

STEP을 이용한 CAD 데이터 변환 시스템의 구현

이영준* · 고광욱** · 유상봉***

Implementation of CAD Data Translation System using STEP

Young-Jun Lee*, Kwoeng-Wook Ko** and Sang-Bong Yoo***

ABSTRACT

IGES is a file format which has gained widespread use but has certain limitations such as limited information coverage and ambiguous definitions. In order to overcome the limitations of existing neutral file formats, STEP has been developed as a more comprehensive mechanism for product data exchange by ISO. This paper describes a file translation system between IGES and STEP. In this system, three EXPRESS schemata are defined for IGES, STEP and the translation relationship between IGES and STEP. Object codes are generated from the schemata and linked with file access libraries to IGES and STEP files. The translation was verified by visualization and reverse translation. The system developed in this study can easily applied to translate other file formats because the file structure and translation relationship are defined in EXPRESS - a high level information modeling language.

Key words : STEP, IGES, EXPRESS, Product data exchange, File translation

1. 서 론

현재 많은 종류의 CAD/CAM 시스템들이 사용되고 있으며, 그 수는 응용 분야가 다양한 만큼 앞으로 증가될 전망이다. 이러한 CAD/CAM 시스템들마다 정보 표현 방식이 달라 상호간에 정보 전달이 원활히 이루어지지 않는 문제가 제기되고 있으며, 시스템의 종류가 많아질수록 이들 사이의 인터페이스 문제는 더욱 심각하게 된다. 이를 해결하기 위하여 중간 매개체 역할을 하는 데이터 교환 파일들이 사용되고 있다. 그 중 대표적인 것으로 IGES(Initial Graphics Exchange Specification)와 DXF(Data Exchange File)가 있으며, 그 외에 SET, DIN TAP, VDA/ES 등이 있다^(1,2). 그러나, 이런 중립 파일들을 통해서도 만족할만한 데이터 교환이 이루어지지 못하고 있는 실정이다. 우선 설계자의 설계 의도를 충분히 전달하지 못하고 단지 도면의 그래픽 정보를

전달하는데 주안점을 두고 있어, 복잡한 제품 데이터의 정의에는 미흡한 점이 많다. 또한, CAD 시스템 개발자들이 모든 형상 요소를 전부 지원하지 못하고 있고, 지원하더라도 서로 다른 방식으로 구현하고 있기 때문에 이기종 시스템간의 데이터 호환이라는 본래의 목적을 충족시키지 못하고 있다.

ISO(International Standard Organization)에서는 이러한 문제점을 인식하고 산업 전반에 걸친 다양한 제품의 설계, 해석, 생산, 그리고 관리에 필요한 모든 제품정보를 정의하는 STEP(Standard for the Exchange of Product model data) 표준을 1983년부터 추진하고 있다. STEP은 광범위한 응용 분야에 필요한 정보모델을 체계적으로 개발하기 위하여 이를 공통 자원(General Resource: Part 41-99)과 응용 자원(Application Resource: Part 101-199)으로 분리하여 개발하고 있고, 현재 Geometric and topological representation, Representation structure 등 많은 부분의 공통 자원이 개발되어 있다. 이러한 공통 자원을 이용하여 구성된 특정한 응용분야에서 사용될 정보 모델이 응용 자원이며, Draughting, Finite element

*정회원, 대우중공업 CIMS Team
**학생회원, 인하대학교 자동화공학과
***중신회원, 인하대학교 자동화공학과

analysis 등이 개발되어 있다. 이와 같은 공통 자원과 응용 자원은 응용 프로토콜에서 사용되며, CAD/CAM 시스템들은 이러한 응용 프로토콜을 이용한다. STEP의 개발이 진행되고 상업용 CAD/CAM 시스템들이 이를 지원함에 따라, 기존 시스템에서 설계된 데이터를 STEP 데이터로 변환하는 것이 필요하게 되었다.

본 연구에서 구현한 변환 시스템은 STEP의 정보 모델링 언어인 EXPRESS로 모델링한 세 가지 스키마를 사용한다. STEP은 이미 EXPRESS로 정의되어 있고, IGES와 변환 관계를 본 시스템에서 EXPRESS 언어로 정의해 주었다. 여기서 위의 세 가지 스키마들과 IGES 및 STEP 파일들의 입·출력 기능을 처리하는 C++ 파일처리 라이브러리들과의 호환이 필요해진다. 따라서, NIST(National Institute of Standards and Technology)에서 제공하는 EXPRESS 컴파일러인 Fedex+를 사용하여 IGES와 STEP 스키마들을 컴파일하여 C++ 코드를 생성하고, 변환 관계는 STEP에서 제공하는 적절한 컴파일 틀이 없기 때문에 Fedex+ 소스 코드를 수정하여 만든 별도의 컴파일러를 사용하여 C++ 코드를 생성시킨다. 본 연구에서 개발한 변환 시스템은 이와 같이 생성된 여러 종류의 C++ 코드들을 통합하여 구현한 프로그램이다. 또한 변환의 검증 방법으로 STEP을 IGES로 변환시키는 역 변환기를 구현하였다. IGES에서 STEP으로의 변환 과정에서 유실되는 정보들이 있으나, 대부분이 기본적인 부가적인 데이터들이며 역 변환 과정에서 STEP 데이터들을 가지고 재계산 된다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련 연구에 대해 소개하고, 3장은 변환기의 구조에 대하여 설명한다. 4장에서는 먼저 IGES와 STEP간에 특별한 대응 관계를 가지는 엔티티들의 변환에 대해 언급하고, 5장에서는 역 변환 및 파일 변환 사례에 대해 설명한다. 마지막으로 6장에서는 결론과 향후 연구과제를 언급한다.

