

## 3D 프린팅 : 새로운 산업혁명인가?

정병규(남서울대학교 교수)<sup>1)</sup>

### 국문 요약

다양한 연구기관에서 4차 산업혁명을 이끌 핵심기술로 AI, IoT, Blockchain 등의 기술과 더불어 3D 프린팅 기술을 들고 있다. 3D 프린팅은 전통적인 생산방식인 subtractive manufacturing(SM)과는 대조적으로 additive manufacturing(AM)으로 그 영향력이 매우 커 혁명이라는 용어를 사용하기도 한다. 이에 본 연구에서는 3D 프린팅 산업의 특성을 경제 관점, 생산 관점, 마케팅 관점에서 전통적인 방식과 비교하여 분석하였다. 이후 비즈니스 생태계 구축 측면에서 쟁점을 분석하였다. 끝으로 향후 연구를 위한 아젠더를 제시하였다. 본 연구는 실무적으로는 3D 프린팅을 둘러싼 핵심적인 이슈 파악 및 향후 적용을 위한 단초를 제공하였다. 학문적으로는 기존의 연구 이슈에 대해 쟁점을 정리함으로써 향후 연구를 위한 틀을 제시하였다. 향후 연구에서는 이러한 논의를 토대로 실제 사례를 중심으로 실증적인 분석이 뒷받침될 필요가 있다.

■ 중심어: 3D 프린팅, additive manufacturing, 전통적인 방식, 4차 산업혁명

## I. 서론

World Intellectual Property Organization(2015)는 역사상 가장 혁신적인 기술로 비행기, 항생제, 반도체를 꼽았다. 아울러 최근의 혁신적인 기술로 나노기술, 로봇기술과 더불어 3D 프린팅 기술을 들었다. 다양한 연구기관이나 컨설팅회사<sup>2)</sup>에서 최근 일고 있는 4차 산업혁명을 이끌 핵심기술로 AI, IoT, Blockchain 등의 기술과 더불어 3D 프린팅 기술을 들고 있다. 3D 프린팅은 다양한 분야에서 응용되고 있다. Wohlers Report(2015)에 의하면 가장 많이 활용되고 있는 분야는 산업기계분야(17.5%)이며, 뒤를 이어 소비재(16.6%), 자동차부품(16.1%), 항공분야(14.8%)라고 한다.

Berman(2012)에 의하면 3D 프린팅은 3단계에 걸쳐서 진화되어 왔다고 한다. 첫 번째 단계에서는 3D 프린팅 기술을 활용하여 건축가나 제품 디자이너들이 새로운 디자인의 prototype이나 mockup을 만드는데 활용하였다. 두 번째 단계에서는 완제품을 만드는데 활용되었다. 이 단계에서는 테스트 마케팅을 위한 제품개발용으로 많이 활용되었다. 다양한 프로토타입의 제품을 쉽게 만들 수 있어서 테스트 마켓을 보다 쉽게 할 수 있게 하였다. 세 번째 단계는 3D 프린터를 최종 소비자가 소유하고 활용하는 단계이다. 전통적인 데스크탑 프린터처럼 3D 프린터를 사용하는 것이다. 다양한 활용사례들이 나오고 있으며, 3D 프린팅 기술은 생산이나 유통의 획기

1) 저자: 남서울대학교 교수, gljoseph@nsu.ac.kr

2) Gartner, BCG, Mckinsey 등에서 4차 산업시대의 핵심 기술로 발표

· 투고일: 2019-03-05 · 수정일: 2019-06-10 · 게재확정일: 2019-06-18

적인 변혁을 가져오고 있다. 3D 프린팅 기술의 활성화를 위해 미국<sup>3)</sup>, 중국, 일본 등은 국가 전략과제로서 강력하게 추진하고 있다. 그럼에도 불구하고 Roca et al.(2017) 등 일부에선 디지털 변혁의 주역으로서 3D 프린팅 기술은 아직 시기상조라는 논점을 제시하고 있다<sup>4)</sup>.

본 연구의 목적은 다음과 같다.

첫째, 3D 프린팅이 왜 혁신적인 기술인가에 대해 그 특징을 전통적인 제조방식과 비교분석을 통해 명확히 규명해보고자 한다.

