

# 광경화성 적층 장비 모니터링을 위한 시스템 표준화동향

최근식 (주)링크솔루션 대표이사

최재민 (주)링크솔루션 부장

성유철 3D프린팅연구조합, 3D프린팅 창의융합 표준화 포럼 부장

최진철 3D프린팅연구조합, 3D프린팅 창의융합 표준화 포럼 책임연구원

## 1. 머리말

3D프린팅 기술정의는 디지털 디자인 데이터를 이용하여 소재를 한 층씩 적층하며 3차원 물체를 제작하는 기술을 말한다. 세계적인 제조업 경기침체에 따라 주요 제조업들은 디지털 전환을 통해 경쟁력 확보를 위해 노력 중이다. 특히 적층 가공(AM, Additive Manufacturing) 기술은 기존 제품개발 공정축소에 따른 비용절감 등으로 차세대 디지털 제조신기술로 주목받고 있다. 적층 가공 기술방식은 3D모델링 데이터를 기반으로 파라미터 설정 및 슬라이싱 단계를 거쳐 입체(3D)프린터 장비로 3차원의 제품이 제작된다.

14년도 적층 가공 기술방식 중, FDM(Fused Deposition Method, 소재압출 적층방식) 기술이 오픈소스로 공유되면서 보급형 장비 중심의 피규어, 일반 소비재 등 기술활용률이 증대되었다. 시간이 지남에 따라, 적층 가공 기술 또한 기술개발이 가속화되어 산업군별 고부가 비즈니스 모델 개발을 위한 적층 가공 특화설계 및 엔지니어링 접근으로 맞춤형 혁신기술로 진보 중이다. 이에 산업현장의 적층 가공 기술활용률 향상을 위해 HW, SW, Material, Application 등 다양한 분야의 선제적 표준화가 필요하다.

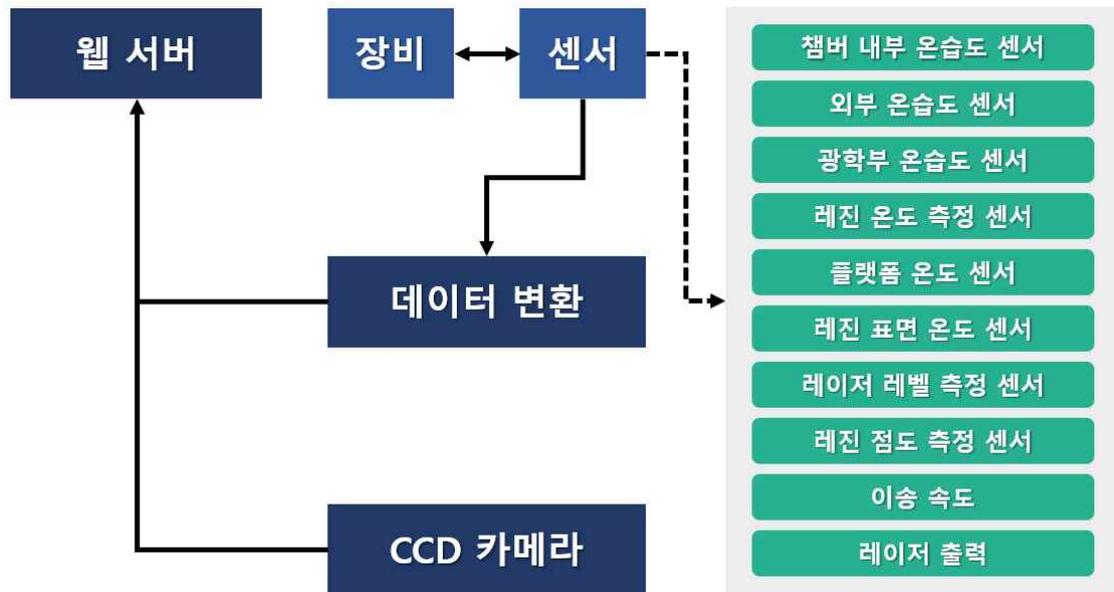
본고에서는 광경화 적층 장비 모니터링 관련 시스템 정의를 표준화 단체인 3DRPO의 3D프린팅 창의융합 표준화 포럼(기술분과 PG)에서 진행한 표준화 관점에서 살펴보고자 한다.

특히 다양한 적층 가공 방식 중, 광경화성 소재를 활용한 SLA(Stereolithography Apparatus) 중심의 표준을 제시한다.

