

< 논문 >

웹기반 협업을 위한 치수검증이 가능한 경량캐드파일 설계

송인호* · 정성중†

(2005년 4월 11일 접수, 2006년 3월 17일 심사완료)

Design of Lightweight CAD Files with Dimensional Verification Capability for Web-Based Collaboration

In-Ho Song and Sung-Chong Chung

Key Words : CAD Visualization(CAD 가시화), Collaboration(협업), Digital Mock-up(디지털 목업), Dimensional Verification(치수검증), Geometric Simplification(형상 단순화), Internet(인터넷)

Abstract

The demand for the use of 3D CAD data over the Internet environment has been increased. However, transmission of 3D CAD data has delayed the communication effectiveness because of the CAD data size. Lightweight CAD file design methodology is required for rapid transmission in the distributed environment. In this paper, to derive lightweight CAD files from commercial CAD systems, a file translation system producing a native file is constructed first by using the InterOp and API of the ACIS kernel. Using the B-rep model and mesh data extracted from the native file, the lightweight CAD file with topological information is constructed as a binary file. Since the lightweight CAD file retains topological information, it is applied to the dimensional verification, digital mock-ups and visualization of CAD files. Effectiveness of the proposed lightweight CAD file is confirmed through various case studies.

1. 서론

CAD 시스템은 개발된 이후로 현재까지 산업계에서 설계에 필수적인 도구로 인식되고 있다. 또한, 2 차원 CAD 시스템에서 3 차원 CAD 시스템으로의 발전은 설계자들이 제품을 3 차원 형상으로 모델링하여 컴퓨터 상에서 제품 형상을 가시화 할 수 있을 뿐만 아니라 제품 생명 주기 동안 제품 수정이 용이하여, 설계 비용을 감소시키는 결과를

가져왔다. 최근 들어, 제조기업에 또 하나의 경쟁으로 등장한 것이 인터넷이다. 인터넷의 발전으로 원격지 시스템간에 데이터 공유가 원활하게 되었다. 이와 같이 인터넷을 통해 공유되는 데이터는 텍스트나 그림과 같은 정보에 국한되는 것이 아니라 3 차원 형상정보에까지 확장되고 있다.

CAD 시스템에서 생성된 CAD 데이터를 인터넷을 통해 공유하기 위해 고려해야 할 중요사항 중의 하나가 데이터의 용량이다. CAD 시스템으로 모델링 된 3 차원 형상 데이터는 대용량인 경우가 많으며, 이를 공유하기 위해서는 전송시간이 길어지게 된다. 이러한 필요에 의하여 개발된 인터넷 상의 3 차원 형상정보를 공유방법 중의 하나가 VRML(Virtual Reality Modeling Language)파일을 이용한 것이다. 현재 VRML 은 인터넷 상에서 VR(Virtual Reality)를 구현하기 위한 파일 포맷으로

* 한양대학교 기계설계학과

† 책임저자, 회원, 한양대학교 기계공학부

E-mail : chung@hanyang.ac.kr

TEL : (02) 2220-0444 FAX : (02) 2298-4634

널리 사용되고 있다. 대부분의 상용 CAD 시스템들은 3 차원 형상정보를 VRML 형식으로 전환하는 기능을 포함하고 있다. 그러나, CAD 시스템에서 생성된 VRML 은 아스키(ASCII) 형식으로 되어있다. 아스키 형식은 이진(binary)형식에 비하여 파일 크기가 크다. 따라서 전송시간과 데이터 읽는 시간이 많이 소요되는 문제점을 가진다.⁽¹⁾

본 논문에서는 앞서 기술한 문제점을 극복 가능한 경량캐드파일을 설계한다. 또한, 다양한 상용 CAD 시스템 파일을 인터페이스 가능한 시스템 구축과 경량캐드파일 생성 알고리즘을 제안하고 이를 구현하여 효용성을 입증한다. 경량 파일 설계시 기존 방법과 달리 B-rep(boundary representation)모델의 정보와 메시(mesh)정보 두가지 모두 이용한다. B-rep 모델은 삼각형 메시만으로 이루어진 모델에 비하여 복잡한 기하와 위상을 가진다. 상기 이유로 삼각형 메시는 모든 형상을 작은 삼각형들의 집합으로 나타내므로 기하의 기본 단위가 삼각형이고, 위상은 인접한 삼각형과의 연결관계라고 볼 수 있으므로 간단하다. 이에 비하여 B-rep 는 직선, B-spline, NURBS 등의 다양한 기하를 포함한다. 따라서, B-rep 모델의 단순화는 삼각형 메시의 경우에 비하여 복잡하다. 본 연구에서는 CAD 파일의 단순화를 B-rep 모델의 단순화를 먼저 고려하지 않고, 협업 CAD 시스템에서 필요한 치수검증 종류를 정의하고, 이에 따라 요구되는 형상정보를 파악한 후 이 정보를 바탕으로 새로운 CAD 파일을 구성하는 방식으로 접근한다.

