><b>Ultrasonic Consolidation</b> is a low-temperature joining process that uses ultrasonic energy to bond thin sheets of material to produce a three-dimensional component.</p> </div>
MDF 운영 성과	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 항공기 부품 제조 공정 상의 재료 소비 감소(8:1 Ratio → 1:1 Ratio)</li> <li>■ 로봇 매니퓰레이터의 Anthropomorphic Design 달성, 설계 주기 단축</li> <li>■ New Fluid-powered System: 소형 바이오메디컬 장비~수 ton 급 대형 재료 처리 장비</li> <li>■ 26개 기업체 및 학계와의 3D 프린터 기술 개발 파트너십 구축 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 파트너십 구축 업체는 3D 프린터를 구매하지 않고도 기술 개발 가능</li> </ul> </li> <li>■ 3D 프린터 세계 시장 점유율 1위 업체 Stratasys 와의 전략적 협력 관계</li> </ul>

41) Oak Ridge National Lab. 홈페이지(www.ornl.gov)

- MDF와는 별도로 ORNL에서는 미국 정부의 지역 AMP<sup>42)</sup>에 참여하여 테네시주 동부 20개 카운티의 적층가공 클러스터 구축 사업에도 참여
  - \* Advanced Mfg. Partnership



<그림 13> 테네시주의 RAMP 사업에 참여하는 카운티와 참여 기관<sup>43)</sup>

- Lockheed Martin社와 전투기용 공기 누출 감지 Bracket을 적층 가공 방식(EBM)으로 개발, 기존 기술 보다 50% 비용 절감 달성(2013)

#### ○ 영국

- 2010년 노팅엄대와 셰필드대 등에 3D 프린팅 연구 조직 설립
  - \* Additive Manufacturing and 3D Printing Research Group(노팅엄대), Advanced Manufacturing Research Centre(셰필드대)
- 2011년 7월 사우스햄튼대는 3D 프린터로 제작한 무인비행기 Salsa의 시험 비행에 성공(날개 길이 1.5m, 최고 시속 160km)
- 2013년 6월 기술전략위원회<sup>44)</sup>와 연구위원회<sup>45)</sup> 공동으로 3D 프린팅 기술 분야 18개 R&D 프로젝트에 대해 840만 파운드 지원계획 발표
  - \* 폭스홀 암페라(Vauxhall Ampera)와 같은 주행거리 연장형 전기차(REEV, Range Extended Electric Vehicle)용 신규 마이크로터빈(micro-turbine) 개발 외

#### ○ 독일

- 프라운호퍼 IGB, 2011년 3D 프린팅 기술로 인공혈관을 만드는데 성공
  - \* Interfacial Engineering and Biotechnology
- 프라운호퍼 ILT, SLM 방식의 적층 가공 기술에 상당한 역량 축적

42) 미국 경제개발청(Economic Development Administration), NIST, DOE, DOE 산하 Employment & Training Administration, 중소기업청(Small Business Administration) 등이 자금 제공

