

# 3DP 공정을 이용한 오피스용 임의형상 제작시스템(SFFS)에 관한 연구

이원희\*(한국기계연구원), 김동수(한국기계연구원), 이택민(한국기계연구원)

A Study of SFFS for Office Type using Three-dimensional Printing Process

W. H. Lee(Advanced Industrial Tech. Dept., KIMM)D. S. Kim(Advanced Industrial Tech. Dept., KIMM),  
T. M. Lee(Advanced Industrial Tech. Dept., KIMM),

## ABSTRACT

SFF(solid freeform fabrication) is another name of RP(rapid prototyping). The SFFS for office type wishes to develop system that can produce small object such as hand phone, cup, accessory etc. with high speed, and also intend suitable system in office environment by compact design, and buy easily by inexpensive price. As can manufacture high speed in existent SFF process technology, representative process that have competitive power in price is 3DP (three dimensional printing) technology. The 3DP technology is way to have general two dimensional printing technology and prints to three dimension, is technology that make three-dimensional solid freeform that want binder doing jetting selectively on powder through printer head.

We designed and manufactured SFFS for office based on 3DP process technology design and manufactured, and composed head system so that use 3 printer heads at the same time to improve the fabrication speed of system. We used printer head of INCJET company and cartridge used HP45 series model who can buy easily in general city. And we directly fabricated three dimensional solid freeform using developed SFFS for office type.

**Key Words** : SFFS (임의형상제작시스템), Printhead (프린터 헤드), 3DP (3차원 프린팅)

## 1. 서론

1986년 미국에서 개발된 임의형상제작(SFF; solid freeform fabrication)은 제품의 CAD 데이터로부터 플라스틱, 종이, 광경화성수지, 파우더 및 금속 등의 재료를 이용하여, 한 층씩 적층함으로써 3차원 형상을 만들 수 있는 새로운 개념의 공정기술이다. 세계적으로 SFF에 대한 많은 연구가 이루어지고 있으나 아직은 기술 분야별로 해결해야 할 과제들이 많이 남아 있다. SFF 공정기술 중 고속제작이 가능한 기술은 미국 MIT로부터 기술지원 받은 Z-corp.사의 3차원 인쇄기술, Rutgers의 FDM (fused deposition modeling) 기술, 이스라엘의 Objet 기술 등이다. 국내에서는 KIMM, KAIST, 부산대, 서울대, KIST 등에서 다양한 공정기술에 관한 연구를 진행하고 있으나, 상품화된 장비로는 KAIST에서 개발한 VLM-ST가 있다. 이는 스티로폼을 적층하여 3차원 형상을 만드는 장비이

며, 정밀도 보다는 저렴한 가격으로 제작 가능하다는 이점이 있다. 산업체에서는 LG전자에서 SLA장비를 자체 개발한 적이 있으나 상용화에는 실패하였으며, KIST에서는 종이를 적층하여 칼로 절단하는 장비를 개발하여 상품화 하였으나, 현재는 판매되지 않고 있다. 지금까지 SFFS 시장이 제조업에 국한되었다면 가격 인하와 다양한 재료, 컬러 지원 등 연관 기술이 개선되면 산업디자인, 목업(Mock-up) 시장 등으로 확산되어 일반 프린터를 쓰는 것처럼 패러다임도 변화해 나갈 것으로 기대된다. 앞으로 국내 SFFS 장비 가격이 5,000만원 이하로 하락한다면 2,000여 개에 달하는 산업디자인 사무실에서도 경쟁력을 갖추기 위해 SFFS를 구입하는 회사들이 늘어날 것으로 생각 된다<sup>(2)</sup>.

