Journal of the Korean Institute
of Industrial Engineers
Vol.23, N0.3, September, 1997

WWW를 이용한 제품정보의 공유

Sharing STEP Data over Internet using WWW

최영* · 신하용** · 박명진* · 이종갑***

Young Choi* · Hayong Shin** · Myung Jin Park* · Jong Gap Lee***

Abstract

Life cycle product data is very important yet difficult to handle for manufacturing companies. Sharing and exchanging product data over world-wide-web is a part of key technology to implement PDM or CALS. STEP is widely accepted as a standard to represent the life-cycle product model data. Described in this paper is a web browser plug-in that can graphically display and explore product data represented by STEP over internet. By the use of the plug-in (named "npSTEP"), a product model data stored in STEP format on a web server can be displayed on a commonly used web client (browser), such as Netscape navigator, without any format conversion process. Furthermore one can explore the components or attributes of the product model data in hierarchical manner.

1. 서론

한 기업을 생체에 비유하여 물자의 흐름을 순환계(혈관계)라 한다면 정보의 흐름은 신경계라 할 수 있을 것이다. 이처럼 물자와 정보의 흐름은 유기체로써의 기업을 존속/성장시켜 주기 위한 양대 축이라 하겠다. 정보 흐름의 중요도는 조직의 크기와 분산도에 따라 더욱 커진다. 더욱이 지리적으로 떨어진 사업장, 설계센터, 생산기지, 계열사 등을 논리적으로 통합한 가상기업(Virtual Enterprise)을 위해서는 원활한 정보의 흐름이 생명이다.

최근 WWW(World Wide Web)를 이용한 인트라넷(Intranet)[5, 9]의 설치 및 이용이 급속히 확산되고 있다. 많은 기업에서 인트라넷을 이용해서 사내외의 원활한 정보의 흐름을

* 중앙대학교 기계설계학과
** (주) 큐빅테크 연구소
*** 한국 기계 연구원, 선박해양 공학 연구센터

유도하고자 노력하고 있다. 또한 고객 및 거래처와의 의사소통도 같은 환경에서 이루어지기를 희망한다. 이처럼 인트라넷이 각광을 받는 이유는 정보흐름의 고속성과 아울러 정보흐름의 각 단계와 최종보관에 이르기까지 중복적인 정보의 입력을 방지할 수 있다는 점일 것이다.

정보 중에서도 기업체에서 생산/판매하고자 하는 제품의 수명주기 전반에 걸쳐 발생되고 이용되는 제품정보(Product data)는 매우 중요하면서도 다루기 힘든 종류의 정보라 하겠다. WWW상에서 제품정보를 다루는 기술과 그 중에서도 특히 형상을 위주로 한 설계정보를 공유/교환하는 기술은 인트라넷의 적용범위를 넓히고 가상기업내의 CALS 및 PDM(Product Data Management)을 구현하고 나아가 글로벌 생산 시스템(Global manufacturing system)을 이루는 데에 매우 중요한 핵심기술 중 하나이다[1, 5, 6].

본 논문에서는 제품정보의 표준으로 자리잡고 있는 STEP (Standard for the Exchange of Product model data)[8]으로 표현된 제품 정보를 WWW상에서 공유하기 위한 간편한 방법론을 제시하고자 한다.

2. 웹 브라우저(Web browser) 및 플러그-인(Plug-in)

인터넷(internet)에 대한 관심의 폭증을 이끌어 낸 주된 요인은 일반인이 별다른 기반지식이 없이도 손쉽게 인터넷에 접근하고 이용할 수 있도록 한 WWW때문이라 해도 과언이 아니다. 이토록 사회 전반에 엄청난 파장을 몰고 온 WWW의 열풍은 웹 브라우저의 편리하고 손쉬운 사용법에 기인한다. 현재 널리 사용되고있는 모자이크(Mosaic), 넷스케이프 네비게이터(Netscape navigator), 마이크로소프트 인터넷 익스플로러(MS internet explorer)등과 같은 웹 브라우저들은 초기에는 HTML로 작성된 문서를 처리하는 단순한 수준에서 출발해 소리, 정지화상, 동화상 등으로 차차 그 처리 범위가 넓어져 가고 있다. 이제 HTML문서뿐 아니라 GIF, JPEG등의 화상, 자바 애플릿(Java applet)등은 웹 브라우저 내에 장착된 빌트-인 모듈(built-in module)에 의해 처리된다. 그러나 인트라넷에 대한 관심이 고조됨에 따라 기존에 WWW과 무관하게 사용해 오던 스프레드 시트(spread sheet), CAD 파일 등과 같은 데이터들이 더이상 무관한 것으로 남아있을 수 가 없게 되어가고 있다. 또한 이러한 새로운 종류의 데이터를 웹 브라우저 개발자가 모두 처리를 할 수 없음은 자명한 일이다. 따라서 웹 브라우저내에서 제3자(third party)가 새로운 종류의 데이터를 처리할 수 있도록 해주는 길을 열어놓고 있으며 그 방법을 플러그-인[7]이라고 통칭한다. 이를 통해 제3자가 개발한 플러그-인 모듈(module)들은 브라우저에 의해 필요에 따라 불러올려져 마치 브라우저의 일부인 것 처럼 작동된다. 이와 같은 플러그-인에 의해 웹 브라우저의 처리범위는 크게 늘어나고 있으며 그 대표적인 예로 포스트 스크립트(Post Script), 스프레드 시트, MPEG, VRML 등이 플러그-인에 의해 처리되고 있다. 그림 1은 웹 브라우저가 들어오는 정보의 종류(MIME type)에 따라 빌트-인 또는 플러그-인에 의해 처리되는 개념을 보여주고있다. 플러그-인 모듈이 처리할 종류의 자료가 들어

