

# 보급형 FFF 3D프린터 원격제어 시스템 설계 및 구현

김동영, 이덕규  
서원대학교 정보보안학과  
ehddudasd@gmail.com, deokgyulee@seowon.ac.kr

## Design and Implementation of the Entry-Level FFF 3D Printer Remote Control System

Dong Young Kim, Deok Gyu Lee

### 요약

보급형 FFF 3D프린터에서 발생하는 문제점인 화재의 위험, 사용자의 불편성, 장시간의 프린팅 시간으로 인한 문제등을 해결하기 위하여 보급형 FFF 방식의 3D프린터에 많이 사용되는 ATmega ARM 기반 칩셋의 보드를 분석하여 시리얼 통신을 이용한 원격 프로그램을 구성하여 보급형 FFF 3D프린터에서 발생하는 문제점을 해결하고자 하였다.

### 서론

4차 산업혁명을 맞은 현재 기존 기술과 신기술의 융합 발전으로 현 사회는 많은 변화를 맞이하고 있다. 제 4차 산업혁명은 토플러의 물결 이론에서는 제 4의 물결 이라고 불리고 있으며 먼 이야기가 아닌 현재 우리가 삶을 살아가는데 있어 많이 접하고 있는 로봇, 인공지능, 스마트폰 그리고 3D프린터를 제 4의 물결 후보군으로 선정하고 있다.[1] 위 후보군 중 하나인 3D프린터는 1972년 미쓰비시 자동차에서 근무하는 Matsubara에 의해 감광성수지를 적층하는 방식이 제안되고 이후 1981년 나고야시 공업연구소에서 근무하는 Hideo Kodama가 감광성수지를 이용한 3D프린터의 시제품을 출시하였다. 현재 관련 기술의 특허권 만료와 산업의 발달로 인하여 다양한 회사의 3D프린터의 발전을 가지고 왔으며, 이에 따라 다양한 회사의 제품이 여러 방식으로 출시되고 있다. 이와 같은 영향으로 현재 교육용 시장 및 중소기업의 회사에서 제품 기획 단계에서 프로토타입을 제작하여 제품의 형태나 구조를 파악하기 위한 목적으로 3D프린터를 사용하거나 교육 목적으로 사용되고 있다. 하지만 중국산 저가 프린터의 보급과 단순화된 기능화로 인하여 보급형 3D프린터는 사용자의 편리성, 안전성 부분이 고려되고 있지 않다. 이에 본 논문에서는 이를 연구하고 해결방안을

모색했다.

## I. 3D프린터의 종류 및 구조

### 1-1. 3D프린터 종류 및 비교

3D프린터는 재료의 사용에 따라 크게 3가지 방식으로 나눌 수 있다. 광경화성 수지를 재료로 사용하는 방식의 SLA/DLP 방식의 3D프린터로 최초의 3D프린터와 같은 방식을 취하고 있는 방식이다. 해당 방식은 레이저, 및 DLP 방식을 통하여 광경화성 수지를 굳혀 조형물을 제작하는 방식을 사용한다. 해당 방식은 비교적 재료의 비용이 비싼 편이며 재료의 취급 또한 어려운 편에 속하지만 타 방식대비 정밀한 조형 방식과 세밀한 표현이 가능하여 주로 의료용, 악세사리 디자인, 피규어등 정밀성을 요하는 분야에서 사용된다. 다음 방식으로는 석고 분말 등 롤러를 이용하여 구조물을 제작하는 SLS(Selective Laser Sintering, 선택적 레이저 소결 방식) 방식이 있다. 해당 방식은 선택적으로 선택된 부분을 녹이고 굳히는 과정을 반복하면서 사용되지 않는 재료가 구조물의 지탱하는 서포터로서 활용이 되어 별도의 구조물을 생성할 필요가 없으며 사용되지 않는 재료의 재사용이 용이하다. 또한 타 방식과 달리 원하는 부분에 선택적으로 색상을 입힐 수 있기 때문에 별도의 채색과정이 필요하지 않게 된다. 하지만 타 방식대비 장비의 비용, 재료의 금액이 높으며 별도의

처리 환경을 구성해야 하기 때문에 일반적인 교육, 가정환경이 아닌 전문적인 출력 업체 또는 대규모의 사업체에서 활용하기 적절하다. 마지막으로 본 논문에서 연구를 진행한 FDM 방식의 3D프린터가 있다. 해당 방식은 Fused Deposition Model의 약자로서 스트라타시스사에서 상표권을 소유하고 있어 FFF(Fused Filament Fabrication, 열가소성 수지 압출 적층 방식)라고도 불리고 있으나 둘다 같은 방식을 의미한다. FFF 방식의 프린터의 경우 재료를 필라멘트화 시켜 이를 고온의 열의 가하여 얇게 녹여 적층하는 방식을 사용하고 있다.