2. 관련 연구

STEP을 이용한 CAD 데이터 변환 시스템에 관한 연구 및 개발은 초기에 NIST(National Institute of Standards and Technology), RPI(Rensselaer Polytechnic Institute) 등의 연구기관에서 프로토타입을 개발하였으나, 최근에는 대표적인 CAD 및 STEP 판매회사들이 참여하면서 활발히 진행되고 있다. IBM, Computervision, Intergraph, SDRC, Unigraphics, HP,

PTC, 그리고 STEP Tools, Inc. 등은 자사 시스템과 STEP AP203과 AP214간의 데이터 교환을 위한 변환기 지원을 발표하였다⁽⁵⁾. 이 중에서 특히 STEP Tools, Inc.는 IGES v5.3 파일과 Auto CAD DXF 파일을 STEP 파일로 변환해 주는 틀을 개발하였고, 또한, Silicon Graphics의 Open GL과 Open Inventor 환경에서 STEP AP203의 형상 데이터를 가시화하는 틀을 구현하였다⁽⁶⁾. EC의 ESPRIT(European Specific Program for Research and Development in Information Technology) 프로젝트에서도 CAD 시스템간의 데이터 교환에 관한 연구를 진행하고 있으며, 그 중에서 CADEX(CAD Geometry Data Exchange, ESPRIT Project 2195) 프로젝트에 참여하고 있는 SI(Senter for Industriforskning)에서는 STEP, VDAFS 및 IGES 간 파일 변환기를 구현하였다⁽⁷⁾. 한편, 일본의 컴퓨터 그래픽스 협회인 Nicograph에서는 산하에 STEP 센터를 두고서, STEP 데이터와 CAD 시스템 데이터 간의 변환기를 개발하였다^(8,9). 논문으로 발표되고 있는 것으로는 B-Rep 모델 또는 CAD 데이터베이스와 STEP 간의 데이터 교환에 관한 것이 있다^(7,9).

본 연구에서는 IGES 파일 형태의 CAD 형상 데이터를 STEP 파일 형태로 변환해 주는 IGES-To-STEP 변환기를 구현하는데 있어, 파일처리 라이브러리를 제외한 STEP 및 IGES 스키마와 변환 관계를 EXPRESS를 이용하여 모델링하였다. 이러한 EXPRESS 모델은 스키마 변환기에 의해 C++ 프로그램으로 변환되고, 기존의 라이브러리와 링크되어 전체 시스템을 이룬다. 또한, 변환 시스템을 통해 정확한 데이터 변환이 이루어졌는지 확인하기 위해서는 시스템의 검증이 필요하며, 변환의 검증 방법으로 STEP-To-IGES 역 변환기를 개발하였고 변환 및 변환 과정에서 유실되는 정보를 고찰하였다.

3. 변환기의 구조

본 연구에서 구현한 변환 시스템은 Fig. 1에서 도시한 바와 같이 크게 세 단계로 나뉘어진다. Fig. 1의 첫번째 단계는 EXPRESS 언어로 모델링한 정보들로 IGES, 변환 관계, 그리고 STEP 스키마들이다. STEP 스키마는 STEP의 파트 42(Geometric and Topological Representation)에 정의되어 있는 geometry_schema를 사용한다⁽⁹⁾. 또한, 이것은 외부 스키마들인 representation_schema와 measure_schema를 참조하므로 그 대상 범위가 상당히 크기 때문에 본 연구에서는 변환 과정에서 다루는 엔티티들을 중심으로 전

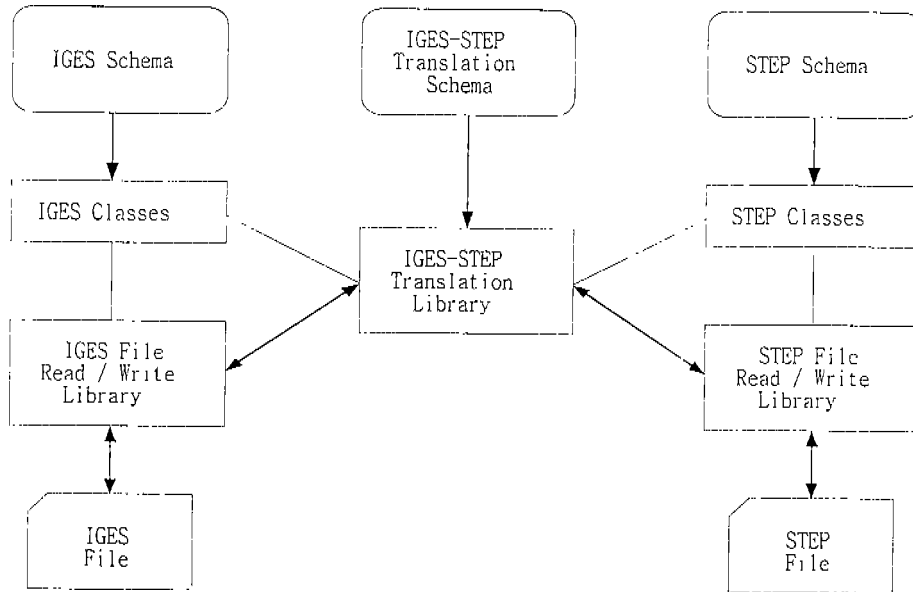


Fig. 1. The architecture of IGES-STEP translator

체 스키마를 재구성하였다. IGES나 변환 관계 스키마들은 본 연구에서 정의해준 것을 사용하며, IGES의 데이터 구조는 상속 관계없이 개별 엔티티들이 독립적으로 표현되어 있기 때문에, IGES 스키마는 STEP 스키마에 비해 간단한 구조로 되어있다. 변환 관계 스키마는 대응하는 IGES와 STEP 엔티티의 개별 속성들의 변환을 중심으로 구성된다. 변환 관계 스키마는 IGES와 STEP 스키마 양쪽을 참조하며, 참조된 데이터들을 입력으로 각 함수들이 결과값을 반환한다. 두 번째 단계는 Fedex+와 사용자 정의 함수 컴파일러로 생성시킨 C++ 클래스와 변환 라이브러리들이다. 사용자 정의 함수 컴파일러는 Fedex+의 소스 코드를 수정하여 만들었으며, 수학 함수 처리 기능을 부가하였다. 세 번째 단계는 IGES나 STEP 파일을 읽거나 쓰는 입·출력 루틴들로 C++로 작성하였다. 실행 파일은 두번째와 세번째 단계의 코드들을 컴파일·링크시켜 얻는다⁹⁾.