43) Advanced Manufacturing & Prototyping Center of East Tennessee 홈페이지

44) Technology Strategy Board, 영국정부가 설립한 비즈니스주도형 행정 비부처형(non-departmental) 공공기구

45) Research Councils, 혁신대학기술부 산하에서 연구수행 및 연구사업 지원 업무를 담당

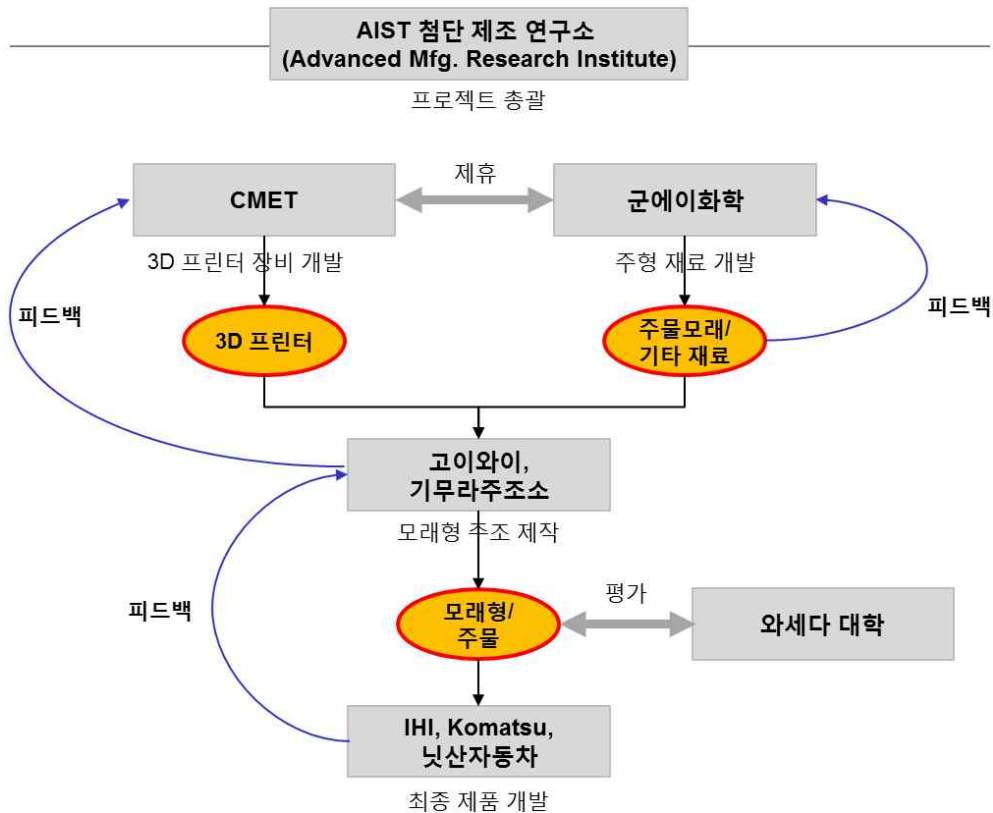
○ 일본

- 2013년 5월, 경제산업성은 AIST와 시메트, 닛산자동차 등이 참여하는 모래형\* 제작이 가능한 3D 프린터 개발 과제 출범

\* 금형이나 목형 대신 모래형 사용

<표 20> 경제산업성의 모래형 제작 3D 프린터 개발 과제<sup>46)</sup>

구분	주요 내용
과제 목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>2017년까지 모래형의 적층시간이 기존 해외제품에 비해 1/10, 가격은 대당 2,000만엔 이하의 3D 프린터 개발</li> <li>월 3,000대 규모의 고급 자동차용 실린더 모래형 생산</li> <li>100L(100 × 100 × 10cm) 사형을 1시간 내에 적층</li> </ul>
예산	30억 엔(330억 원)
기간	2013~2017
응용 분야	건설기계 · 선박용 디젤엔진의 실린더 헤드, 자동차용 실린더



<그림 14> 일본 경제산업성의 모래형 3D 프린터 개발 과제의 추진체계<sup>47)</sup>

- R&D 과제와 별도로 일본 · 미국 · 유럽 · 중국 · 한국 등 주요국의 3D 프린팅 기술 특허 · 논문 및 R&D 동향 조사 병행

\* 2014년 4월 일본의 경쟁력 강화 및 대응 방안 도출 예정

46) Tech-On, 2013년 7월호, ‘日本の技術力を結集し、砂型用3Dプリンタの生産性を10倍へ’

47) 전게서



## ○ 중국

- 과학기술부는 ‘국가 기술발전 연구계획 및 2014년 국가과학기술 제조 영역 프로젝트 지침’에 3D 프린터를 처음으로 포함
- 약 72억 원 규모의 4개 R&D 과제 개시<sup>48)</sup>
  - 대형 항공 우주 부품의 레이저 용융 시스템의 개발 및 적용
  - 복잡한 부품 및 금형 제조를 위한 대형 레이저 소결(SLS) 장비의 개발 및 응용
  - 재료/복잡한 부품 구조 통합 설계를 위한 높은 온도와 압력의 확산 접합 장비의 개발 및 응용
  - 가전 업계의 3D 프린터 기반의 사용자 정의 핵심 기술의 개발 및 응용
- 공업정보화부는 3D 프린터 산업 육성을 위한 표준 수립, 규제 정비, 기술 혁신 세제 혜택 등의 전략 방안 수립 중
- (대학·공기업) 화중과학기술대, 북경항공대, 청화대, 서북공업대, 서안 교대, 중항레이저 등의 기관이 높은 기술력을 보유한 것으로 평가
- (협회) 2012년 10월, 세계 최초로 3D 프린팅 기술 산업연맹을 설립하고, 산·관·학 협력 가속화 및 산업표준 제정을 추진
- (지방 정부) 장쑤성 난징, 쓰촨성 샹류, 산둥성 칭다오, 광둥성 상저우 등에서 3D 프린터 산업 단지나 R&D 센터를 구축(예정)

