

3D프린터용 설계데이터의 저작권보호와 원격출력을 지원하는 오픈마켓 시스템 개발

김성균 · 유우식[†]

인천대학교 산업경영공학과

Development of a 3D Printing Open-market System for Copyright Protection and Remote 3D Printing

Sung Gyun Kim · Woosik Yoo

Department of Industrial and Management Engineering, Incheon National University

The 3D printing is any of various processes for making a three dimensional object of almost any shape from a 3D model. Recently, a rapidly expanding hobbyist and home-use market has become established with the inauguration of the open-source RepRap and Fab@Home projects. However, this causes problems regarding copyright protection and usage of illegal 3D data.

In this paper, we developed a 3D printing open-market system, which guarantees copyright protection using the remote 3D printing without direct distribution of 3D design data. Because most of the home-use 3D printers are FFF (Fused Filament Fabrication) based on NC code system, open-market system uses FFF 3D printers. Also, open-market system inspects the uploaded 3D model data, so the system can prevent distribution of illegal model data such as weapons, etc.

Keywords: 3D printer, Remote 3D printing, Copyright protection, Open market, Fused filament fabrication

1. 서론

3D프린팅 기술은 플라스틱이나 금속 등의 소재를 3차원 설계 데이터를 기반으로 점진적으로 얇은 층을 쌓아 가공하는 적층 제조법(Additive Manufacturing)을 말한다. 미국 NBC방송에서는 캐나다의 한 남성이 3D프린터로 3일만에 걸쳐 22구경 소총을 만들어 발사에 성공했다고 보도한 바 있다(Choi, 2013). 또한, 오센타이즈(Authentise)라는 스타트업기업이 3D프린팅에 따른 도안의 공유를 막기 위해 DRM서비스를 개발해 2013년 10월부터 서비스를 시작했다고 한다(Lee, 2014). 이처럼 3D프린터산업의 저변확대를 위해서는 3D설계데이터의 유통에 있어서 불법무기 등의 생산방지와 설계데이터의 불법다운로드 등의 지적재산권 보호 등의 체계가 필요할 것으로 예상되고

있다.

특히, 3D프린터의 저변확대에 있어서 3D모델링에 대하여 생소한 일반사용자가 3D프린터용 3D설계데이터를 손쉽게 구하고, 또한 설계데이터를 제작하는 설계자의 권리 보호를 위해 저작권을 보호할 수 있는 3D설계데이터의 거래유통시스템은 3D프린팅 시장에 있어서 필수적이라고 할 수 있다(Kim, 2013; Cho and Lee, 2014; KOCCA, 2014; Park, 2013). 이와 관련된 문제는 지적재산권(Intellectual Property)문제로 다루어지며, 저작권(Copyright), 특허(Patent), 디자인(Design), 상표(Trade-mark)의 네 가지 문제로 분류하고 있다(Jeppe and John, 2014; Michael, 2013; Santoso *et al.*, 2013; Desai and Magliocca, 2013).

본 논문에서는 이러한 문제 중에서 3D프린터와 관련한 저작권을 다룰 수 있는 기술적인 방법을 제시하고자 한다.

[†] 연락저자 : 유우식, 406-840 인천광역시 연수구 송도동 12-1번지 인천대학교 산업경영공학과, Tel : 032-835-8488, Fax : 032-835-0777, E-mail : wsyoo@incheon.ac.kr

2014년 10월 1일 접수; 2014년 12월 9일 수정본 접수; 2015년 1월 5일 게재 확정.