본 변환 시스템에서 정보 모델들을 EXPRESS 언어를 사용하여 정의해 준 이유는 명백한 정보의 표현이나 제약 조건 등을 나타낼 수 있는 정보 표현상의 유리한 점도 있지만, 다양한 운영체제들로부터 독립적일 수 있고 IGES 뿐만 아니라 다른 CAD 데이터 포맷도 EXPRESS로 표현함으로써 본 변환 구조를 사용할 수 있기 때문에 확장성 면에서 유리하다. EXPRESS로 정의된 데이터 모델을 응용 프로그

램에서 사용하기 위하여 NIST에서 제공하는 Fedex+와 같은 스키마 변환기를 이용하여 얻어진 C++ 정의 파일을 이용한다. 기존의 NIST 프로그램에 EXPRESS 함수의 변환이 포함되어 있지 않기 때문에, 변환 관계 스키마로부터 C++ 코드를 생성하기 위해서는 별도의 함수 컴파일러를 만들었다. 그리고, 변환 함수를 정의하는데 있어서, IGES 스키마는 상위와 하위 엔티티들의 상속 관계가 없는 반면 STEP에서는 Geometry 이외의 외부 스키마까지 참조하기 때문에, 하나의 엔티티 변환을 함수 하나로 처리하지 않고 개별 속성들의 변환으로 세분화시켰다.

4. IGES-STEP 파일 변환

4.1 IGES와 STEP 간의 엔티티 대응 관계

IGES-STEP간의 형상 정보의 대응 관계를 Table 1에서 보여주고 있는데, 경우에 따라 일대일 대응이 되지 않는다. 예를 들어 IGES에서는 Circular_Arc (100)가 Arc뿐만 아니라 Circle도 나타낼 수 있지만, STEP에서 Arc는 Trimmed_Curve로 나타내고 Circle은 별도로 정의하고 있다. 이러한 엔티티들은 IGES와 STEP에서 동일한 속성이지만 데이터의 표현 구조가 상이하거나, IGES와 STEP의 서로 다른 속성들로부터 적절한 대응 관계를 형성해야 하는 경우들이다. 본 연구에서는 첫 번째 경우에 데이터의

Table 1. Relationship of IGES-STEP entities

IGES	STEP
Circular_Arc(100)*	Trimmed_Curve
Circular_Arc(100)*	Circle
Composite_Curve(102)	Composite_Curve
Plane(108)	Plane
Line(110)	Polyline
Point(116)	Cartesian_Point
Transformation_Matrix(124)*	Cartesian_Transformation_Operator
Rational_B_Spline_Curve(126)*	B_Spline_Curve
Surface_Of_Revolution(120)	Surface_Of_Revolution
Rational_B_Spline_Surface(128)*	B_Spline_Surface
Curve_On_A_Parametric_Surface(142)	Curve_On_Surface
Trimmed_Parametric_Surface(144)	Curve_Bounded_Surface

* IGES와 STEP간에 엔티티의 속성이 일대일 대응 관계가 아닌 경우임

위치나 명칭을 바꿔주는 프로그램상의 처리를 하였고, 두 번째 경우에는 특별한 변환식을 사용하였다.

IGES와 STEP에서 엔티티 Composite_Curve는 데이터 표현 구조가 동일하다. 이 엔티티는 여러 종류의 곡선들을 연결시켜 줌으로써 단일 곡선 타입으로는 표현하기 힘든 형상을 나타낸다. Plane 엔티티는 3차원상의 평면을 정의할 때 사용하며, STEP의 Polyline은 IGES의 Line과는 달리 두 점만을 연결하는 것이 아니라 점들의 집합도 연결할 수 있다. IGES의 Point는 STEP에서도 마찬가지로 점들의 집합인 Cartesian_Point로 정의된다. 좌표계의 이동, 회전, 확대 및 축소 등의 변환은 IGES에서는 Transformation_Matrix로 정의되고, STEP에서는 Cartesian_Transformation_Operator로 정의되며, 후자는 2D와 3D로 구분된다. 매개변수로 표현되는 곡선들 중에서 형상 제어가 뛰어난 B-Spline 곡선은 IGES에서는 Rational_B_Spline_Curve로 정의되고, STEP에서는 하위 엔티티로 여러 곡선들을 포함하고 있는 B_Spline_Curve로 정의된다. IGES와 STEP에서 Surface_Of_Revolution 엔티티의 정의는 동일하다. 이 엔티티는 한 축을 중심으로 다양한 형태의 곡선을 회전시켜 생성하는 곡면이다. B-Spline 곡면은 B-Spline 곡선으로 구성된 것으로 IGES와 STEP에서의 데이터 표현 구조는 곡선의 경우와 동일하다. IGES의 Curve_On_A_Parametric_Surface는 STEP의 Curve_On_Surface로 대응되며, 각각 Trimmed_Parametric_Surface와 Curve_Bounded_Surface의 윤곽 곡선을 정의한다. IGES의 Trimmed_Parametric_Surface와 STEP의 Curve_Bounded_Surface는 Plane이나 B-Spline 등의 기본 곡면을 윤곽 곡선으로 잘라서 생성한다⁽⁶⁾.