CAD 모델의 단순화 문제는 컴퓨터 그래픽스 분야와 관계하여 다양하게 연구되어 왔다. 그러나 기존연구들은 대부분 3 차원 모델의 가시화에 필요한 메시 단순화 문제가 주로 다루어져왔다. 삼각형 메시를 대상으로한 연구는 일반적으로 로컬 오퍼레이터(local operator)를 사용하여 메시지를 단순화하는 연구가 많이 되어왔다. 그 연구의 예는 다음과 같다. Garland 와 Heckbert⁽²⁾는 메시 단순화 방법을 세가지 종류로 나누어 분류하였다. 그 세가지 분류는 버텍스(vertex)제거, 에지붕괴, 버텍스 클러스터링(clustering)이다. 버텍스 제거 방법은 Schroeder 등⁽³⁾에 의하여 제안되었는데 이는 버텍스 식별, 버텍스 제거를 위한 분류, 제거된 홀의 메시 재구성의 삼단계로 수행된다. 에지붕괴는 Hoppe⁽⁴⁾가 LOD(level of details)을 기초로한 메시단순화 방법을 연구하였다. 버텍스 클러스터링에 의한 메시 단순화는 Rossignac 와 Borrel 등에 의해 연구되었다.⁽⁵⁾

위의 방법들은 모두 메시 단순화 과정에 사용할 수 있다. 그러나, 메시 데이터는 CAD 데이터

의 가시화에 사용할 수 있지만 치수검증에는 사용할 수 없다. 메시 데이터를 치수검증시 사용할 수 없는 이유는 메시 데이터에는 치수검증에 필요한 원, 선, 곡선 등의 에지 정보가 존재하지 않기 때문이다. 에지정보를 포함한 CAD 모델의 단순화 연구로는 최근 수행된 Qiu 등⁽⁶⁾의 연구가 있다. 이 연구는 에지정보인 트림곡선의 단순화에 대한 내용이 포함되어 있지만 에지의 분류가 치수검증이 가능한 구조로 파일을 설계되지 않아 치수검증에 활용이 어렵다.

상용화된 경량캐드파일로는 UGS-PLM 사⁽⁷⁾의 JT 파일과 Spatial 사⁽⁸⁾의 HSF 파일이 있다. 이들 두가지 파일은 이를 활용할 수 있는 여러가지 API 의 제공 및 다양한 편의를 제공하지만 CAD 의 거의 모든 엔터티를 포함하고 있기 때문에 간략화 파일이라 보기 어렵다. 또한, Actify 사⁽⁹⁾의 3D 파일은 문서파일의 인터넷 공유 표준으로 자리잡고있는 pdf 와 유사 개념으로 삼차원 도면을 공유하는 개념의 파일이다. Lattice's Technology 사⁽¹⁰⁾는 XVL (eXtensible Virtual world Language)이라는 VRML 을 확장시킨 개념의 메시 최적화 파일을 개발하였다.⁽¹¹⁾ 이들 두 파일은 타 경량캐드파일에 비하여 크기가 작지만 파일 생성 시간이 오래걸리고 또한 에지의 특징정보를 포함하고 있지 않아 치수 검증에 활용이 어렵다. 따라서 이들의 문제점을 개선한 경량캐드파일 설계가 필요하다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에는 다양한 CAD 데이터의 인터페이스를 위한 변환시스템의 구성에 대하여 기술하고, 3 장에는 경량캐드파일 구조와 경량캐드파일을 생성하기 위한 과정에 대하여 기술한다. 4 장에는 본 논문에서 설계한 경량 캐드파일을 이용한 여러가지 적용 사례와 파일크기, 생성시간의 비교 내용을 기술하여 본 논문에서 설계한 파일의 효율성을 검증한다.

2. 변환 시스템의 구성

CAD 모델은 파라메트릭 곡면(parametric surface)으로 표현되어있다. 이를 화면상에 가시화를 위한 일반적인 방법은 곡면을 삼각 메시로 분할 한 후 에 사용한다. 분산환경의 CAD 시스템에서는 파라메트릭 곡면을 해석하여 메시 생성하는 시간을 줄이기 위하여 미리 생성한 메시지를 저장하여 이를 이용하는 방법을 사용한다. 본 연구의 메시생성 방법은 ACIS 커널의 메시생성 함수를 이용하여 수행한다.

다양한 상용 CAD 파일을 제안파일로 변환을 위하여 개발한 변환 시스템의 구조를 Fig. 1 에 나타

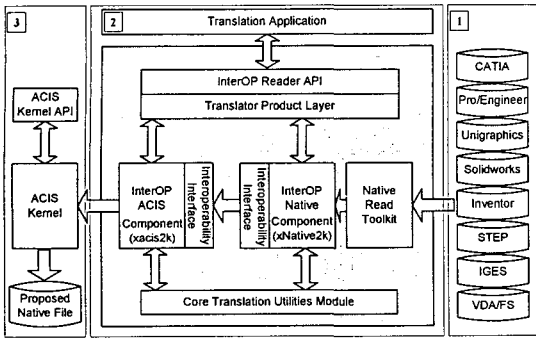


Fig. 1 Translator from commercial CAD file and neutral file to proposed file

Table 1 Entities mapping : CATIA, ACIS and Proposed

Native CAD entities	ACIS entities	Proposed entities
CATLine	STRAIGHT	Line
CATCircle	ELLIPSE	Conic
CATEllipse	ELLIPSE	Conic
CATNurbsCurve	INTCURVE	Curve
CATPlane	PLANE	Face
CATCylinder	CONE	Face
CATNurbsSurface	SPLINE	Face
CATTorus	TORUS	Face
CATSphere	SPHERE	Face
CATBody	BODY	Solid

