

IGES와 STL format 사이의 3차원 정보교환에 관한 연구

A study on 3D data exchange between IGES and STL format

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

Do-Keun Oh (Graduate School, Pusan National University), Hong-Tea Choi (kyung-Nam Junior College),

Seok-Hee Lee (Pusan National University)

ABSTRACT

This paper deals with effective using the IGES file for flexible data exchange among the other CAD/CAM systems. If a data exchange between STL file and the neutral IGES file in Stereolithography systems is available, a product design becomes more flexible. There can be many restrictions and difficulties in translating these data. First, an STL file follows two rules, such as right-hand rule, and vertex-to-vertex rule, thus requires a structural verification. Second, translation should be performed with minimal errors. It becomes very important to translate IGES file of limited kinds of entities for the purpose of geometric information into STL file with minor data manipulation. The developed system suggests a good approach of translating the sampled B-spline surface of IGES and shows a potential linkage between IGES and STL format file

Key words : SLA (급속 광조형 장치), IGES (Initial Graphic Exchange Specification), STL (SLA에 쓰이는 삼각facet 파일)

1. 서 론

제품개발 단계에서 형상 확인, 조립성 평가, 기구학적 기능 평가 등을 통해 설계상의 오류나 양산 단계에 적합하지 못한 요소를 조기에 발견할 목적으로 다양한 시작품(prototype)이 제작되어 왔다. 또한 소비자의 요구가 다양해지고, 제품수명과 개발의 기간이 짧아져 숙련된 기술자가 만들어내는 시작품을 가지고 제품생산계획을 하기에는 어려움이 많다. RP(Rapid Prototyping)이란 컴퓨터 그래픽 데이터로부터 제품의 시작품을 빠르게 생성하는 것을 말한다. RP장치 중 가장 많이 쓰이고 있는 것이 광조형장치이다. 광경화성 수지를 레이저로 주사하여 적층경화를 하는 광조형 장치는 대개 STL파일을 가지고 작업을 하게된다. 유럽의 경우 SLC파일을 사용하기도하나, 대부분의 RP 제조 회사에서 STL 파일을 광조형 장치의 표준으로 하고 있다. 그러나 삼각형 facet의 단순한 구조를 가진 STL 파일만으로는 3차원 솔리드모델의 특성들을 나타내기에는 매우 어려운 현실이다. 또한 서로 다른 기종의 CAD 시스템간의 데이터 교환에서도 STL 파일은 표준으로 삼기가 어렵다. 이러한 서로 다른 기종의 CAD 시스템간의

데이터 교환을 원활하게 하기 위해 여러 중립 데이터 포맷(Neutral Data 포맷)이 나왔는데 그중 가장 많이 쓰이고 있는 것이 IGES(Initial Graphics Exchange Specification) 파일 포맷이다. IGES파일을 사용하면 이 기종 CAD/CAM시스템간의 원활한 데이터 교환을 할 수 있다. 다른 CAD/CAM에서처럼 RP장치에서도 이같은 중립파일을 이용하여 그 효율성을 높일 수가 있다. 관련연구로 국외에서는 M. E. Ssemakula와 J. S. Gill은 ICAPP에서 CAD 시스템으로부터 IGES의 geometric data를 이용한 연구⁽¹⁾를 하였으며, George Cybenko등은 3D CAD 물체를 인식하는 패턴에 대한 연구에서 표준인 IGES 포맷을 이용하였다⁽²⁾. 또한 STL 과 다른 파일 포맷간의 변환이 Web상에서 포럼의 대상이 되고 있는 실정이다⁽³⁾. 국내에서는 성재용이 IGES포맷의 구조분석을 시도했으며⁽⁴⁾, 이재원은 DXF와의 데이터 교환을 시도했지만 2차원 도면에 한정성이 보이기도 했다⁽⁵⁾. 그리고 박준철은 IGES의 변환기 개발을 위한 연구와 그 구조를 제안하였다⁽⁶⁾.

본 논문에서는 광범위한 IGES의 모든 엔티티를 다루는 것이 아니고, 특히 RP 장치에 쓰기 위해 3차원 surface들을 주로 다룬다.