둘째, 3D 프린팅 산업을 구성하고 있는 생태계를 분석해보고, 지속적인 성장을 위한 주요 쟁점을 정리해보고자 한다.

셋째, 이를 통해 향후 학문적 연구나 실무에 적용함에 있어서 필요한 연구 아젠다를 도출하고자 한다.

## II. 전통적인 제조 방법과 3D 프린팅의 비교

### 2.1 3D 프린팅의 개념

우리가 흔히 알고있는 3D 프린팅은 Additive Manufacturing(AM)과 동일한 개념으로 사용되고 있다. 이는 전통적인 제조방식인 Subtractive Manufacturing(SM)과 대조되는 개념이다. 즉, 둥근모양의 object를 만드는 경우 전통적인 방식은 큰 판에서 필요없는 부분을 깎아내서 만든다. 이런의미에서 전통적인 제조방식(Traditional Manufacturing : TM)은 차감한다는 의미의 'Subtractive'라는 용어를 사용한다. 반면 3D 프린팅의 경우 필요한 부분을 쌓아서 만드는 방식이다. 이런 의미에서 3D 프린팅은 더한다는 의미의 'Additive' 라는 용어를 사용하여 Additive Manufacturing(AM)이라 한다. 3D 프린팅(3D Printing)이란 3D 디지털 데이터와 다양한 형태의 재료를 활용하여 입체물을 프린팅하듯 제조하는 기술을 말한다.

본 연구에서는 미국에서 많이 사용되는 AM이란 용어대신 우리에게 친숙한 3D 프린팅이라는 용어를 사용하고자 한다. 이러한 방식의 차이는 여러 측면에서 획기적인 변화를 가져오고 있으며, 그 영향력을 고려하여 제조방식의 혁명으로 보고 있는 것이다. 본 절에서는 이러한 3D 프린팅을 3가지 측면에서 전통적인 제조방식과 비교를 하고자 하며, 이를 통해 3D 프린팅의 특성을 명확히 도출하고자 한다.

### 2.2 경제적인 관점

경제적인 관점에서 살펴보면 전통적인 생산방식은 대량생산을 특징으로 하는 규모의 경제(economies of scale) 원리가 지배하였다. 반면, 3D 프린팅은 개별 맞춤형의 분산형 원리가 적용되는 개별단위 경제(economies of one)이다. 이러한 3D 프린팅은 디자인-제조-배송 패러다임에 있어서 명확한 경계가 없고, 디자인과 생산이 밀접하게 연결되어 있다. 또한, 디자인이 제조하기에 충분히 심플하면서도 동시에 고도로 커스터마이징 되면서 복잡성을 동시에 가지고 있다는 점이 경쟁우위 요소가 된다. 한편, 공급자와 제조업자, 고객의 근접성이 매우 중요하며, 지역기반 생산(localized production)이 가능하게 되었다.

3) 2013년 오바마 대통령이 연두교서에서 언급한 이후 급부상 하였음

4) 낙관론과 비관론에 대해서는 다음의 논문을 참조.

낙관론 D'Aveni(2013), "3D printing will change the world," *Harvard Business Review*, 91(2), 34.

비관론 Roca et al.(2017), "Getting past the hype about 3-D printing," *MIT SLOAN Management Review*, 58(3), 57-62.

&lt;표1&gt; 규모의 경제와 하나의 경제 비교

	economies of scale	economies of one
경쟁우위의 원천	저비용, 대량, 다양성	최종 소비자 맞춤형
공급사슬	참여자간 역할과 책임이 잘 규정 되어 있는 선형관계	참여자간 역할과 책임이 명확히 규정되어 있지 않은 비선형관계
유통	대량으로 운송비용 보전	지역 소비자와 생산자가 직접 거래
경제모델	고정비 + 변동비	대부분의 비용이 변동비
디자인	제조한계로 인해 단순화된 디자인	고객맞춤형을 위해 독창적, 복잡함
경쟁	경쟁자가 국한됨	경쟁자군이 끊임없이

### 2.3 생산 및 마케팅 관점

이러한 3D 프린팅은 <표1, 2>에서 보듯이 적은량의 생산이 가능하며 고객 맞춤형 제작이 가능하다. 또한 소비자와 근접한 거리에서의 생산(localized production) 또한 가능하다. 고도의 복잡한 디자인 제품의 생산이 용이하다.

