

## 모델 분할을 이용한 컨셉 프린터의 가공시간 단축

이인탁\*, 김호찬, 권민형(부산대 지능기계공학과 대학원), 이석, 이석희(부산대 기계공학부)

### Reduction of processing time for concept printer with model splitting

In-Tak Lee, Ho-Chan Kim, Min-Hyung Guen(Dept. of mechanical and intelligent systems engineering, PNU)

Suk Lee, Seok-Hee Lee, (School of mechanical engineering, PNU)

#### ABSTRACT

To reduce design period, demands for rapid prototyping system is increasing. Among the rapid prototyping system, as a concept modeler, 3D Printer appears before the footlights. In spite of short production time and convenience, 3D Printer causes post processing problem. And that is too slow to adapt to the demand of workshop. In this research, we developed a system for reducing build time and roughness using splitting operation. Also, propose BFS(B-rep For STL) data structure to maintain model data, split STL model and implement Euler Operation for input and output.

**Key Words** : Rapid Prototyping(쾌속조형), STL file(STL 파일), ThermoJet(서모젯), Concept Printer(컨셉 프린터), Manufacturing Process(생산공정), Splitting(분할), Build time(가공시간)

#### 1. 서론

급속한 산업 발전과 다양화된 소비자 요구 조건에 따라 제품의 수명 주기가 짧아지게 되었고, 그로 인해 신제품 개발 기간의 단축은 산업 전반에 있어 기업 생존의 필수과제이다. 따라서, 기존의 목업(Mock-up) 방식으로 시작품을 제작하는 것보다 빠른 시간 내에 간편하게 시작품을 얻을 수 있는 쾌속조형(Rapid Prototyping ; RP) [1]이 각광을 받고 있다.

쾌속조형시스템은 1987년 3D Systems사의 Stereolithography 라는 광조형장치가 처음으로 개발된 이래 현재 수십 종의 장비가 개발되어 사용되고 있다. 설계기간의 단축을 위한 컨셉 모델러로서 쾌속조형장비의 수요가 증가함에 따라 벤더들은 저렴한 3D Printer 형태의 쾌속조형장비인 ThermoJet, Z402 등을 개발하여 공급하고 있다. 가장 많이 사용되고 있는 3D Systems사의 ThermoJet 은 다른 쾌속조형장비에 비해 빠른 제작시간 및 편리성 등의 장점이 있는 반면, 지지대의 제거 및 후처리 등에 많은 문제가 있고, 산업 현장에서 요구하는 제작시간에 비해 아직도 제작시간이 느리다.

본 연구는 ThermoJet 을 대상으로 모델을 분할 제작 함으로서 가공시간의 단축 및 표면 정도의 개선을 도모하는 공정을 개발하였다. 또한, 모델의 최적 분할을 위해 새로운 자료구조 및 알고리즘을 개발하여 최단의 제작시간과 최적의 표면정도를 얻을 수 있는 분할면을 자동으로 선택해주는 알고리즘을 개발하였다.

해외에서는 조형물 높이, 계단효과에 의한 표면 정도, 고립체적을 최적의 조형자세 결정요소로 규정하여 최적 조형자세선정에 대한 연구를 하였고, STL 파일의 중복된 정점을 줄이기 위해 위상정보가 부족한 STL 파일을 기초로 하여 정점, 모서리, 그리고 면의 색인 리스트를 가진 facet solid entity 로 표현된 새로운 RPI 포맷 파일을 제안하는 등 많은 연구가 수행되었다.[1][2]

국내에서도 STL 파일포맷에 위상정보를 부여하기 위한 삼각형 기반 형상모델링을 제한하고 STL 파일의 오류 수정, 지지대의 생성, STL 파일로부터 단면정보 변환을 위한 시스템을 개발하는 등 활발한 연구가 진행되고 있다.[3][4]

## 2. 연구배경 및 필요성

세계적인 RP 장비의 판매현황을 보면 3D Printer 가 시장의 60%이상을 차지하였으며, 그 중 3D Systems 사의 ThermoJet 3D Printer 장비가 단일 제품으로 가장 많이 공급되었다.

3D Printer 는 빠른 제작시간 및 청결한 사용환경으로 사무실에서도 사용할 수 있는 편리한 인터페이스와 간단한 사용법, 인터넷을 통한 원격제작 등의 장점을 가지고 있고, 3D Printer 의 주목적이라고 할 수 있는 설계형상의 확인, 간섭 검사, 설계 협의용 모델 등의 컨셉 모델(Concept Model) 제작의 용도로서 활용되고 있다.