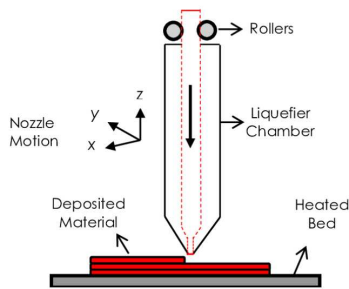


그림1 FFF 프린터의 원리[2]

FFF 방식의 3D프린터는 타 방식대비 그 구조가 간단하며 다양한 방식으로 제작이 가능하여 현재 교육용, 가정용, 중소 규모의 사업체 등 많은 분야에서 활용되고 있다. 하지만 저렴한 비용 및 구조로 인한 문제가 발생한다.[3]

| 구분  | SLA/DLP                  | SLS                                      | FDM                        |
|-----|--------------------------|--|----------------------------|
| 설명  | UV 광을 이용한 레진을 굳히는 방식     | 레이저와 롤러를 활용한 제작방식                        | 필라멘트를 적층하는 방식              |
| 장점  | 타 방식대비 세밀한 출력이 가능하다.     | 남은 재료의 재활용이 가능하며 색상을 입히는 것이 가능하다.        | 구조 및 원리가 간단하며 가격이 저렴하다.    |
| 단점  | 별도의 후처리 과정 및 재료의 비용이 높다. | 장비가 가장 비싸며 대형 크기로 인하여 일반적인 환경에서 사용이 어렵다. | 정밀하지 못한 출력물과 구조적 한계가 명확하다. |
| 사용처 | 의료,珠寶리 산업, 시제품 제작 등      | 구조물 모델링, 인물 모델                           | 교육기관, 제한적 바이오 공학, 의료       |

표1 3D프린터 종류 및 장단점 비교

### 1-2. FFF 보급형 3D프린터의 구동 방식

FFF 방식의 3D프린터는 프린터를 제어하는 제어 보드, 각 축을 움직이는 스텝 모터, 프린터의 재료가 되는 필라멘트를 고온의 열로 녹히는 노즐 그리고 출력물이 출력되는 플레이트와 노즐의 온도를 측정

하는 온도센서 등으로 구성되어 있다.

### 1-3 보급형 FFF 3D프린터의 발생 문제점

과학기술정보통신부에서 발표한 “2017 3D프린팅 산업 실태 및 동향조사”에 따르면 사용자의 약 37%가 느린 출력속도를, 22%는 부족한 기술수준으로 불편함을 호소하고 있다.[4] 사용자는 3D프린터 출력을 진행 후 장시간 자리를 비우게 되는데 이때 낮은 기술로 인하여 출력 시 출력물이 플레이트에서 이탈하거나 탈조 현상이 발생할 수 있으며, 이로 인하여 고온의 노즐과 접촉으로 인하여 화재, 기기의 고장 등을 유발하여 재산, 인명 피해를 야기시킬 수 있다.

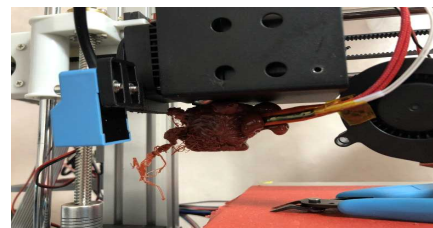


사진1 출력 실패로 인한 노즐 고장

## II. 기존 원격제어 방식

기본 FFF 방식의 3D프린터는 별도의 외부 기기 없이 단일 기기만으로 3D프린터를 운영하거나 오픈 소스로 배포되고 있는 OctoPrint를 활용하여 원격 시스템을 구성한다. OctoPrint의 경우 무료로 사용이 가능한 장점이 있는 반면 Raspberry Pi 기반으로 시스템을 구성하게 된다. 이에 사용자는 OctoPrint를 설치하기 위하여 사이트에서 설치용 이미지 파일을 다운로드 받은 후 SD카드에 이미지를 기록한 후 특정 폴더를 열어 네트워크 정보 및 센서들이 입력될 GPIO 정보등을 입력하여야 하기 때문에 리눅스 작업에 익숙하지 않은 일반적인 사용자들은 많은 어려움을 느끼고 있다.[5]

## III. 제안방식

본 논문에서는 기존 원격제어 프로그램인 OctoPrint의 복잡한 설치 과정없이 사용자가 간편하게 실행 파일을 실행하여 원격제어 프로그램을 사용할 수 있도록 구성하며, 필수적으로 사용되어야 하는 기능을 버튼 형식으로 배치하며 별도의 추가적 기능은 사용자가 G-CODE를 전송하는 방식으로 구현 하도록 하였다.