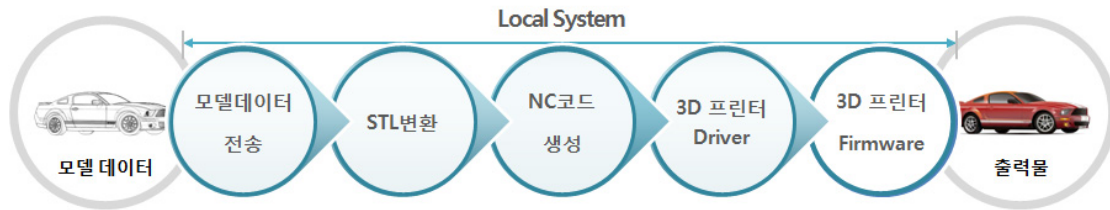


Figure 1. General 3D printing process

3D설계데이터의 저작권보호의 방법으로 오센타이즈의 경우 처럼 DRM(Digital Rights Managements)을 고려해볼 수 있다. 신일순 외(2010)에서는, 복사본의 품질이 정품의 품질과 별로 차이가 없어지고, DRM의 복제 방지의 효과성이 떨어지는 상황에서는 DRM-free 형태의 판매방식이 판매자의 이윤극대화 와 부합된다고 한다(Shin and Ahn, 2010). 이러한 측면은 음원 데이터유통이나 음원서비스시장을 대상으로 분석한 것으로 데이터의 저작권 문제가 대두되고 있는 3D프린팅 시장도 크게 다르지 않을 것이라고 생각되는데, 이것은 3D설계데이터 는 데이터의 정확도를 보장해야 하므로 정품과 복사본의 품질 차이가 없어야 하고, 3D스캐너 등을 이용하여 3D설계데이터 의 복제생성이 가능하여 복제방지의 효과성이 떨어지므로 신 일순 등의 연구결과에 부합한다고 할 수 있다.

본 연구에서는 3D프린터를 사용하는 일반 사용자가 궁극적 으로 원하는 것은 데이터가 아닌 3D프린팅 출력물이라는 것 에 착안하여, 3D프린터가 출력을 하는 과정에서만 데이터를 휘발성으로 보관하는 방법을 통하여 저작권을 보호하는 방법 으로 3D프린팅 원격출력 기술을 개발하고, 이를 통한 3D모델 데이터 유통서비스를 개발하고자 한다.

2. 연구 내용

2.1 개발환경

본 연구에서는 가정용으로 가장 활발하게 개발되고 있는 RepRap기반의 FFF방식 3D프린터를 대상으로 서비스를 설계 하였다. RepRap은 Replication Rapid-prototyper의 약어로 2004 년 영국 Bath대학의 아드리안 보이어(Adrian Bowyer) 교수의 아이디어로 시작된 오픈소스 프로젝트이다. FDM(Fused Deposition Modeling)은 3D프린터 제조사인 Stratasys사의 설립자인 Scott and Lisa Crump에 의해 개발된 기술로 1991년 FDM이라는 이름으로 처음 관련 장비를 상용화하여 출시하였다. FDM방 식은 개발자 Scott Crump이 그의 어린 딸을 위해 폴리에틸렌과 양초 왁스의 혼합물을 글루건을 이용하여 장난감 개구리를 적 층하는 간단한 장치를 개발한 것이 계기가 되어 현재의 FDM 기술까지 발전한 것으로 알려져 있다. FDM방식은 RepRap 오픈소스 3D프린터 프로젝트에서 FFF(Fused Filament Fabrication)방식으로 명명하였으며, 원리는 같지만 기존 FDM방식보 다 조금 더 개인용 하드웨어로써 용이하도록 간소화시켰다.

RepRap은 시장에서 개인용 3D프린터 확산을 주도하고 있고, 많은 스타트업 기업들이 개발 및 생산 보급하고 있다. RepRap 은 현재 멘델, 프루사 멘델, 다윈, 렉슬리 등의 모델을 지원하 고 있다.

3D설계데이터가 3D프린터에 의해 조형되기까지의 과정은 <Figure 1>과 같다.

3D모델러로 모델링된 3D설계데이터를 STL파일로 변환한 후에 슬라이서를 이용하여 NC코드(수치제어코드)를 생성한다. 대체로, FFF방식의 3D프린터들은 시리얼통신을 통하여 데이 터를 전달하는데, 슬라이서를 통하여 생성된 NC코드를 별도 의 Host SW를 이용하여 3D프린터에 전달하고, 펌웨어는 전달 된 NC코드를 해석하여 조형물을 출력하게 된다.

3D프린터로 조형물을 가공하는 과정에서 Host SW는 펌웨 어로 NC코드를 라인별로 전송하고, 펌웨어는 한 개의 라인을 전송받아 해석한 후 Host SW로 “OK” 등의 응답을 하게 되 는데, 이처럼 한줄 한줄 전송하는 방법을 Drip-Feed방식이라고 한다.

