

# 급속 광조형을 위한 STEP 파일의 다이렉트 슬라이싱에 관한 연구 A study on direct slicing of STEP format files for rapid prototyping

김영한(부산대 대학원), 최홍태(경남전문대), 이석희(부산대 기계공학부)

Younghan Kim(Graduate School, Pusan National University)

Hong-Tae Choi (Kyung-Nam Junior College), Seok-Hee Lee (Pusan National University)

## ABSTRACT

STEP is a neutral model for exchanging CAD models between different CAD systems. This paper presents a laser path contour generation for rapid prototyping originated from STEP format files without using any tools nor libraries for STEP data manipulation. Polygons are generated from every point on the layer of given thickness, which are the intersections of layer plane and edges stored in entity tables. Curves are approximated with polygons within segment tolerance limit in order to cover sculptured surfaces. With the advantage of less data loss in direct slicing over STL formats, the system developed in this work shows a good potential to provide data share with various CAD systems including RP data preparation.

**Key Words :** Direct slicing (직접 슬라이싱), Rapid Prototyping (급속 조형법), STEP (STandard for Exchange of Product model data)

## 1. 서 론

최근 기업의 제품 개발, 생산, 판매 등의 모든 활동이 급속도로 글로벌화 되어감에 따라 제품의 정보를 교환하고 공유하는 기능이 필수적으로 되었다. 이를 이용하는 여러 개념으로 CALS(Commerce At Light Speed), CE(Concurrent Engineering)등이 있으나 정보 교환의 주체들이 서로 다른 개발, 생산 시스템을 사용함으로 인해서 포맷이나, 정보의 형태가 맞지 않는 등의 여러 문제가 발생 한다. 이러한 데이터의 상호 교환을 위해서 특정 시스템에 구애 받지 않는 중립 포맷을 쓰고 있다. CAD 데이터의 중립 포맷으로 많이 쓰여온 것으로는 IGES(Initial Graphics Exchange Specification), 등이 있으나 기존의 모델은 제품의 기하학적 정보만을 담고 있기에 PDM(Product Data Management)등의 시스템을 만족시키기에는 다소 부

족한 면이 있다. STEP(STandard for Exchange of Product model data)은 제품의 기하학적 정보 뿐만 아니라 제품의 전체 수명 주기에 따르는 정보를 담고 있는 국제 규약으로 국제 표준화 기구에 의해 제정 중이다. 이를 통해서 급속조형에 쓰이는 데이터를 추출해 내는 것이 앞으로 더욱 필요하다고 하겠다.

최근 들어 산업계에서 많이 쓰이는 급속 조형법(Rapid Prototyping)에서는 STL(STereoLithograph)파일을 쓰는 것이 일반적이며 대부분의 CAD 시스템에서 이를 지원한다. 네트워크의 발달로 기업과 개인간에서 공유된 정보를 공유하면서 제조회사 간의 독자적인 시스템을 사용하는 경우 이러한 특수한 목적의 파일을 따로 저장하기 보다는 하나의 중립 포맷을 두고 이것을 바로 광조형법에 사용한다면 더 효율적일 것이다. 따라서 종래의 STL 파일로의 변환에 비해서 STEP 파일의 다이렉트 슬라이싱은 더 정확한 제

품의 형상 정보를 얻을 수 있다. 이에 관련된 연구로, Ron Jamieson 등은 STL 파일의 다이렉트 슬라이싱에 대해서 연구를 통해 각 레이어의 단면을 비교해서 비슷할 경우, 앞의 레이어와 같은 정보로 저장을 함으로써 파일의 크기를 줄일 수 있었으며<sup>(1)</sup>, George M. Fadal 등은 CAD 자료로부터 RP 로의 변환에 있어서 정밀성을 높이는 연구를 하였다<sup>(2)</sup>. C. F. Kirschman 등은 평행한 단면에 대해서 슬라이싱을 수행해서 속도를 높이는 알고리즘을 개발하였다.<sup>(3)</sup> 하지만 이들은 모두 RP 장비의 성형 정밀도를 높이거나 STL 파일로의 변환에 있어서만 초점을 두고 있다. 국내의 관련 연구로는 김남규등이 World View 를 통해서 STEP 파일의 VRML 변환기를 만들었으며<sup>(4)</sup>, 오유천등이 역시 VRML 과 JAVA 를 통해서 인터넷 상에서 STEP 파일을 볼 수 있는 변환기를 만들었다<sup>(5)</sup>. 본 연구는 이러한 STEP 분석 엔진과 다이렉트 슬라이싱을 결합한 STEP 파일의 다이렉트 슬라이스된 단면 형상을 생성한다.