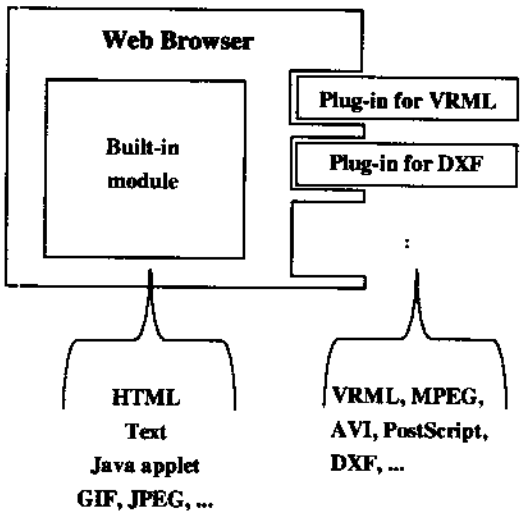

그림 1. 웹 브라우저의 플러그-인

오면 웹 브라우저는 브라우저내에 창(Window)을 하나 만들고, 그 창 내에 플러그-인 모듈이 그림을 그리거나 유저와의 상호작용(user interaction)을 수행하도록 해준다. 본 논문에서 사용하고있는 넷스케이프 네비게이터에서 플러그-인의 상세한 작동원리는 그림 2와 같다.

3. STEP

제조업 분야에서 다양한 CAD/CAM 시스템 간의 설계데이터 호환성에 대한 필요성이 대두되면서 IGES(Initial Graphics Exchange Specification)라는 데이터 표준이 ANSI 표준으로 제정되었고 현재에도 널리 사용되고 있다. 또한 DXF, SET, VDA-FS등과 같은 포맷(format)들도 국가, 용도에 따라 많이 사용되어왔다. 그림 3은 이러한 설계정보 표준들의 변천과정과 계보를 보여주고있다[11]. 그런데 이러한 IGES등은 솔리드를 포함한 3차원 형상데이터를 완벽하게 지원하지 못할 뿐더러, 데이터 표준이 형상의 표현에 국한되어 있어 각종 설계 및 제품정보를 지원하는 제품정보 모델링 표준의 필요성이 대두되었다. 국제표준기구인 ISO에서는 이러한 필요성을 인식하여 ISO10303 STEP이라는 새로운 표준을 제정하기 시작하여 상당히 많은 파트가 이미 국제 표준으로 등록되어 있고, 30여 파트에 대한 표준제정작업이 현재 진행 중이다. 따라서 이미 많은 주요 CAD/CAM 소프트웨어