본 연구에서는 이러한 Drip-Feed전송방식을 네트워크를 통 하여 전송하는 방법을 이용한다면 설계데이터를 배포하지 않 더라도 원격으로 3D프린팅이 가능하다는 아이디어에서 시스 템을 설계하였다.

2.2 전체 시스템 구성

<Figure 2>는 3D프린터용 설계데이터의 저작권보호와 검 증 및 원격출력을 지원하는 거래시스템의 구성도이다. 거래 시스템 상에서 판매자와 구매자는 인터넷을 통해 연결되어 있으며, 판매자는 3D모델 데이터를 데이터 거래시스템 서버 에 저장할 수 있고, 구매자는 데이터 거래시스템 웹 서버에 접속하여 자신이 원하는 3D설계데이터 대한 출력서비스를 요 청하도록 구성되어 있다. 판매자의 3D모델 데이터는 파일서 버에 저장되는데, 운영자는 데이터 거래시스템에 등록된 데이터를 검수하여 불법물품에 대해서는 삭제하거나 구매자 가 검색하지 못하도록 함으로써, 데이터 거래시스템 서버에 서 해당 물품에 대한 서비스를 제공받지 못하도록 할 수 있다. 등록된 3D설계데이터를 구매자가 데이터 거래시스템 웹서버 에 접속하여 확인하고자 할 때, 구매자의 컴퓨터에서 시각적 으로 확인할 수 있도록 시뮬레이션용 웹브라우저 플러그인을 제공한다.

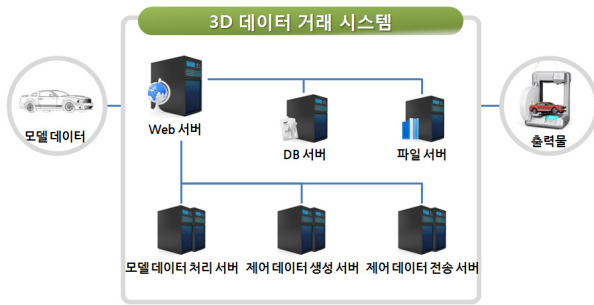


Figure 2. System configuration

모델 데이터 처리서버는 데이터파일의 포맷변환 및 구조해석을 통한 지지대 생성을 위하여 설계되었다. 제어데이터 생성서버는 구매자의 3D프린터 정보를 입력받아 슬라이서 모듈을 이용하여 NC코드를 생성하는 서버이다. 제어 데이터 전송 서버는 구매자의 컴퓨터상의 웹브라우저 플러그인으로 개발된 3D프린터 출력 플러그인과 실시간 통신기능을 이용하여 제어데이터 생성서버로부터 생성된 NC코드를 구매자의 컴퓨터로 전송하는 기능을 담당하는 서버이다. 생성된 NC코드를 일부분씩 전송하여 구매자의 3D프린터에서 일부분씩 출력하는 작업을 반복함으로써 입체모형이 출력되게 된다. 이러한 방법을 통하여 3D모델 데이터를 직접 다운받지 않고, 구매자가 원하는 최종출력물을 출력함으로써 3D모델 데이터의 유통을 제한하게 된다.

개발 시스템은 서버에서 3D모델 데이터를 STL데이터로 변환하고 구매자의 3D프린터 정보를 이용하여 NC코드를 생성한 후 웹 플러그인SW와 서버의 통신을 이용하여 부분적 출력을 반복함으로써 3D프린팅을 완성하는 것이 핵심으로 <Figure 3>의 원격시스템(remote system)이 기존 출력방식과 원격 3D출력방식의 차이점이다. <Figure 3>처럼 원격 3D출력은 STL변환 및 데이터 전처리과정과 NC코드 생성과정이 원격서버에서 이루어지는 것이 특징이다.

