멀티헤드제어를 위한 패턴드라이버 개발 및 적용

Development and Application of a Pattern Driver for Multi-Head Control

*전유림[1], 김정수[2], #이민철[3], 백영종[4]
*Y. L. Jun[1], J. S. Kim[2], #M. C. Lee(mclee@pusan.ac.kr)[3], Y. J. Baek[4]
[1,2]부산대학교 지능기계공학과, [3]부산대학교 기계공학부, [4](주)에스케이이엠

Key words : SFF, RODS, 3DP, Nozzle

1. 서론

기존에는 제품을 생산하기 위해서 각 부품을 CAD(computer adied design)에서 모델링 한 후 컴퓨터상에서 조립 시에 발생하는 간섭확인절차를 거쳤다. 그리고 다음 단계에 시제품을 만들어 제품의 성능을 평가 한 후 양산에 필요한 금형을 제작하였다. 통상적으로 제작하여 설계를 검토하고 이를 이용하여 시제품을 만드는데 아무리 숙련된 기술자라 할지라도 제작기간이 1~2개월 정도 걸리기 때문에 개발기간의 단축과 비용감소를 얻는데 한계가 있다. 또한 설계 부분에서의 검토와 컴퓨터 시뮬레이션에 대한 공정 정보에만 의존하여 제작하기 때문에 실제로 제작하는 단계에서 일어나는 가공오차나 재료의 특성을 전혀 고려하지 않아 원하는 제품을 완벽하게 구성하지 못할 가능성이 높다.

신속조형기술(Rapid Prototype :RP)은 제품의 다양성에 대한 시장의 빠른 요구와 이에 따른 제품수명의 단축으로 인한 요구를 충족시켜주기 위해서 개발되었다. 복잡한 기하학적 형상도 제작이 가능하며 설계 디자이너가 실제 모델을 제작해 볼 수 있다는 측면과 제작형상이 복잡할수록 CNC(Computer numerical control) 가공에 의한 제작 비용 및 가공시간이 기하급수적으로 증가하지만 임의형상제작시스템을 적용할 경우 이에 대한 영향을 받지 않는 장점이 있다. 임의형상제작시스템(SFFS: Solid Freeform Fabrication System)은 신속조형기술의 한 부분으로 우리가 원하는 다양한 3차원 형상을 제작하기 위해서는 개발한 패턴드라이버(Pattern Driver)를 통해 헤드(Head)에 형상 정보를 주어 각 노즐(Nozzle)을 제어해야 한다. 패턴드라이브의 개발은 고속으로 형상정보를 전달할 수 있을 뿐만 아니라 임베디드(Embedded) 장치이므로 갑자기 주 전원이 차단되거나 메인 PC(Personal Computer)가 다운되는 현상이 발생하더라도 패턴을 반복적으로 제작할 수 있기 때문에 꼭 필요하다.

본 논문에서 개발된 오피스용 임의형상제작시스템은 좁은 공간을 활용적으로 사용하며 소음이 적고 정밀도가 높은 시스템이다.

오피스용 SFFS에 적용된 패턴드라이버는 비트맵(Bitmap)의 데이터 정보를 헤드에 전송해주는 장치로서 시중에는 헤드 하나를 제어하는 데 천만 원 가량의 고가로 판매되고 있다. 그러므로 가격을 줄이고 시스템을 콤팩트(Compact)하게 제작하기 위해서 멀티(Multi) 프린팅 패턴 드라이버 장비 개발이 필수적이다.

본 논문에서는 광경화성 수지(UV Resin)를 이용하여 개발된 SFFS의 빌드 트레이(Build Tray)에 분사하여 반복 프린팅하고 UV Lamp를 조사하고 경화하여 제품을 제작하였다. 또한 원하는 위치에 정확한 패턴을 분사할 수 있도록 CAD에서 만들어진 형상데이터를 생성하고 패턴드라이버를 개발하였다.