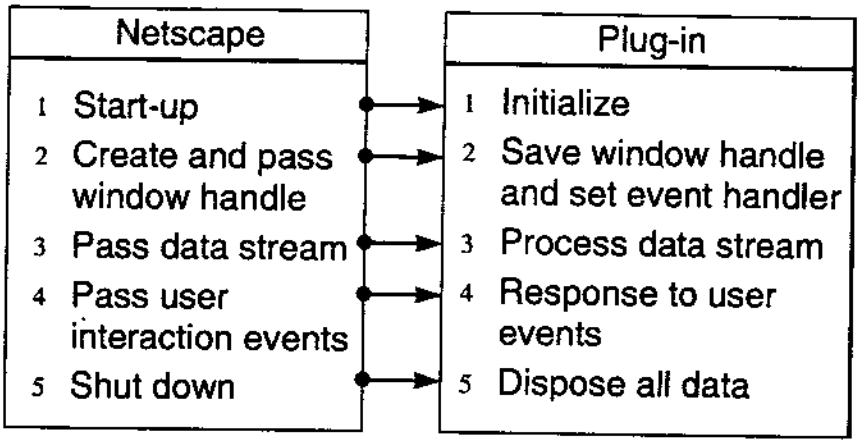

그림 2. 넷스케이프 플러그-인의 작동 순서

제조업체들이 STEP 표준을 지원하여 데이터 호환 문제를 해결하려 하고 있고, STEP 데이터 응용을 위한 도구들이 개발되어 판매되고 있는 시점에 있다. 또한 3차원 형상정보의 교환에 많이 활용되는 IGES를 STEP형식으로 바꾸어 주는 시스템에 관한 연구 등에 힘입어 STEP으로의 표준의 전환은 더욱 가속될 전망이다[4]. STEP의 구조는 그림 4와 같다. STEP에는 분야에 따라 여러 종류의 응용표준(AP, Application Protocol)이 있고 기계류의 설계정보를 나타내는데 사용되는 AP203 (Configuration Controlled 3D Design)이 가장 널리 사용되고있다.

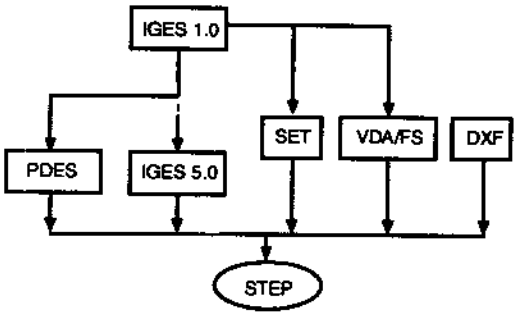

그림 3. 형상정보 교환표준의 변천

최근들어 STEP과 인터넷에 대한 관심이 급증하여, 이들의 연관에 관한 연구가 많이 진행되고 있다. 그 중 하나로, STEP 파일 중 형상부분을 꺼내어 VRML형식으로 바꾸어서 브라우저에서 보여주기 위한 연구가 있었다[2]. 또한 이와는 별도로 STEP 데이터 중 BOM등의 비형상정보를 HTML로 바꾸어 WWW로 전송해주는 시도도 있었다[3].

한편 주로 2차원 설계에 많이 사용되는

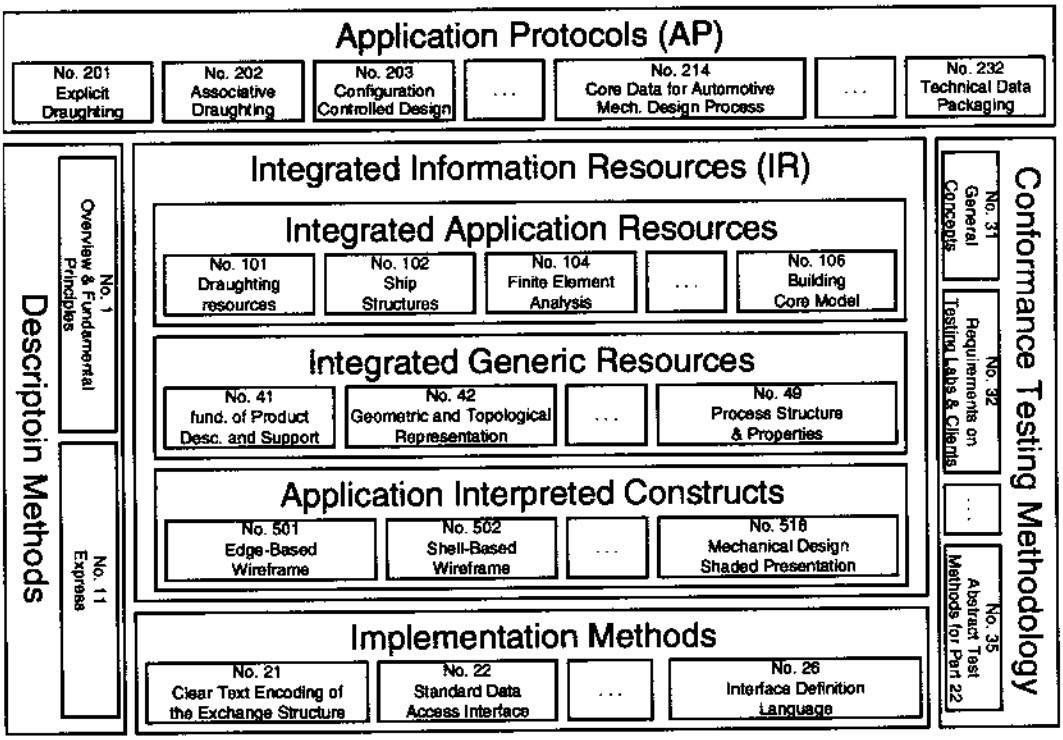

그림 4. STEP 표준의 구조

AutoCAD사의 저장형식인 DWG 파일이나 DXF 파일을 웹 브라우저에서 디스플레이(display)해주기 위한 플러그-인이 미국의 Soft-Source사에 의해 개발되어 공개되어있다[10].