2.3 원격 3D 프린팅

최근 많은 스타트업 기업들이 개발 및 생산보급하고 있는 RapRep 오픈소스기반의 FFF방식 프린터는 NC-Code기반 3D프린터라고 한다. 이 방식의 3D프린터들은 Drip-Feed방식의 출력제어방법을 제공하는데, 이는 물방울을 떨어뜨리는 것처럼 슬라이서 프로그램으로부터 생성된 NC-Code를 출력제어

프로그램이 한개 라인씩 전송하면 펌웨어에서 'OK' 신호를 응답하는 전송방법이다. 인터넷 상에서 서버에서 동작하는 출력 제어 프로그램이 원격지의 컴퓨터에 연결된 3D프린터의 펌웨어로 Drip-Feed방식으로 생성된 NC코드를 전송하는 것이 원격 3D프린팅의 핵심 아이디어이다.

일반적으로 RepRap기반의 FFF 3D프린터는 Drip Feed방식의 프린팅을 표준으로 사용하고 있으며, 이는 슬라이서와 Host SW의 오픈소스기반 SW사이에서의 호환성을 위함이다. 따라서, 본 논문에서 제시하는 Drip Feed방식을 이용한 원격 프린팅에서는 대부분의 FFF 3D프린터에서 사용가능하며, 오픈소스 슬라이서 등에서 사용하는 FFF 3D프린터의 물리적 특징은 다음과 같다.

- ① Machine setting : Max Width, Max depth, Max Height, Extruder count, build area shape
- ② Printer Head size
- ③ Communication setting : Serial port No. Baudrate
- ④ Slicing setting : Layer height,
- ⑤ Filament setting : Diameter
- ⑥ Temperature setting : Extruder, Bed

위의 세팅 변수들을 사용자가 작성하고 기본 세팅들을 제품별로 DB화하여 FFF방식의 출력에 문제가 되지 않을 것으로 판단된다.

원격 3D프린팅의 장점은 3D모델 데이터를 유통하지 않고도 고객이 원하는 3D출력물을 획득함으로써, 저작권 침해의 대상인 3D모델 데이터의 저작권을 보호할 수 있어, FFF방식을 주로 사용하게 되는 일반사용자를 대상으로 의미가 크다고 할 수 있다.

2.4 제어데이터 생성(슬라이서)

슬라이서는 Cura Engine을 사용하여 개발하였으며, Cura Engine은 TCP/IP Socket통신을 이용하여 GUI와 인터페이스하도록 구성되어 있다.

본 연구에서는 TCP/IP 서버 Socket 통신과 DB인터페이스를 통하여 슬라이싱 과정을 처리하도록 개발하였다. <Figure 4>는 개발된 제어데이터 생성서버의 개요이다. 개발 시스템은 사용자 요구를 Web Application Server와 Socket통신을 이용하여 처리하며, 데이터에 대한 전달은 DB를 이용하여 처리한다.

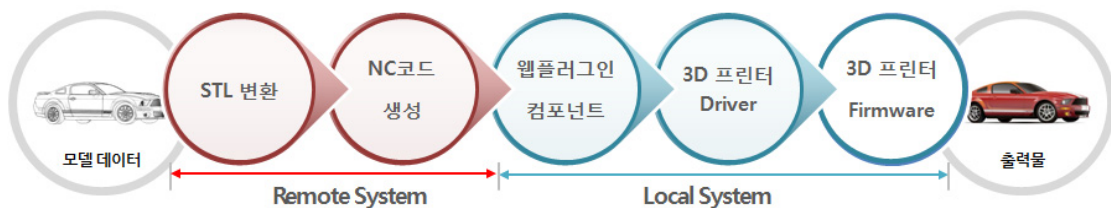


Figure 3. The developed 3D printing process

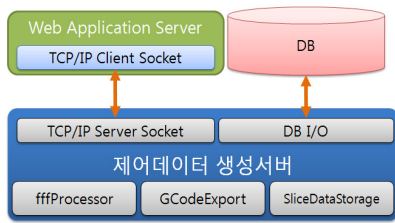


Figure 4. The NC-Code Generation server using the Cura-Engine

2.5 3D설계데이터 오픈마켓 시스템

본 연구개발을 통해 개발된 3D설계데이터 거래시스템은 일반적인 오픈마켓의 구성과 크게 다르지 않다. <Figure 5>는 3D설계데이터 거래시스템의 업무구성이다. Front Shop는 고객들이 구매활동을 하는 업무, Front Office는 운영자 및 판매자가 처리하는 업무, Back Office는 관리자가 처리하는 업무, ERP는 기업의 내부 ERP시스템과의 연동업무 처리 영역으로 Front Shop, Front Office, Back Office, ERP의 4가지 부분으로 분류하였다.