## 2. STEP 포맷

STEP 은 ISO(International Standardization Organization, 국제 표준화기구)의 위원회인 SC4 에서 제정한 표준으로 ISO-10303 이하 여러 파트들로 구성되어 있다. 이 파트들은 응용 프로토콜과 통합 자원, 서술 방법, 적합성 테스트에 관하여 기술하고 있다. 실제 제품의 제작에 관련된 응용 프로토콜은 통합 자원 중 필요한 부분을 사용하여 제품의 내용에 대해서 기술하게 된다. 이런 방대한 내용을 담고 있기에 어떤 응용분야에서든 필요한 부분만을 취하여 참조하면 된다. STEP 의 전체적인 구조는 Fig. 1 과 같다.

### 2.1 STEP 파일의 구조

외부로 출력되는 파일 포맷은 파트 21 의 규정에 따른다. STEP 파일은 헤더와 데이터로 구성되며 헤더는 파일에 관한 설명, 이름, 생성 일자 등이 기록되며, 데이터 부분에는 기하학적 개체들과 위상 정보가 EXPRESS 라는 언어를 통해서 표현된다.

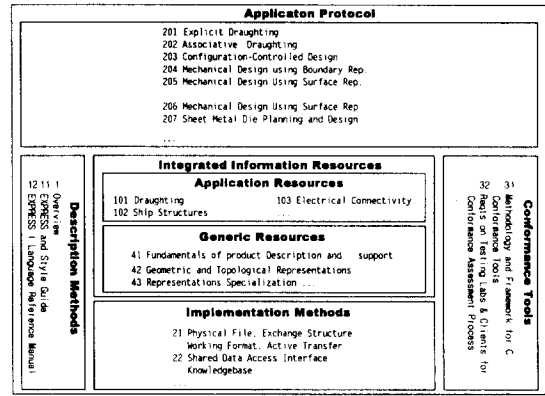


Fig. 1 STEP Schema

STEP 파일은 모두 EXPRESS 언어로 기록이 되지만 대부분의 CAD 시스템에서 출력하는 경우는 STEP-Developer 같은 도구를 사용하므로 도면에 관한 물리적 파일은 일관성이 있다.

### 2.2 참조되는 파트들

본 연구에서는 모든 응용 프로토콜에서 적용되는 도면에 대해서 다루는 것이 아니라 응용 프로토콜 203 번에서 정의하는 configuration controlled design 에 대해서만 다룬다.

EXPRESS 언어의 사용을 위해서 Part11 이, 기하학적 정의를 위해서 Part42 가 참조되게 된다.

## 3. STEP 데이터 처리 과정

STEP 파일의 내용을 분석해서 다른 여러 개발용 도구에서 사용하게 해 주는 라이브러리와 도구들로는 ROSE 나 STEP Developer 등이 있으며 본 연구에서 중점적으로 다룬 것은 기하학적 형상이 오류 없이 단면 정보를 나타낼 수 있게 변환하는 알고리즘을 제시하고자 한다.