내었다. Fig. 1의 ㉑은 본 시스템에서 지원하는 상용 CAD 파일과 중립파일의 종류이다. 여기서, 상용 CAD 파일의 해석 및 변환은 InterOp를 이용하여 Fig. 1의 ㉒에 나타난 과정으로 ACIS 자료구조로 변환한다. Fig. 1의 ㉓은 ACIS 커널 데이터로부터 경량캐드파일을 생성하는 부분이다. ACIS 커널에서 제안 파일에 필요한 정보 추출은 크게 두 가지 과정으로 분류된다. 첫째로, ACIS 커널의 메시 생성 함수인 MESH_MANAGER를 이용하여 3.3절의 방법으로 메시지를 생성한 후 그 정보를 추출한다. 두번째로 치수검증에 필요한 예지정보를 ACIS 커널의 엔터티 특성을 고려하여 2.3절의 방법으로 추출한다. 제안파일은 메시와 예지 정보를 이진화하고 이를 다시 압축 라이브러리를 이용하여 압축 과정을 거쳐 생성한다.

위의 변환과정에서 각 변환기 간에 각각 매핑(mapping)되는 엔터티를 CATIA V5의 예를 들어 Table 1에 나타내었다. 변환과정에서 엔터티 매핑은 우선 CATIA의 엔터티를 ACIS 커널 엔터티로 매핑하고 이를 다시 제안 파일 구조의 엔터티로 매핑하여 변환한다. 여기서, 실린더, 원뿔(cone), 토러스(torus)등의 특징형상은 Face로 처리한다. Face로 통합처리 이유는 일반적으로 CAD 설계시 원뿔, 토러스 등의 특징형상은 많이 사용하지 않는다.

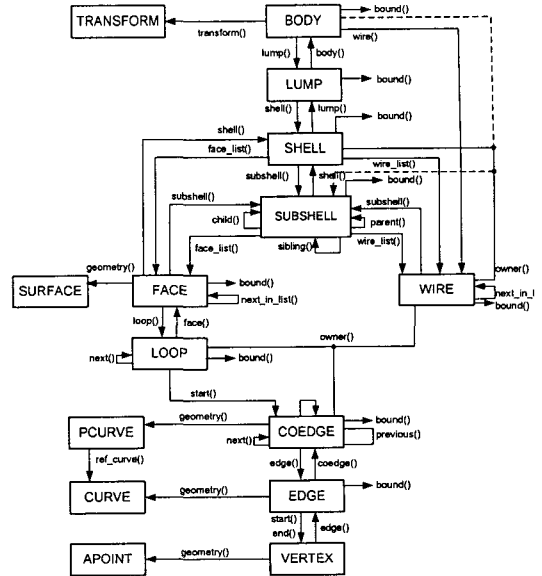


Fig. 2 Structure of ACIS kernel

또한, 상용 CAD의 종류에 따라서 이를 표현하는 방식이 다르다. 그러므로, 본 시스템에서는 위의 특징형상을 Face 엔터티로 통합 매핑하여 사용하여 이를 치수검증에 용이하게 이용하도록 한다.

2.1 ACIS 형상 툴킷

복합 다양체 모델러인 ACIS는 CAD 시스템 내에서 3차원 형상을 다루기 위해 개발된 객체지향 형상 모델링 툴킷이다. ACIS는 복합다양체(non-manifold) 모델을 다룰 수 있는 모델링 커널을 지원하는데, CAD 시스템이나 3차원 형상을 다루는 소프트웨어 개발자를 위한 것으로, 현재 많은 CAD 시스템에서 모델링 커널로 채택되고 있다. ACIS의 구성요소에서 정의된 C++ 클래스와 API(application procedure interface) 함수, DI(direct interface) 함수 등을 사용하여 CAD 데이터를 조작할 수 있다. Fig. 2에 ACIS의 자료구조를 나타내었다. ACIS의 자료구조의 설명은 2.3절의 ACIS 커널 정보추출 부분에 기술한다. ACIS는 커널(kernel)과 추가적인 허스크(husk)들로 구성되어 있는데, ACIS 라이브러리의 커널부는 복합다양체의 자료구조를 직접 처리하는 부분이다. 추가적인 허스크로 구성된 3D 툴킷 부분은, 곡선이나 곡면, 솔리드의 생성을 위한 함수와 좌표계에 대한 함수 사용자와의 인터랙션을 지원하는 기능 등을 제공한다.⁽¹²⁾

Table 2 Necessary information for dimension verification

Measuring items	Necessary information	Results value
Point coordinate	Point	Coordinate value
Line length	Start point End point	Length
Point to point distance	Point	Distance
Line to line minimum distance	Line	Distance
Edge to edge minimum distance	Edge	Distance
Surface to surface minimum distance	Tesselated triangle	Distance
Arc radius	Radius	Radius
3 points curvature radius	Points	Radius
3 points angle	Points	Angle
Surface area	Tesselated triangle	Area
Volume, Weight	Tesselated triangle	Volume
Size of bounding box	Bounding box	Size
Center to center distance	Circle center	Distance