4. STEP 데이터 검색 플러그-인 : npSTEP

본 연구에서 개발한 플러그-인 npSTEP은 그림 5와 같이 웹 브라우저중 넷스케이프 네비게이터의 플러그-인으로서 동작하며, 웹 상에서 직접 STEP physical 파일들을 가져와서 디스플레이 시키고 제품정보를 탐색해 볼 수 있다.

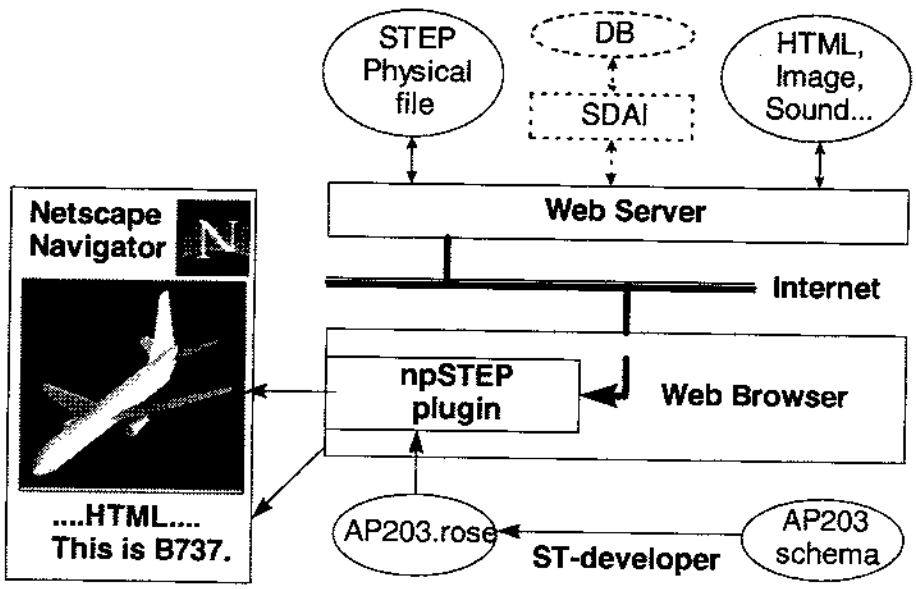

그림 5. npSTEP의 작동환경

4.1. 개발 환경

npSTEP은 Windows NT 3.51환경에서 개발되었으며, Windows 95/NT에서 운용되며, 개발시 사용된 PC는 인텔 펜티엄 100MHz, 램 32MB로서 ATI Graphics Express PCI 그래픽 카드(비디오 램 2MB), SMC ISA 랜카드가 장착 되어 있다.

npSTEP은 STEP AP203 형식으로 정보를 담고있는 STEP 파일을 읽어 들여서 그 정보를 형상으로 디스플레이하는 순으로 동작한다. 형상 데이터를 보여 줄 수 있는 기능으로서는 회전, 이동, 확대 등을 쉐이디드(shaded) 또는 와이어 프레임(wire frame)으로 보여주며, 비 형상데이터에 대한 기능으로서는 각 엔티티의 타입과 이름을 계층적으로 나타내어 주는 기능이 있다.

일반적으로 STEP을 이용하여 제품정보를 표현하는 데에는 두가지 요소가 필요한데 첫 번째는 EXPRESS 스키마(schema, 본 연구에서는 AP 203)로서 이는 제품정보에 대한 형식을 정의하는 데 이용 한다. 두 번째 요소

로는 STEP physical 파일이 필요한데 이 파일은 제품정보를 표현하기 위한 실질적인 정보를 담고 있으며, EXPRESS 스키마를 참조하여야 해석이 가능하다. EXPRESS 스키마를 프로그램에서 사용하기 위해서는 C++코드로 변환시켜야 하는데, 이때 사용한 프로그램이 STEP Tools사의 STEP Developer (version 1.4)이다. 또한 STEP Developer에는 EXPRESS를 간단한 데이터 베이스 스키마로 생성시켜주는 기능과 STEP physical 파일을 읽고 쓰기 위한 함수 라이브러리를 제공한다. 이외에도 부가적으로 EXPRESS-G 생성, 편집 프로그램과 IGES, DXF, STEP physical 파일들 간의 변환 프로그램도 포함하고 있다. 이 프로그램은 현재 PC, Unix등 다양한 플랫폼으로 개발되어 있다.

프로그램의 컴파일러로는 마이크로 소프트사의 Visual C++ 4.0을 사용하였고, OpenGL (Visual C++ 4.0에 포함되어 있는 라이브러리를 사용하였으며, 현재 Windows NT/95에서 지원한다.)은 기본 윈도우에 형상정보를 디스플레이하기 위한 라이브러리로서 사용되었다. 넷스케이프사는 플러그-인을 만들 수 있는 인터페이스 함수들을 제공하는 플러그-인 SDK([7]를 공개하고 있다. 이 SDK를 통해 WWW와 관련된 기능들을 웹 브라우저에 요구하거나 제공하는 함수들을 구현한다.