Table 1에서 IGES 엔티티들은 버전 5.0의 21개 Geometry 엔티티들 중 -FEM(Finite Element Method)에 관련된 5개의 엔티티와 CSG(Constructive Solid Geometry)에 관련된 2개의 엔티티는 제외 -STEP으로의 변환이 구현된 것들이다. 참고로 21개의 IGES 엔티티 중에 STEP 엔티티들과 대응이 가능한 엔티티들은 19개로 조사되었다. 상호간에 대응하지 않는 두 개의 Geometry 엔티티는 Copious_Data(106)와 Connect_Point(132)이다. Copious_Data는 점들의 집합으로 형상을 표현하는 것이며, Connect_Point는 여러 엔티티들을 연결시켜 주는 위치를 나타낸다.

Fig. 2는 Table의 STEP 데이터 모델을 EXPRESS-G⁽⁷⁾를 이용하여 표현한 것이다. 상속 관계에 있는 엔티티들은 짧은 실선으로 나타내며, 가는 실선은 엔티티와 속성간의 일반적인 관계를 나타내며, 점선은 엔티티와 속성간의 선택적인 관계를 나타낸다. 전체 엔티티들을 곡선과 곡면으로 나누어 도식화하였으며, Table 1에 표시된 엔티티들을 위주로 표현하였다.

4.2 Circular_Arc로부터 Trimmed_Curve/Circle로의 변환

Table 1에서 *로 표시된 IGES 엔티티는 대응되는 STEP 엔티티와 속성의 정의가 달라 상호간에 데이터 변환이 요구된다. 이러한 엔티티들의 변환 관계를 IGES의 Circular_Arc로부터 STEP의 Trimmed_Curve/Circle로 변환되는 경우를 예로 들어 설명하면 다음과 같다.

4.2.1 IGES와 STEP 스키마

IGES의 엔티티들은 상위 및 하위 엔티티간에 상속 관계가 없이 독립된 형태로 표현된다. IGES의

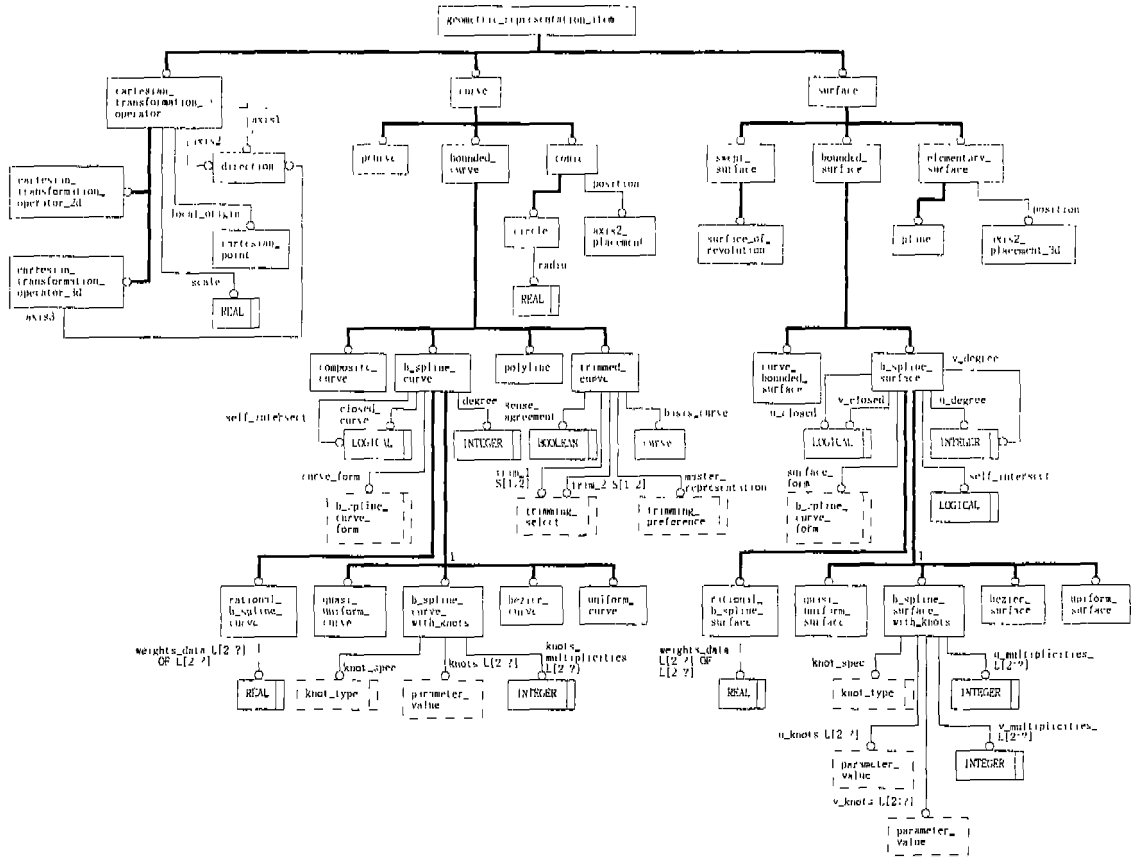


Fig. 2. STEP data model in EXPRESS-G

Circular_Arc 엔티티에서 ZT는 Circular_Arc가 그려지는 2차원 평면의 3차원상에서의 높이를 나타낸다. Center는 중심점을 나타내고 start_point와 end_point는 각각 시작점과 끝점을 나타낸다.

```

ENTITY Iges_Circular_Arc;
  ZT: REAL;
  center: LIST [2:3] OF REAL;
  start_point: LIST [2:3] OF REAL;
  end_point: LIST [2:3] OF REAL;
END_ENTITY;
    
```

STEP에서는 개별 엔티티마다 모든 속성을 부여하지 않고 엔티티간의 상속 관계를 이용한다. STEP의 Trimmed_Curve 엔티티의 WHERE 부분은 데이터 무결성을 위한 제약 조건이며, Cartesian 좌표계나 매개변수 표현 등의 사용 여부를 규정한다. Trimmed_