&lt;표2&gt; 전통적인 제조 방식과 3D프린팅 방식의 비교

	전통적인 제조	3D 프린팅
생산비	규모의 경제로 인하여 생산비가 낮으나 대신 대량생산을 해야함	단위당 비용이 규모와 연관성이 적음. 따라서 대량생산의 필요성이 적음
디자인 요구사항	생산 가능한 디자인이어야 하므로 제품 디자인의 가능성을 매우 제한함	생산 가능한 디자인에 대한 요구사항이 적으므로 참신한 디자인이 가능
고정 설비비	고정 설비비를 모든 생산품에 분배	고정 설비비가 거의 없음
생산속도	일련의 제조방식으로 병목점이나 critical path에 따라 생산속도가 영향을 받음	프린트의 속도에 영향을 받으며, 병렬처리 가능
납품 속도	글로벌 시장을 대상으로 하는 경우 운송 등 리드 타임으로 인해 납품 속도가 늦어짐	현지 생산으로 인해 빠른 납품 가능
설비 활용	적절한 가동률을 유지하기 위해선 대량의 제조가 필요	적절한 가동률을 유지하기 위해 다양한 종류의 제품 생산 가능
자재	다양하고 많은 자재가 필요	통합적 활용이 가능하므로 최적의 자재만 필요
구매	구매를 위해 많은 수의 부품공급자가 필요	구매의 복잡성을 줄여주므로 효율적인 구매가 가능함
재료사용	과다한 재료 사용 및 낭비 요소 존재	과다한 재료 사용 및 낭비요소가 없으며, 리사이클링이 가능함
브랜드이미지	글로벌 시장에 진출하기 위해서는 브랜드가 글로벌해야함	인지와 신뢰를 구축하기 위해서는 지역에서의 사회적 책임과 지역 네트워크 필요
물류	부품 혹은 완제품의 국제적인 물류 체계가 필요	지역생산과 소비위주로 물류의 중요성이 줄어들음

5) Ben-Ner and Siemsen(2017)의 논문을 토대로 필자가 수정 보완함

### Ⅲ. 3D 프린팅 산업의 생태계

#### 3.1 3D 프린팅 산업의 특성

이상의 논의를 바탕으로 3D 프린팅 산업의 특성을 정리하면 <표3><sup>6)</sup>과 같다. 3D 프린팅 산업의 가장 큰 특징은 Ben-Ner and Siemsen(2017)의 논문에서도 밝혔듯이 생산의 분권화(decentralization)와 지역화(localization)이다. 또한 제조 및 유통의 mass customization이다(Deradjat and Minshall, 2017). 이는 필연적으로 Durach et al.(2017)이 이야기하는 공급사설망의 획기적인 변화를 가져오며, 나아가 제조의 혁명(Kim and David, 2014)을 가져오는 파괴적 기술이다(Manyika, et al., 2013). 경쟁관계를 포함하여 게임의 룰을 변화시키고 궁극적으로는 지속적인 산업의 변혁을 가져올것으로 보고 있다(Kothman and Faber, 2016 ; Niaki and Nonino, 2017a ; Woodson, 2015). 결국 3D 프린팅기술은 새로운 산업혁명을 가져오며 궁극적으로는 세계를 변화시킬것으로 보고 있다(D’Aveni, 2013 ; Dumitrescu and Tânase, 2016)

<표3> 3D 프린팅의 장점 및 단점

Benefits of 3D Printing	Disadvantages of 3D Printing
복잡하면서도 독특한 형상을 만들 수 있음	소재, 디자인, 소프트웨어 등에 필요한 교육투자가 있어야함
전통적인 제조방법에 비해 원자재 낭비를 줄일수 있음	최종 제품의 마감처리 부분
최소의 노력으로 고객맞춤형 디자인이 가능	프린트 속도와 처리능력
경제적으로 RP <sup>7)</sup> 가 가능	품질관리
즉석에서 제조가 가능하며, 공급사설을 단순화할수 있음 리드타임을 단축할수 있고 재고를 줄일수있음	원재료의 이용가능성, 다양성, 수용능력
소비시점에서 제조가 가능함	지적재산권과 윤리문제