오피스용 SFFS는 저렴하면서, 고속 제작이 가능하고, 100~200 $\mu$ m 이내의 정밀도를 가지는 Concept modeler로서 생산현장 보다는 오피스 환경에 맞도록

Table 1 Mechanical spec. of SFFS for office type

Items	Unit	Specifications
Work volume	(w×h×l)	300 × 400 × 300
Size	(w×h×l)	1,000 × 1,200 × 608
Roller Size	(mm)	dia. : 20, length : 320
X-axis mechanism	-	서보모터, 타이밍 벨트
Y-axis mechanism	-	서보모터, 타이밍 벨트
Z-axis mechanism	-	스텝 모터, 볼 스크루
System control	-	PC 제어

제품을 개발하고자 한다. 고속제작을 위해 3차원 프린팅 방식(3DP; three dimensional printing)을 기반으로 멀티 헤드를 이용한 고속 분사 방식 채택하고 있으며, 정밀도 향상을 위해 공정기술을 개발하고 있다. 또한 오피스 환경에 적합 하도록 장비 크기를 대폭 축소시켜 최대 1m 이내로 설계 하였다. 오피스용 SFFS의 개발을 위해 정부지원으로 산, 학, 연의 공동 연구를 진행하고 있다.

## 2. SFFS 제작

### 2.1 SFFS 기구부

오피스용 SFFS 장치의 기구부는 3차원 임의형상 제작시 형상오차에 직접적인 영향을 미치므로 각 축의 정밀도, 분해능 및 수평, 수직 정렬이 중요하다. 또한 각 유닛들 간의 독립적인 속도 및 위치제어를 수행하는데 있어, 상호 간섭이 일어나지 않도록 설계 하여야 한다. 본 연구에서는 오피스용 SFFS의 개발목표가 고속 제작과 100~200um의 정밀도를 요구하므로, 기구부의 정밀도를 25um 이내로 설계 및 제작하였으며, 기구부는 메인 프레임과 두개의 챔버와 X,Y 스테이지로 구성되어져 있어 있다. 두개의 챔버의 하단에 각각의 스텝핑 모터를 이용하여 빌딩룸 및 파우더룸을 제어하도록 하였으며, X축과 Y축은 각각 400W와 100W급의 AC 서보모터를 이용하여 고속 위치 제어 시스템을 구성하였다. 또한 파우더룸에서 매 레이어 마다 일정양의 파우더를 빌딩룸으로 공급해 주기 위해 툴러장치를 추가 하였다. 툴러장치는 직경 20mm 의 툴러에 DC 12V geared motor를 부착하여, 초당 약 7회전하도록 설계하였다. 기타 액세서리 파트로는 임의형상 제작시 파우더룸 혹은 빌딩룸 주변으로 떨어지는 파우더를 모아주는 Recycling 파우더룸이 하단부에 위치하도록 설계 하였다. 제작된 오피스용 SFFS은 Fig. 3과 같다.