Curve의 속성인 basis_curve는 Circle을 나타내며, 속성 trim_1과 trim_2의 값에 의해 다양한 원호를 정의할 수 있다. Trim_1과 trim_2는 Cartesian 좌표계 또는 매개변수 표현 값을 사용하며, 속성 master_representation은 이중 어느 쪽을 사용할 것인지를 정의한다. 속성 sense_agreement는 곡선의 +와 - 방향을 나타낸다.

```

ENTITY circle SUBTYPE OF (conic);
  radius: REAL;
END_ENTITY;

ENTITY trimmed_curve SUBTYPE OF (bounded_curve);
  basis_curve: curve;
  trim_1: SET [1:2] OF trimming_select;
  trim_2: SET [1:2] OF trimming_select;
  sense_agreement: BOOLEAN;
    
```

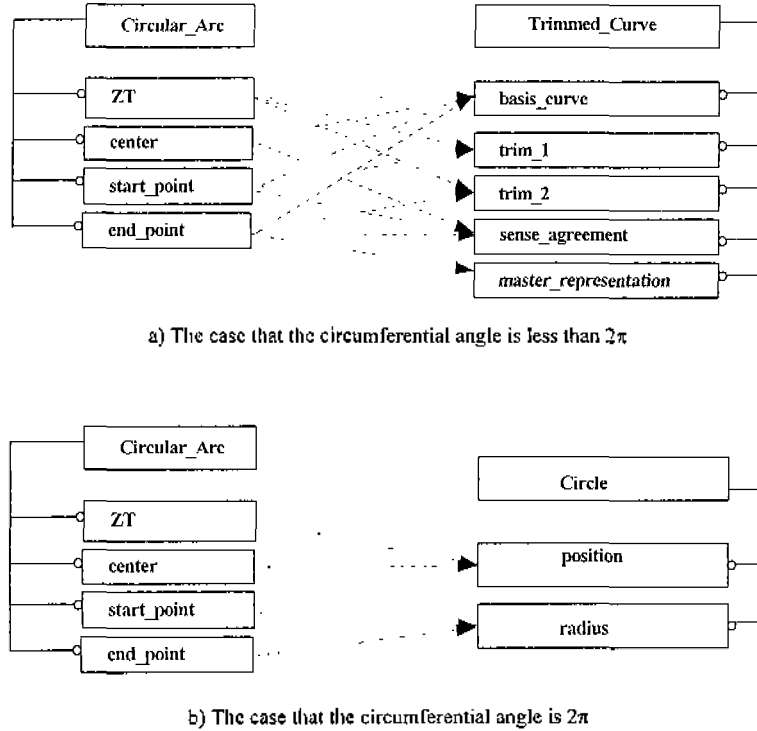


Fig. 3. Translation from IGES Circular_Arc to STEP Trimmed_Curve/Circle

master_representation: trimming_preference;

WHERE

WR1: (HIINDEX (trim_1)=1) XOR (TYPEOF (trim_1[1]) <> TYPEOF (trim_1[2]));

WR2: (HIINDEX (trim_2)=1) XOR (TYPEOF (trim_2[1]) <> TYPEOF (trim_2[2]));

END ENTITY;

4.2.2 변환 스키마

IGES Circular_Arc의 원주각이 2π 가 아닌 경우에 STEP에서는 Trimmed_Curve가 되는데, 이 엔티티의 속성인 basis_curve는 Circle을 가리키도록 되어 있어 STEP의 Circle 엔티티를 생성하게 된다. IGES Circular_Arc의 시작점과 끝점을 이용하여 STEP Trimmed_Curve의 속성들인 trim_1과 trim_2를 생성하고, STEP Trimmed_Curve로 변환된다. 한편, IGES Circular_Arc의 원주각이 2π 인 경우 STEP에서는 Circle 엔티티에만 대응된다. Fig. 3은 이러한 변환에 관련된 엔티티 및 그 속성들간의 관계를 표현

한 것이다. STEP Trimmed_Curve의 속성인 basis_curve, sense_agreement, master_representation과 STEP Circle의 속성인 radius는 STEP에서 새로 정의 되는 데이터들이다.

아래의 스키마는 IGES Circular_Arc로부터 STEP Trimmed_Curve/Circle로의 변환에 관계되는 변환 스키마들 중에서 별도의 변환식이 요구되는 trim_of_ca_to_tc 함수와, 프로그램상의 처리를 필요로 하는 tc_sense_agreement 함수를 나타낸다. Trim_of_ca_to_tc 함수는 IGES Circular_Arc의 시작점 또는 끝점과 중심점을 입력으로 하여 매개변수 표현인 라디안 각도로 STEP Trimmed_Curve/Circle의 속성인 trim_1이나 trim_2 값을 반환한다. 속성 값의 타입인 SET [1:2] OF trimming_select는 반환 값이 중복되거나 없는 것을 허용하지 않는 SET 타입임을 나타낸다. Tc_sense_agreement 함수는 원호의 시작 방향을 정하는 것으로 TRUE나 FALSE의 BOOLEAN 값을 반환한다.

```
FUNCTION trim_of_ca_to_tc (center, arc_point:
LIST [2:3] OF REAL; trim_point:
SET [1:2] OF trimming_select): SET
```

```

[1:2] OF trimming_select; LOCAL
    atan_x, atan_y: REAL;
END_LOCAL;
atan_x:=arc_point [0]-center [0];
atan_y:=arc_point [1]-center [1];
IF (atan_x=0) AND (atan_y=0)
THEN
    trim_point:=0;
ELSE
    trim_point:=ATAN (atan_y,
atan_x);
    IF (trim_point < 0) THEN
        trim_point:=2*PI+
trim_point;
    END_IF;
END_IF;
RETURN (trim_point);
END_FUNCTION;
FUNCTION tc_sense_agreement(trim_1, trim_2:
SET[1:2] OF trimming_select):
BOOLEAN;
LOCAL
    bool: BOOLEAN;
END_LOCAL;
IF (trim_2 > trim_1) THEN
    bool:= 'T';
ELSE
    bool:= 'F';
END_IF;
RETURN (bool);
END_FUNCTION;

