

## 다중재료 쾌속가공시스템을 위한 뷰어 구현

천인국\*, 김승우\*, 주영철\*\*, 안덕상\*

\*순천향대학교 정보기술공학부,

\*\*순천향대학교 기계공학과

## A Viewer Development for Various Material Agile Prototyping System

In Cook Chun\*, Seung Woo Kim\*, Yung Cheol Joo\*\*, Dug Sang Arn\*

\*Department of Information Technology Engineering Soonchunhyang University,

\*\*Department of Mechanical Engineering Soonchunhyang University

### 요약

신속조형시스템(RP : Rapid Prototyping)용 자료교환 표준인 STL의 자료구조는 단순하고, 조형 용 2차원 단면 자료로의 전환이 용이하며, 생산 가공 기술로서의 현대적인 특성(신속성, 조형성, 경제성, 청정성 등)을 가지고 있는 장점이 있는 반면에, STL 3D 좌표값의 기준(좌표계의 원점)이 되는 크기 정보가 없다. 이런 문제를 구현된 STL 뷰어에서는, 스케이リング(scaling) 기법과 선형적인 이동 기법을 사용하여 해결하였고, CAD 시스템으로 제작된 파일 자체의 문제점 패싯(facet) 중복, 정밀도, 법선 벡터 값의 오류 등도 검증기(verifier)와 오류 정정기(error corrector)를 구현하여 해결하였다. 제안된 방법으로 구현된 STL 뷰어는 시스템의 안정성과 확장성, 그리고 효율성 측면에서 우수한 성능을 보였으며, 슬라이싱(slicing), 경로 추적기(path tracer)의 전처리기의 역할을 한다.

### 1. 서론

RP의 기본 원리는, 주어진 3차원 형상 데이터를 임의의 성형 방향에 대한 2차원 단면 데이터로 근사 표현한 후, 모델을 아래층부터 층별 성형(layer-by-layer manufacturing)하여 3차원으로 성형하는 것이다.

RP 성형방식에 따라 나눌 수 있는데, laser를 이용하여 광경화성 수지, 수지 필라멘트 또는 수지 분말을 상변화시켜 성형하는 SLA(Stereolithography Apparatus), FDM(Fused Deposition Modeling), SLS(Selective Maker, Actua Laser Sintering)와 왁스, 파라핀을 적층하는 모델 등은 점 단위 성형방식이고, 종이를 적층한 후, 단면 데이터를 절단하는 LOM(Laminated Object Manufacturing), 유사한 방식의 JP System5와

광경화성 수지를 자외선을 이용하여 층 단위로 굳히는 SGC(Solid Ground Curing) 등은 층 단위 성형방식이다[1].

위와 같은, 임의형상가공시스템(SFFS : Solid Freeform Fabrication System)은 미국을 포함한 외국의 몇 개 기업에서 RP 개념으로 상품화하고 있지만, 아직 많은 기술적인 문제를 가지고 있을 뿐만 아니라, 사용 가능한 재료의 종류 및 형태가 제한되므로 금형 제작의 추가 공정이 필요하다[2][3]. 다품종 소량생산 환경에 적합하고 금속을 포함한 다양한 재료를 자유롭게 형상화 할 수 있는 쾌속원형제작(AP: Agile Prototyping)을 위한 새로운 방식이 필요하다[4][5][6].

본 연구에서 제안한 *CAFL VM*(Computer Aided Fabrication of Lamination for Various Material)은 세라믹, 폴리머, 금속뿐만 아니라 복합 재료를 사용하

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(2000199호) 지원으로 수행되었음.

고, 경사절단(tangent cutting)에 의해 보다 원래의 형상에 가까운 제조를 가능하게 하고, 형상의 복잡도에 따라 레이어의 두께를 자유 자재로 선택할 수 있게 하여 고속·고정밀이 가능하도록 개발하는 것이 최종 목표이다.