2. 중립파일로서의 IGES 포맷

IGES는 미국에서 CAD/CAM데이터 교환의 표준 형식으로 채택된 규격으로, CAD로 작성된 도면 모델 데이터의 교환을 목적으로 개발되었다. 그 후 CAD 시스템의 발전에 따라 자유 곡면, 3차원 솔리드 모델, 특징 형상 모델, 유한 요소 모델 등을 취급할 수 있도록 확장되어 최근 버전 5.0이 공개되었다. IGES파일은 Fig.1에서 처럼 6개의 섹션으로 구성된다.

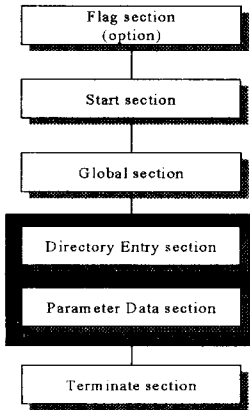


Fig. 1 IGES 파일의 구조

고정된 길이형과 압축형 두 가지의 ASCII파일과, 이진 형식의 파일이 있다.

- Flag section : 압축형 ASCII와 이진 형식에서만 사용된다.
- Start section : 사용자가 알 수 있는 머리말로 파일 내에서 'S'로 표시된다.
- Global section : 전처리기와 후처리기에 필요한 정보를 가지고 있으며 파일 내에서 'G'로 표시된다.
- Directory Entry section : 엔티티에 대한 목록을 제공하고, 각 엔티티에 대한 기재 사항을 포함하며, Parameter Data section을 지시하는 포인터를 갖고 있다. 파일 내에서는 'D'로 표시된다.
- Parameter Data section : Directory Entry section에서 지시된 각 엔티티의 실제적인 기하학적 데이터를 포함한다.
- Terminate section : 각 섹션마다의 수를 나타낸다.

IGES는 엔티티를 기본 개념으로 하고 있다. 엔티티는 크게 기하학적 유형을 서술하기 위한 기하학적 엔티티, 제품 데이터의 집합을 나타내는 구조 엔티티, 주석 엔티티로 나누어진다.

각각의 엔티티는 DE(Directory Entry)와 PD(Parameter Data entry)에 의해 생성된다. DE는 데이터의 속성을 서술하고, PD는 구체적인 데이터 정보를 제공한다. 이 둘은 DE내의 포인터로 서로 연결된다.

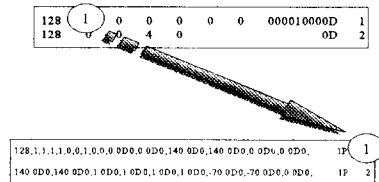


Fig. 2 DE와 PD에서의 엔티티 연결 포인터

3. STL에서 IGES으로의 변환

3.1. STL과 IGES 파일에서의 3차원 데이터

STL파일은 삼각 facet의 normal 벡터와 꼭지점 좌표로 이루어진 facet들의 나열 방식으로 구성된다. 이 STL 파일은 오른손 법칙과 Vertex-to-Vertex rule을 따른다. 삼각facet은 3차원 공간에서 normal vector에 의해 그 방향이 주어진다. 이처럼 STL 파일은 그 구조가 매우 간단하지만, 3차원 물체의 외관만을 정의하는 것만으로 제한되어 솔리드 정보를 가질 수 없는 것과, 구조상의 문제로 smooth한 형상을 나타내기 어려운 단점이 있다. 그러나 엔티티를 기본 단위로 하는 IGES 파일은 3차원 솔리드 형상을 나타내기 위해 매우 많은 부분에서 만족을 준다. 각 엔티티는 DE섹션과, PD섹션에서 형상 모델의 기본인 기하학적 정보와 그 형상을 더욱 완벽히 기술하기 위한 추가 정보를 가지고 있는 것이다.

3.2 변환 알고리즘

IGES의 경우 모델 공간과 정의 공간이 사용되지만 STL의 경우 오로지 좌표 벡터만을 가지고 있다. 이러한 경우의 문제는 IGES의 변환 행렬 entity(#124)를 이용하여 좌표 공간의 설정을 완료한다. 기본적으로 STL파일과 IGES와의 정보 교환은 STL 파일 내의 삼각facet을 꼭지점 정보와 normal vector정보를 가지고 surface 방정식을 완성해야 한

다. 근사 전환할 IGES surface는 Rational B-spline surface로 엔티티 번호 128이다.