2. 임의형상제작시스템

Fig.1 에서 보여주는 오피스용 SFFS은 정밀한 형상을 빠른 시간 내에 구현하는 것을 목적으로 하기 때문에 고속과 고정밀의 특성을 가지고 있다. 실물을 복제하는 X-Y 테이블(Table)인 구동축과 한 층씩 제작된 형상을 적층시키는 빌드 트레이를 구동하는 Z 테이블로 구성된다. X-Y 축은 빠른 이동 속도와 내구성, 또한 콤팩트한 사이즈로 시스템 구현이 가능하도록 스테핑 모터(Stepping Motor)를 기반으로 한 타이밍 벨트(Timing Belt) 시스템을 사용하였다. 동력전달에 있어서 타이밍 벨트의 사용으로 무게에 대한 오차도 줄여 높은 정밀도를 충족시켰다. 또한 무거운 헤드의 이동에 의해 발생하는 진동을 억제하기 위해서 LM 가이드를 장착하였다. Z 축은 정해진 만큼의 스텝 동작이 가능한 스테핑 모터를 장착한 볼 스크류(Ball Screw) 시스템을 사용하였다. 16um-20um 정도의 일정한 두께로 적층할 수 있도록 브레이크(Break)와 볼 스크류로 중력에 의해서 처지는 현상까지 고려하였다.

Fig.1 The developed SFFS

점도가 높은 광경화성 수지를 분사하기 위해서 Dimatix사 Piezo타입의 Spectra SE-128 헤드를 사용하였다. 선정한 프린트 헤드는 고성능 고효율의 출력을 위한 128채널의 잉크 노즐 분사 및 최대 900dpi(Dot Per Inch) 해상도 출력을 위한 제품이다. 프린트 헤드는 전기 자극에 의해서 피에조 박막이 진동하여 각 노즐 내에 챔버(Chamber)를 건드려 분사하는 타입이다. 정량 토출 펌프를 이용하여 챔버 내에 적정 압력을 유지시켜 광경화성 수지의 공급을 원활하게 한다.

오피스용 SFFS의 메인 PC에서 Fig.1의 개발된 패턴드라이버에 의해 MFPG(Modular Fire Pulse Generator)에서는 Fire 신호와 헤드에 전달 전압 펄스를 설정한다. 그리고 IHIB(Isolated Head Interface Board)에서는 노즐을 제어하는 신호와 형상데이터를 전송하게 되는데, 데이터를 전송하기 위해서는 SPI(Serial Peripheral Interface) 통신을 사용한다. 패턴 드라이버는 X축 방향으로의 움직임에 대해서 리니어 엔코더(Linear Encoder) 값을 활용한다. 이 때 엔코더의 펄스 신호는 변위 카운터에 의해서 엔코더 값으로 변환되고, 모니터링을 위해서 디스플레이 장치에 표시된다. 그리고 일정한 엔코더 값의 간격으로 Fire Pulse가 발생된다. 이는 저전력 RS-485 트랜시버를 통해 신호의 왜곡을 최소한으로 줄일 수 있다. 그리고 MPC(Meniscus Pressure Controller)는 피에조 헤드 분사를 위한 펌프 컨트롤러를 나타낸다. 적절한 양압과 음압을 이용하여 노즐의 분사 압력을 조절하는 기능을 한다.

3. 형상데이터 생성 및 실험

임의의 형상을 제작하기 위해 3차원 스캐너의 데이터나 CAD로 설계된 제품에 대한 형상 데이터인 STL 파일을 받아 설계된 제품에 대해서 일정량의 두께로 슬라이싱 파일은 생성한다. 슬라이싱 파일을 점 데이터로 구성되어지며, 이를 비트맵 파일의 형태로 변환한다. 비트맵 파일로 변환하는데 제공되는 슬라이싱 파일은 점 데이터로 구성된 컨투어(Contour) 정보만을 가지고 있어 비트맵 변환을 바로 적용하기 어렵다. 그래서 슬라이싱 파일에 레이어 두께, 레이어 식별 번호, 물체 식별 번호 등의 정보를 추가하여 비트맵 생성을 용이하게 하였다.