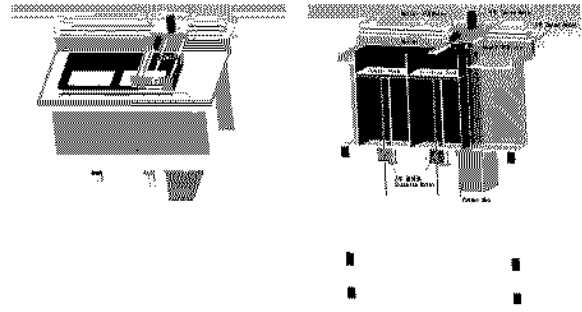


Fig. 1 SFFS for office Fig. 2 Cross section of SFFS

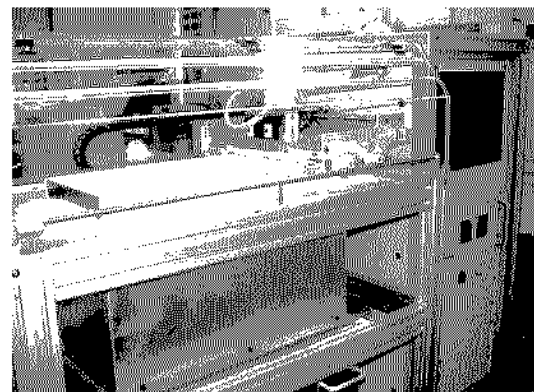


Fig. 3 Picture of SFFS for office type

## 3. 프린터 헤드

### 3.1 프린터 헤드

프린터 헤드는 본 연구에서 핵심이 되는 부분이며, Fig. 4에 나타내었다. 3차원 형상을 만들기 위해서 파우더 위에 접착제를 분사하기 위하여 일반 개인이나 사무실에서 많이 사용되는 HP의 45A 계열의 카트리지를 사용한다. HP 45A 카트리는 개당 40um 내외의 노즐을 300개씩 가지고 있다<sup>(1)</sup>. 1개의 카트리가 인쇄할 수 있는 영역이 0.5 inch이며, 3개를 동시에 분사할 경우 38.1mm를 인쇄할 수 있어 제작시간을 단축시킬 수 있다. 뿐만 아니라, 3개의 카트리지를 제어할 수 있는 프린터 헤드 시스템 4개까지 동시에 제어 가능하다. 그러므로 최대로 확장할 경우, 12개의 카트리지를 사용할 수 있으며, 3600개의 노즐을 이용하여 152.4mm를 한번에 인쇄 가능하다. 프린터 헤드 시스템과 PC간의 이더넷 통신을 사용하며, 가상 IP를 사용하고 있다. 각 노즐을 제어하는 트리거 신호는 이송축에 부착된 엔코더 신호를 사용하며, 최대 600x600 dpi 까지 인쇄 가능하나, 현재 600x463 dpi를 사용하고 있다.

### 3.2 프린팅 공정

오피스용 SFFS에서의 인쇄공정은 Fig. 5와 같다.

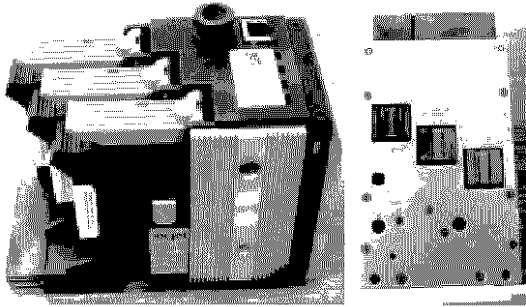


Fig. 4 Picture of printhead system

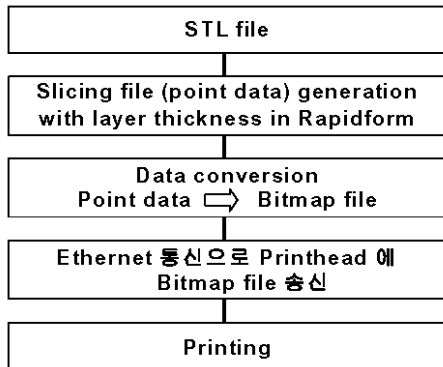


Fig. 5 Schematic diagram of printing process

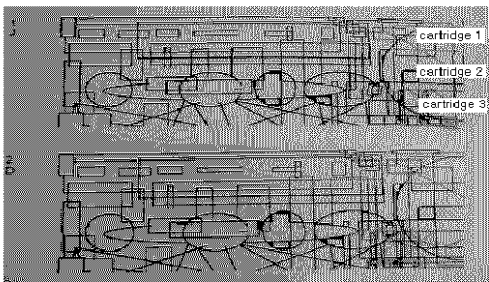


Fig. 6 Printing result at uniform velocity

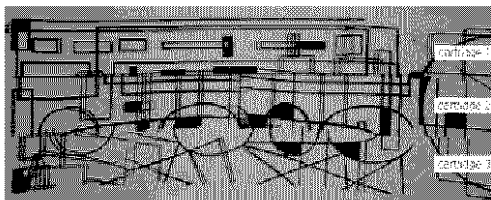


Fig. 7. Printing result at not uniform velocity

우선, 3차원 스캐닝이나, CAD로 설계된 3D모델을 INUS Tesch.사의 Rapidform에서 읽어 들이고, Z축을 기준으로 원하는 두께로 슬라이싱 데이터를 만들게 된다. 슬라이싱 데이터는 3D 모델의 각 단면에 해당 되는 윤곽선(contour line) 정보를 점 데이터로 제공