점이 3개인 STL 파일을 처음과 마지막의 점을 동일시하여 4개의 점으로 구성된 삼각형(두 점이 겹침)으로 하고, 그 4개의 점을 control point로 하는 사각 평면을 구현한다. 각 점에서의 웨이트를 1로 하며, 차수도 1로 고정한다. PROP1~5는 closed, polynomial, nonperiodic, nonperiodic의 값인 0,0,1,0,0으로 동일하여 설정한다. 이것을 정리하면 Fig. 3과 같다.

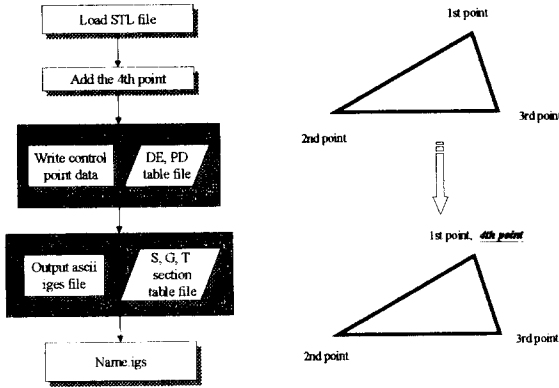
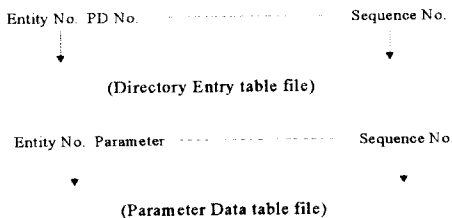


Fig. 3 STL to IGES parsing 및 4번째 점 추가

각 섹션의 table 파일은 기본 값을 가진 임시 파일로 최종적 "name.igs"가 나오기 전의 IGES파일 구조를 가진 데이터베이스 파일이다. 기본 값들의 역할은 형상을 단순화하는 것과, 다시 역변환 과정을 고려한 값이 들어가야만 한다. table 파일의 구조는 다음과 같다.



STL파일은 한 개의 삼각facet을 나타내는데 50 byte가 필요하지만 IGES의 경우 한 레코드가 80자릿이기 때문에 그 파일의 크기가 커진다. 또한 이 알고리즘으로 변화된 IGES파일이 다시 STL파일로 변환될 수 있어야 함은 물론이다.

4. IGES에서 STL로의 변환

IGES에서 STL로의 변환은 크게 두 가지로 나누어서 수행된다.

하나는 앞 절에서 변환한 파일을 다시 STL파일로 변환하는 것이고, 다른 파일은 다른 CAD 시스템에서 생성된 IGES 파일을 변환하는 것이다.

전자는 비록 Rational B-spline surface이기는 하나, 이미 평면의 형태를 띠고 있다. 따라서 4개의 컨트롤 포인트 중 첫 번째부터 세 번째 점으로 STL 파일을 만들 수가 있다. 점의 순서가 곧 오른손 법칙을 만족하기 때문에 normal vector만 추출하면 된다. normal vector \vec{n} 은 다음 식으로 구할 수 있다.

$$a(x-x_l) + b(y-y_l) + c(z-z_l) = 0 \quad (1)$$

$$l = 0, 1, 2$$

$$\vec{n} = \overrightarrow{P_0P_1} \times \overrightarrow{P_0P_2} = ai + bj + ck \quad (2)$$

후자는 3차원 엔티티를 모두 다루어야 하는 어려움이 있다. 물론 가장 먼저 IGES파일 입력 과정에서 2차원에 대한 정보는 무시한다. 또한 3차원이라도 점이나, 직선은 surface를 나타내는 데에 아무런 효과가 없으므로 무시할 수 있다. CAD 시스템 중 TriSpectives, I-DEAS, Pro/ENG, AutoCAD 등은 IGES의 3차원 엔티티의 전부를 지원하지 않고 있다. 이들 소프트웨어가 대체적으로 지원하는 3차원 정보 엔티티는 Table 1과 같다.

Table 1 CAD/CAM에서 지원하는 엔티티

구분	엔티티 번호	엔티티 유형
curve	100	원호
	102	복합 곡선
	104	원주 원호
	110	선
	112	매개 스플라인 곡선
	126	동차 B-스플라인 곡선
surface	108	평면
	118	압연 곡면
	128	동차 B-스플라인 곡면
	140	오브셋 곡면
trimmed surface	143	경계 곡면

table에서처럼 대개의 CAD/CAM 시스템은 자신의 모델을 IGES파일로 변환할 때 엔티티 번호 128번을 자주 쓰게 되는데, 그 이유는 엔티티 128번의 경우 곡면 정의 특성상 다양한 형상을 완벽하게 구현할 수 있기 때문이다.

