

UV 경화 기법을 이용한 오피스용 SFF 시스템 개발

Development of Office SFF System Using an UV Curing Method

*김정수¹, #이민철², 김창현³, 김동수¹

*J. S. Kim¹, #M. C. Lee(mcleee@pusan.ac.kr)², C. H. Kim³, D. S. Kim¹

¹ 한국기계연구원 나노기계연구본부, ² 부산대학교 기계공학부, ³ 고려대학교 컴퓨터학과

Key words : UV curing, SFF, 3D printing

1. 서론

최근에는 CAD로 디자인 된 3차원 모델을 빠른 시간에 입체 형상으로 구현이 가능한 기술 중의 하나인 3차원 프린팅 기술이 산업 전반에 크게 활용되고 있다. 이는 RP(Rapid Prototyping) 혹은 SFF(Solid Freeform Fabrication) 시스템이란 이름으로 산업용과 오피스용으로 각각의 환경에 적합하게 개발되고 있으며 주로 산업용은 부품 파트로써 대체가 가능한 입체 형상물의 제작이 가능하며 오피스용은 컨셉 모델러로써 입체 형상의 외형을 파악하기 위한 목적으로 이용되고 있다.

본 논문에서는 이중 오피스 타입의 시스템으로써 개발되고 있는 3차원 프린팅 기술을 소개하고 그 기술을 이용한 시스템을 개발 하였다. 3차원 프린팅 기술은 현재 여러 가지 방법이 이용되고 있지만 대표적으로 크게 2가지 기술로 나눌 수가 있다. 첫째는 MIT에서 개발된 파우더 기반의 3차원 프린팅 기술로써 점성이 물에 가까운 접착액을 이용하여 이를 layer by layer 방식으로 3차원 모델의 형상의 단면을 프린팅 기법을 이용하여 파우더를 접착해서 쌓아가는 방식이다. 다른 하나는 현재 이스라엘에서 개발된 poly jet 방식으로 photopolymer resin을 이용하여 플레이트 바닥에 입체 형상의 단면을 프린팅하고 그 위에 UV 빛을 조사하여 굳게 만들어서 적층하는 방식이다. 본 논문에서는 현재 이용되는 오피스 환경에서의 여러 가지 공정 특성에 대한 분석과 새로운 공정 방법에 대해 제시 하였다.

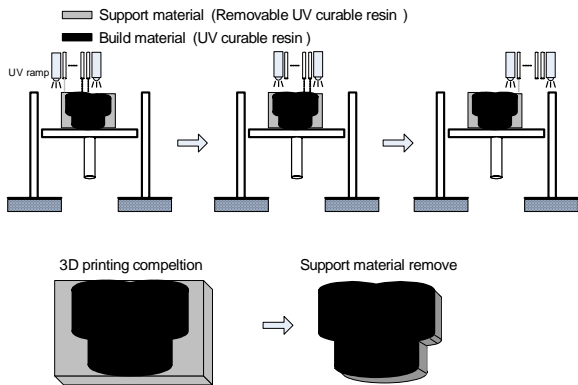


Fig. 1 The sequence of UV curing 3DP process

2. UV 경화를 이용한 3차원 프린팅 공정

UV 경화를 이용한 3차원 프린팅 기법은 그림 1과 같은 poly jet 방식으로 평평한 플레이트 바닥면에 CAD로부터 추출된 3차원 입체 형상에 대한 단면을 photopolymer resin으로 프린팅을 한 후 그 위에 UV 램프를 이용하여 경화를 하고 다시 그 위에 다음 층의 단면을 프린팅 한 후 경화를 시켜 쌓아 올라가는 방법이다. UV 경화를 이용한 3차원 프린팅 기법은 파우더 기반에서 접착액의 프린팅을 통한 3차원 프린팅 기법에 비해 그 강도가 우수하고 후처리 공정이 존재하지 않는 장점을 가지고 있다. 또한 제작된 3차원 형상물의 기계적 구동성을 구현 할 수 있어 최근의 SFF system 시장에서 크게 각광을 받는 기술이다. 하지만 UV 경화 시스템의 경우 photopolymer resin의 높은 점성으로 인해 피에조 프린트 헤드 시스템을 사용해야 하며 이는 장비의 구조적 복잡함과 기술적 어려움으로 나타난다.