2.2 InterOp 변환기

Spatial 사⁽¹²⁾에서 개발한 InterOp 는 다양한 CAD 파일을 해당 CAD 시스템의 라이선스 없이 ACIS 커널 데이터로 변환을 수행하는 라이브러리이다. InterOp 는 CATIA, Pro/Engineer, Unigraphics, Inventor,

Solidworks 등의 상용 CAD 데이터의 ACIS 커널 형식으로 변환과 IGES, STEP(AP203, AP214), VDA-FS 등의 중립파일형식의 ACIS 커널 형식으로 변환을 지원한다. 또한, 파일 읽기 모듈 외에 CATIA V4, CATIA V5, STEP, VDA-FS, IGES 의 형식으로 파일 저장이 가능하여 PDQ(Product Data Quality) 프로그램이나 CAD 변환기 구축시 많이 이용된다.

2.3 ACIS 커널의 정보 추출

제안파일 구성을 위하여는 CAD 데이터로부터 Table 2 에 기술된 치수검증 필요 정보를 추출하여야 한다. 이를 수행하기 위해 InterOp 를 이용하여 상용 CAD 파일을 해석한 후 InterOp 로부터 ACIS 커널로 데이터를 전달한다. ACIS 커널은 ACIS 의 API 를 이용하여 ACIS 커널상의 CAD 데이터를 사용할 수 있다. 본 논문에서 사용한 ACIS 커널 정보추출은 다음과 같은 절차로 수행된다.

1. ACIS 커널의 최상위 엔터티인 BODY 를 검색 한다. (여기서 BODY 는 CAD 엔터티의 파트에

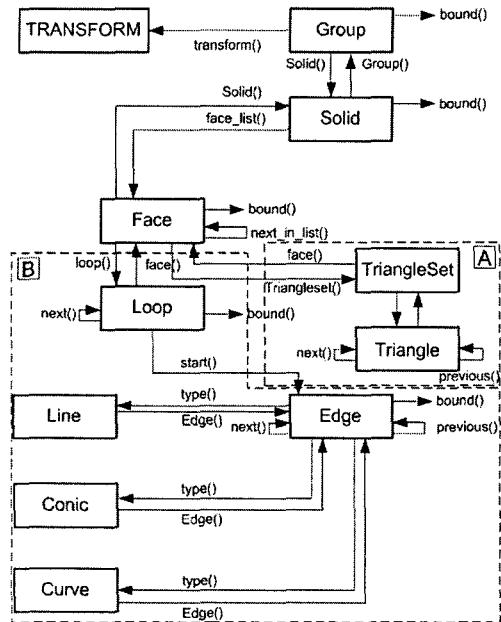


Fig. 3 Structure of the proposed file

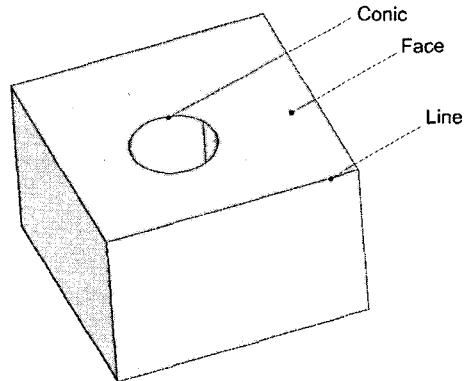


Fig. 4 Sample part

- 해당하는 엔터티이다.)
2. BODY 가 검색되면 검색된 BODY 로부터 파트의 여러가지 속성정보 등을 추출한다.
 3. BODY 하위인 LUMP, LUMP 의 하위 정보인 SHELL 로부터 FACE 정보를 추출한다.
 4. FACE 로부터 LOOP 를 추출하고 다시 LOOP 에 있는 COEDGE 를 추출한다.
 5. COEDGE 로부터 EDGE 를 추출하여 시작점이 종료점과 일치 할 때까지 반복하여 모든 EDGE 상의 점을 추출하여 저장한다.
 6. EDGE 추출시 하위 엔터티의 종류를 판단하여 치수검증이 가능하도록 분류하고 그 종류에 따른 치수검증에 필요한 추가정보를 추출하여 저장한다.

7. 삼각 메시 정보는 FACE로부터 추출하여 가시화에 사용할 수 있도록 저장한다.

3. 경량의 캐드파일 설계법

3.1 치수검증 필요정보 정의

치수검증은 CAD 모델의 파라메트릭 곡면 및 곡선 정보 등의 모든 기하정보를 보유하면 가능하다. 그러나, 이를 위해서는 대용량의 파일이 필요하다. 그러므로, 기존 협업 CAD 시스템의 CAD 파일은 기하정보를 생략하고 메시 정보만을 저장하여 전달하는 VRML 형식을 대부분 사용하였다. 그러나, VRML의 메시 데이터 만으로는 치수검증이 불가능하다. 본 연구에서는 이 문제점을 극복하기 위해 경량캐드파일 설계에 앞서 실제 현장에서 도면 검증시 필요한 치수검증 항목을 정의한다. 또한, 여기서 정의된 치수검증 항목에 따라 이를 수행하기 위한 CAD 데이터 중의 필요 엔터티를 정리한 뒤 이를 바탕으로 파일을 설계한다. 정의된 치수검증 항목을 Table 2의 첫번째 열에 나타내었다. 또한, 정의된 치수검증항목을 수행하기 위한 필요 엔터티는 Table 2의 두번째 열에 기술한 바와 같이 point, line, conic, edge, tessellated triangle로 정리된다. 이를 이용한 치수검증의 결과로 산출되는 값은 Table 2의 세번째 열에 기술한다.