#### 3.2 3D 프린팅 산업의 생태계 구성

하나의 산업 생태계를 구성하는 요소들은 매우 다양하다. 비즈니스 생태계는 Moore(1993)가 하버드 비즈니스 리뷰지 논문에서 제시한 개념이다. 이후 비즈니스 생태계라는 개념은 특히 정보통신(ICT) 분야에서 널리 적용되어 오고 있다. 고객에게 유용한 가치를 제공하기 위한 조직도 하나의 유기체와 비슷하게 탄생하고 성장하고 소멸하는 과정을 거치게 된다는것이며, 하나의 생태계는 다른 생태계와 경쟁하면서 생존 발전해간다는 것이다.

3D 프린팅산업은 프린터자체를 제조하는 하드웨어부분과 이를 활용하기위한 소프트웨어 및 가공용 데이터 그리고 가공을 위한 소재부분으로 구성되는 3D 프린팅 산업 고유부분과 3D 프린팅부분과 타 산업을 결합한 산업융합부분으로 나눌수 있다. 4차산업혁명에서의 3D 프린팅의 파급효과를 이야기 할 때는 후자에 초점을 두고 있다. 후자 부분의 응용분야는 소품부터 인공장기에 이르기까지 무궁무진하다.

6) Rylands, Böhme, Gorkin, Fan and Birtchnell(2016)의 논문을 토대로 필자가 수정 보완함

7) RP(Rapid Prototype) : 다른 중간 과정 없이 설계 단계에 있는 3차원 모델을 실용적이고 현실적인 모형이나 시제품(prototype)으로 빠르게 생성하는 기술

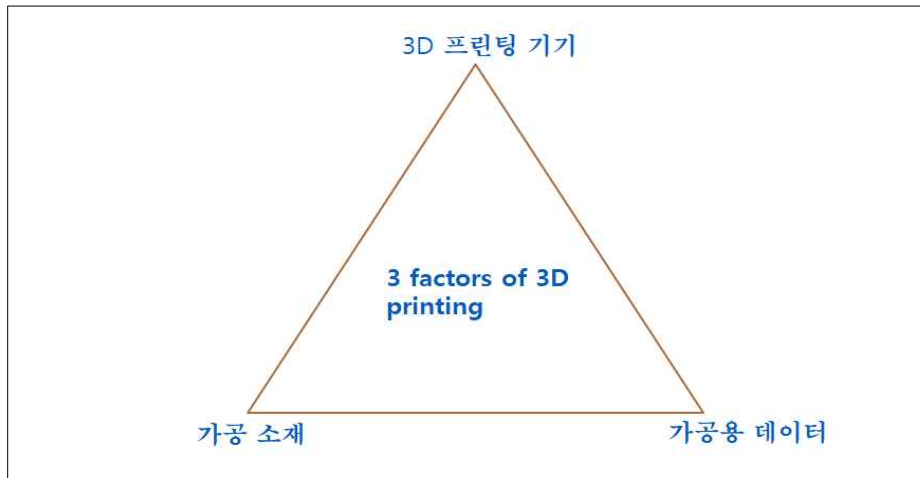


그림1. 3D 프린팅의 3대 요소

3D 프린팅 산업 고유부분은 하드웨어와 소프트웨어 및 데이터, 가공소재 3개의 축이 상호작용하면서 발전해 오고 있으며, 이들 사이에는 최소화 법칙(law of minimum)<sup>8)</sup>이 적용되고 있다. 한편, 권혁인 등(2016)은 3D 프린팅 산업의 생태계 모형에 관한 연구를 한 결과 그림과 같이 3D 프린팅 비즈니스 생태계를 산업융합을 중심으로 지원기술개발 레이어와 산업통제체계 레이어로 나누어 구성하였다.