```

5. 역 변환기의 구현

변환기를 통해 생성된 STEP 파일의 데이터 값이 IGES 파일의 것과 동일한 지를 비교할 수 있는 적절한 방법은, STEP에서 IGES로 역 변환하는 것이다. 변환 과정 중 IGES의 일부 데이터들이 유실되며 다음의 두가지로 구분된다. 첫째, 현재 STEP 데이터들을 정의하는데 사용되고 있지 않는 IGES 파라미터 섹션의 형상 보조 데이터들 - 폐곡선인지 아닌지를 나타내는 부수적인 속성 표현 등 - 이다. 둘째, 파라미터 섹션 이외의 부분들로 주로 선의 종류, 선 폭, 색상 등이 해당된다. 첫번째 경우에는 역 변환 과정에서 STEP 데이터들을 가지고 재계산 되기도 하지

만, 두 경우 모두 변환 과정에서 유실되는 정보들을 따로 저장해 두지 않는 한 역 변환 과정에서 재생시킬 수 없다. 그러나, 유실되는 정보들이 부가적인 데이터들이기 때문에, 역 변환된 IGES 파일을 CAD 시스템에서 다시 읽어 들여 디스플레이하는 것은 원래의 IGES 파일을 디스플레이할 경우와 동일하다. 이 경우 선의 종류, 선 폭, 그리고 색상 등은 CAD 시스템들의 초기치로 처리된다. 본 연구에서는 현재까지 곡면 부분을 뺀 나머지 엔티티들 - IGES의 100, 102, 110, 116, 124 타입 - 을 대상으로 역 변환기를 구현하였다. 앞의 변환 과정에서 다루었던 IGES Circular_Arc 엔티티와 STEP Trimmed_Curve/Circle 엔티티에 대해서 역 변환 과정을 설명하면 다음과 같다.

5.1 Trimmed_Curve/Circle로부터 Circular_Arc로의 역 변환

Fig. 4의 STEP Trimmed_Curve/Circle 엔티티의 IGES Circular_Arc 엔티티로의 역 변환 과정에서는 sense_agreement나 master_representation 등의 속성값들이 사용되지 않는다. 이런 데이터들은 IGES에서 STEP으로의 변환 과정에서 추가된 정보들이기 때문에, 역 변환 과정에서는 필요가 없다. STEP Trimmed_curve 엔티티의 역 변환 과정에서는 상속 관계에 의해 Circle 엔티티도 필요하지만, STEP Circle 엔티티는 시작점과 끝점이 동일하기 때문에 중심점과 반지름의 두 가지 속성값만으로도 IGES Circular_Arc로 변환된다. 또한, STEP 파일을 읽어 들이는 과정에서 Trimmed_Curve가 Circle을 참조하기 때문에, 360도인 Circle을 나타내는 경우와 구별하는 것이 필요하다.

다음의 스키마들은 STEP Trimmed_Curve/Circle로부터 IGES Circular_Arc로의 변환 스키마들 중에 IGES Circular_Arc의 시작점과 끝점을 구하는 arc_point_of_tc_to_ca와 중심점을 구하는 center_of_tc_to_ca 함수들이다. Arc_point 함수를 사용하는 STEP 엔티티가 Circle인 경우 trim_1과 trim_2를 나타내는 trim_point 값이 영(0)이 된다. Trim_point는 매개변수 표현으로 라디안 각도 값으로 표현된다.

```

FUNCTION arc_point_of_tc_to_ca (center, arc_
point: LIST [2:3] OF REAL; trim_
point: SET [1:2] OF trimming_select;
radius: REAL): LIST [2:3] OF REAL;
LOCAL
    atan_x,atan_y: REAL;
END_LOCAL;

```

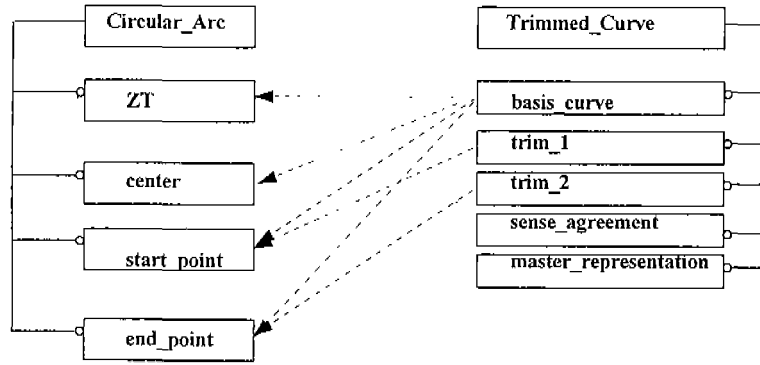
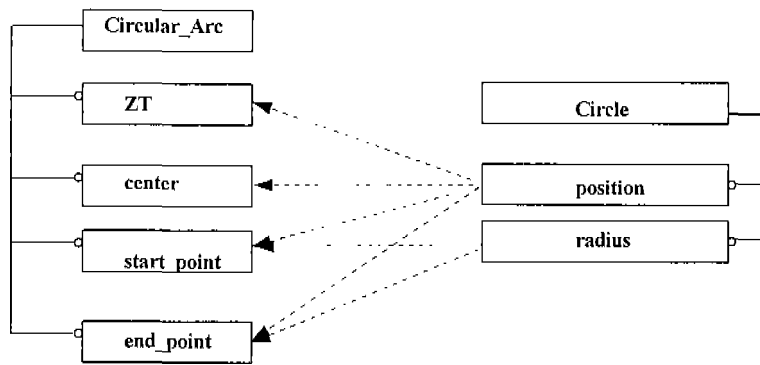
a) The case that the circumferential angle is less than 2π b) The case that the circumferential angle is 2π