4.2. 프로그램 개발 과정

본 연구에서 개발한 플러그-인은 그림 6과 같은 과정을 따라 개발되었다. 이 과정의 각 단계들을 상세히 살펴보면 다음과 같다.

① ST-Developer의 EXPRESS 컴파일러를 이용하여 AP 203 스키마를 컴파일하여 바이너리(binary)형태의 스키마 파일

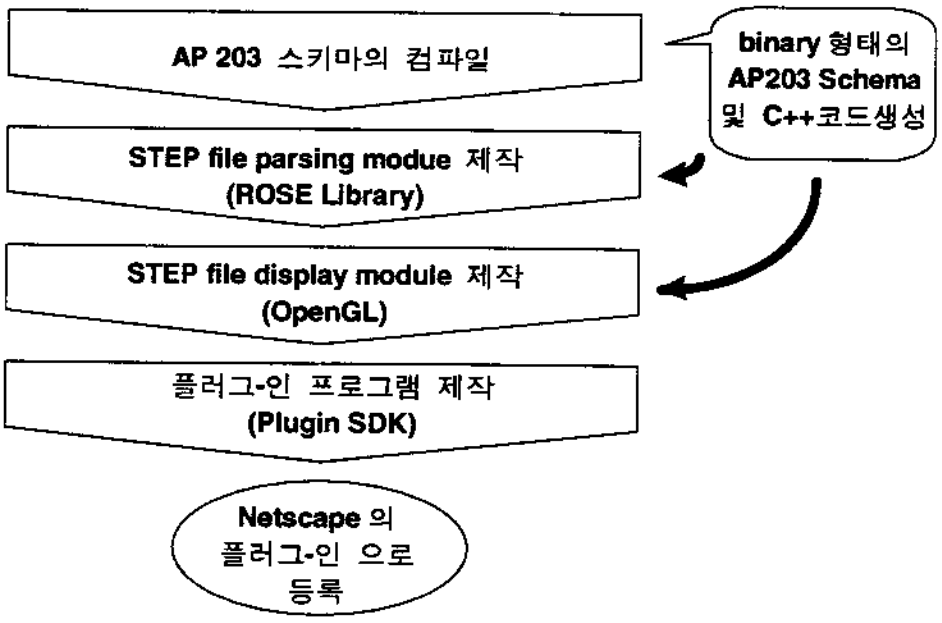

그림 6. 프로그램 개발과정의 흐름

('config_control_design.rose')과 엔티티(entity)를 사용하기 위한 class에 대한 C++ 파일을 생성한다. 컴파일된 바이너리 형태의 스키마 파일은 STEP physical 파일을 입출력 하는데 쓰이며, 스키마로부터 생성된 C++ 파일들은 스키마의 엔티티들을 위한 생성자 함수(constructor)와 엑세스(access) 함수를 제공한다. AP203 스키마 파일은 그림 7과 같은 구조로 되어있다.

② STEP physical 파일을 읽어 들이기 위한 프로그램을 작성한다. 이 과정에서 STEP physical 파일을 오픈(open)시키고 디스플레이하고자 하는 엔티티를 해석(parsing)하는 모듈이 추가된다. 그림 8은 STEP physical 파일의 예이다. 메모리에 읽혀진 STEP physical 파일은 사용된 ROSE 라이브러리에서 제공하는 클래스에 맞게 리스트 형태로 저장된다. 이 리스트에서 원하고자 하는 데이터를 찾고자 하는 경우에는 ROSE 라이브러리에서 제공하는 함수들을 이용하여 최상위 엔티티부터 검색하여 점차적으로 하위 엔티티로 검색해 나간다. 형상 데이터의 경우에는 디스플레이가 가능한 엔티티들은 자동적으로 검색하여 윈도우에 나타내고, 비형상 데이터의 경우에는 사용자가 최상위 엔티티부터 시작하여 그 하위 엔티티를 직접 선택하여 윈도우에 나타내는 순으로 구현하였다. 형상 데이터의 경우에도 사용자가 엔티티를 순차적으로 선택하여 보는 것이 가능하다.

③ OpenGL 윈도우 생성을 위한 코드를 추가한다. 이는 자신의 메시지 핸들러를 가지는 윈도우 객체를 만들고 인터페이스 함수를 통해 웹 브라우저와 통신할 수 있다.