### 3-1 FFF 방식의 3D프린터 제어보드 분석

본 논문에서 사용되는 3D프린터는 약 15 ~ 20만

원 사이에 판매되고 있는 Creality 사의 Ender3 모델을 활용 하였다. 해당 모델의 제어보드는 보급형 3D프린터에서 많이 사용되는 Atmega 사의 Atmega1248P ARM을 기반으로 제작 되었으며

| Name                              | Value                        |
|-----------------------------------|------------------------------|
| Program Memory Type               | Flash                        |
| Program Memory Size (KB)          | 128                          |
| CPU                               |                              |
| Speed (MIPS/DMIPS)                | 20                           |
| SRAM (B)                          | 16,384                       |
| Data EEPROM/HEF(Bytes)            | 4096                         |
| Digital Communication Peripherals | 2-UART, 3-SPI, 1-I2C         |
| Capture/Compare/PWM Peripherals   | 1 Input Capture, 1 CCP, 6PWM |

표2 Atmega 1248p 스펙

해당 스펙은 표2 와 같다.[5]

ATmega ARM의 경우 현재 교육용 개발보드인 Arduino 기반의 제어보드와 비슷한 스펙을 가지고 있으며 동일한 통신 방식을 사용하고 있다. 3D프린터 초기 Arduino Mega 와 PAMPS 1.4 컨트롤 보드를 사용하여 많은 프로토타입격의 FFF 방식의 3D프린터가 제작되었으며 현재는 이를 기반으로 각 회사마다 별도의 제어보드를 구성하여 제작되는 형태로 사용되고 있다.

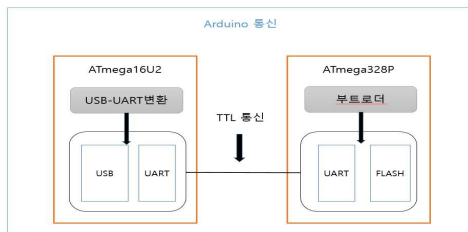


그림2 ATmega 칩셋 통신방식

ATmega 칩셋을 사용하는 제어보드의 경우 별도 통신 칩셋을 통하여 내부 시리얼 통신을 각 센서 들을 제어하게 된다. 따라서 외부에서 제어보드에 시리얼 연결을 통하여 제어가 가능해 지며 3D프린터에서는 슬라이서 프로그램을 통하여 G-CODE화 된 출력 파일을 한 줄씩 시리얼 통신을 통하여 각 스텝 모터를 제어하며 출력을 진행하게 된다. 이는 외부에서 시리얼 통신을 통하여 G-CODE로 제어 값을 전달하게 되면 3D프린터를 원격으로 제어가 가능하게 된다.[4]

### 3-2. 원격 제어 시스템 설계 및 구성

본 논문에서는 3D프린터와 원격서버 간 시리얼 통신과 G-CODE를 통한 제어 방식을 구성하였다.

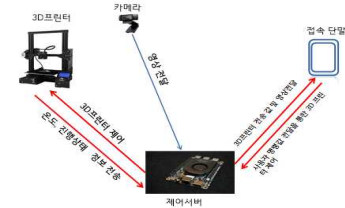


그림3 원격 제어 시스템 구성도.

제어 서버에서 3D프린터, 웹캠을 통하여 전송받은 정보를 접속 단말에게 3D프린터의 온도 및 영상을 전송하게 되며 사용자는 웹을 통하여 3D 프린터를 제어하게 된다. 필요시 사용자의 판단에 의하여 3D 프린터를 긴급 정지하거나 별도의 코드를 전송하여 원하는 방식으로 프린터를 제어할 수 있게 되는 원리이다. 이때 부적절한 사용자에 의한 제어를 막기 위하여 로그인을 통하여 사용자 인증 및 세션 유지 기능을 구성 하며 이는 Web-Server에 구성된 SQLite DB를 통하여 사용자 정보를 저장하게 된다. 이는 시리얼 통신상 전송된 데이터의 비정상적 사용자에 의한 제어를 판단하기 에는 제약되는 통신 방식으로 인하여 비정상적인 사용자 접속을 차단하는 방식을 사용하였다.

### 3-3. 제안 시스템 구현

그림3은 원격 제어 시스템 구현에 사용된 모듈들로 Python 3.8을 통하여 구현 하였으며 시리얼 통신으로 3D프린터에 G-CODE를 전송하여 제어하는 방식을 활용 하였다.