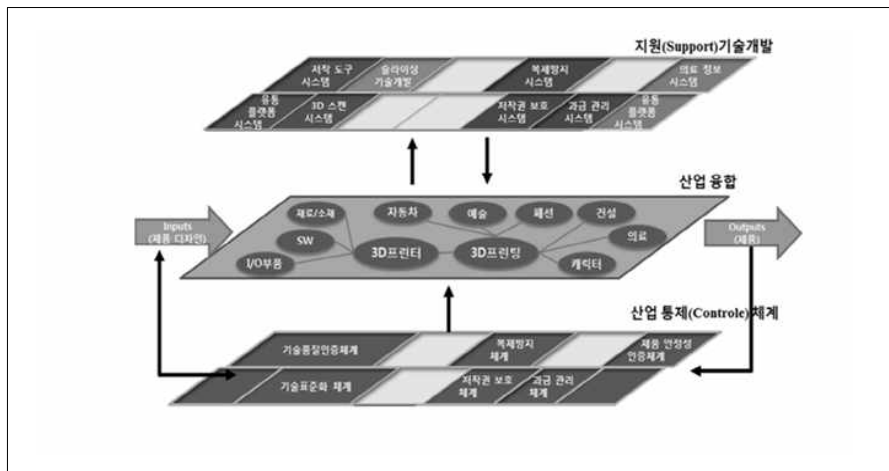


그림2. 3D 프린팅의 비즈니스 생태계

산업융합 레이어는 타 산업과의 융·복합을 통해서 부가가치 효과를 얻을 수 있는 부분과 관련이 있다. 즉, 다품종 대량생산(mass customization)으로 제조업의 서비스화를 실현할 수 있는 기술이다. 다양한 산업 간의 융합 및 복합이 가능하게 하는 기술로서 산업을 확장시킬 수 있다. 지원기술 레이어는 이러한 융·복합산업 레이어를 뒷받침하기 위해서 필요한 것이다. 지원기술 레이어는 관련 IT와 R&D, 소프트웨어의 개발과 같이 특정한 목표를 달성하기 위해 추가적으로 요구되는 것들이다. 지원 시스템의 발전을 통해 융복합 산업의 범위를 확대시키고 아울러 생산 및 유통의 혁신을 가져올 수 있다. 결국 산업 활성화 기반으로 의미가 있다. 산업통제 레이어는 산업발전에 필요한 제도적 장치를 마련하는 부분이다. 3D 프린팅 생태계의 외부 환경이다. 지적재산권보호, 복제방지, 과금체계, 표준화, 안정성 등 다양한 요소들에 대한 고려와 가이드 라인을 만드는 부분이다. 이는 3D 프린팅

8) 독일의 화학자인 리비히(Justus von Liebig)가 주장함. 전체의 성과는 구성요소중 가장 약한것에 영향을 받게되고 약한 것의 최대치가 전체 성과가 된다. 3D 프린팅의 품질은 하드웨어, 소프트웨어 및 데이터, 가공소재중 가장 발전이 덜 된것에 의해 좌우된다.

산업이 건전하게 육성되기 위해 반드시 필요한 부분이다. 결국 3D 프린팅 생태계는 이러한 3가지 레이어가 유기적으로 작동될 때 성장의 모멘텀을 가질수 있게 된다.

이러한 생태계가 갖는 기회요소를 분석하기 위해서는 다음 사항이 고려되어야 한다. 첫째, 공급체인을 단순화 시키면서 고객이 있는 시장 가까이에서 생산하는 것으로 초점이 옮겨지는데 이때 비용 대비 효과는 무엇일까 하는 점 둘째, 기술혁신, 제품개발, 시장에 3D 프린팅이 빠르게 대응할 수 있는 방안 셋째, 3D 프린팅을 통한 다 품종 대량생산(mass customization)이 가능해짐에 따라 고객과의 새로운 관계 정립방안이다.

반면, 위험요소를 분석하기 위해서는 다음 사항 역시 고려할 필요가 있다. 첫째, 새로운 기술을 가진 경쟁자가 나타나서 내가 가지고 있는 이점(속도, 비용, 고객맞춤성 등)이 없어질 가능성 둘째, 디지털로 공유되는 데이터에 대한 지적재산권 보호 방안 셋째, 자사만의 독특한 디자인이 디지털 파일 형식으로 공유되면서 변질되거나 변형 될 가능성이 있으며, 이 경우 브랜드의 품질이 손상될 우려가 있는데 이에 대한 대응 방안이다.