④ 생성된 윈도우에 OpenGL 함수를 이용하여 형상객체를 그리기 위한 모듈을 작성한다. 이 경우 그리고자 하는 엔티티가 OpenGL함수에 정확히 매핑되지 않으므로 STEP physical 파일의 데이터를 OpenGL함수의 인자에 맞게 변환시켜주는 것이 필요하다. 이중에서 Parametric curve 자체의 표현은 모델링 좌표계의 표현으로 나타나기 때문에, 이차곡면 등을 먼저 NURBS 표현으로 변환하고, 모델링 좌표계 상의 parametric curve의 점들을 샘플링하여 base surface를 표현한 NURBS상의 파라미터를 구함(point inversion)으로써 trimmed NURBS 표현으로 나타낼 수 있다. OpenGL이나 Inventor에서는 trimmed NURBS 를 위한 함수군(群)이 마련되어 있으므로 그릴 수 있다.

⑤ 플러그-인 SDK를 이용하여 플러그-인 프로그램을 제작하여 넷스케이프 네비게이터의 플러그-인 모듈로서 등록시킨다. 플러그-인 SDK에서 할 수 있는 일은 다음과 같다. 첫째 넷스케이프 윈도우의 일부 이벤트를 받고 일정한 영역에 표시한다. 둘째 URL을 통해 새로운 데이터를 얻어온다. 셋째 넷스케이프나 다른 플러그-인 프로그램을 위한 데이터를 만들어낸다. 넷째 프로토콜 핸들러를 수행한다.

```
ENTITY b_spline_surface
    u_degree              : INTEGER;
    v_degree              : INTEGER;
    control_points_list : LIST [2:?] OF LIST [2:?] OF cartesian_point;
    surface_form : b_spline_surface_form;
  ...
  ENTITY b_spline_surface_with_knots
    SUBTYPE OF (b_spline_surface);
    u_multiplicities : LIST [2:?] OF INTEGER;
    v_multiplicities : LIST [2:?] OF INTEGER;
    u_knots : LIST [2:?] OF parameter_value;
    v_knots : LIST [2:?] OF parameter_value;
  ...
  ENTITY rational_b_spline_surface
  SUBTYPE OF (b_spline_surface);
    weights_data : LIST [2:?] OF LIST [2:?] OF REAL;
  ...
```

〈그림 7〉 AP203 스키마 중 B-Spline곡면 정의부분

```
ISO-10303-21;
HEADER;
FILE_DESCRIPTION(('Sample NURBS geometry for a Boeing 707','For use with Visualizer'),'1');
FILE_NAME ('ap203_database','',('Blair Downie'),
  ('STEP Tools Inc.',
   'Rensselaer Technology Park',
   'Troy, New York 12180',
   'info@steptools.com'),
   'ST-DEVELOPER v1.3', '', '');
FILE_SCHEMA (('CONFIG_CONTROL_DESIGN'));
ENDSEC;
DATA;
#10 = (
B_SPLINE_SURFACE(3,3,((#20,#30,#40,#50), (#60,#70,#80,#90), (#100,#110,#120,#130),
  (#140,#150,#160,#170)),$,.F.,.F.,.F.)
B_SPLINE_SURFACE_WITH_KNOTS($,$,(0.,0.,0., 0.,1.,1.,1.,1.),(0.,0.,0.,0.,1.,1.,1.,1.),$)
BOUNDED_SURFACE ()
GEOMETRIC_REPRESENTATION_ITEM ()
RATIONAL_B_SPLINE_SURFACE(((1.,1.,1.,1.), (1.,1.,1.,1.), (1.,1.,1.,1.), (1.,1.,1.,1.)))
REPRESENTATION_ITEM()
SURFACE());
#20=CARTESIAN_POINT($,(10603.,1080.,0.));
#30=CARTESIAN_POINT($,(11828.,1056.,0.));
...
```

〈그림 8〉 STEP physical 파일의 예

프로그램에 사용된 AP203 EXPRESS는 ISO에 등록되어 있는 IS 버전을 사용하였으며, AP 203 파일과 테스트용 STEP physical 파일은 미국 NIST의 홈페이지(http://www.nist.gov/)에서 제공하는 파일들을 사용하였다.

4.3. 기능 및 특징

npSTEP의 기능 및 특징을 요약하면 STEP으로 표현된 제품정보로부터 ①형상정보의 디스플레이와 ②비형상정보의 탐색을 ③웹 브라우저상에서 할 수 있다는 것이다. npSTEP은 AP203의 형상데이터중에서 advanced_brep_shape_representation 을 지원하며, 그 하위 엔티티중에서 NURBS곡면은 쉐이디드 디스플레이가 가능하다. 기본적으로 모든 동작은 npSTEP의 클라이언트(client) 영역에서 마우스의 움직임과 버튼의 클릭으로 이루어 진다. 특히 오른쪽 버튼이 눌러졌을 때 팝업 메뉴가 나타나 사용자의 명령을 받는 방법으로 동작되어 여타 상용 프로그램들과 사용자 인터페이스 면에서 일관성을 유지하였다. 현재 활성 중인 동작과 모델 좌표계에서의 마우스 위치 등이 클라이언트 영역 아래에 표시된다. 주 메뉴는 다음과 같이 3개의 커리큘럼으로 되어 있다.