## 2. 광경화성 적층 가공 장비 모니터링을 위한 외부 센서 및 데이터 수집 모듈

AM 공정은 미국 재료 시험 협회와 국제표준화기구에서 공정 수행 방식에 따라 7가지로 분류하였다. 그중 SLA는 최초의 AM 공정으로, 광경화성 액체 수지에 레이저를 조사하여 경화시켜 적층하는 방식이다. 이러한 적층 공정의 특성상 장비의 챔버 내부 온도 및 습도뿐 아니라 수조 및 수지의 온도도 중요 조건으로 작용하며, 적층 공정이 진행될 때 발생하는 온도 및 습도의 변화는 출력물의 품질에 큰 영향을 준다. 이러한 현상을 확인하기 위해 SLA 장비에 대한 실시간 모니터링 시스템이 필요하지만, 실질적으로 장비의 센서 접근이 어렵고 회사마다 통신 규격이 달라 외부로부터 데이터를 받기가 어려우므로 외부 센서를 이용한 실시간 모니터링 시스템 개발이 필요한 실정이다. 따라서 이 표준에서는 SLA 장비의 모니터링 시스템을 위해 외부 센서를 이용한 데이터 수집 및 웹 서버를 통해 클라우드로 공유하는 모듈을 정의한다.

SLA 장비의 온도 및 습도 조건 등은 외부 센서와 IoT를 이용하여 데이터를 받는다. 외부 센서의 종류로는 챔버 내부 온도 및 습도 센서, 외부 온도 및 습도 센서, 레진 온도 측정 센서, 레진 표면 온도 센서 및 플랫폼 온도 센서 등으로 구성된다. 외부 센서를 통해 수집된 데이터들은 데이터 변환 장치를 이용하여 디지털량으로 변환되고, 변환된 데이터는 시리얼 통신 프로토콜을 통해 클라우드에 공유된다. 또한, CCD 카메라로 촬영된 영상은 웹 서버를 통해 클라우드에 공유된다. 이와 같은 모니터링 시스템을 위한 외부 센서 수집 모듈은 [그림 1]과 같다.



[그림 1] 모니터링 시스템을 위한 외부 센서 수집 모듈

### 3. 모니터링을 위한 외부 센터

SLA 장비의 모니터링 시스템을 위한 외부 온도 및 습도 센서는 크게 챔버 관련 측정 센서와 수조 관련 측정 센서로 구분된다. 챔버 관련 측정 센서의 경우 챔버 내부와 외부의 온도 및 습도 센서, 공기질 측정 센서 등이 있으며, 수조 관련 측정 센서의 경우 레진 온도 센서와 레진 표면 온도 센서, 레이저 및 장비 레벨 측정 센서, 레진 점도 측정 센서, 압력 센서 등이 있다. 여기서 각각의 센서는 접촉 및 비접촉 방식 모두 사용이 가능하다. 모든 외부 센서의 임계값은 적층 공정 진행 시 발생하는 범위를 초과하지 않는 값을 가져야 하며, 적층 공정에 방해되지 않을 정도의 크기를 가져야 한다. 또한, 각 센서 종류마다 한 개 이상의 센서가 적층 공정에 방해되지 않는 곳에 설치되어야 한다. 모든 외부 센서는 IoT를 이용하여 데이터를 주고받으며, 이러한 외부 센서를 통해 측정된 데이터 값은 모니터링 가능한 데이터로 변환되어 웹 서버에 공유된다.

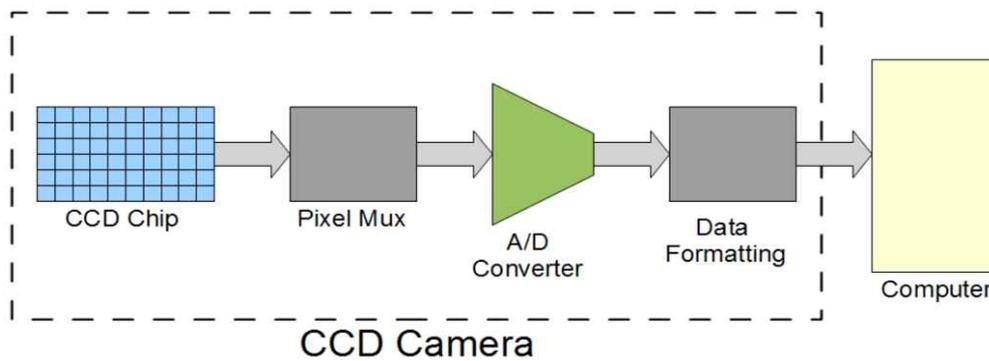
### 4. 센서 데이터 변환

SLA 장비의 실시간 상태 데이터는 장비에 설치된 외부 센서의 IoT를 통해 수집된다. 외부 센서를 통해 수집된 데이터는 아날로그-디지털 변환기를 통해 디지털량으로 변환되며, 변환된

데이터는 시리얼 통신 프로토콜을 통해 모니터링 시스템에 나타나는 값인 사용자가 읽을 수 있는 데이터 값으로 변환된다.