<표 21> 중국 주요 지방 정부의 3D 프린터 산업 육성 계획<sup>49)</sup>

지역	주요 내용
장쑤성 난징	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ ‘13년 3월, 중국 최초의 3D 프린팅 기술혁신센터 설립</li> <li>▪ 장쑤성 성정부가 관련 지원 정책을 출범</li> </ul>
쓰촨성 샹류	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 중국 3D 프린팅 기술산업연맹과 샹류현 정부 공동으로 5억 위안을 출자하여 3D 프린터 기술혁신센터 구축 예정</li> </ul>
산둥성 칭다오	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 시 중점 전략 신흥산업으로 육성 결정</li> <li>▪ 3D 프린터 산업 육성 행동방안을 출범해 칭다오시 첨단기술단지 판구과학기술원에 8월부터 본격적으로 관련 산업 육성 추진</li> </ul>
광둥성 상저우	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 10억 위안 투자, 3D 프린터 산업 혁신센터와 관련 기술 산업단지를 조성할 것이며 관련 지원 정책도 검토 중</li> </ul>
후베이성 우한	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 동후 첨단과학기술단지에도 3D 프린터 산업단지가 건설 중</li> </ul>

48) 장웅성 외(2013), ‘3D 프린터 제조혁명에 대한 한국 금속산업의 대응전략’, KEIT PD Issue Report, Vol. 13-6

49) Newspim, 2013년 7월 31일자 기사 <중국 3D프린터 산업 육성 박차>에서 인용, 재구성

## 4. 국내 3D 프린터 산업 및 R&D 동향

### □ 산업용 3D 프린터 국내 시장 구조 및 규모

- 산업용 3D 프린터는 제조업의 시제품 개발주기 단축·원가절감 및 의료 분야의 맞춤형 의료 도구 및 수술 연습용 도구 제작에 주로 활용
  - (제조업) 전자제품, 자동차 부품, 건설기계의 조이스틱, 완구 제작 등
  - (의료) 사용자 혹은 환자에게 적합한 맞춤형 안경, 보청기, 치과 교정기 또는 신체의 일부를 3D 프린터로 제작하는 사례가 증가
- 최근 스포츠 마케팅 등 엔터테인먼트 산업에서 3D 프린터를 활용하는 사례도 등장
  - 한화 이글스는 팬이 직접 선수의 체형, 얼굴, 배번을 선택해 3D 프린터로 소속 선수의 피규어를 제작하는 이벤트를 진행
- 국내 산업용 3D 프린터 시장 규모는 2012년 약 300억 원<sup>50)</sup>으로 추정되며, 대부분 해외 선도 기업의 수입 제품
  - 세종정보기술이 3D Systems, USL(美), Formtech 등의 제품을 판매하고 있으며, 시스옴엔지니어링은 Stratasys, Objet 제품을 판매
  - 국내 기업 중 실제 산업용 3D 프린터를 개발·판매하는 기업은 캐리마, 인스텍 등에 불과
  - 2012년 10월 3D Systems는 국내 3D 스캐너 및 SW 개발업체 아이너스 기술을 3,500만 달러에 인수
  - 2012년 국내에 설치된 3D 프린터 1,300여대 중 캐리마와 인스텍의 제품은 약 40대 정도로 극히 미미
    - \* 캐리마의 3D 프린터 누적 판매대수는 약 70대 정도이며<sup>51)</sup>, 그 중 60%는 해외 수출에 의존
  - 2009년부터 전년대비 30~40%씩 성장하고 있으며, 2013년 상반기에 2012년 실적을 초과하는 등 성장세는 가파른 편