- Viewing 변환 : Rotate Mode, Panning Mode, Zooming Mode 중 하나가 선택되어 질 수 있고, 별도로 Unzoom 명령이 있다. 한 번 Zoom을 할 때마다의 View가 스택에 저장되어 Unzoom에 의해 retrive된다. 현재 어떠한 모드가 선택되어 있는지는 npSTEP 클라이언트 영역의 하단 좌측과 메뉴에 체크로써 표시된다.
- Color 및 Drawing Style 지정 : Drawing Color메뉴를 선택하면 그리고자 하는 물체의 Ambient, Diffuse, Specular 를 red, green, blue로써 각각 지정하고, shininess의 정도를 지정할 수 있는 dialog box가 나타난다. dialog box우측 하단에는 조그마한 preview window가 생성되는데 이 윈도안에서도 viewing 변환이나 draw style을 지정 할 수 있다. Drawing Style 메뉴에는 3개의 sub menu가 있는데 Shading, Outline-polygon, Outline-patch중 하나를 선택 할 수 있다. 여기서 지정한 style에 따라 형상데이터를 그리게 된다.
- 엔티티 계층적 탐색 : 이 기능은 STEP 파일이 표현하고 있는 형상 및 비형상 데이터를 체계적으로 보여 줄 수 있는 리스트 박스를 나타나게 한다. STEP파일에서 묘사된 형상 및 비 형상 데이터의 이름과 type을 리스트로 나타내고 그 중 하나를 선택 하였을 경우 그것을 이루고 있는 데이터의 리스트를 재귀적으로 생성한다. 리스트에 나타나 있는 엔티티가 형상에 관한 것일 경우 draw라는 버튼을 선택하게 되면 별도의 윈도에 그 엔티티만을 디스플레이해준다. 이 윈도우 안에서도 Viewing 변환, Color & Draw style 지정, viewport변환 등이 가능하다.

그림 9와 그림 10은 npSTEP의 실행 장면이다. 그림 9에서는 제품 전체의 모습과 아울러 부품의 계층적 구조, 그리고 그 중 한 부품의 모습을 탐색하여 디스플레이한 장면을 보여주고있다. 그림 10에는 NIST(ftp://www.nist.gov/mel/div826/subject/pptb/repository/STEP/)에