구현된 STL 뷰어에서는 STL 파일이 갖고 있는 문제점과 CAD 시스템에서 제작된 파일 자체의 문제점(폐식 중복, 정밀도, 범선 벡터 값의 오류 등)들을 해결하였다. 제안된 방법으로 구현된 STL 뷰어는 슬라이싱, 경로 추적기 등 앞으로 진행 과정에서 꼭 필요한 모듈이다.

## 2. STL 파일의 구조

RP용 자료교환 표준인 STL의 특징은 자료구조가 매우 단순하고 자료 자체를 직접 조형용 2차원 단면 자료로의 전환이 용이하다는 것이다. 또, 새로운 생산 가공 기술로서의 현대적인 특성들(1. 신속성, 2. 조형성, 3. 경제성, 4. 청정성 등)을 갖고 있다.[7][8][9].

STL은 설계된 제품형상의 기하학적 정보를 평면 삼각형들의 근사화된 집합이기 때문에 원래의 물체 형상과의 차이가 존재한다. 이러한 차이를 줄이기 위해 정밀도 설정을 생각할 수 있으나, 정밀도가 높은 경우 속도가 느려지고, 정밀도가 낮은 경우, 최종 제품의 형상이 왜곡되는 문제를 갖게 된다. STL 파일은

- ① 자료구조가 단순하고,
- ② 자료자체를 직접 조형용 2차원 단면 자료로의 전환이 용이하며,
- ③ 현대적인 특성(신속성, 조형성, 경제성, 및 청정성)을 가진 생산 가공 기술

이라는 장점을 가지고 있다. 반면에,

- ① 3차원 물체의 원점 좌표에 대한 표준이 없고,
- ② 물체의 크기를 나타내는 크기 기준에 관한 정보가 없고,
- ③ 물체의 동일한 영역을 표현하는 폐식이 중복되어 있는 STL 파일이 많으며,
- ④ 폐식의 3개의 꼭지점에 대한 정보를 실수형으로 저장하기 때문에, 확대할 경우 물체를 이루는 폐식 사이에 빈 공간이 존재하는 경우가 많고,
- ⑤ 폐식의 범선 벡터 값에 오류가 많고,
- ⑥ 폐식을 이루는 삼각형 꼭지점의 순서 정보가 물체의 앞·뒤를 나타내고,
- ⑦ 정밀도가 높은 경우, 많은 부동 소수점 연산을 필요

로 한다는 단점이 있다.

STL 파일에는 3차원 좌표계(3D space coordinates)의 원점에 대한 기준 값이 없으므로 폐식의 좌표를 평행 이동하여 좌표 표시를 용이하도록 해야한다. 좌표 시스템에 대한 기준이 없으므로, 크기에 대한 기준을 정할 때는 뷰어에 보이는 물체의 크기를 기준으로 한다(즉, 픽셀(pixel)의 개수를 가지고 물체 크기를 결정한다).

동일한 영역을 표현하는 폐식의 중복 문제와 폐식의 꼭지점들이 일치하지 않아 발생하는 공극(null space) 문제, 그리고 범선 벡터의 오류는 검증기와 오류 수정기를 구현하여 해결한다.

폐식의 꼭지점 순서를 유지해야 하는 문제는, 저장을 위한 자료구조를 설계할 때, 꼭지점 순서를 유지하도록 하여 해결한다.

STL은 최초의 설계 모델을 평면 삼각형들의 기하학적인 집합으로 근사화한 자료저장 형태이므로 정확도에 문제가 발생한다. 이런 문제를 해결하기 위해 정밀도를 높이는 문제를 생각할 수 있으나, 그럴 경우 부가적으로 많은 부동 소수점 연산을 수행해야하는 부작용이 발생한다. 구현된 뷰어에서는 사용자로부터 정밀도를 입력받도록 설계되었으나, 다른 측면에 탐색 알고리즘(퍼지, 신경망, 유전자 알고리즘, 진화 프로그래밍)의 사용도 고려할 수 있을 것이다.