3D Printer 중 ThermoJet 은 위와 같은 다양한 장점을 보유한 반면에 여러 단점이 있다. 첫째, 서모젯 프린터의 지지대(support) 생성 부분인 하부면과 상부면의 표면정밀도 차이가 극심하다. 둘째, 제작된 파트의 경도와 강도가 낮아 기능검사를 위한 시작품을 제작하기 어렵다. 셋째, 온도변화에 따른 수축과 팽창이 심하여 정밀도를 요하는 마스터 패턴으로 제작하기 어렵다. 넷째, 크기가 제한된 소형 모델만 제작할 수 있다. 이러한 단점들로 인하여 ThermoJet 은 설계평가를 위한 시작품 제작으로만 용도가 한정되고 있는 실정이다.

ThermoJet 부품의 표면 거칠기를 측정하기 위하여 Fig.1 과 같은 테스트 부품을 제작하였다. Fig.2 는 제작한 실험파트의 표면 거칠기 프로파일이다. 상하부면의 거칠기 차이는 부품 제작시 필요한 지지대 때문이다.



Fig 1. ThermoJet part for roughness measurement

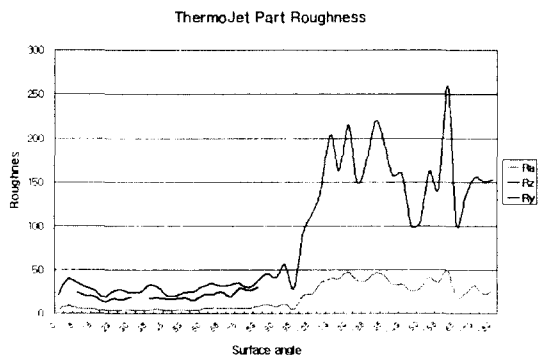


Fig 2. Roughness of ThermoJet test part

ThermoJet 은 재료를 녹여 잉크젯 프린터와 같이 노즐에서 분사하는 방식이므로 하위면 전체에 Fig. 1 과 같이 항상 지지대가 생성이 되어야 한다. 지지대는 손쉽게 제거가 되지만, 원재료 특성상 사상 작업은 매우 어렵다.

본 연구는 ThermoJet 의 이러한 단점을 보완하기 위해 모델을 분할 제작하여 가공시간을 단축하는 새로운 공정과 알고리즘을 제시한다. 외관 형상 확인을 위한 시작품으로 가장 중요한 점은 빠른 조형 시간과 형상의 충실도이다. 분할 모델을 이용한 공정 시간 단축은 설계시간의 단축을 의미한다.

ThermoJet 의 분할 모델 제작은 다음과 같은 장점을 가진다. 다양한 크기의 모델을 제작할 수 있고, 지지대 생성부분이 접합되므로 전체적인 표면정도 향상을 이룰 수 있다. 또한, 지지대 제작에 소요되는 과다한 원재료 절감하고 제작 시간 및 장비 사용시간을 줄일 수 있다.

## 3. 모델 분할 제작 공정

모델을 분할 할 수 있는 방법은 2 가지로 나눌 수 있다. 먼저 CAD 상에서 모델을 분할한 다음 STL 파일로 변환하는 방법과, STL 파일 자체를 이용하여 분할 하는 방법이다.

일반적인 CAD 사용자가 적절한 분할면을 선정하기 어려우며 또한, 쾌속조형장비를 운영하는 곳에서 모든 상용 CAD 를 보유할 수는 없다. 따라서 본 연구에서는 쾌속조형장비의 표준 파일 포맷인 STL 파일을 이용하여 직접 분할하는 알고리즘 개발한다. 모델 분할 공정을 요약하면 아래와 같다.

1. 작업할 STL 모델을 본 연구에서 개발한 프로그램을 이용하여 수동 혹은 자동으로 분할한다.
2. 분할된 모델을 이용하여 ThermoJet 에서 제품을 제작한다.
3. 제품이 완성된 후 지지대를 제거하기 위하여 냉장고 등의 냉각기를 이용하여 부품의 표면온도를 낮춘다.
4. 지지대를 제거한 후 벤젠 등의 화공약품을 이용하여 표면을 처리한다.
5. 순간접착제를 이용하여 모델을 결합한다.

분할 공정에서의 주의점은 지지대의 제거와 분할된 부품의 접합이다. 평면에 지지대는 제거하기는 손쉽고 표면이 좋은 반면에 곡면형상에서는 제거가 어렵고 제거를 하더라도 커셉(cusp)이 남아 불완전한 제거가 된다. 따라서 분할면은 평면이 되도록 유지하는 것이 좋으며, 평면이 아닐 경우 모델의 접합에도 문제가 발생할 수 있다.