50) 한국경제, 2013년 5월 21일자 기사 <열·빛·가루로 총기 복제·수술까지...“3D 프린터, 놀랍네요”>

51) 머니투데이, 2013년 3월 7일자 방송 <3차 산업혁명' 3D 프린팅...한국은 걸음마 단계>에서 인용

## □ 개인용 3D 프린터 국내 시장 구조 및 규모

- 국내 개인용 3D 프린터 시장은 최근 국내에 진출한 해외 기업을 중심으로 시장 형성 초기 단계
  - Stratasys의 자회사 Makerbot은 독점 유통업체와 계약을 통해 국내 시장 공략 개시('13. 5)<sup>52)</sup>
  - 3D Systems는 아이너스기술 인수를 통해, 개인용 3D 프린터를 생산하는 자회사 Cubify의 제품을 현지화 할 예정<sup>53)</sup>
- 개인용 제품의 글로벌 보급량과 우리나라의 산업용 제품의 시장규모를 고려했을 때, 2012년 약 600~700 대의 개인용 제품이 판매되었을 것으로 추정

## □ 국내 주요 기업별 동향

- 캐리마
  - 디지털 현상기를 제작하던 캐리마는 DLP\*방식을 사용하여 2011년 Master 시리즈로 3D 프린터 시장 진출
    - \* DLP(Digital Light Processing)는 이미지의 고정밀 표시를 구현하는 기술로, 캐리마는 DLP칩을 이용해 아날로그 현상기를 디지털 현상기로 사용할 수 있는 기술을 보유
  - 2012년에는 디자인을 개선한 Master Plus를 출시하였으며, 4,000 만 원 ~ 6,000 만 원 대의 장비를 판매 중
  - 2012년 전년 대비 3배의 수출 실적을 기록하였으며, 일본, 홍콩, 대만, 호주, 벨기에, 이집트, 러시아 등 20여 개국에 수출<sup>54)</sup>
    - \* 매출 성장: 2011년 10억 원 → 2012년 16억 원
- 인스텍
  - DMD 기술과 유사한 방식의 DMT 원천기술을 보유하고 있으며, 레이저 소스를 제외하고는 대부분의 주요 기술\*을 독자 개발하는데 성공
    - \* DMT 공정, 하드웨어 제어 프로그램, 전용 캠 소프트웨어(MX-CAM) 등
  - LG전자 등 국내 전자회사, 의료회사, 연구소 등에 총 7대의 장비 납품

52) 전자신문, 2013년 5월 7일자 기사 <세계 최고 개인용 3D 프린터 '메이커봇' 제품 국내 판매 개시>에서 인용, 재구성

53) 전자신문, 2013년 6월 3일자 기사 <세계적 3D 프린팅 기업, 한국을 창조경제 엔진 삼는다>에서 인용, 재구성

54) 전자신문, 2013년 3월 28일자 기사 <창조경제를 이끄는 기업들/스마트 컨버전스>캐리마>에서 인용, 재구성

○ 로켓

- 오픈소스 기반의 개인용 3D 프린터 ‘에디슨’의 제조업체로 저렴한 가격과 데스크톱형의 디자인이 특징
  - \* 에디슨의 가격은 150~165만원이며, 원료인 PLA는 한 통(700g)에 3만3천원으로 주먹만 한 크기의 제품을 15~20개 정도 만들 수 있을 정도의 분량
- 포토샵과 유사한 난이도의 S/W를 통해 개인용 시장 확대를 추진하고 있으며, 2013년 2월 이후 3개월 만에 약 100 대 판매
- 2013년 5월 ‘에디슨 듀오’를 출시하고, 적용 가능한 원료 및 색상 확대
  - \* 에디슨 듀오의 가격은 193 만원으로 에디슨에 비해 가격이 비싸지만, 2가지 색상을 동시에 프린팅하는 것이 가능하고 PLA, 우드, 나일론, 수용성 필라멘트를 원료로 사용

□ 정부 R&D 동향

- 산업통상자원부는 ‘3D 프린팅 산업 발전 전략 포럼’을 개최하고, ‘13년 3분기 내로 정책수립 계획을 발표(‘13. 7)
  - 제도분과, 기술분과 및 산업응용·사업화 분과 위원회를 구성하여 산업 기반 조성 및 활성화방안 수립 예정
  - 현재 3D 프린팅 기술 관련 R&D 지원은 비교적 제한적