## 3. 뷰어 설계 방법

STL 뷰어를 구현하기 위해서는, 먼저 STL 파일의 구조를 알아야 한다. STL 파일은 아래와 같이 2 가지 형식(아스키 & 바이너리)으로 구성되어 있다.

### ① 아스키 형식

```

solid Comment
facet normal 0.0 0.0 1.0
outer loop
    vertex 2.0 2.0 0.0
    vertex 2.0 2.0 0.0
    vertex 2.0 2.0 0.0
end loop
end facet
facet normal 0.0 1.0 0.0
    :
    :
end facet
end solid

```

그림 1 ASCII STL 파일의 구조

### ② 바이너리 형식

바이너리 파일은 헤더(80), 전체 폐식의 개수(4), 범선

벡터(12: x, y, z), 첫 번째 꼭지점의 좌표(12: x, y, z), 두 번째 꼭지점의 좌표(12: x, y, z), 세 번째 꼭지점의 좌표(12: x, y, z), 공백(2)로 구성된다.

Bin-STL Header (80)			Sum of Facet (4)		
X_Nor (4)	Y_Nor (4)	Z_Nor (4)	X1 (4)	Y1 (4)	Z1 (4)
X2 (4)	Y2 (4)	Z2 (4)	X3 (4)	Y3 (4)	Z3 (4)
Empty (2)	X_Nor (4)	Y_Nor (4)	Z_Nor (4)	X1 (4)	Y1 (4)
Z1 (4)	X2 (4)	Y2 (4)	Z2 (4)	X3 (4)	Y3 (4)
Z3 (4)	Empty (2)	...		X_Nor (4)	
Y_Nor (4)	Z_Nor (4)	X1 (4)	Y1 (4)	Z1 (4)	X2 (4)
Y2 (4)	Z2 (4)	X3 (4)	Y3 (4)	Z3 (4)	Empty (2)

그림 2 Binary STL 파일 형식

STL 자료구조에는 원점 좌표 위치에 관한 기준이 없기 때문에, 구현된 STL 뷰어에서 사용한 방법은 X, Y, Z 각각의 최대·최소 좌표 값을 알아낸 후, 이 값의 중간 값(물체의 중앙값)을 원점으로 결정하는 방법을 사용하였다. 즉, 물체가 항상 동일한 위치에 디스플레이 되도록 하기 위해 화면 중앙(원점)으로 평행 이동하였다.

STL 자료구조에는 물체의 크기를 나타내는 기준이 없기 때문에, 화면 표시한 경우, 모든 물체가 서로 다른 크기로 보인다. 이 문제를 해결하기 위해서 화면상의 뷰 윈도우 크기를 알아내어 일정한 크기로 표시하도록 하는 스케이リング 기법을 사용하였다.

패싯의 중복은 STL 자료구조 때문에 흔히 발견할 수 있는 문제이다. 이러한 문제는 불필요한 시간 비용을 초래하여 시스템의 성능을 저하시킨다. 구현된 시스템에서는 STL 파일을 읽어들이면서, STL 검증기와 오류 정정기를 호출하도록 구현하였다. 새로운 STL 파일을 읽어들일 때마다 자동적으로 오류를 정정하여 버퍼(buffer)에 저장하도록 구현하여 문제를 해결하였다.

3D 형상을 확대할 경우, 패싯 사이의 공극이 생기는 문제는 꼭지점의 3D 좌표 값이 정확하게 일치하지 않는데, 원인이 있다. 이런 문제를 해결하기 위해 정밀도를 설정하는 문제를 고려할 수 있지만, 부가적인 시간 비용을 요구로 시스템의 성능을 저하시킨다. 구현된 STL 뷰어에서는 검증기에서 오류를 검출하고 오류 정정기에서 이러한 오류를 처리하도록 설계하였다. 오류 정정기에서 수행하도록 설계된 또 다른 중

요 기능은 패싯의 세 꼭지점을 조사하여 법선 벡터 값의 오류를 정정하도록 하는 것이었다.