### 3.1 기하학적 엔터티

B-Rep 방식으로 표현된 제품의 기하학적 정보는 각 단면을 기준으로 해서 엔터티(Entity) 테이블을 작성한다. 각 엔터티는 미리 만들어진 개체에 맞는 수와 형

식의 파라미터를 받게 되며 그렇지 않으면 불완전한 STEP 파일로 인식하고 에러 메시지를 낸다. 저장된 엔터티의 정보는 위상 정보를 읽고 위상 정보가 저장되는 트리(tree)에 구조적으로 저장된다

### 3.2 기하학적 엔터티의 표현

STEP의 기하학적 엔터티들은 모두 EXPRESS 언어를 통해서 표현이 되며 이는 다음과 같은 형식을 가진다.

```

CARTESIAN_POINT ("(real, real, real));
VECTOR ("(orientation, real));
AXIS2_PLACEMENT_3D ("(cartesian point, direction,&)
    
```

즉, 하나의 평면을 정의하기 위해서 3차원상의 한 점과 각 축의 방향 성분을 명시하며, 하나의 선을 정의하기 위해서 공간상의 한 점, 방향벡터를 명시하게 된다. 평면과 선 등의 엔터티에 대해서는 엔터티 테이블에 정해진 양 만큼의 부수적인 목록이 할당되며 거기에는 공간상의 한 점과 벡터 성분의 비를 위한 장소가 할당된다. 따라서 점의 위치와 벡터 등은 상위 집합인 평면, 선 등에 멤버로서 존재한다.

모든 기하학적인 엔터티에 대해서는 모서리와 면이 가장 상위 집합이 되어서 좌표계와 벡터 등을 포함하게 된다. 위상 정보에서 실제적인 모델에 대해서 앞서 정의된 기하학적인 정보가 통합된다.

STEP 파일의 위상 정보를 표현하기 전에 이동이나 축척, 회전 등을 시키는 경우는 변환 행렬에 의해서 그 자세를 잡아준다. 앞의 각 엔터티는 이 행렬에 의해서 변환되며, 그 대상은 점의 좌표, 벡터의 방향 성분 등이 된다. 이후 위상 정보를 표현하는 부분은 실질적으로 급속 광조형법에 쓰이는 정보가 전부 3차원 상의 제품의 형상 정보인 점을 고려하면 "ORIENTED CLOSED SHELL", "CLOSED SHELL" 등의 닫힌 곡면상의 좌표라는 것을 알 수 있다. 따라서 이후의 정보들은 면과 모서리에 관한 연관된 정보이므로 계층적인 트리 구조로 각 모서리와 꼭지점, 면의 상관관계를 일목요연하게 저장할 수 있다. 이 과정은

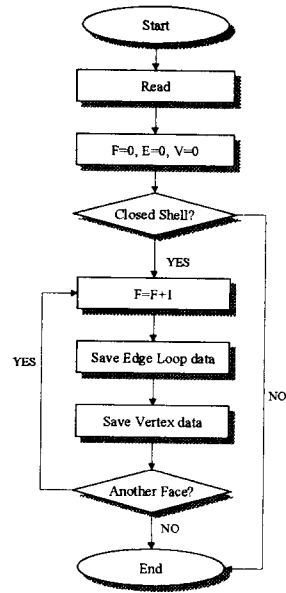


Fig. 2 Data read & storage

Fig. 2 와 같다.

### 3.3 단면 정보의 생성

CAD 프로그램에서 직접 단면을 생성하는 것이 아니고 STEP이라는 중립 포맷을 사용함으로써 생겨나는

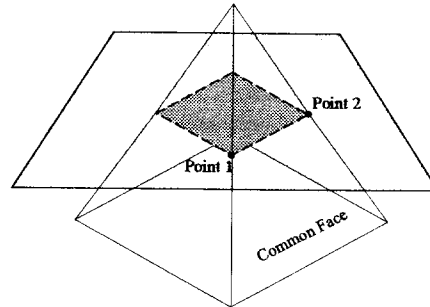


Fig. 3 Two edges included in a face

데이터의 손실을 막기 위해서는 최종 자료에 대해서 좀 더 직접적인 접근이 필요하다. 이를 위해서 STL 파일로 변환하고 단면 정보를 생성하는 것 보다는 STEP 파일에서 바로 각 층 별의 단면 정보를 얻는다면 좀 더 정확한 형상을 얻을 수 있게 된다.