## IV. 3D 프린팅 산업의 쟁점 및 연구 아젠더

### 4.1 3D 프린팅 산업의 쟁점

이러한 생태계를 가지고 있는 3D 프린팅 산업에서 큰 쟁점의 하나는 이 산업에 대한 미래 예측부분이다. 하버드 비즈니스 스쿨의 일련의 학자들은 2013년에 3D 프린팅이 세상을 바꿀것이라는 전망을 학문적인 차원에서 제시하였다(D'Aveni, 2013). 이에 대해 MIT의 Roca 교수 등(2017)은 3D 프린팅 산업은 과장되었다고 하였다. 3D 프린팅 관련하여 다양한 도전 과제들이 존재하고 있는데, 대표적인 것은 다음과 같다. 3D 프린팅은 다음과 같은 이유에서 산업의 변혁(industrial transformation)을 가져올 것으로 보고 있다.

첫째, 디자이너는 3D 프린팅을 통해 프로토타입을 빠르게 개발할수 있게 됨에 따라 저비용으로 디자인 제품의 제작이 가능하게 되었으며, 이로 인해 기존 방식보다 시장에 보다 빠르게 출시 할수 있게 되었다.

둘째, 제조업자들은 3D 프린팅을 통하여 조립공정이 없는(assembly-free) 최종 제품 생산이 가능하게 되었으며, 이로 인해 제조방식의 digital transformation이 가속되고 있다.

셋째, 3D 프린팅을 통해 소비자들은 자신이 필요한 제품을 직접 생산하는 것이 가능하게 되었다. 이는 전통적인 제조방식을 무너뜨리는데 큰 영향을 끼치게 될 것이다.

넷째, 제조하고자 하는 제품의 복잡성이나 형태와 비교적 무관하게 비용(cost of operating)이 일정하게 든다.

다섯째, 비용의 큰 증가없이 디자인의 복잡성을 증대시킬 수 있으므로 결과적으로 기업은 디자인과 제품의 성능을 크게 향상 시킬수 있게 되었다.

여섯째, 고객은 추가 비용의 지불없이 본인의 취향에 맞게 변경하거나 변형을 가할수 있다. 따라서 자신의 기호에 맞추어 비용을 최소화 하면서 맞춤형 아이템을 생산하는 것이 가능하게 된다.

반면 비판론적인 관점을 가진 학자<sup>9)</sup>들은 다음과 같은 논지를 제시하였다.

첫째, 3D 프린팅의 이점을 강조하지만, 여전히 제조에 있어서 규모의 경제 이점이 있다.

둘째, 제조에 있어서 공급체인 역시 유효하며, 쉽게 바뀌지 않을 것이다.

셋째, 3D 프린팅은 반도체와 달리 제조기기 즉 3D 프린터를 기반으로 하기 때문에 무어의 법칙(Moore's Law)<sup>10)</sup>을 적용되기 힘들며, 따라서 다른 기술과 달리 폭발적인 성장에는 분명 한계가 있다는 점이다.

넷째, 기타 여전히 논란이 되고 있는 건강 및 안정의 문제, 법적 및 사회적 문제 등이 존재하고 있다.

따라서 3D 프린팅은 전통적인 방법으로 제조되는 복잡한 부품을 쉽고 경제적으로 만들 수 있다. 3D 프린팅은

9) Woodson(2015), Roca et al.(2017) 논문 참조

10) 고든 무어(Gordon Moore)가 마이크로칩의 용량이 매년 2배가 될 것으로 예측하며 만든 법칙으로, 1975년 24개월로 수정되었고, 그 이후 18개월로 수정되었음

점점 고객 인접 지역에서 생산이 가능하게 한다. 대량생산을 다품종 대량생산(mass customization)으로 대체가 가능하다는 일련의 주장들은 아직 검증되지 않은 하나의 신화에 불과할 뿐이며, 이러한 기대는 향후 수십년간 현실화되지 않을 것이다.

## V. 결 론

3D 프린팅과 그 활용사례에 대해선 언론을 통해 많이 전파되고 있으며 나아가 4차산업혁명을 이끌 핵심 기술 중의 하나로 손꼽혀 오고 있다. 생산과 유통의 민주화 내지 분산화를 가능하게 하는 3D 프린팅은 미국과 중국을 중심으로 급속히 다양한 산업분야에 응용되고 있다. 그럼에도 불구하고 한국의 경우 극히 일부를 제외하고 학자들이 이야기하는 새로운 생산 유통의 패러다임으로 자리를 잡지 못하고 있는 것 또한 현실이다.