3.2 경량의 캐드파일 구조

본 논문의 경량의 캐드파일 구조는 Fig. 3에 나타난 바와 같이 용도에 따라 두가지 부분으로 나누어 설계한다. 3차원 형상 렌더링(rendering)을 위한 삼각 메시 데이터 부분(Fig. 3의 □)과 치수검증을 위한 모서리 데이터 부분(Fig. 3의 ○)으로 나누어 정의한다.

구체적인 제안 파일의 구조는 다음과 같다.

Group은 여러 솔리드의 결합을 나타내기 위한 최상위 엔터티이다. TRANSFORM은 Group별 이동, 회전 등의 변환을 위한 매트릭스이고, Solid는 CAD 엔터티의 솔리드에 해당한다. 또한, 솔리드를 구성하는 면 정보인 Face가 Solid하위에 위치한다. Face에는 CAD 모델 가시화를 위한 삼각화된 데이터와 치수검증을 위한 에지(edge)정보로 구성되어 있다. 에지는 직선, 원추 곡선, 곡선으로 구분할 수 있도록 구분자와 함께 저장한다. 에지와 함께 저장된 구분자로 에지를 판별하여 치수검증이 가능하다.

Fig. 4에 제안 파일의 구조를 설명하기 위한 간단한 예제 파트 모델을 나타낸다. Fig. 4의 예제파트는 단일 솔리드로 구성되어 있다. 또한, 솔리드

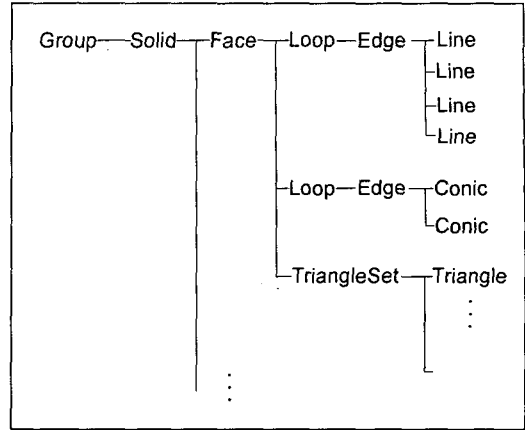


Fig. 5 File structure of the sample part

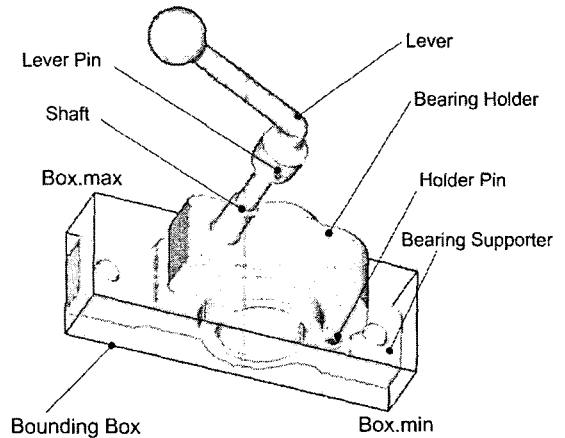


Fig. 6 Bounding box of the assembly part

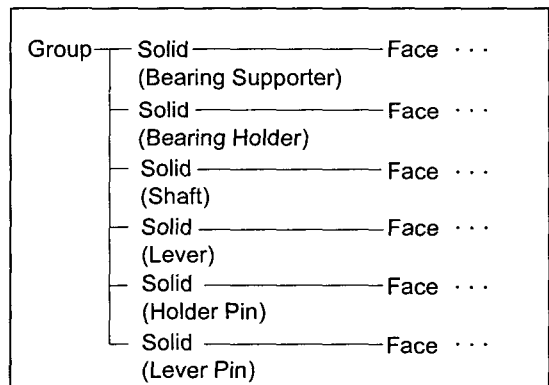


Fig. 7 File structure of the assembly part

하위에는 육각형을 이루는 6개의 페이스와 원통을 구성하는 페이스 2개로 총 8개의 페이스로 구성된다. Fig. 5에 Fig. 4의 예제파트 모델중에서 상단 페이스에 대한 제안파일 구조를 기술한다. Fig.

5의 Face는 외곽 에지를 나타내는 Loop와 이를 구성하는 Edge로 구성된다. 외곽 에지는 4개의 Line 엔터티로 구성되어있고, 내부 에지는 두개의 Conic 엔터티로 구성하여 원을 표현한다.