따라서 본 논문에서는 #128을 기준으로 다룬다.

Fig. 4는 Rational B-Spline surface인 엔티티 번호128 곡면이며, 식 (3)은 NURB(Non-Uniform Rational B-spline)곡면의 수식이다.

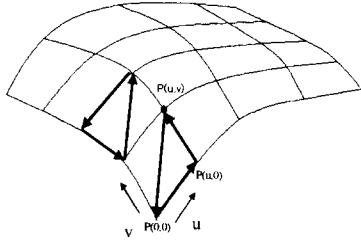


Fig. 5 곡면에서의 삼각 패치 형성

$$P(u, v) = \frac{\sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^m h_{i,j} P_{i,j} N_{i,k}(u) N_{j,l}(v)}{\sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^m h_{i,j} N_{i,k}(u) N_{j,l}(v)} \quad (3)$$

$$0 \leq u \leq n - k + 2, \quad 0 \leq v \leq m - l + 2$$

식 (3)에서 $P_{i,j}$ 는 조정 점의 x, y, z 좌표를 의미하고 $h_{i,j}$ 는 조정점 $P_{i,j}$ 의 호모지니어스 좌표 값이다. 곡면의 수식을 나타내는 식 (3)과 파일 내의 PD의 데이터를 이용하면 임의의 u, v 에서 곡면 위의 점을 구할 수 있다. 이렇게 해서 세 점 $P(0,0)$, $P(u,0)$, $P(u,v)$ 를 구하면 식 1과 2를 이용하여 법선 벡터를 추출한다. 이 과정에서 임의의 u, v 값이 삼각 facet의 정밀도를 좌우하게 된다. Knot vector값인 u 와 v 의 조절로 곡면의 메쉬 수를 결정할 수 있다. 메쉬는 각 조종점(control point)들의 상대적 거리를 참조하여 $\Delta u, \Delta v$ 값을 조절함으로써 수행된다. 순서는 u 부터 시작한다. 다시 말해 u, v 와 $\Delta u + u, v$ 순으로 시작하고 계속해서 $\Delta u + u, \Delta v + v$ 순으로 수행한다. 수행 시 항상 사각 격자의 네 점의 위치를 알 수 있기 때문에 STL 파일을 만들 수 있다.

그러나 곡면의 형태가 평면을 띠고 있을 때, 즉 #128의 곡면의 성분이 planar일 때는 위상분해법, 절점연결법, delaunay 삼각법 등 기존의 삼각 패치 메쉬 방법을 쓴다. 본 논문에서는 꼭지점을 이용하는 위상분해법을 이용하였다.

변환 중 surface 자체가 클 경우 u 와 v 의 조절로 원하는 STL 파일을 만들 수 있지만, surface를 이루는 점들의 상대적 거리가 작을 때는 점 자체를 이용하여 삼각 facet을 형성할 수 있다. 파일의 크기는 앞 절의 경우와 달리 작아질 수도 커질 수도 있

다. 가장 시급한 문제는 실제 많은 CAD 시스템들마다 지원하는 엔티티가 통일되지 못하고 있기 때문에 생기는 문제로, IGES규약 내의 3차원 엔티티들에 대해 새롭게 통일성을 가지고 접근해야 한다. 또한 일종의 근사전환이므로 삼각 facet 오류가 일어나며, 이를 수정할 수 있어야 한다.

5. 적용사례

3절과 4절에서 설명한 이론을 가지고 실제 프로그램을 작성해 적용한 결과이다. 테스트 환경은 Table 2와 같다. 적용할 형상은 돌고래와 컵 형상이다.