## 5. CCD 카메라

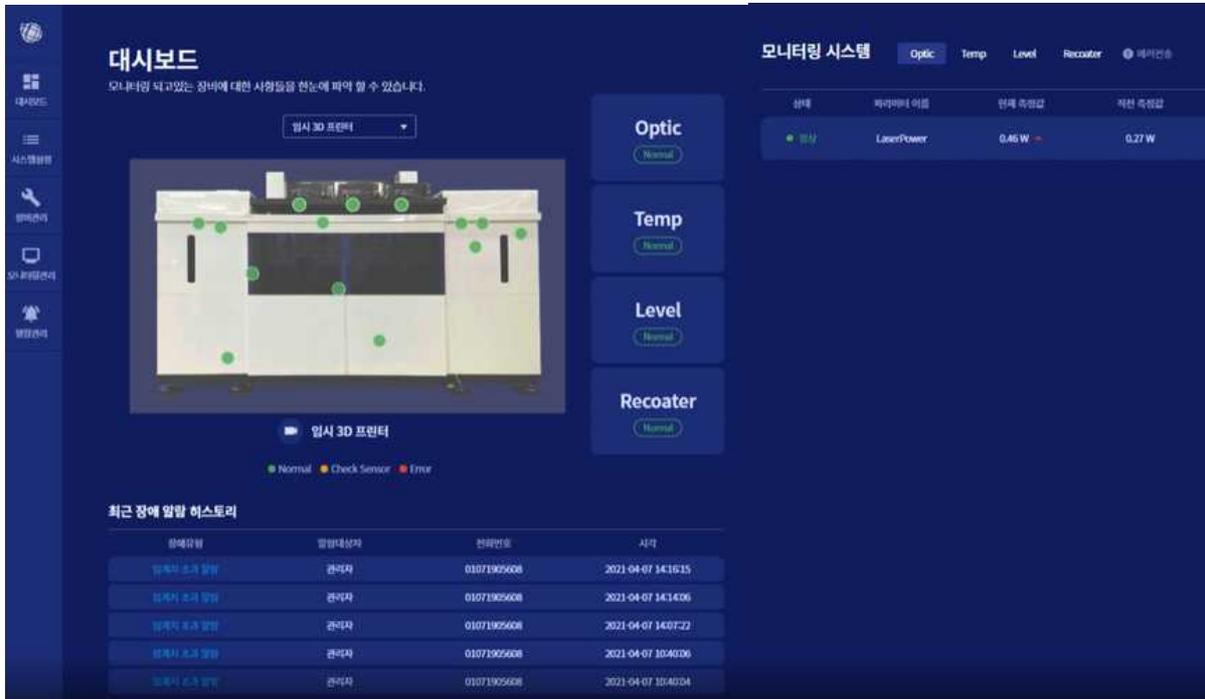
모니터링 시스템에는 설치된 외부 센서의 데이터 값뿐만 아니라 적층 진행 상황을 확인할 수 있는 CCTV도 포함된다. CCTV는 연결된 CCD 카메라를 이용하여 촬영된다. 촬영된 영상은 웹 서버로 전달되고, 이는 다시 클라우드에 공유되어 모니터링 시스템을 통해 실시간으로 영상 확인이 가능하다. CCD 카메라의 원리는 [그림 2]와 같다.



[그림 2] CCD 카메라 원리

## 6. 데이터 공유 및 실시간 MS

웹 서버의 단위로 변환이 완료된 데이터 값들은 OPC UA를 통해 웹 서버로 공유되며, 웹 서버는 다시 클라우드에 공유한다. 웹 서버를 통해 클라우드에 공유된 챔버 내부의 온습도, 수조의 온도, 레진 표면의 온도 및 카메라 영상 등과 같은 데이터들은 컴퓨터, 태블릿, 핸드폰 등을 이용하여 시간 및 공간에 제약 없이 적층 진행 상황과 발생하는 문제점 등을 실시간 확인이 가능하다. 또한, 온도 및 습도의 설정 오차보다 큰 오차가 발생하였을 때 오류 발생으로 인한 피드백 요청을 받는다. 이와 같은 모니터링 시스템은 [그림 3]과 같은 형태로 표현될 수 있다.



[그림 3] 모니터링 시스템 (예시)

## 7. 맺음말

본고에서는 광경화성 적층 장비(SLA 방식) 모니터링을 위한 시스템 동향에 대해 표준화 관점에서 살펴보았다. 적층 가공 기술은 제조업 패러다임 변화의 주요 핵심 요소로써, 향후 제조업 기반의 신경쟁력 확보동력이 될 만큼 중요하다. 개발제품 품질향상을 위한 다양한 표준의 제안을 통해 적층 가공 기술경쟁력 확보에 노력을 기해야 한다.

### [주요용어풀이]

- AM(Additive Manufacturing): 3차원 물체를 만들어 내기 위해 원료를 여러 층으로 쌓거나 결합시키는, 입체(3D) 프린팅이 작동하는 방식  
 ※ 출처: TTA정보통신용어사전

### [참고문헌]

- [1] 3D프린팅 창의융합 표준화 포럼, 3DTVS-1-2022-01-R1-V1.0, 광경화성 적층 장비 모니터링 시스템 구성, 2022. 05