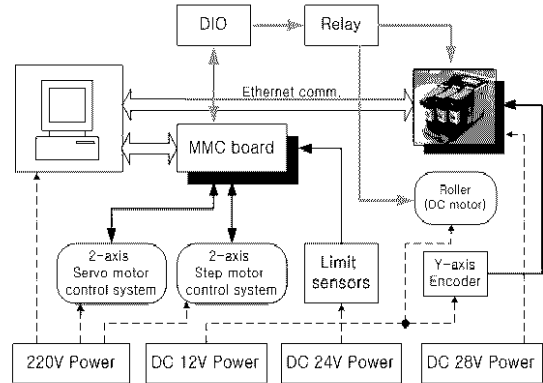


Fig. 8 Schematic diagram of SFFS

한다. 생성된 점 데이터를 다시 인쇄할 수 있는 비트맵(bitmap) 구조로 변환 과정이 필요하다. 한 레이어의 데이터를 비트맵으로 변화 후, 프린터 헤드에서 한 번에 인쇄할 수 있는 크기(38.1x300 mm)로 부분 저장 해야만 한다. 이렇게 할 경우 한 레이어에 7~8개의 비트맵 파일이 필요하며, 이를 이더넷 통신으로 프린터 헤드에 넘겨주게 된다. Fig. 6은 HP 45A 카트리지를 사용해서 프린터 헤드 시스템에서 시험 인쇄한 결과이다. 카트리지 1,2,3에 의해 하나의 그림을 인쇄했을 때 스티칭(stitching)이 중요하며, 스티칭이 맞지 않을 경우 수직 정렬에서 비틀어짐이 발생하게 된다<sup>(3)</sup>. 각 카트리지간의 틈이 생기지 않게 하기 위해 4개의 노즐을 오버랩(overlap) 시켜 사용하고 있다.

#### 4. 시스템 통합

##### 4.1 제어 시스템

오피스용 SFFS의 통합 개념도는 Fig. 8과 같다. SFFS의 요소기술 개발을 위한 시험용 장치이므로, 각종 알고리즘 개발 및 제어부를 쉽게 Upgrade 할 수 있도록 MMC 보드를 이용한 PC기반 제어시스템을 구축하였다. MMC 보드는 로봇 자동화에 주로 사용되는 다축 모션 제어 장치로서 PC에서 쉽게 액추에이터를 제어할 수 있도록 인터페이스 시켜주는 장치이다. 그리고 프린터 헤드와 PC시스템간의 통신을 위하여 이더넷 통신을 사용하였다. 프린터 시스템은 Y축에 장착되어져 있어, 정밀한 Bitmap을 인쇄하기 위해서는 이송속도 값을 정확히 받아 들여야 하는데, 여기서는 Y축의 엔코더 값을 프린터 헤드의 분사 신호로 이용하였다. 그리고 각 카트리지에 의해 인쇄될 때, 프린터 헤드의 이송 속도는 등속이어야만 한다. 그렇지 않을 경우, 각 카트리지의 노즐 위치가 다르기 때문에 시간차에 의해서 인쇄물의 정렬이 Fig. 7과 같이 틀어지게 된다.

## 5. 결론

본 연구에서는 디지털 3차원 실물복제기의 요소 기술 개발을 위하여 3DP 공정 기술을 기반으로 오피스용 SFFS를 개발하였다. 오피스용 3DP 공정기술에서 핵심이 되는 부분인 프린터 헤드에 대한 통신 및 제어 실험을 수행하였으며, 인쇄에 필요한 기본적인 파라미터 설정을 완료 하였다. 또한 카트리지에 저점성의 바인더를 주입하여, 종이 및 파우더에 임의 형상을 출력 하는데 성공하였다. 그러나 실험에서 레이어의 두께에 비해 분사량이 작아 파우더 내부로 바인더가 스며들지 못하고, 표면에만 인쇄가 되는 것을 확인하였다. 그러므로 각 레이어의 두께 변화에 따라 분사 되는 바인더의 양이 달라져야만 한다. 향후, 프린터 헤드의 분사 시간과, 온도 등을 직접적으로 제어하여, 바인더의 분사량을 제어 할 수 있도록 하고자 한다.

## 후기

본 연구는 산업자원부의 "디지털 3차원 실물복제기 요소기술 개발" 과제 지원으로 이루어졌으며 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

## 참고문헌

1. Eric Hanson, "Recent progress in ink jet technologies", Society for Imaging Science and Technology, 1999.
2. McGurk, M., Aimis, A. A., Potamianos, P., and Goodger, N.M., "Rapid Prototyping Techniques For Anatomical Modelling In Medicine", Ann. Royal Coll. Surgery Engl. 79, pp. 167-174, 1997.
3. Dick B., "User Manual inc.jet jet.engine OEM Developer's Kit", INCJET, pp 20-38, 2004.