다음으로 여러 솔리드로 구성된 조립체에 대한 제안 파일 적용 예를 설명한다. Fig. 6에 6개의 솔리드로 구성된 조립체 파일의 예를 나타낸다. Fig. 7에 Fig. 6의 조립체 CAD 파일에 대한 제안 파일 구조를 기술한다. 각 솔리드 파트들은 제안파일의 Solid로 정의된다. 또한, 각 Solid들은 Group로 묶여서 관리된다. 추가로 다른 조립체 파일이나 파트 파일을 읽을 경우, Group을 추가 생성하여 새로운 솔리드를 수용한다. Face 이하 하위구조는 Fig. 5와 유사 구조를 갖는다.

3.3 다중정밀도의 메시 생성

ACIS 커널의 메시생성 함수는 메시생성 공차값을 메시생성 파라미터로 입력받아 메시지를 생성한다. 메시생성시 CAD 모델 전체에 단일 정밀도의 공차를 적용하여 메시지를 생성하면 효율적이지 않다. 이를 개선하기 위하여 ACIS 커널의 BODY 엔터티 각각의 외곽 상자 크기(bounding box)를 고려하여 정밀도를 계산한다. 즉 각각의 솔리드마다 외곽 상자크기를 평가하여 이에 적절한 정밀도의 메시지를 생성한다. Fig. 6에 하단 파트(bearing supporter)의 외곽상자를 표시하였다. 식 (1)을 이용하여 솔리드의 외곽상자 크기에 따른 정밀도($T_{mesh\ tolerance}$)를 구한 후 계산된 메시생성 정밀도를 ACIS 커널의 메시 생성 함수에 입력하여 메시지를 생성한다.

$$T_{mesh\ tolerance} = (Box.max - Box.min)length / Value \quad (1)$$

여기서, Box.max는 외곽상자의 최대값이고 Box.min는 외곽상자의 최소값이다. 외곽상자 최대값과 최소값 사이의 길이 값을 사용자가 정의한 공차 참조값인 Value로 나누어 각 솔리드마다 공차값을 얻어 사용한다. 즉, 솔리드 크기를 고려한 메시 정밀도를 얻어 메시 생성시 사용한다.

3.4 마크업 및 치수검증 파일

본 논문에서 개발한 제안파일은 CAD 정보를 간략화한 파일구조 외에 치수검증 및 마크업 데이터를 저장할 수 있는 구조 또한 필요하다. 이를 위해 저장이 필요한 데이터는 다음과 같다.

치수검증 결과는 치수검증기능을 구분하는 인자에 의해 분류되며 치수검증 결과값이 기입된 라벨

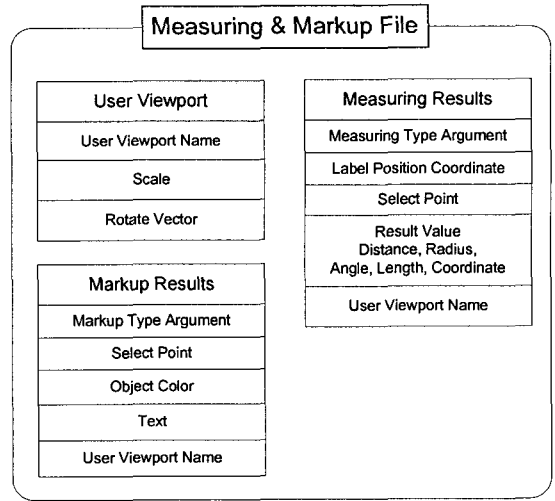


Fig. 8 Structure of measuring and markup file

의 위치, 설계검증을 위해 사용된 점들의 좌표값, 설계검증 결과값이 사용자 정의 뷰포트명과 함께 저장된다.

사용자 정의 뷰포트 정보는 사용자 정의 뷰포트명과 그에 따른 화면의 확대·축소 비율과 회전 벡터 그리고 뷰잉 중심 벡터로 구성된다.

마크업 결과는 마크업의 종류(선, 원, 사각형, 자유선)를 구분하는 인자에 의해 분류되며 마크업 생성시 선택한 점, 마크업 색상, 텍스트 등이 사용자 정의 뷰포트명과 함께 저장된다.

Fig. 8에 마크업 및 치수검증내용을 저장하기 위한 파일구조를 보인다.⁽¹⁶⁾

3.5 데이터 저장 및 압축

경량캐드파일은 Fig. 3의 데이터 구조를 이용하여 각각의 엔터티에 해당하는 데이터를 데이터 묶음의 단일 연결리스트 형태로 저장한다. 각 엔터티는 각각을 구분하는 아이디 값과 데이터 묶음의 크기를 저장한 뒤 각 엔터티의 속성 값들을 저장한다. 이와 같은 구조로 현재 지원하지 않는 새로운 유형의 데이터나 비행상정보 등의 어떠한 데이터도 새로운 아이디와 데이터 묶음의 크기만 정의하면 저장이 가능하다. 본 논문에서 사용된 저장 데이터의 데이터 형태와 저장방법은 다음과 같다.

- 1) 좌표 인코딩 : 좌표값의 저장은 기존의 연구에 따르면 8~12 비트(bits)로 저장하여도 충분하다는 연구 결과⁽¹⁾도 있지만 좌표값은 치수측정의 정밀도와 연결되기 때문에 본 연구에서는 32 비트 실수형으로 저장한다.