<표 22> 산업통상자원부에서 지원하는 3D 프린팅 기술 관련 과제

과제명	수행 기관
3차원 프린팅 기반의 디지털 설계 및 제조 환경 구축을 위한 융합 데이터 처리 및 모델링 원천기술 개발	3D 시스템즈코리아(舊 아이너스기술)
표준형/맞춤형 스캐폴드 제작기술 개발	한국기계연구원

- 미래창조과학부는 경제·윤리·사회·문화·과학기술·환경의 관점에서 ‘3D 프린팅 활용 기술’의 기술영향평가 진행 중(‘13. 6~12)
  - 소재, 3D 스캐닝·모델링, 3D 프린팅 공정 및 활용 등에 한해 기술 영향평가를 수행하며, 단기(5년 내) 및 중장기(5년 후)로 나누어 분석
  - 기술영향평가 결과는 국가연구개발사업의 연구기획에 반영되거나, 기술 개발의 부정적 영향을 최소화하기 위한 대책 마련에 활용
  - R&D 과제로는 ‘나노스케일 3D 프린팅 시스템’ 지원 중(‘10. 8~‘15. 8)

## 5. 요약 및 시사점

- 3D 프린팅 기술은 재료를 적층하는 방식으로 조형물을 제조하는 기술로 크게 적층 방식과 사용하는 재료에 따라 구분되고, 현재 다양한 방법이 개발되는 추세
  - 적층 방식은 압출, 잉크젯 방식의 분사, 광경화, 파우더 소결, 인발, 시트 접합, 직접 에너지 증착(Directed Energy Deposition) 등으로 구분
  - 폴리머, 금속, 종이, 목재, 식재료 등 다양한 재료 사용이 가능
- 3D 프린터는 2000년 대 후반 이후 전 세계적으로 미래유망기술로 주목받기 시작하였으며, 시제품 제작 비용 절감, 다품종 소량 생산에 높은 가능성 보유
  - IT 컨설팅 업체 가트너는 2007년부터 3D 프린터를 미래유망기술로 선정하고 기술 성숙도와 시장에서의 기대, 사업성 및 방향성을 평가
  - MIT의 2013년 「10 Breakthrough Technologies」의 하나로 3D 프린팅 기술(Additive Manufacturing)이 선정
  - 3D 프린터를 활용한 시제품 제작 시 별도의 금형이 필요 없기 때문에 비용의 극적 감소가 가능하며, 사내 제작을 통한 기밀 유출 가능성도 차단
  - 소량 생산하더라도 3D 디자인 파일만 있으면 매번 디자인이 다른 제품을 생산하더라도 추가비용이 거의 발생하지 않는 장점
- '12년 글로벌 산업용 3D 프린터 시장 규모는 약 22억 달러로 추산되며, '21년 108억 달러 규모로 확대될 전망
  - 1998년~2012년 세계 산업용 3D 프린터 장비 설치 대수(누적)는 모두 56,856대이며, 미국·독일·일본·중국의 점유율이 60%를 상회
  - 산업용 3D 프린터 제품 시장은 Stratasys와 3D Systems 양사의 과점 체제
  - 개인용 3D 프린터 시장은 '12년 1.2억 달러로 아직까지 절대 규모는 미미하나 '18년 5.9억 달러로 성장할 전망
  - 개인용 3D 프린터 제품 시장은 MakerBot, Bits From Bytes와 Cubify, Beijing Tiertime 등의 기업이 주도