비트맵 파일 변환 시, 한 레이어에 여러 개의 레이어가 존재할 경우, 필링 영역(Filling Area)을 판단해야 한다. 즉 어떤 컨투어 내부에 또 다른 컨투어가 존재 할 경우 등의 조건에 대해서 고려되어야 한다. 따라서 포인트 좌표와 레이어 정보, 컨투어 정보 등을 이용하여 필링 영역을 구분할 수 있는 비트맵 생성 알고리즘이 필요하다.

본 연구에서는 비트맵 생성 알고리즘으로 논리 연산의 기본 원리 중 하나인 XOR의 형태를 적용하였다. XOR을 기반으로 색 반전방법을 적용하여 비트맵을 생성하였다. 이 Fig.4 의 알고리즘은 컨투어 내부에 또 다른 컨투어가 생길 경우, 중복되는 영역을 반전시킨다. 컨투어가 같은 영역에 중복해서 여러 개가 생길 경우, 초기에 작은 컨투어 4개가 생성되고, 다음에 오는 컨투어가 그 영역 외부에 생기면 처음 생성된 컨투어 4개를 반전시킨다. 다음으로 더 작은 지름을 가지는 컨투어가 발생하면 정렬을 거쳐 중복된 부분에 대해서 다시 반전 시켜준다. 반전 알고리즘을 적용하면 복잡한 형상 데이터에 상관없이 모든 3D 모델에 대한 비트맵 변환이 가능하다. 먼저 비트맵 제작에 적합한 STL 파일인지 확인한 후, 층 순서대로 비트맵을 제작하게 된다. 반전 기법을 이용하여 제작하고자 하는 형상의 레이어를 2진 비트맵으로 저장을 한다. STL파일의 크기와 제작하고자 하는 비트맵의 크기에 따라 제작하는 속도가 어느 정도 차이는 있겠지만 평균적으로 약 1000 개의 비트맵 생성 시 약 60초 정도 소요된다.

실제로 형상데이터를 빌드 트레이에 광경화성 수지를 분사하려면 비트맵파일을 로우(Raw) 데이터로 바꾸어 주어야 한다. 로우 데이터는 비트맵 파일에서 헤드정보를 제외한 형상데이터를 말한다. 생성된 로우 데이터는 메인 PC에서 패턴 드라이버를 거쳐서 IHIB로 전송된다.

Fig.2 Single and multi pattern driver

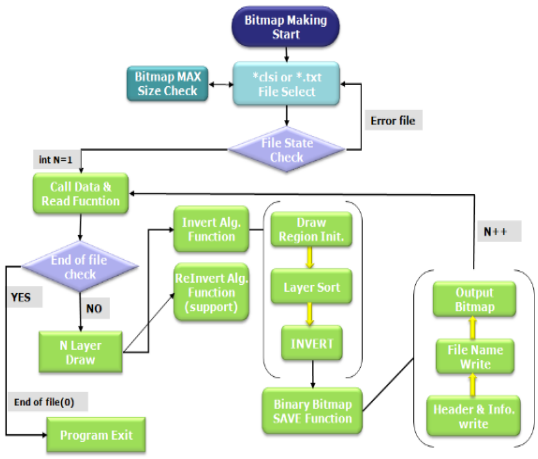

Fig.3 A flowchart of XOR algorithm

개발된 SFFS에서 임의형상을 직접 제작해서 그 적용 가능성과 장비의 성능을 평가해 보았다. 프린트 헤드는 피에조 타입의 spectra SE-128을 사용하였고 형상데이터를 메인 PC에서 전송받아 광경화성 수지를 분사하고 UV Lamp에 조사로 인해서 경화되는 일련의 반복과정으로 프린팅이 이루어진다.