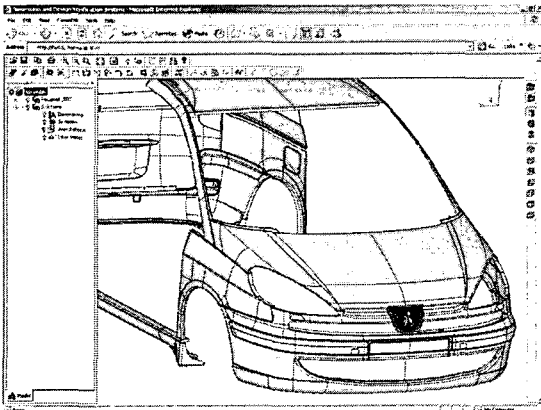


Fig. 9 Case study : CAD assembly file of a car body

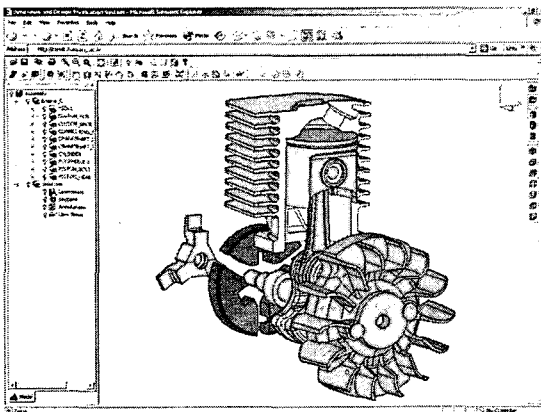


Fig. 10 Case study : CAD assembly file of an engine

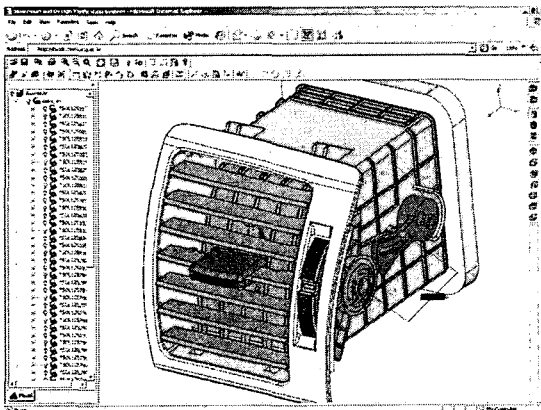


Fig. 11 Case study : CAD assembly file of a car duct

- 2) 법선벡터 인코딩 : 법선벡터는 뷰잉시스템 내부에서 실수로 표현된다. 그러나, 치수검증에 사용되지 않으므로 실수형으로 저장하지 않고 실수형에 10000 을 곱하여 유효자리 숫자를 확보한 후 16 비트 정수형으로 인코딩하여 법선벡터를 저장한다.
- 3) 엔터티 구분자 인코딩 : 각각의 엔터티를 구분하는 인자는 1 바이트(byte) 정수형으로 저장하여 엔터티의 종류를 인식한다.
- 4) 색상 인코딩 : 엔터티의 색상정보는 3 색(R, G, B)을 각각 1 바이트 정수형으로 저장한다.
- 5) 엔터티 아이디 : 각 엔터티는 1 바이트 정수형을 이용하여 각 속성을 나타내도록 저장한다.

상기 데이터들을 이진형식으로 저장한 파일을 zlib 라이브러리⁽¹⁷⁾를 사용하여 압축과정을 거쳐 파일크기를 최소화하여 저장한다.

4. 적용 사례

4.1 제안파일의 적용

다양한 용도에 적용한 사용예를 기술하여 본 논문에서 설계된 경량의 캐드파일의 효용성을 입증한다.

Fig. 9 에 CATIA V5 로 설계한 대용량의 자동차 차체 CAD 파일을 제안파일로 변환 후 개발된 웹뷰어를 통하여 가시화한 결과를 나타낸다.⁽¹⁶⁾ 웹뷰어는 Visual C++와 OpenGL 라이브러리를 이용하여 웹브라우저에 플러그인 할 수 있도록 ActiveX 컨트롤로 개발하였다.

Fig. 10 은 자동차 엔진 모델의 가시화 화면을 보인다. 이 자동차 엔진 모델은 여러개의 파트도면으로 이루어진 CATIA V4 모델을 개발된 파일형식을 이용하여 하나의 제안파일로 생성하여 가시화 및 검증에 사용할 수 있음을 보인 것이다.

다음으로 제안파일을 치수검증에 이용한 사례를 살펴본다. 제안파일은 치수검증을 위하여 필요정보를 포함하여 설계하였기 때문에 Fig. 11 에 나타난 바와 같이 자동차 덕트 부분의 원과 원 중심간의 거리를 측정하는 등의 다양한 치수측정에 이용 가능하다.