- 미국과 유럽 등을 중심으로 3D 프린팅 기술개발을 주도하고 있으며, 일본과 우리나라는 기술개발 및 정책 수립 초기 단계
  - 미 백악관은 NAMII를 설립하고 3D 프린팅 기술 R&D를 총괄하고 있으며, 국립 연구소 ORNL은 MDF 설립을 통한 산업계의 기술 개발을 지원
  - 영국은 대학에 연구 조직을 설립하고, 올해부터 대대적인 R&D 프로젝트를 발족하였으며 일부 가시적인 성과도 창출
  - 독일 또한 프라운호퍼 연구회를 중심으로 기술 역량을 축적하였으며, 일본은 2013년 AIST가 주관하는 3D 프린터 개발 과제 출범
  - 우리나라는 산업통상자원부와 미래창조과학부를 중심으로 산업 육성 방안 및 기술영향평가를 수행 중에 있으며, 일부 R&D 과제 수행
- 3D 프린팅 기술이 매력적이긴 하나 조형 속도, 표면 해상도, 조형물의 강도, 가공 재료 한계, 컴퓨터 복잡성 등에서 많은 한계 노출
  - (조형 속도) 가장 대중화된 FDM의 경우 약 60 cm<sup>3</sup> 플라스틱 조형물 생산에 50 분 ~ 1 시간 가량 소요<sup>55)</sup>
    - \* 사출 성형 공정은 1 분 내에 똑같은 부피의 제품을 여러 개 제작 가능
  - (표면 해상도) 해상도는 328×328×606 dpi ~ 656×656×800 dpi 사이에 분포하며, Inch 당 0.025~0.05 mm의 정확도<sup>56)</sup>
    - \* 절삭가공, 나노공정 등에서는 수십 nm대의 정밀도 구현이 가능
  - (조형물 강도) 적층 방식 제조로 인해 단층 방향의 충격에 취약
  - (가공 재료 한계) 광경화성 수지, 레이저 소결 수지, ABS 필라멘트 및 금속소재 일부만 활용 가능
  - (비싼 재료비) High-end 장비의 재료는 kg당 100~300 달러, Low-end 개인용 장비용은 kg당 15~35 달러의 비싼 가격<sup>57)</sup>
  - (컴퓨터 복잡성) 높은 디자인 해상도로 인한 상당한 컴퓨팅 능력 요구
    - \* 최대 100만 GB급의 계산 요구 사례도 발생

55) 이코노미스트 1213호, '3D 프린터 산업 성공 키워드 3D(Discount·Daily·Direction)', Cambell(2011), "Could 3D Printing Change the World", Strategic Foresight Report, Atlantic Council, October 2011

56) [www.3ders.org](http://www.3ders.org), 3D Printing Basics

57) 정보통신산업진흥원(2013), '3D 프린터, 차세대 제조업 혁신 주도 전망'

□ 기존의 절삭가공, 사출성형 기술 및 대량생산 체제를 보완하고, 공존하는 관점에서 3D 프린터 산업의 육성 필요

○ 3D 프린팅 기술의 가장 큰 장점은 시제품 제작 시간과 비용 절감 및 이를 통한 제품 혁신의 가속화

- 제품 혁신에 대한 다양한 사내 아이디어 공유 및 기획·설계의 구체화 가능
- 목업(Mock-up)을 뛰어넘어 현물에 가장 가까운 상태의 시제품을 반복 제작, 결함을 사전에 방지
- 사내 디자인 비중을 확대, 중요 제품 정보가 외부로 노출되는 위험을 사전에 차단

○ 전통 제조 기술을 대신하기보다는 짧은 Setup 시간, 공구 작동 오차 감소, 생산성 향상의 관점에서 3D 프린팅 기술이 널리 활용될 전망

- 2012년 현재 3D 프린터 장비 시장 규모는 9.9억 달러로 공작기계 시장규모의 1/100 수준에 불과
- 맥킨지는 2025년에도 대량 생산은 사출성형과 같은 전통 제조 기술이 3D 프린팅 기술보다 우위를 보일 것으로 전망
- 금형의 'Conformal Cooling Channel', 항공기 부품 등 제품 수명 주기가 길고 재료비가 비싸며, 제품 형상이 복잡한 분야에서 널리 활용 가능

□ 인공 뼈, 장기, 기타 조직 등 다품종 소량 생산 능력이 중요한 바이오·의료 분야에서는 3D 프린터가 새로운 패러다임을 제시할 것으로 기대

○ 이미 보청기 개발, 삼쌍둥이 분리 수술, 인공 뼈 이식, 의족 등에서 3D 프린터 활용 사례 확인

○ 현재 R&D와 상용화 단계 사이에 머물러 있는 3D 바이오 프린팅 기술의 완성도가 높아질 경우 개인 맞춤형 조직·장기 생산도 기대

- 미국의 Organovo와 Invetech는 2010년 인공장기를 생산할 수 있는 3D 바이오프린터 프로토타입 개발에 성공
- 향후 세포 카트리지를 이용한 장기 생산용 3D 프린터 개발이 가능할 전망