Fig. 4. Translation from STEP Trimmmed_Curve/Circle to IGES Circular_Arc

```

atan_x:=radius * COS (trim_point);
atan_y:=radius * SIN (trim_point);
arc_point [0]:=center [0]+atan_x;
arc_point [1]:=center [1]+atan_y;
RETURN (arc_point);

```

```
END_FUNCTION;
```

```
FUNCTION center_of_tc_to_ca (center: LIST [2:3]
OF REAL; coordinates: LIST [1:3]
OF REAL): LIST [2:3] OF REAL;
LOCAL
```

```
    i: INTEGER;
```

```
END_LOCAL;
```

```
REPEAT i:=0 TO (2);
```

```
    center [i]:=coordinates [i];
```

```
END_REPEAT;
```

```
RETURN (center);
```

```
END_FUNCTION;
```

5.2 파일 변환의 예

Fig. 5의 예제 부품 중 점선으로 표시된 Boss와 Slot을 예로 들어서 변환 과정을 살펴본다. IGES 파일은 미국 SDRC사의 CAD 시스템인 I-DEAS에서 출력한 것을 사용하였다⁽¹⁾. 일반적으로 IGES 파일은 메시지를 전송하는 스타트 섹션, 도면 요소, 단위, 선 폭, 날짜, 작성자 등을 표시하는 글로벌 섹션, 요소 번호, 선의 종류, 선 폭, 색상 등을 나타내는 디렉토리 섹션, 실제로 형상 데이터가 기술되는 파라미터 섹션, 그리고 각 섹션들의 크기를 표시하는 터미네이터 섹션 등으로 구성된다. 상용 CAD 시스템들의 데이터 구조에 비해 크기가 크고 복잡하다⁽¹⁾.

변환 시스템은 IGES 파일을 입력으로 하여 STEP 파일을 출력시킨다. 변환의 적합성을 검증하는 한 방법으로 실행 후 IGES와 STEP의 대응되는 엔터티 개수를 비교해 보면, STEP에서는 상속 관계와 참조에 의해 엔터티 개수가 증가된 것을 볼 수 있다. 역

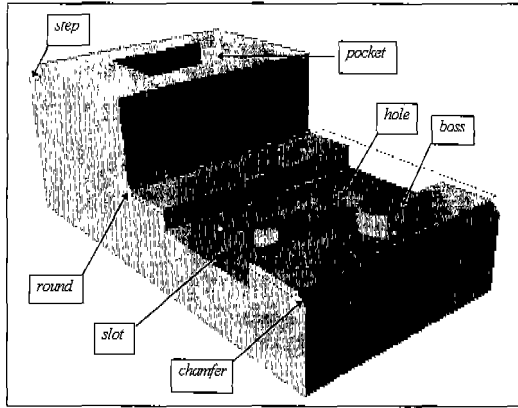


Fig. 5. An example part

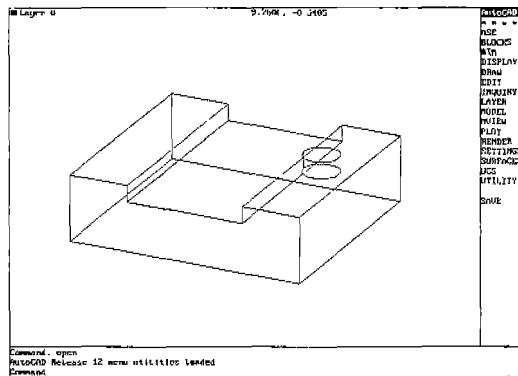


Fig. 6. Example part displayed by Auto CAD

변환기는 IGES-To-STEP 변환기에서 출력된 STEP 파일을 입력으로 IGES 파일을 생성한다. Fig. 5와 같은 예제 부품의 IGES 파일로부터 변환된 STEP 파일을 역 변환시키면 IGES 파일을 생성시킬 수 있다. 역 변환된 IGES 파일을 살펴보면, 곡면 엔티티들을 제외한 나머지 STEP과 IGES간 엔티티들의 대응 관계만 표시되며, 대응되는 엔티티들의 개수가 변환 과정과 동일함을 알 수 있다.

Fig. 6은 역 변환된 IGES 파일을 AutoCAD 시스템 상에서 디스플레이한 결과이다. 곡면 엔티티들이 포함되어 있지 않기 때문에 와이어 프레임 형상으로 표시되며, Boss에서는 IGES Surface_Of_Revolution 엔티티의 윤곽만 표시된다.

5.3 변환 과정에서의 정보 유실

I-DEAS 시스템에서 출력된 IGES 파일과 본 시스템에 의해 역 변환된 IGES 파일을 비교해 보면 다소

의 차이점이 있는데, 이는 역 변환된 IGES 파일의 디렉토리 섹션에 선 폭, 색상 등의 비형상 데이터들 값이 출력되지 않아 CAD 시스템들의 초기값으로 처리되었기 때문이다.

역 변환 과정에서 정확한 변환이 이루어지려면 변환 과정에서 정보의 유실이 없어야 한다. 유실되는 정보들이 선의 종류, 선 폭, 텍스트, 그리고 색상 등 형상의 표현에 부가적인 데이터들 일지라도 설계도면이나 시각적인 효과가 필요한 곳에 이용된다. 또한, STEP에서 정의되지 않아 유실되는 IGES의 형상 보조 데이터들도 일부 CAD 시스템들에서는 필요로 하는 정보일 수 있다. 첫 번째 경우는 본 연구에서 사용되는 STEP geometry 스키마 이외의 다른 부분들로의 확장이 요구된다. STEP geometry 스키마는 representation과 specific_measures 스키마들을 참조하는 형태인데, 본 연구에서는 사용하지 않았다. 그러나, 비형상 데이터들이 이 스키마들 내에 정의되어 있기 때문에, 정보의 손실을 최대한 막기 위해서는 스키마 확장이 필요하다. 두 번째 경우에는 STEP이나 CAD 시스템들이 충분히 엔티티 및 속성을 확보함으로써 해결할 수 있다. 서로간에 어느 정도 근사화 될 수 있는 데이터들이 있으면 변환 스키마를 확장하는 방법이 가능하며, 그 외에는 변환 과정 중 유실되는 정보들을 별도로 파일에 저장해야 한다. 저장시 사용자 정의의 특정한 데이터 포맷이나 STEP 파일의 포맷을 이용할 수 있다. IGES뿐만 아니라 다른 표준이나 CAD 시스템들의 데이터 포맷도 STEP과의 변환 시스템을 구현할 시 유실되는 정보들이 있기 때문에, 이런 데이터들로 이루어진 별도의 EXPRESS 스키마를 구성하는 방법이 가능하다. 이 스키마는 여러 CAD 데이터 변환 시스템들을 구현할 시 유용한 정보를 제공하게 된다.