#### 4. 테스트 모델 제작결과 및 평가

모델 분할 공정을 평가하기 위하여 2 가지 테스트 부품을 ThermoJet 을 이용하여 제작하였다. 첫번째 실험 부품(Fig.4)은 분할 모델의 집합 후 정밀도를 측정하기 위한 부품이며, 두번째 실험 부품은 자동변속기의 노브(Knob, Fig.5)로서 전체가 곡면인 모델의 표면 정도 비교를 위해 제작을 하였다.

Table.1 은 첫번째 정밀도 측정을 위한 실험파트의 제작 결과이다.

Table. 1. Test part 1 Experiment result

Item	Part	Split part
Build time	5:05:08	2:45:48
Material use	60g	52g
Roughness	5.05 $\mu\text{m}$	3.79 $\mu\text{m}$
Adhesion dimension	mean : 4.954 mm var : 0.00718	mean : 4.967 mm var : 0.00716
	Number of test part : 15	

모델의 분할 제작은 비분할 제작과 비교하여 46%정도 시간을 단축시켰다. 분할 모델의 집합에 소요되는 시간은 완성모델의 제거하기 힘든 지지대의 후처리 시간과 비슷하므로 전체 공정시간은 1/3 이상 단축이 된다고 볼 수 있다.

ThermoJet 에서 전체가 곡면형상인 부품의 경우 지지대의 계단현상으로 인하여 지지대를 제거하더라도 Fig.5 의 오른쪽 아래 사진과 같은 잔해가 남게 되어 표면정도가 떨어지게 된다. 그림의 왼쪽은 분할 모델을 이용하여 제작한 부품이다.

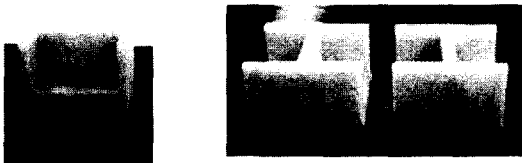


Fig 4. Test Part 1

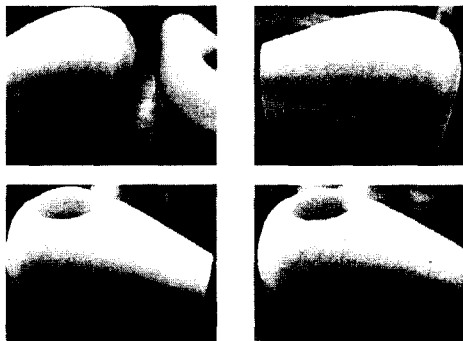


Fig 5. Test Part 2 (Knob)



Fig 6. Developed software

#### 5. 결론

본 연구에서는 3D Printer 의 단점을 보완하고 공정을 개선하기 위해 모델 분할 제작 공정을 제안하였다. 새롭게 제시한 모델 분할을 이용한 제작 공정은 제작 시간의 단축, 파트 표면 정도 향상 그리고 재료 사용량의 절감 등의 다양한 효과를 얻을 수 있었다.

또한, STL 모델을 분할하기 위한 소프트웨어 (Fig .6)를 Visual C++과 OpenGL Library 를 이용하여 제작하였다. STL 파일은 기본적으로 기하정보만 포함하고 있으므로, 모델을 분석하고 평가하기 위하여 기하 정보와 위상정보를 제공하는 새로운 자료 구조인 BFS(B-rep For STL) 자료구조를 제안하고 BFS 자료 구조에서 데이터의 입출력을 위해 오일러 조작자(Euler operator)를 설계하였다.

#### 참고문헌

1. Paul F. Jacob, "Rapid Prototyping & Manufacturing : Fundamental of Sterco Lithography," Society of Manufacturing Engineers, 1<sup>st</sup> Edition, 1992.
2. M. M. Wozny, "Data Driven Solid Freeform Fabrication," IFIP Transactions B-3: Human Aspects in Computer Integrated Manufacturing. pp.71-82. 1992.
3. 채희창, "STL 에 위상정보를 부여하기 위한 삼각형 기반 형상모델링," 한국정밀공학회지, 제 14 권, 제 2 호, pp.136-144, 1997.
4. 최홍태, 김준안, 이석희, 백인환 "Stereolithography 를 위한 STL 파일로부터 단면정보 변환시스템의 개발," 한국정밀 공학회지, 제 12 권, 제 11 호, pp.140-147, 1995.