□ 3D 프린터 산업 발전이 기존 산업에 미칠 수 있는 부정적 영향력에 대한 면밀한 조사가 필요

○ 3D 프린터 산업의 파급효과는 개도국보다는 선진국 쪽이 더 클 것으로 전망

- 제조업 리쇼어링 효과 가속화, 기술 집약적 산업 구조로의 전환 시 FTA 체결 등을 통한 무역에 의한 경제 성장 정책의 한계가 발생할 우려
- 분산·소비시장 근접 생산 체제로 인한 산업단지 조성 계획의 변화, 물류·유통·재고관리 등의 일자리 감소

○ 대기업의 아웃소싱 감소에 따른 중소·중견기업 경쟁력 약화 우려

- 일본 경제산업성의 2013년 ‘모노즈쿠리백서’에서도 3D 프린팅 기술 보급 시 숙련공 가공기술의 불필요에 따른 자국 제조 경쟁력의 약화를 우려
- 총체적 관점에서 3D 프린팅 기술이 우리나라 제조업 경쟁력에 위협 인지, 기회인지에 대한 면밀한 분석 필요

□ 3D CAD S/W, 장비·재료 및 프린터 서비스, 유지보수 서비스 등 가치사슬 전반을 포괄하는 생태계 구축 관점의 발전전략 필요

○ 장비 산업 규모('12년 10억 달러)에 비해 업체 수(100여 개)가 과도하게 많은 시장 경쟁 상황에 대한 이해 필요

- 가트너의 분석과 같이 현재 3D 프린터는 기술 기대의 정점 구간에 위치하고 있어 실제 기술 능력보다 과도한 관심이 집중
- 향후 상용화 실패에 따른 시장의 기대 급감, 제품·서비스 상용화 실패 기업의 시장 퇴출이 불가피
- Stratasys와 3D Systems의 과점 체제(약 5억 달러, 추정)를 고려한다면 후발주자로서 취할 수 있는 전략에 대한 면밀한 검토 필요

○ 3D 프린팅 기술 후발 주자인 일본과 중국이 산·학·연 협력 체계를 구축하고, 추격 전략을 전개하는데 주목할 필요

- 일본은 올해 5월 출범한 주조용 모래형 개발 3D 프린터 과제에 AIST 등 산학연 9개 기관의 협력 체계 구축(그림 14 참고)

- 중국 또한 2012년 10월 베이징에 세계 최초로 3D 프린팅 기술 산업 연맹을 설립하고, 산관학 협력 가속화 및 산업표준 제정을 추진
  - \* 중국의 3D 프린터 산업 규모는 2012년 현재 1.7억 달러이며, 2015년에는 현재 규모의 10배인 17억 달러)에 달할 것으로 예측(중국 3D 프린터 기술산업 연맹)

<표 23> 중국 3D 프린터 기술 산업 연맹의 구성<sup>58)</sup>

구분	기관
대학	북경항공대, 화중과학기술대, 청화대학, 미국 드렉셀대, 화남과학기술대, 상해대, 사천대, 중국북부대
기업	HuNan Farsoon High Tech., Nanjing Zijin-Lead Electronics, Bin Hu Mecahnical & Electrical, 중항레이저, 飞而康快速制造科技有限责任公司, 이스라엘 Objet, 昆山永年先进制造公司, 鞍山煜宸科技有限公司, Bohong 그룹, Caishi Laser, 佛山峰华卓立制造技术有限公司, 成都航利集团
컨설터	G. P. Tromans Associates
협회	Asian Manufacturing Association, 南充元顺机械制造有限公司