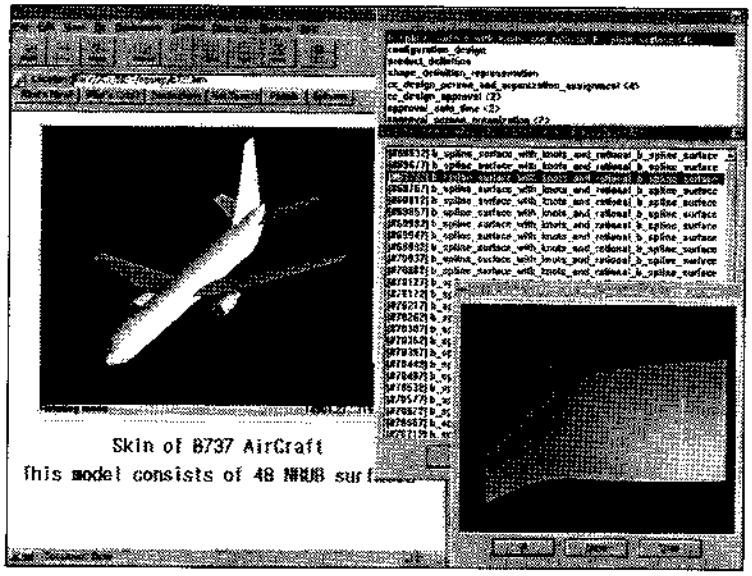

그림 9. npSTEP의 실행 예

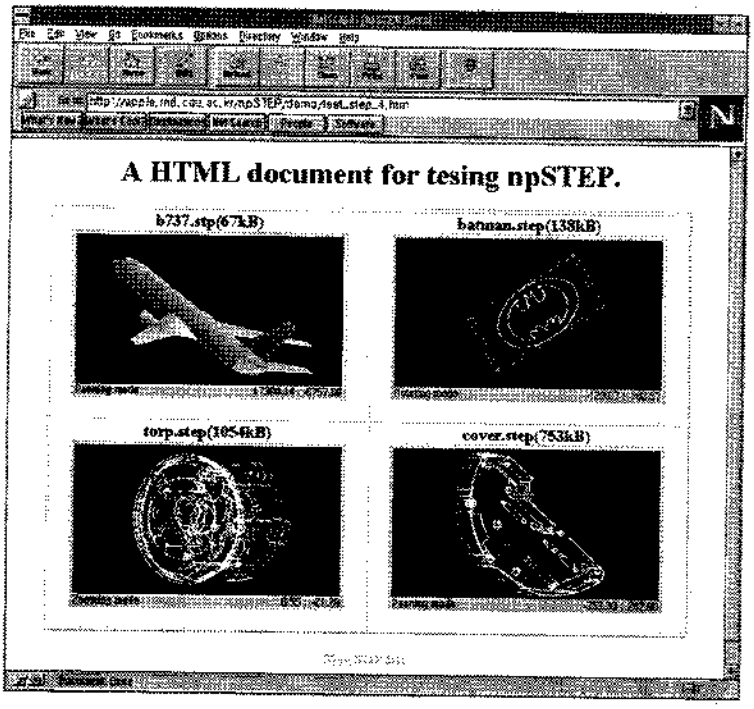

그림 10. npSTEP의 실행 예 : 다중 인스턴스의 경우

저장된 4개의 STEP 파일들을 하나의 화면에 나타낸 장면으로, 여기에 있는 4개의 창에는 npSTEP의 각각의 인스턴스들이 독립적으로 실행되고 있다.

5. 결론

제품의 전주기 데이터를 표현하기 위한 국제 표준인 STEP은 이미 몇몇 주요 CAD 소프트웨어에서 변환기를 제공하는 등 괄목할 만한 주목을 받고 있다. 이는 STEP이 미래 제조업의 정보 인프라구축에 중심적인 역할을 할 수 있는 가능성을 보이는 것이라 하겠다. 또한 글로벌 생산 시스템 을 위해서는 이러한 STEP으로 표현된 제품정보가 초고속통신망으로 연결된 인터넷상에서 공유되는 것이 요구된다. 이러한 관점에서 본 연구에서는 제품정보의 표준인 STEP 파일을 널리 사용되고있는 웹 브라우저상에서 형상을 가시화 하고 비형상 정보를 계층적으로 탐색할 수 있도록 해주는 플러그-인 모듈(npSTEP)을 개발하였다. 이러한 기술은 인터넷상에서의 PDM, 나아가서는 CALS를 구현하는 데에 필요한 기반기술이라 하겠다. 현재 npSTEP은 AP203만을 대상으로 하고있으나, 앞서 설명한 개발 과정에 다른 AP를 대입하여 손쉽게 확장이 가능하다. 본 연구에서 제시한 것은 인터넷상에서 제품정보를 공유하기 위한 하나의 방안이며, 추후에는 npSTEP의 처리범위 및 기능의 확대와 아울러 CORBA (Common Object Request Broker Architecture)등의 분산 객체공유표준과 연계하여 활용될 수 있는 방안을 모색코자 한다.

6. 후기

본 개발 프로그램의 실행 파일은 연구실 홈페이지(http://apple.md.cau.ac.kr)로 오시면 다운로드 받으실 수 있습니다.

끝으로 본 연구의 프로그램 개발에 많은 도움을 준 중앙대학교 기계설계학과 양상욱 씨에게 깊은 감사 드립니다.

참고문헌

[1] 김규수, "CALS구현 접근 전략", *CALS 동향 및 추진 사례 워크샵 자료집*, 1996

[2] 김철영, 김남국, 김영호, 강석호, "웹과 STEP을 이용한 제품 설계 정보 공유 시스템", *한국CAD/CAM학회 논문집*, Vol. 1, No.3, pp.203-214, 1996

[3] 김태식, 한순흥, "STEP 표준을 이용한 설계정보시스템", *96한국CAD/CAM학회 학술발표회 논문집*, pp.172-178, 1996

[4] 이영준, 고굉욱, 유상봉, "STEP을 이용한 CAD 데이터 변환 시스템의 구현" *한국CAD/CAM학회 논문집*, Vol.1, No.2, pp. 87-96, 1996

[5] Erkes, J.W. et al, "Implementing shared manufacturing services on the World-Wide Web", *Communications of the ACM*, Vol. 39 No.2, pp.34-45, 1996

[6] Ham, I., "Global collaborative manufacturing and the World-Wide Web", *Proceedings of IDMME 96*, Nantes, France, Apr, 1996

[7] Netscape, "The plug-in developer's guide", http://home.netscape.com/eng/mozilla/3.0/hand-

book / plugins

[3] Owen, J., *STEP : an introduction*, Information Geometers, UK, 1993

[9] Potter, C.D., "Engineering on the internet", *Computer Graphics World*, Aug, 1996

[10] Softsource, "SoftSource DWG/DXF Plug-in", http://www.softsource.com/softsource/plugins/dwg-plugins.html

[11] Zeid, I., *CAD/CAM : theory and practice*, pp.442-478, 1991, McGraw-Hill

97년 2월 최초 접수, 97년 6월 최종 수정