이러한 시점에서 학문적인 차원에서 3D 프린팅의 기저가 되는 부분을 분석한 것은 향후 한발 더 진전하기 위해 필요한 작업이었다. 3D 프린팅은 전통적인 제조방식과 달리 다양한 특징을 가지고 있는데 이를 전통적인 제조방식과 경제적인 관점, 생산적인 관점, 마케팅적인 관점에서 비교를 통해 특징을 도출하였다. 아울러 지속적인 성장을 위해 3D프린팅 산업이 활동하는 생태계에 대해 분석하였으며, 이 생태계가 잘 작동하기 위해 고려해야 할 쟁점들을 다루었다. 끝으로 향후 3D 프린팅 산업에 대해 학문적 연구나 실무적인 적용함에 있어서 계속 연구해야 할 아이템에 대해 기술하였다.

본 연구는 실무적으로는 3D 프린팅을 둘러싼 핵심적인 이슈를 파악할수 있고 향후 적용을 위한 단초를 제공하였으며, 학문적으로는 기존의 연구 이슈에 대해 쟁점을 정리하므로써 향후 연구를 위한 틀을 제시하였다. 향후 연구는 이러한 논의를 토대로 실제 사례를 중심으로 실증적인 분석이 뒷받침되고 구체화 되어야 할 필요가 있다.

## REFERENCE

- 권혁인, 김현경, 정순규(2016). “신기술 혁신 모델에 기반한 3D 프린팅 산업 비즈니스 생태계 모형에 관한 연구,” *정보화연구*, 13(1), 29-41.
- Ben-Ner, A., and E. Siemsen(2017), “Decentralization and localization of production : The organizational and economic consequences of additive manufacturing(3D printing),” *California Management Review*, 59(2), 5-23.
- Durach, C. F., S. Kurpjuweit, and S. M. Wagner(2017), “The impact of additive manufacturing on supply chains,” *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 47(10), 954-971.
- D’Aveni, R.A.(2013), “3D printing will change the world,” *Harvard Business Review*, 91(2), 34.
- Deradjat, D., and T. Minshall(2017), “Implementation of rapid manufacturing for mass customisation,” *Journal of Manufacturing Technology Management*, 28(1), 95-121.
- Dumitrescu, G. C. I., and I. A. Tanase(2016), “3D printing-A new industrial revolution,” *Knowledge Horizons-Economics*, 8(1), 32-39.
- Gibson, I. (2017), “The changing face of additive manufacturing,” *Journal of Manufacturing Technology Management*, 28(1), 10-17.
- Holzmann, P., R. J. Breitenecker, A. A. Soomro, and E. J. Schwarz(2017), “User entrepreneur business models in 3D printing,” *Journal of Manufacturing Technology Management*, 28(1), 75-94.

- Jonsson, P., and J. Holmström(2016), "Future of supply chain planning : Closing the gaps between practice and promise," *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 46(1), 62-81.
- Kim, J., and R. David(2014), "3D printing : A revolution in the making," *University of Auckland Business Review*, 17(1), 16-25.
- Kothman, I., and N. Faber(2016), "How 3D printing technology changes the rules of the game : Insights from the construction sector," *Journal of Manufacturing Technology Management*, 27(7), 932-943.
- Manyika, J., M. Chui, J. Bughin, R. Dobbs, P. Bisson, and A. Marrs(2013), "3D printing," in *Disruptive Technologies: Advances That Will Transform Life, Business, and the Global Economy*, Mckinsey Global Institute, 106-114.
- Ryan, M. J., D. R. Eyers, A. T. Potter, L. Purvis, and J. Gosling(2017), "3D printing the future : Scenarios for supply chains reviewed," *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 47(10), 992-1014.
- Moore, J. F.(1993), "Predators and prey: A new ecology of competition," *Harvard Business Review*, 71(3), 75-86.
- Niaki, M. K., and F. Nonino(2017a), "Impact of additive manufacturing on business competitiveness : A multiple case study," *Journal of Manufacturing Technology Management*, 28(1). 56-74.
- Niaki, M. K., and F. Nonino(2017b) "Additive manufacturing management : A review and future research agenda," *International Journal of Production Research*, 55(5), 1419-1439.
- Oettmeier, K., and E. Hofmann(2016), "Impact of additive manufacturing technology adoption on supply chain management processes and components," *Journal of Manufacturing Technology Management*, 27(7), 944-968.
- Petrick, I., and T. W. Simpson(2013), "3D printing disrupts manufacturing : How economies of one create new rules of competition," *Research-Technology Management*, 56(6), 12-16.
- Rindfleisch, A., M. O'Hern, and V. Sachdev(2017), "The digital revolution, 3D printing, and innovation as data," *Journal of Products Innovation Management*, 34(5). 681-690.
- Roca, J. B., P. Vaishnav, J. Mendonça, and M. Granger(2017), "Getting past the hype about 3-D printing," *MIT SLOAN Management Review*, 58(3). 57-62.
- Rogers, H., N. Baricz, and K. S. Pawar(2016), "3D printing services: Classification, supply chain implications and research agenda," *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 46(10), 886-907.
- Rogers, H., C. Braziotis, and K. S. Pawar(2017), "Special issue on 3D printing: Opportunities and applications for supply chain management," *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 47(10), 950-953.
- Rylands, B., T. Böhme, R. Gorkin, J. Fan, and T. Birtchnell(2016), "The adoption process and impact of additive manufacturing on manufacturing systems," *Journal of Manufacturing Technology Management*, 27 (7), 969-989.
- Sasson, A., and J. C. Johnson(2016), "The 3D printing order : Variability, supercenters and supply chain reconfigurations," *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 46(1), 82-94.