이 과정에서 비트맵과 헤드의 해상도를 맞추기 위해서 단위변환 과정이 필요로 한다. 1inch는 2.54cm이므로 빌드 크기가 최대 300mm일 경우 X, Y축은 2362.2dot를 분사할 수 있는 성능을 가진다. 하지만 비트맵은 가로길이가 4의 배수이어야만 하기 때문에 2364dot로 설정해서 제작한다. Y축의 리니어 엔코더 신호를 통해서 동기화시켜 정도 높은 프린팅이 구현되도록 하였다. 이는 패턴 드라이버를 통해 임의 형상에 대한 각 레이어 영상정보를 전송받아 프린팅 하게 된다. 광경화성 수지 분사 후 UV lamp를 통해 경화를 시키고 이를 적층시켜 임의형상을 제작 할 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 광경화성 수지를 이용한 오피스용 SFFS을 구성하고 임의형상을 제작하기 위해 비트맵과 로우 데이터 생성 알고리즘을 개발하였다. 뿐만 아니라 프린터 헤드에 형상데이터를 보내기 위해 고가의 패턴 드라이버를 저가로 개발하여 장비의 비용적인 측면도 줄일 수 있다.

다음 Fig.4 는 피에조 타입의 Spectra SE-128 헤드를 이용하여 임의형상제작실험을 하고 있는 오피스용 SFFS의 모습이다. 또한 IHIB를 통해 프린트 헤드에 형상데이터를 넘겨주어 다양한 패턴을 생성할 수 있도록 각 노즐을 제어하는 패턴 드라이버를 개발하였다. 광경화성 수지는 약 70도에서 가장 적절한 분사온도를 가지고 피에조 박막을 구동하기 위한 전압 140V를 가질 때, 최대 분사량을 얻었다. 드랍(Drop)을 이루기 위한 조건으로는 피에조에 100V정도의 인가전압이 요구된다. 향후 분사 조건과 최적의 적층 조건에서 다양한 실험을 거쳐 오피스용 SFFS의 시제품 제작에 있어서 정밀 형상에 대한 제작 실험을 수행할 예정이다.

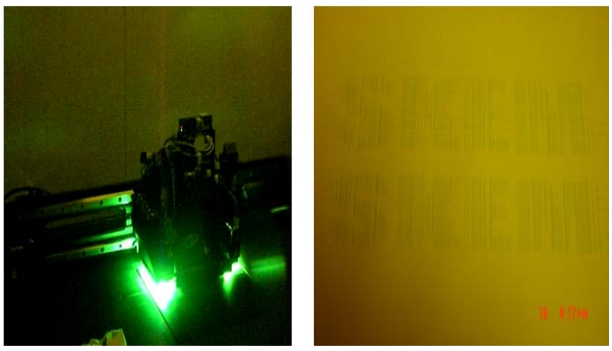

Fig.4 Experiment of UV curing

후기

본 연구는 산업자원부의 “오피스용 SFFS 제어 및 시스템 통합 기술 개발” 과제 지원으로 이루어졌으며, 관계자 여러분께 깊은 감사를 드립니다.

참고문헌

1. W.H. Lee, D.S. Kim, and M.C. Lee, "Development of a SFF System Based on Three-Dimensional Printing Process", Korean CAD/CAM conference, 2005.
2. Mcqurk, M., Aimis, A A, Potamianos, P, and Goodger, NM, "Rapid Protoyping Techiques For Anatomical Modeling In Medicine",An Royal Coll Surgery Engl ,79, pp 167-174, 1997.
3. Chanf, C.C, "Rapid prototyping fabricated by UV resin spray nozzle", Rapid Prototyping Journal, Vol.10, No.2, pp. 136-145, 2004.
4. Eric Hanson, “Recent progress in ink jet technologies”, Society for Imaging Science and Technology, 1999.