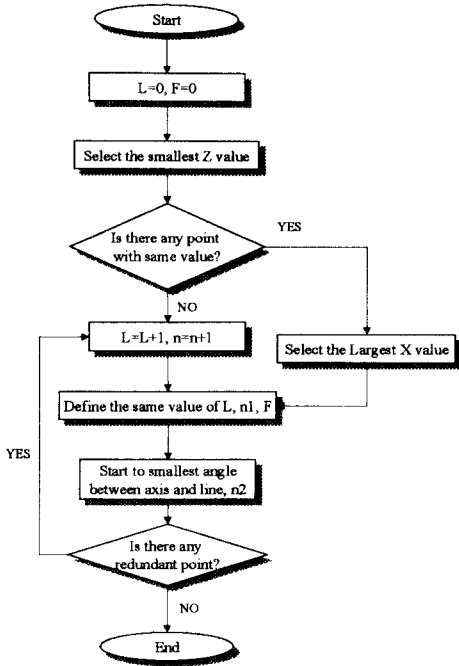


Fig. 4 Polygon generation

본 연구에서는 모든 모서리를 단면을 이루는 평면과 교차하는 점을 구해서 슬라이스 단면 번호와 함께 저장하게 된다. 수평이면서 단면과 교차하지 않는 선이 가장 오차가 큰 부분이 되며, 그 외의 선들은 교점이 존재하게 된다. 수직 면이 평면인 경우는 최종적으로 직선의 단면 모서리가 생성되며, 곡선인 경우는 매개변수를 오차의 한도 내에서 끊어서 연결하는 방식의 다각형으로 표현된다. 모든 점들은 저장될 때 트리 구조로 위쪽 노드를 참조하면 꼭지점은 속한 모서리를, 모서리는 속한 평면을 알 수 있다. Fig. 3 과 같이 슬라이스 단면을 관통한 두 선분으로 생성된 두 점은 항상 한 평면을 이루는 요소이다. 따라서 같은 평면에서 파생된 모든 두 점들을 이으면 닫힌 다각형이 된다. 이 과정은 Fig. 4 와 같다.

### 3.4 다각형의 루프 구성 방법

표시된 다각형을 방향성을 가진 닫힌 루프로 만들어야 올바른 레이저 주사 경로로 쓸 수가 있다. 모든 평면이 Z 축에 수직인 단면으로 만들어져 있다면 여

기에 방향성만을 부여하면 된다.

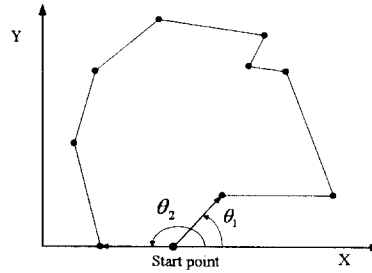


Fig. 5 Starting direction of the polygon

각 다각형의 시작점은 먼저 X-Y 평면 상에서 Y 좌표 값이 가장 작은 점을 시작점 후보로 둔다. 이 때, 시작점 후보가 1개일 때는 그 점이 시작점이 되며 2개일 때는 X 좌표 값이 큰 점을 시작점으로 잡는다.

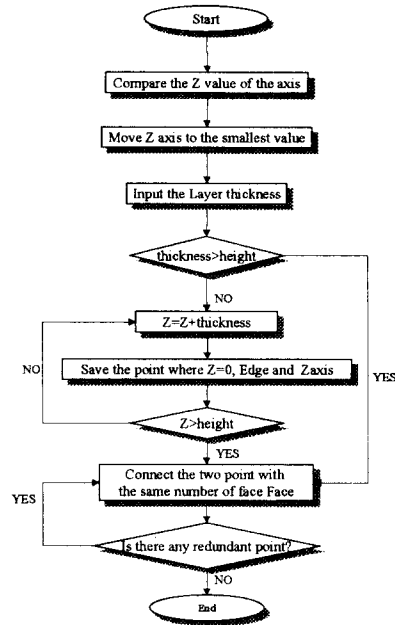


Fig. 6 Setting the vertex point

루프의 방향성을 고려하여 반시계 방향으로 구성하기 위해, Fig. 5 와 같이 다음 선분이 X 축과 이루는 내적을 구해서 이루는 각도가 작은 쪽으로 출발해서 닫힌 다각형을 따라 가면서 번호를 붙여 나가게 된다.