Table 2 테스트 환경

구분	사양
CPU	Intel사의 p-133 MHz
개발 도구	Visual basic 4.0e edition
modeler	TriSpectives 1.0
RAM	48MB
기타	IntelliSL 프로그램

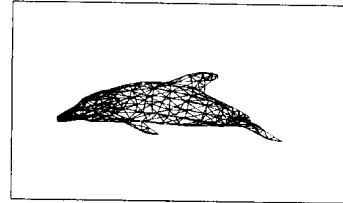


Fig. 5 변환 전 STL 파일

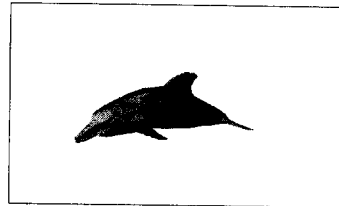


Fig. 7 변환된 IGES 파일

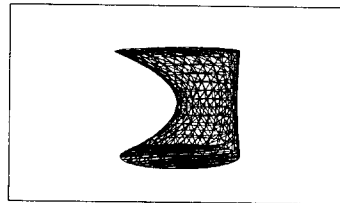


Fig. 8 IGES에서 STL로의 변환

6. 결론

먼저 STL에서 IGES파일로의 변환에서는 NURBS

의 특성을 이용하여 거의 똑같은 형상을 얻을 수 있었다. STL 파일의 크기와 수행 속도가 선형적으로 비례하였고 파일의 크기는 변환 후가 현저히 커졌다. 그리고 table 파일의 도입으로 지원할 수 있는 엔티티의 수를 확장할 수 있다.

또한 IGES에서 STL로의 변환에서는 곡면과 곡면이 교차하는 곳에서 삼각facet의 오류가 발생할 수 있고, u, v 의 조절로 더욱 유연성을 확보할 수 있었으며, 평면형과 곡면형의 구분으로 속도를 증가시킬 수 있다.

IGES파일을 이용하여 RP장치에 도입하여 그 유용성을 파악할 수 있었으며, 여러 modeler의 공통 지원 엔티티를 기반으로 연구하여 그 확장성을 확인할 수 있었다. 기존의 시스템들은 자신의 고유 포맷으로 쉽게 다른 포맷으로 변환할 수 있었으나, 다른 포맷 특히 IGES같은 중립포맷 등을 또 다른 포맷으로 변환하는데는, 그 자체를 하지 못하는 등 많은 문제점을 가지고 있지만 점차 이 부분의 문제를 해결할 수 있으리라 본다.

참고문헌

1. M. E. Ssemakula, J. S. Gill, "CAD/CAPP Integration using IGES", TechReprots, 1988
2. George Cybenko 외 2명, "Pattern Recognition of 3-D CAD Objects, 1995
3. <http://www.tiac.net/users/cadkey/bebforum/cksol>, "STL or SAT to DXF conversion", CADKEY WEBFORUM
4. 성용재, "IGES포맷을 이용한 CAD설계 데이터의 활용 연구", 포항공대 정보통신대학원, 학위논문, 1995
5. 이재원, DXF 및 IGES 포맷을 이용한 CAD/CAM SOFTWARE들의 데이터 교환, 숭실대학교 중소기업대학원, 석사학위논문 1995
6. 박준철, "IGES Translator의 개발에 관한 연구", 한국과학기술원, 석사학위논문, 1994
7. Paul F. Jacobs "Stereolithography and other RP&M Technologies", ASME Press, 1996, 123~p126
8. 최홍태, "광조형법에서 시작품 제작을 위한 CAD/CAM 정보 자동변환에 관한 연구", 부산대학교 생산기계공학과 대학원, 박사학위논문, pp27~50, 1997
9. AutoCAD13 manual, "IGES translator"
10. 김희중, "B-Spline형상제어특성을 이용한 가공정보 생성, 한국해양대학교 대학원, 석사학위논문, 1994

11. Paul F. Jacobs, "Rapid Prototyping & Manufacturing", SME, pp154~174, 1992
12. Microsoft corporation, "Programmer's Guide Microsoft Visual Basic", Microsoft Corporation, pp385~595, 1995
13. 이건우, "컴퓨터 그래픽과 CAD", 영지문화사, pp181~265, 1994
14. Roberst Stewart, "Graphics Programming with Visual Basic", SAMS Publishing, pp111~152, 1995
15. <http://www.nist.gov/iges/> : IGES Project
16. <http://www.iges5x.org/> :The IGES 5.x Preservation Society HomePage
17. 이종원 외, "CAD/CAM 개론", 청문각, pp165~208, 1995
18. Ibrahim Zeid, "CAD/CAM Theory and Practice", McGraw-hill, pp212~478, 1991