- Spekman, R., and E. W. Davis(2016), "The extended enterprise : A decade later," *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 46(1), 43-61.
- Steenhuis, H., and L. Pretorius(2017), "The additive manufacturing innovation : A range of implications," *Journal of Manufacturing Technology Management*, 28(1), 122-143.
- Steenhuis, H., and L. Pretorius(2016), "Consumer additive manufacturing or 3D printing adoption : An exploratory study," *Journal of Manufacturing Technology Management*, 27(7), 990-1012.
- Tay, Y. W. D, B. Panda, S. C. Paul, N. A. N. Mohamed, M. J. Tan, and K. F. Leong(2017), "3D printing trends in building and construction industry: A review," *Virtual and Physical Prototyping*, 12(3), 261-276.
- WIPO(2015), World Intellectual Property Report, Breakthrough Innovation and Economic Growth, Economics & Statistics Series, WIPO Publication No. 944E ISBN978-92-805-2680-6, available online at [http://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo\\_pub\\_944\\_2\\_015.pdf](http://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_944_2_015.pdf)
- Wirth, M., and F. Thiesse (2014), "Shapeways and the 3D printing revolution," *Twenty Second European Conference on Information Systems*, Tel Aviv 2014, 1-14.
- Wohlers, T. T., and T. Caffrey(2015), Wohlers Report 2015 : 3D Printing and Additive Manufacturing, *State of the Industry Annual Worldwide Progress Report*, Wohlers Associates, Fort Collins, Colorado
- Woodson, T.(2015), "3D printing for sustainable industrial transformation," *Development*, 58(4), 571-576.

## 3D Printing : A New Industrial Revolution?

Chung, Byoung-gyu<sup>1)</sup>

### Abstract

Many research or consulting institute referred to Artificial Intelligence, Internet of Things, Blockchain technology and 3D Printing as key driving forces and technologies of 4th industrial revolution. Compared with traditional manufacturing as a subtractive manufacturing(SM), 3D printing technology as an additive manufacturing(AM) will revolutionary impacts on many industries. This study compared 3D printing with traditional manufacturing in the economic, manufacturing, and marketing perspectives. This study also analyzed issues of 3D printing for the purpose of building business ecosystem. Finally agenda for the further research were suggested.

*Keywords: 3D Printing, Additive Manufacturing, Traditional Manufacturing, 4th Industrial Revolution*

---

1) Author, Professor of Nam seoul University, gljoseph@nsu.ac.kr

## 제1 저자 소개

- 정 병 규(Chung, Byoung-gyu)
- 남서울대학교 교수, 경영지도사
- NIPA, IITP 4차산업관련 평가위원

<관심분야> : ICT전략 및 마케팅, AR/VR 및 3D 프린팅 비즈니스, 고객여정, 4차산업기술수용