<Figure 6>은 3D설계데이터 거래시스템의 구매흐름도이다. 구매는 회원구매를 원칙으로 설계하였고, 상품을 검색하여 STL뷰어를 통하여 시물레이션 하여 사용자가 모델을 확인한 후 장바구니에 담고, 구매를 진행하면 구매한 포인트를 이용하여 결제하는 방식이다.



Figure 5. The Business processes of 3D data open-market service

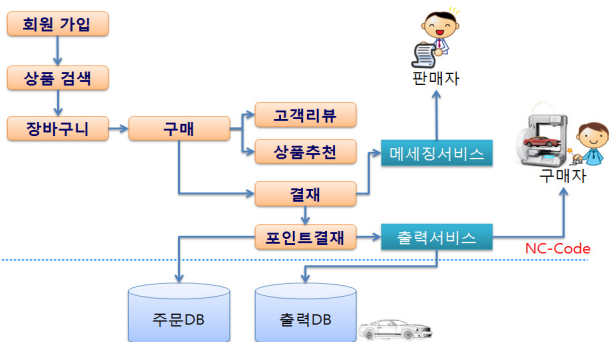


Figure 6. The process of 3D data open-market service

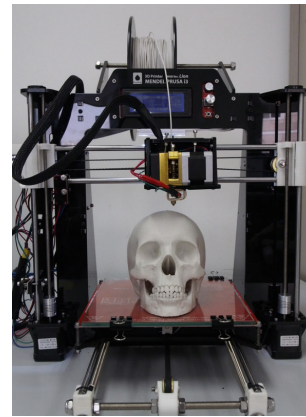


Figure 7. Picture of Remote 3D Printing

<Figure 8>은 3D설계데이터 거래시스템의 프레임워크 구성도로써 거래시스템은 Java기반의 MVC(Model-View-Controller) 패턴의 개발 프레임워크인 Java + Spring 3.1 프레임 워크를 사용하여 구성되었으며 ORM(Object Relation Mapping)은 MyBatis3를 사용하고 있다. TCP/IP Adapter클래스를 이용하여 제어 데이터 생성서버나 제어 데이터 전송서버와 TCP/IP 소켓을 이용하여 통신하고 있으며, Deferred Service를 이용하여 예약작업 등을 처리한다.

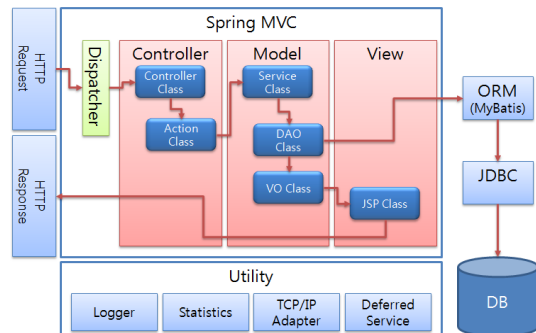


Figure 8. 3D Open-Market Service S/W framework configuration

2.6 기대효과

본 연구개발을 통하여 개발된 3D설계데이터 거래시스템은 인터넷 데이터 오픈마켓시스템을 통하여 데이터를 판매 또는 구매하는 시스템으로서, STL 데이터 등의 설계데이터를 실제 유통하지 않으면서 소비자가 원하는 3D프린팅 출력물을 획득할 수 있는 시스템으로서 원격출력기술이 그 핵심이다. 실제로는 설계데이터가 유통되지 않고 서버에만 존재하기 때문에 사용자, 저작권자, 판매자 모두 설계데이터의 직접유통으로 인하여 발생하는 저작권 문제를 방지할 수 있다. 현재 3D프린팅 시장은 하드웨어 위주로 성장하고 있으나, 아직 본격적으로 활성화되어 있지는 않다. 3D프린터 시장의 활성화 문제에 있어서는 소비자가 원하는 3D모델데이터를 구하는 문제, 프린터의 가격 등의 다양한 이슈가 있는데, 이 중에서 3D모델링

은 아직 일반인 뿐 아니라, 전문가들에게도 어려운 부분이라고 할 수 있다. 따라서, 기존 검증된 설계데이터의 유통을 통해서 3D설계의 어려움으로 생기는 설계데이터 부족현상을 해결할 수 있는 대안의 하나가 될 수 있을 것이다.