STL 파일의 형상을 화면 표시하기 위해 패싯의 꼭지점 순서를 사용한다. 꼭지점을 그리는 순서를 가지고 도형의 앞면과 뒷면을 판별한다. 도형의 앞면과 뒷면을 판별하는데 사용되는 키워드는 앞면일 경우, 반시계 방향을 나타내는 CCW(Counter Clockwise Winding)이고, 뒷면일 경우, CW(Clockwise Winding)이다. 이러한 그래픽 라이브러리의 특성 때문에, STL 형상 데이터를 저장하는 자료구조를 설계할 경우, 이러한 순서 정보를 잊지 않도록 설계해야 한다.

#### 4. 실험 및 고찰

##### 4.1 개발 & 실험 환경

STL 뷰어는 PC 기반의 Windows 98, ME, 2000에서 동작하도록 개발하였다. MS Visual Studio에서 Win32 API 함수를 사용하여 구현하였으며, 3D를 위한 그래픽 라이브러리는 OpenGL 1.1.4를 사용하였다.

##### 4.2 STL 파일의 3차원 도시

연구된 STL 뷰어는 RP 작업을 필요한 최소의 요구 조건만을 충족하도록 설계되고 구현되었다. 구현된 뷰어는 아스키 형식과 바이너리 형식뿐만 아니라, 사용자가 입력하는 단 하나의 패싯도 저장할 수 있도록 설계하였고, 화면 표시 모드(솔리드(Solid) 모드, 히든 와이어 프레임(Hidden Wireframe)모드), 확대·축소, 바탕화면과 객체의 색상 설정, 좌표축 표시, 광원 효과 등을 구현하였다.

그림 3과 그림 4는 화면 표시 모드에서 그려지는 모습을 보여주는데, 그림 3은 히든 와이어 프레임 모드이고, 그림 4는 와이어 프레임 모드이다.

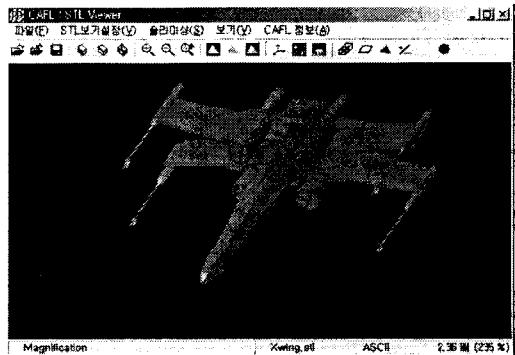


그림 3 솔리드 모드

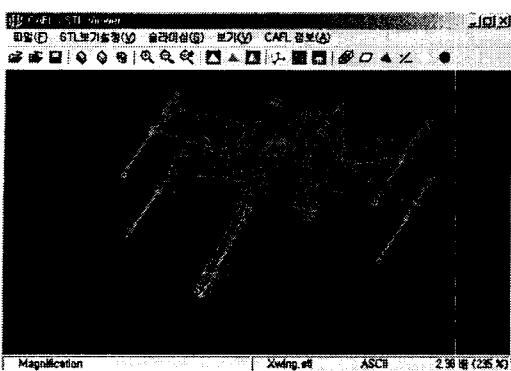


그림 4 와이어 프레임 모드

구현된 STL 뷰어에서는 형상을 회전하는 테이블 키보드를 이용, X, Y, Z축 방향으로 자유자재로 움직일 수 있게 구현하였다. 그림 5는 그림 3을 회전하여 보여준 모습이다.

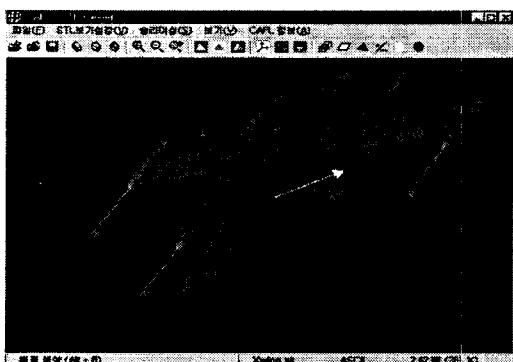


그림 5 회전 화면

또한, 축소·확대 기능도 추가하여 볼 수 있게 구현하였다. 그림 6은 그림 5를 축소하여 보여준 모습이다.