- 한국의 우수한 제조업 경쟁력과 ICT 인프라를 활용한 3D 프린터 산업 생태계 조성
  - 장비와 재료의 병행 개발을 통한 시장 주도권 및 안정적인 매출 발생을 통한 경영 안정성 확보
    - \* 3D 프린터용 재료의 시장 규모는 2012년 4.2억 달러를 기록하였으며, 전년대비 29.2% 성장<sup>59)</sup>
    - \* 업계 1, 2위 기업인 Stratasys와 3D Systems은 2012년 매출의 25~30%를 재료 판매를 통해 획득<sup>60)</sup>
  - 휴대폰·가전 금형 등 한국이 경쟁력을 확보한 수요산업과의 연계를 통한 전용장비 개발에 역량 집중 필요
  - 일반인들이 사용하기 쉬운 다양한 SW의 개발 및 용어 등을 표준화
    - \* 3D CAD, Reverse SW<sup>61)</sup> 등이 사용하기 쉬워야 디자인 파일의 공유 및 공동 협업을 통한 창의성 발현을 촉진

58) 중국 3D 프린터 기술산업 연맹(中国3D打印技术产业联盟) 홈페이지


59) 김중호(2013), '3D Printing Industries', 2013년 한국정밀공학회 임의형상제조시스템 부문 하계강습회 자료집 및 Wohlers Associates 외

60) KB금융지주경영연구소(2013), '3D 프린터 시장 현황과 파급효과', 정보통신산업진흥원(2013), '3D 프린터, 차세대 제조업 혁신 주도 전망'에서 인용

61) 3D 스캐너로 만든 데이터의 CAD 이미지 호환

- 개인용 3D 프린터 서비스, 3D 디자인 파일 등을 거래하는 온라인 마켓플레이스 개발 등 다양한 비즈니스 모델 창출 지원
  - \* 3D 프린터 서비스 매출 규모(2012년 8억 달러)는 장비 시장 규모에 육박하며, 매물 비용과 창업 비용이 매우 낮다는 장점
- 편의점, 서점, 사무용품 매장 등을 3D 프린터 서비스 제공의 장으로 활용하는 이업종 경쟁 활성화
- 장비 + 프린팅 서비스의 융합을 통한 '장비 개발 → 장비 가동 데이터 확보 → 해석 → 차세대 장비 개발 가속화'의 선순환 조성

<표 24> Stratasys의 3D 프린터 서비스 RedEye

<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 개인/기업이 건축, 자동차, 항공, 의료 분야의 3D 설계 도면을 파일로 보내면, 조형물로 만들어 주는 서비스</li> <li>▪ 제공 3D 프린터 기술: FDM, SLA, SLS, Polyjet 등</li> <li>▪ 재료: ABS류, 폴리카보네이트류, 광경화성 수지 등 15개</li> <li>▪ 제조 방법에 따라 제작에 약 3~5일 소요, 2012년 Stratasys 전사 매출의 25% 차지</li> </ul>	
--	---

- 빠른 산업화를 위해 미국의 NAMII, Oak Ridge National Lab.의 MDF와 같은 공공 컨소시엄 구축이 시급
  - 수요기업 개별적으로 3D 프린터를 구매하지 않고도 다양한 생산 공정과 재료를 응용·실증할 수 있는 프로그램 마련
  - 산업 뿐 아니라 국방, 항공우주 등 다양한 수요분야가 함께 참여할 수 있는 장을 마련하고 민군 융합기술 개발 촉진
- 저가형 장비·재료 개발을 통한 시장 형성 태동기인 개인용 3D 프린터 시장 진입 모색
  - 2012년 현재의 개인용 3D 프린터 가격(1,100달러)은 부담스러운 수준이며, 재료 조달 또한 많은 시간과 비용 소요
  - 2,199달러짜리 MakerBot의 Replicator 2가 출시 9개월만에 11,000 대 이상 판매되었으나 이는 초기수용자(Early Adoptor) 시장에 국한
  - 장기적으로는 약 500 달러 선에서 3D 프린터 가격이 책정되고 재료 판매를 통해 수익을 창출하는 산업 구조 형성이 필요
    - \* HP는 카트리지 판매가 매출의 60%를 차지하며, 영업이익률도 15%로 매우 높은 편

:: No. 71

## 기계기술정책

Technology Policy for Mechanical Engineering

| 발행인 | 최태인

| 발행처 | 한국기계연구원 전략기획본부 전략연구실

| 발행일 | 2013.09

| 기획 · 편집 | 광기호, 박성우, 이창우, 이상민, 이정호

| 주소 | 대전광역시 유성구 가정북로 156번지

| 전화 | (042) 868-7682(전략연구실)