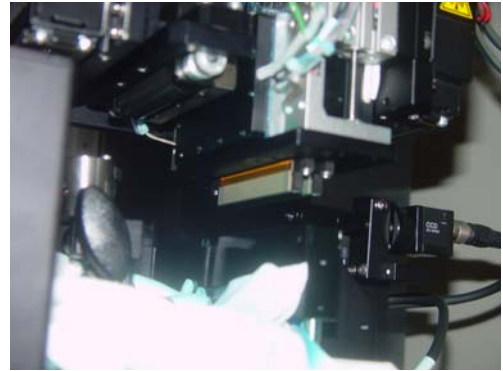


Fig. 2 Single head system (build-head, support-head)

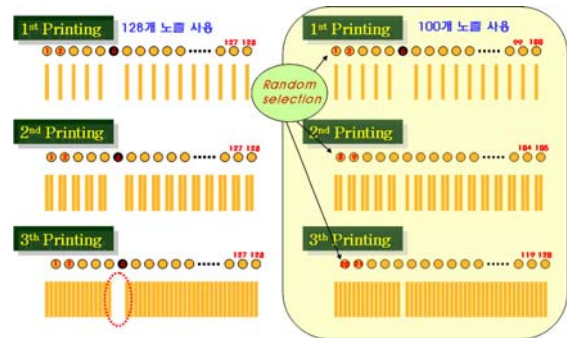


Fig. 3 Nozzle shifting method

3. 멀티헤드를 이용한 UV 경화 시스템

3.1 싱글헤드 프린팅 기법

Fig.2는 싱글헤드 즉, 2개의 빌드와 서포트 헤드를 가진 것을 나타낸다. 피에조의 특성상 장시간의 프린팅 작업 시 나타나는 노즐 막힘 현상은 3차원 입체형상물을 제작하는데 있어서 치명적인 단점으로 작용한다. 따라서 본 논문에서는 그러한 문제점을 해결하기 위하여 노즐 쉬프트 알고리즘을 구현하였다. Fig. 3은 노즐 쉬프트 알고리즘의 원리를 나타낸다. 피에조 헤드는 하나의 헤드당 총 128개의 노즐을 가지고 있는데 Fig.3의 좌측 그림은 128개의 노즐 전체를 이용해서 프린팅하는 방법이다. 이 경우 막힌 노즐에 의해 빈 공간이 생기고 3차원 입체형상물을 제대로 제작 할 수가 없다. 하지만 오른쪽의 그림은 128개중 100개의 노즐을 사용하여 프린팅하고 매 layer마다 노즐의 위치를 랜덤하게 변화 시키는 것이다. 그렇게 함으로 해서 하나의 노즐이 반복적으로 한 위치만을 프린팅하는 현상을 막아 몇 개의 노즐이 막히더라도 원활하게 3차원 형상물을 제작 할 수가 있다.

3.2 멀티헤드 시스템

싱글헤드 시스템의 경우 UV 경화 공정의 layer 두께가 워낙 작기 때문에 (일반적으로 16~20um) 아주 작은 형상에 대해서도 상당한 시간이 소요된다. 따라서 본 논문에서는 멀티 헤드 시스템

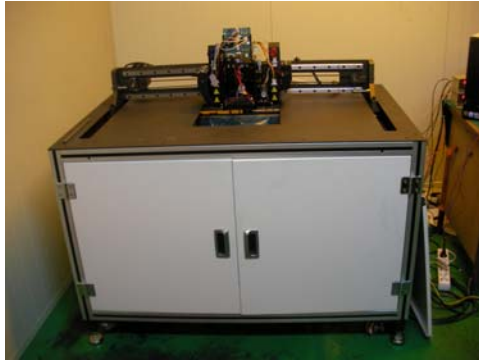


Fig. 4 Office SFF system (8head)

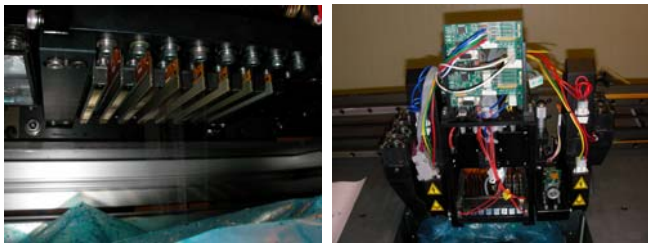


Fig. 5 Head module

을 구축 하였다. Fig.4는 멀티헤드로 구현된 UV 경화 시스템이다. Fig.5는 장착된 총 8개의 헤드부를 나타낸다.