그림 6 축소 화면

## 5. 결론

RP용 자료교환 표준인 STL의 자료구조는 단순하고, 조형용 2차원 단면 자료로의 전환이 용이하며, 생산 가공 기술로서의 현대적인 특성(신속성, 조형성, 경제성, 청정성 등)을 가지고 있는 장점이 있는 반면에, STL 자료값의 기준(좌표계)이 되는 원점과 크기 정보가 없다. 이런 문제를 구현된 STL 뷰어에서는, 스케일링 기법과 선형적인 이동 기법을 사용하여 해결하였고, CAD 시스템으로 제작된 파일 자체의 문제점들(패싯 중복, 정밀도, 법선 벡터 값의 오류 등)도 검증 기와 오류 정정기를 구현하여 해결하였다.

뷰어의 추가적인 기능으로 확대·축소, 최소외곽큐브(Minimum Boundary Cube), 원래의 3D 형상 그대로 회전, 확대·축소할 수 있도록 구현하였다. 원래의 형상을 화면 표시한 상태에서 확대·축소 동작을 실행할 경우, 수행 속도는 전체 패싯의 개수에 반비례한 결과를 보였지만, 뷰어로서의 기능은 충분히 수행하였다.

뷰어는 슬라이서, 경로 추적기 등의 모듈에서 전처리기로 꼭 필요한 모듈이다. 그러므로 정밀도 자동 결정 문제 등과 같은 비선형적인 문제들을 해결하는데 최적해 탐색 알고리즘을 사용하는 발전된 연구가 필요하다.

## [참고문헌]

- [1] 조인행, 송용억, 노경환, 이건우, "Development of sheet Deposition Rapid Prototyping System", 한국정밀공학회, '98 춘계학술대회논문집, pp. 921~926, 1998
- [2] J. D. Cawley, A. H. Heuer, W. S. Newman, and B. B. Mathewson, "Computer-Aided Manufacturing of Laminated Engineering Materials", Am. Ceram. Soc. Bull., 75, 1996
- [3] E. A. Griffin, D. R. Mumm, and D. B. Marshall, "Rapid Prototyping of Functional Ceramic Composites", American Ceramic Society Bulletin, Vol. 75, No. 7, p. 65, 1996
- [4] E. A. Griffin, J. Daufenbach, and S. McMillin, "Desktop Manufacturing : LOM vs Pressing", American Ceramic Society Bulletin, Vol. 73, No. 8, p.109, 1994
- [5] R. E. Mistler, "Tape Casting : The Basic Process for Meeting the Needs of the Electronics Industry", American Ceramic Society Bulletin, Vol. 69, No. 6, p.1022, 1990
- [6] J. D. Cawley, A. H. Heuer, W. S. Newman, and B.

- B. Mathewson, "Computer-Aided Manufacturing of Laminated Engineering Materials", American Ceramic Society Bulletin, Vol. 75, No. 5, 1996
- [7] 지혜성, 이병열, 장호문, 정해용, "STEP-based Model Slicing for RP", 한국 CAD/CAM학회, '99 학술발표회 논문집, pp. 175~180, 1999
- [8] 방철배, 김영호, 강석호, 김남국, "STL File Generation for Rapid Prototyping Implants Models", 한국 CAD/CAM학회, '98 학술발표회 논문집, pp. 436~441, 1998
- [9] 조인행, 허정훈, 이동훈, 강희석, "rapidWorks98 - Development of CAD System for Rapid Prototyping", 한국 CAD/CAM학회, '98 학술발표회 논문집, pp. 183~188, 1998