Jeppé Andersen는 판례와 사례를 통하여 현재의 DMCA(Digital Millennium Copyright Act)의 문제점, DRM 등의 기술적 한계, 법적한계, 비즈니스모델(Online Streaming service, Platform-based service, Online market place, Mass-customisation, General drawback)의 한계를 설명하고 있으며, 제시한 비즈니스 모델에서 저작권에 대하여 다운로드를 기반으로 설명하고 있다(Jeppe and John, 2014). 본 연구개발에서 제시하고자 하는 점은 STL 데이터를 다운로드하지 않으므로 일반사용자가 저작권을 침해할 수 있는 기회를 제거하여 저작권을 보고하고자 하는 것이다. 저작권이라 함은 공인 시스템에 등록이 되어야 하기 때문에 등록되지 않은 저작권을 보호할 수 없다. 또한, 3D프린팅이 활성화되고, STL파일을 일반인들이 만들기 시작한다면 유통과정의 복잡함과 기술적 이슈 등으로 인해 파일이 누구의 저작물인지 알 수 없게 되는 현상이 발생할 것으로 판단된다. 따라서, 저작물을 유통하지 않으면서 사용자가 출력물을 획득할 수 있는 3D프린터의 원격출력기술이 그 해결방법이라고 할 수 있을 것이다.

저작권 문제는 3D프린팅 시장의 활성화에 중요한 이슈가 될 것이라고 많은 연구 보고서들이 보고하고 있지만, 기술적인 해결방법을 제시하고 있지는 못하다. 원격 출력방식의 3D 설계데이터의 거래방식은 데이터 다운로드와 같은 직접 데이터유통에 의한 저작권 문제를 해결할 뿐 아니라 총기류와 같은 불법 3D설계데이터의 유통 및 출력도 검수과정을 통하여 통제할 수 있으며, 저작권이 등록되지 않은 저작물에도 저작권을 보호할 수 있을 것으로 판단된다.

본 연구개발을 통하여 개발된 원격출력기술을 이용한 3D설계데이터 거래시스템이 개인용 3D프린팅 시장을 활성화하고 하드웨어 시장도 활성화하는데 기여할 수 있을 것으로 기대한다.

3. 결론

3D프린터의 확산은 개인 맞춤형 생산의 증가, 설계데이터 공유 및 상거래 시스템의 활성화와 같은 미래산업의 성장동력으로 주목받고 있으나, 이러한 3D프린터가 확산되기 위해서는 저작권 보호, 불법무기 등의 불법설계데이터의 통제, 3D스캐너를 통한 무단도용 등을 방지할 수 있는 관련 제도정비가 필요하다.

Stratasy사에 인수된 Makerbot사에서 운영하고 있는 www.thingiverse.com이나 Ultimaker사에서 추천하는 www.youmagine.com은 STL데이터의 다운로드방식으로 데이터를 유통하고 있다. 하드웨어 제조사들이 이러한 사이트를 운영하거나 관계하고 있는 것은 일반인들이 3D설계데이터를 제작하는 데에는

어려움이 있기 때문에, 설계데이터의 유통을 통하여 3D프린터의 사용성을 확보하고, 웹사이트를 통하여 고객을 확보하려는 의도가 있다고 할 수 있다.

본 연구개발에서는 RepRap오픈소스 프로젝트로부터 시작된 FFF방식의 3D프린터를 국내외의 많은 스타트업 기업들이 보급하고 있으며, 가격적인 측면에서도 개인용 프린터로 적합하다고 판단하여, FFF방식의 개인용 3D프린터에서 사용할 수 있고, 저작권을 보호할 수 있는 원격출력기술을 개발하고 이를 이용하여 3D프린터용 설계데이터의 거래시스템을 개발하였다.