6. 결 론

STEP은 현재 ISO에서 작업 중인 표준이지만, 1994년에 그 일부인 11개 Part가 국제 표준으로 제정되었으며, 이들은 1995년에 미국 표준인 ANSI로도 채택되었다. 현재 많은 CAD/CAM 시스템들이 데이터 교환을 위하여 IGES를 지원하고 있지만, 이들은 점차 STEP으로 대체될 것으로 예상된다. 본 논문은 IGES와 STEP간의 파일 변환 시스템을 설명하였다. 이 시스템은 IGES 버전 5.0의 21개 Geometry 엔티티 중 Table 1에 나열한 12개의 엔티티를 STEP 엔티티로 변환하며, STEP 스키마로서 파트 42를 사용하기

때문에 IGES 파일에 포함된 선의 종류, 선 폭, 텍스트, 색상 등의 형상 보조 데이터들은 STEP 파일에 포함되지 않는다.

구현 방법에 있어서 본 시스템의 특징은 IGES, STEP, 그리고 변환 관계를 모두 정보 모델링 언어인 EXPRESS로 표현한 것이다. 이와 같이 파일 형태와 변환 관계가 주어지면 나머지 과정의 EXPRESS 컴파일러와 함수 컴파일러에 의하여 실행 파일로 변환되고, 이러한 실행 파일들이 미리 준비한 파일 처리용 라이브러리와 링크되어 전체 시스템을 이루게 된다. 이러한 방법은 실행 파일들을 직접 프로그램 언어인 C나 Fortran 등으로 구현하는 방법과 비교할 수 있으며, 다음과 같은 장점을 갖는다. 첫째, 형태와 변환 관계를 정보모델링 언어로 표현함으로써 시스템의 설계와 이해가 쉽다. 둘째, IGES 뿐만 아니라 DXF, SET 등의 다른 파일간의 변환 시스템에도 쉽게 적용할 수 있다.

향후 연구과제로는 IGES에 포함된 Topology 정보의 변환도 포함하고, STEP 스키마로서 파트 201이나 203 등의 응용 프로토콜을 사용하여 다른 STEP 응용 프로그램과 직접 데이터 교환을 하는 것이다.

참고문헌

1. Reed, K., Harrod, D. and Conroy, W., *The Initial Graphics Exchange Specification (IGES) Version 5.0*, NIST, 1990
2. Helpenstein, H.J., *CAD Geometry Data Exchange Using STEP*, Springer-Verlag, 1993
3. STEP Vendor Translator Announced Releases. Internet, at: <http://www.scra.org/pdesinc/vendor.html>, Last Update November 1995
4. Wilson, P.R., "EXPRESS TOOLS and SERVICES (1990-1995)," *Proceedings of 5th EUG International Conference*, 1995
5. Sakamoto, E., An Implementation of STEP Data Exchange System, Technical Paper, Japan STEP Center, 1993
6. Nakamura, I., Kawabata, S., Yokota, H., Kojima, T. and Kimura, F., "An EXPRESS-based Repository Manager for STEP-based Data Exchange Software," *Proceedings of 5th EUG International Conference*, 1995
7. Kojima, T., Kuga, Y., Nakamura, I. and Kimura, F.,

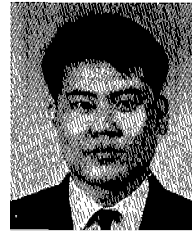
"An Implementation of B-rep Solid Model Data Exchange System Based on STEP," *일본 정밀공학회지*, pp.135-141, July 1993

8. Nakamura, I., Kojima, T., Kuga, Y. and Kimura, F., "A Study on the CAD Database Interface using STEP," *일본 정밀공학회지*, pp.17-22, August 1993
9. ISO TC184/SC4/WG3 Part42, *Geometric and Topological Representation*, NIST, 1993
10. ISO TC184/SC4/WG5 Part11, *EXPRESS Language Reference Manual*, CADDETC, 1992
11. Structural Dynamics Research Corporation (SDRC), *User's Guide-Solid Modeling*, 1991



이 영 준

1992년 인하대학교 자동차공학과 학사
1995년 인하대학교 자동차공학과 석사
1995년 ~ 현재 대우중공업 선박해양연구소 CIMS팀 연구원
관심분야: CALS, STEP, Virtual Shipyard



고 필 욱

1993년 인하대학교 자동차공학과 학사
1996년 인하대학교 자동차공학과 석사
1996년 ~ 현재 인하대학교 자동차공학과 박사과정
관심분야: 공학 데이터베이스, STEP, EDM/PDM, 시스템 통합



유 상 봉

1982년 서울대학교 제어계측공학과 학사
1986년 Arizona 주립대학교 전기및 컴퓨터공학과 석사
1990년 Purdue 대학교 전기및 컴퓨터공학과 박사
1989년 AT&T Bell 연구소 연구원
1990년 삼성전자 컴퓨터부문 선임연구원
1992년 ~ 현재 인하대학교 자동차공학과 부교수
관심분야: 공학 데이터베이스, 시스템 통합, STEP, CALS, PDM, 동시공학