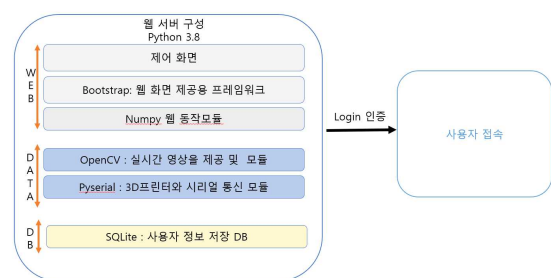


그림4 원격 제어 시스템 구성

사진 3-1는 로그인 과정을 통하여 정상적 사용자와 비정상적 사용자를 구분하여 정상적인 사용자가 접속하게 되면 아래와 같이 3D프린터에 접속이 가능하도록 하였으며 본 화면에서는 사용자가 G-CODE 사용법을 숙지하고 있지 못하여도 아래 버튼을 통하여 긴급정지, 오토 홈, 배드 온도, 노즐 온도 설정 및 일시 정지를 설정할 수 있으며 각 센서 에서 측정된 온도 값을 요청할 수 있도록 하였

다. 또한 콘솔 창을 통한 별도의 G-CODE 전송을 통하여 3D프린터 제어가 가능하며 각 코드는 Modal 창을 통하여 사용자가 숙지할 수 있도록 구성하였다.



사진3-1 원격제어 시스템 메인화면 및 기능 설명

### 3-4. 시스템 구동 방식

본 논문에서는 사용자의 편의성을 위하여 시스템을 사용하는 사용자는 추가적인 별도의 설치 과정없이 실행 파일을 실행 시키는 것으로

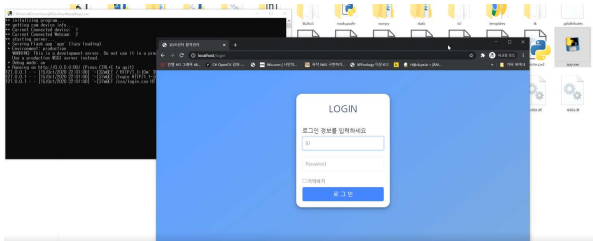


사진3-2 서버pc의 시스템 실행

서버가 구성되도록 하였으며 사용자는 서버의 IP 주소를 웹 브라우저에 입력 하는 것으로 접속이 가능하도록 구성되어 있다. 기존 OctoPrint에서 복잡한 설치 과정이 필요로 하지 않기 때문에 기존 시스템 대비 사용자는 좀더 쉽게 3D프린터 원격 시스템을 구성 할 수 있다.

### 3-5. 시스템 동작 방식 및 작동

시스템 구동후 사용자는 로그인을 진행하게 되며 초기 로그인 ID, PW를 입력 후 사진 3-1을 볼 수 있다. 해당 화면에서 3D프린터의 리스트 및 연결된 웹캠의 리스트를 보고 해당되는 프린터와 카메라를 연결하며 장식작인 연결이 진행된 후에 사용자 들이 많이 사용하거나 긴급하게 사용되어야 하는 기능인 긴급정지, 일시정지, 각 센서 노출온도 확인, 히팅 온도 0 설정을 사용할 수 있으며 이외 프린터의 직접적 제어가 필요로 하는 경우 명령어 코드 입력부를 입력하여 3D프린터의 제어가 가능하도록 하였다.



사진3-3 긴급정지 버튼을 눌렀을 경우 3D프린터 반응

## IV. 결론

본 논문에서 구현한 원격제어 시스템을 통하여 사용자는 외부 및 별도의 장소에서 웹 접속을 통하여 3D프린터의 실시간 출력상황 및 온도를 확인할 수 있으며 사용자의 판단에 의하여 출력물의 이탈 또는 잘못된 출력 발생 시 긴급, 일시정지를 진행할 수 있다. 이는 기능이 제한된 보급형 3D프린터에서 발생하는 사용자의 불편함과 잘못된 출력으로 인하여 3D프린터 손상 또는 화재의 위험을 줄이며 사용자의 안전한 3D프린터 환경을 구성할 수 있으며 원격 접속 시 발생할 수 있는 보안의 취약성을 위하여 세션 및 인증 기능을 통하여 사용자의 비정상 유무를 판단하여 정상적인 사용자 에게만 3D프린터의 화면 및 제어를 가능하도록 하였다. 이를 통하여 보급형 3D프린터의 불편함과 불안전성을 일부 해결할 수 있을 것으로 기대한다.

## [참고문헌]

- [1] 부의 미래 - 엘빈 토플러, 하이드 토플러 청림출판
- [2] ANALYZING THE EFFECT OF NOZZLE DIAMETER INFUSED DEPOSITION MODELING FOR EXTRUDING POLY LACTIC ACID USING OPEN SOURCE 3DPRINTING
- [2] 3D프린터 101 개정판 p11 ~ 32 - 한빛 미디어
- [3] 2017 3D프린팅산업 실태 및 동향 조사 - 과학기술정보통신부, <https://www.bioin.or.kr/fileDown.do?seq=41858&bid=industry>
- [4] OctoPrint를 이용한 3D 프린터 무선 원격 시스템 구현
- [5] Atemega 1248P Specification Sheet