3.3 광경화 수지 분사 실험

UV 경화가 가능한 광 경화 수지를 분사하기 위해서는 광 경화 수지의 점도를 피에조 헤드 분사 조건에 맞추도록 낮추어야 한다. 따라서 챔버를 90℃로 가열하여 광 경화 수지의 점도를 낮추고 이를 분사하였다.

분사된 광 경화 수지를 보기 위하여 CCD 카메라와 LED를 사용하였다. Fig.6은 카메라 장비를 나타낸 것이다. 적절한 양압과 음압을 이용하여 노즐의 분사 압력을 조절하였다.

분사 속도는 1KHz로 연속 분사하였고 입력 펄스는 rising time은 1.5us, duration time은 1.5us, falling time은 1.5us로 구현 하였고 펄스간의 delay time은 3us로 설정 하였다. 광 경화 수지는 drop을 이루면서 분사되었고 Fig. 7은 분사되는 모습을 카메라 시스템으로부터 디스플레이 된 모니터의 영상을 나타낸다. 이는 패턴 드라이버 유닛을 통해 임의 형상에 대한 각 레이어 bitmap을 전송받아 프린팅 하게 된다. 분사 후 UV 램프를 통해 UV 경화를 시키고 이를 적층 시켜 임의 형상을 제작 할 수 있다.



Fig. 6 Camera & monitor system

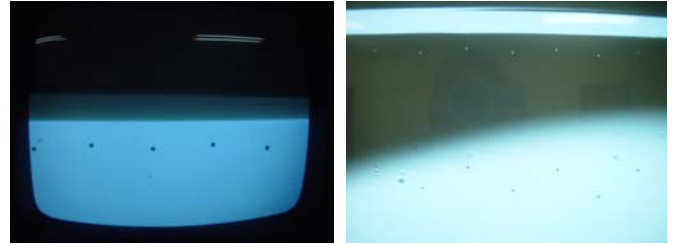


Fig. 7 Photopolymer jetting drop

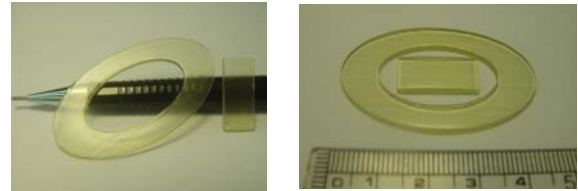


Fig. 8 Fabricated 3D part

4. 임의 형상 제작 실험

Fig. 8은 제작된 3차원 임의 형상 모델을 나타내며 프린팅 스피드는 한 레이어당 약 20초 정도가 소요되었으며 프린팅 분해능은 600x1600dpi로 프린팅하였고 왕복 프린팅당 롤러로 표면에 압력을 가하여 각 레이어당 20um의 두께를 가지도록 구현하였다.

제작 결과 3차원 입체 형상물은 잘 제작이 되었으나 느린 속도로 인해 약 30분의 제작 시간 동안 1.2mm 정도의 높이를 보였다. 이는 시스템은 2헤드로 구성되었으나 임의의 3차원 형상물을 얻기 위해서는 하나의 빌드 재료와 다른 하나의 서포트 재료로 분사를 해야 하기 때문에 실제로는 싱글 헤드로 형상물을 제작해야 했고 레이어 두께가 약 20um로 정밀하기 때문에 그에 따라 나타난 결과라 볼 수 있다.

5. 결론

본 논문에서는 UV 경화 기법을 이용한 3차원 프린팅 기술을 구현한 임의 형상 시스템을 개발 하였다. 멀티 헤드 및 싱글헤드를 이용한 UV 경화 시스템의 경우 각 레이어에서의 노즐 쉬프트 알고리즘을 적용할 경우 몇 개의 노즐 막힘을 극복 할 수 있는 좋은 결과를 얻을 수 있었다.

후기

본 연구는 산업자원부의 “디지털 3차원 실물복제기 개발”과제 지원으로 이루어졌으며, 관계자 여러분께 깊은 감사를 드립니다.

참고문헌

1. Terry T. Wohlers, "Wohlers Report 2008" Wohlers Associates, 2003.
2. X. Yan and P. Gu, "A review of rapid prototyping technologies and systems," Compute Aided Design, Vol. 28, No. 4, pp. 307~318, 1996.
3. C.C. Chang, "Rapid prototyping fabricated by UV resin spray nozzles," Rapid Prototyping Journal, Vol. 10, No. 2, pp. 136~145, 2004.