본 시스템을 이용한다면 손쉬운 설계데이터의 획득을 통하여, 설계데이터의 다운로드를 통한 직접유통이 아닌 방식으로 개인용 3D프린터의 확산에 기여할 것으로 기대하고 있다. 그러나 본 연구개발에서 개발된 원격출력기술은 현재 RepRap기반의 Drip Feed방식을 지원하는 FFF 3D프린터에서만 사용할 수 있으며 SLA방식 등의 다른 방식에서는 사용할 수 없다.

기타 SLA방식 등의 다른 방식 3D프린터에서도 NC코드기반 출력을 지원한다면 원격출력방식을 사용할 수 있을 것으로 기대된다. 그러나, 이러한 결정은 3D프린터 제조업체의 선택으로 강제하기 어려운 점이 있다. 따라서, 다른 방식의 3D프린터에서 활용할 수 있도록 IPP(Internet Printing Protocol)와 같은 기술을 3D프린팅에 도입하여 표준화된 원격출력기술을 개발한다면 3D프린팅과 관련한 저작권문제를 많은 부분 해결할 수 있을 것이다. 또한 관련연구를 오픈소스화하여 국내외에서 개인용 3D프린터를 개발하고 있는 스타트업 업체들이 활용할 수 있도록 하고, 3D설계데이터의 저작권을 보호할 수 있는 다양한 원격출력 3D프린팅 방법의 연구개발이 이루어진다면 3D프린터 시장의 확산에 기여할 수 있을 것이다.

참고문헌

- Cho, E. and Lee, H. (2014), Initiator of the manufacturing process innovation 3D printing industry, *KEIT*, 344.
- Choi, W. (2013), Success percussion rifle made by a 3D printer, After that ..., money.joins.com.
- Desai, D. R. and Magliocca, G. N. (2013), Patents, Meet Napster : 3D Printing and the Digitization of things, *Georgetown Law Journal*, Forthcoming.
- Dolinsky, K. (2014), *CAD's Cradle : Untangling Copyrightability, Derivative Works, and Fair Use in 3D Printing*, Washington and Lee Law Review, 71(1), p. 591.
- Giblin, R. (2013), Evaluating Graduated Response, *Columbia Journal of Law and the Arts*, [Online], vol. Forthcoming, Available from : http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2322516.
- Hornick, J. F. (2014), 3D printing and the future (or demise) of intellectual property, *3D Printing and Additive Manufacturing*, 1(1), 34-43.
- Jeppé, A. and John, H. (2014), The Intellectual Property right implication of consumer 3D Printing, Department of Business Administration school of Business and Social Sciences, Aarhus University.

- Kim, H. (2013), KB daily vitamin knowledge : 3D printer market conditions and impact, www.kbfng.com/kbresearchdh, 13-77.
- KOCCA (2014), CT Insight : 3D Printing Technology Trends/digital content and transaction trends 2nd issue, KOCCA, 29.
- Landes, W. M., Posner, R. A., and Landes, W. M. (2009), *The economic structure of intellectual property law*, Harvard University Press.
- Lee, S. (2014), 3D printer revolution embraces a dud, copyright, BLOTTER.NET.
- Michael, W. (2010), It will be Awesome if They don't Screw it up : 3D Printing, Intellectual Property, and the Fight Over the Next Great Disruptive Technology, Institute For Emerging Innovation, Public Knowledge. Available from : <https://www.publicknowledge.org/files/docs/3DPrintingPaperPublicKnowledge.pdf>.
- Michael, W. (2013), What's the deal with copyright and 3D Printing?, Institute For Emerging Innovation, Public Knowledge. Available from : https://www.publicknowledge.org/files/What's%20the%20Deal%20with%20Copyright_%20Final%20version2.pdf.
- Park, S. (2013), 3D printing industry trends, KISTI.
- Santoso, S. M., B. D. Horne, and S. B. Wicker (2013), Destroying by Creating : Exploring the Creative Destruction of 3D Printing Through Intellectual Property.
- Shin, I. and Ahn, I. (2010), Growth of Online Music Industry and DRM-free Digital Music Sales, *International Telecommunications Policy Review*, 17(2), 27-54.
- Swanson, S. (2014), 3D PRINTING : A LESSON IN HISTORY : How to Mold the World of Copyright, *Sw. L. Rev.* 43, 483-483.