4.2 데이터 크기

CAD/CAM 시스템 데이터를 인터넷상에 게시하기 위하여 일반적으로 VRML 을 사용한다. 그러나

Table 3 Performance of the proposed file

Name	CATIA	VRML	Proposed file	Data gen(sec)
Car body	55.9MB	13.9MB	3.5MB	4.5
Engine	4.2MB	2.8MB	0.6MB	1.8
Car duct	17.4MB	7.5MB	1.6MB	3.2

대부분의 CAD 시스템에서 생성되는 VRML 파일은 수십메가에 이른다. 그러나 본 연구에 사용된 파일은 VRML 보다도 상대적으로 크기가 작다. Table 3 에 원본 CAD 데이터, VRML, 그리고 제안파일의 크기를 비교하였다. 네번째 열에 제안파일을 생성하기 위하여 소요된 시간을 나타낸다. 이 테스트는 펜티엄 4 1.9GHz CPU 사양의 PC 를 통하여 수행된 결과이다. 데이터 저장에 소요되는 시간은 파일의 크기가 증가하여도 저장시간이 급격하게 증가하지는 않는다. 이의 이유로는 크기가 작은 파일도 기본적인 압축 라이브러리 초기화 과정으로 1 초 정도 소요된다.

5. 결 론

웹기반 협업을 위한 치수검증이 가능한 경량캐드파일을 설계 함으로써 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

(1) 웹기반 협업을 위한 치수검증이 가능한 경량캐드파일을 개발하였고 이를 활용할 수 있는 프로토타입 시스템을 구현하여 이를 검증하였다.

(2) 제안파일 구조는 CAD 파일 가시화에 필요한 삼각화 데이터와 에지정보를 보유하여 CAD 데이터의 빠른 가시화와 치수검증이 가능하다.

(3) 개발된 파일형식은 상용 CAD 시스템의 원본파일 및 VRML 보다 파일크기가 작고, 파일 가시화에 사용시 재구성 속도도 우수하여 분산환경에 적합함을 확인하였다.

(4) 다양한 상용 CAD 시스템의 연계 문제를 InterOp 와 ACIS 커널의 도입 및 인터페이스하여 해결하였다.

(5) 제안파일로 일괄 변환 할 수 있는 변환시스템을 개발하여 사용자의 파일 변환 과정을 개선하여 편의성 및 타 시스템과의 연계성을 높였다.

(6) 제안파일 형식에 CAD 형상정보 외에 치수검증 데이터, 마크업 데이터, 사용자 정의 뷰포트를 저장할 수 있도록 설계하여 다자간 협업을 위한 데이터 공유를 가능케 하였다.

(7) 인터넷 환경상에서 대용량의 자동차, 엔진, 덕트 등의 CAD 데이터 가시화 및 치수검증 예를 통하여 개발된 파일 시스템의 효율성을 입증하였다.

참고문헌

- (1) Gabriel, T., William, P. H., Francis, L. and Jarek, R., 1998, "Geometry Coding and VRML," *Proceeding of the IEEE*, Vol. 86, No. 6, pp. 1228~1243.
- (2) Garland, M. and Heckbert, P. S., 1997, "Surface Simplification using Quadric Error Metrics," *Proceeding of SIGGRAPH '97*, pp. 209~216.
- (3) Schroeder, W. J., Zarge, J. A. and Lorensen. E., 1992, "Decimation of Triangle Meshes," *Proceeding of SIGGRAPH '92*, Vol. 26, No. 2, pp. 65~70.
- (4) Hoppe, H., 1996, "Progressive meshes," *Proceeding of SIGGRAPH '96*, Vol. 30, pp. 99~108.
- (5) Rossignac, J. and Borrel, P., 1993, "Multi-resolution 3D Approximation for Rendering Complex Scenes," *Modeling in Computer Graphics : Methods and Application*, pp. 455~465.
- (6) Qiu, Z. M., et al., 2004, "Geometric Model Simplification for Distributed CAD," *Computers-Aided Design*, Vol. 36, No. 11, pp. 809~819.
- (7) JT Open, <http://www.jtopen.com>.
- (8) OpenHSF, <http://www.openhsf.org>.
- (9) Actify Inc., <http://www.actify.com>.
- (10) Lattice's technology, <http://www.xv13d.com>.
- (11) A. Wakita, M. Yajima, T. Harada, H. Toriya, and H. Chiyokura, 2000, "XVL : A Compact And Qualified 3D Representation With Lattice Mesh and Surface for the Internet," *Proceedings of Web3-VRML2000*, pp. 45~51.
- (12) Shin, Y. J. and Han, S. H., 1998, "Data Enhancement for Sharing of Ship Design Models," *Computers-Aided Design*, Vol. 12, pp. 931~941.
- (13) Spatial corporation, <http://www.spatial.com>.
- (14) Choi, D. H., Kim, T. W. and Lee, K. W., 2002, "Multi-resolutional Representation of B-Rep Model Using Feature Conversion," *Society of CAD/CAM Engineers*, Vol. 7, No. 2, pp. 121~130.
- (15) Chung, S. C. and Song, I. H., 2003, "Web-based Precision Dimensional Verification System for Rapid Design and Manufacture," *ASPE's 18th Annual Meeting, Portland, Oregon*, pp. 359~362.
- (16) Chung, S. C., Song, I. H. and Yeon, K. H., 2004 "Real-time Collaborative Design and Dimension Verification over the Internet," *ASPE's 19th Annual Meeting, Florida, Orlando*, pp. 352~355.
- (17) Chung, S. C. and Song, I. H., 2004, "Web-based Design and Dimension Verification System Using STEP Files," *Transactions of the KSME(A)*, Vol. 28, No. 7, pp. 961~969.
- (18) zlib, <http://www.gzip.org/zlib>.