다각형이 루프를 구성해 나가는 가운데 중간에 빈

형상이 존재하면 Fig. 6의 알고리즘으로는 해결이 불가능하다. 따라서 시작점과 끝 점이 같아지면 다시 남은 점이 있는지를 확인해서 그 점들을 다시 다각형을 이루는 요소로 설정하고 진행해 나간다.

### 3.5 곡선의 표현

급속 광 조형을 위한 단면 데이터는 곡선이라도 직선으로 근사화 하는 편이 도움이 된다. 이는 Fig. 7과 같이 곡선의 매개변수  $u$ 를 일정 단위로 끊어서 곡선상의 한 점을 구하고 그 점들을 직선으로 연결해 나가면서 다각형을 표현한다. 여기서 생기는 오차가 공차 내에 들게 하기 위해서 단위 직선의 중심과 곡선의 중심을 계산해서 공차 범위 내에 들도록 루프 세그먼트(Loop segment)의 크기를 작게 한다.

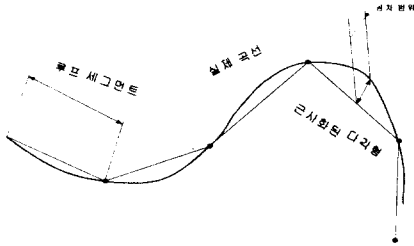


Fig. 7 Curve approximation

생성된 다각형의 층 번호와 다각형의 X, Y 좌표를 출력하게 되며, 각 단면 번호에 다른 2차원 정보를 확인할 수 있다.

## 4. 결 론

서로 다른 CAD 시스템간에서의 데이터의 교환은 매우 중요한 일이며, 이를 위해서 국제 표준인 ISO10303의 AP203에 규정된 STEP 파일을 급속 광 조형을 위한 단면 슬라이스 파일로 만드는 프로그램을 작성하였다. 현실적으로 STL 파일 등의 특수한 파일에서 중립 모델로 변환의 필요성은 거의 없기 때문에 단면 정보나 STL 파일을 STEP 파일로 만들지는 않는다. 이 과정에서 STEP 파일에 저장된 기하학적 정보를 분석, 저장하고 부품의 형체를 갖추게 만드는 위상 정보를 통합하여 단면 정보를 끌어내는 알고리

즘을 작성하였다.

## 참 고 문 헌

1. Ron Jamieson, Herbert Hacker, "Direct slicing of CAD models for rapid prototyping", MCB University Press, 1995.
2. Georges M. Fadel, Chuck Kirschman, "Accuracy issues in CAD to RP translation", MCB University Press, 1995.
3. C. F. Kirschman, C. C. Jara-Almonte, "A parallel slicing algorithm for solid freefoem fabrication processes", 1992 solid freeform fabrication symposium, 1992.
4. 김남규, 김영호, "VRML browsing of STEP part203 geometry model", 서울대 산업공학과 대학원, 1996.
5. 오유천, 한순홍, "Visualization of 3D STEP Geometry data on the internet", KAIST, 1997.
6. 최홍태, "광조형법에서 시작품 제작을 위한 CAD/CAM 정보 자동 변환에 관한 연구", 부산대 박사학위 논문, pp101-155, 1997.
7. 한국 CAD/CAM 학회, "한국 CAD/CAM 학회 STEP 기술 강좌" 1996.
8. "The EXPRESS language reference manual", Description method, Reference number ISO 10303-11, 1994.
9. "Geometric and topological representation", Reference number ISO 10303-42, 1994.
10. H. J Helpenstein(Ed.) "CAD Geometry data exchange using STEP", CADEX, ESPRIT, Springer-Verlag, pp 3-55, 1993.
11. K. Mita, N. Kojima, C. Sakamoto, "Modeling method of manufacturing technology using STEP", Rapid product development, Chapman & Hall, pp 385-414, 1997.
12. Paul F. Jacobs, "Stereolithography and other RP&M Technologies", ASME Press, pp119-146, 1996.
13. STEP 연구회, "STEP - 제품 모델 정보 교환을 위한 국제 표준", 성안당 1996.
14. Ibrahim Zeid, "CAD/CAM Theory and practice", McGraw Hill, pp 442-629, 1991.