

## 분산 환경을 고려한 실시간 협업 설계 시스템

차주현\*(국민대 기계자동차공학부), 이선호(국민대 대학원 기계설계학과)

### Real-time Collaborative Design System in Distributed Environment

J. H. Cha(Mech. & Auto. Eng. Dept. KMU), S. H. Lee(Mech. Eng. Dept. KMU)

#### ABSTRACT

In this paper, we propose the collaborative design system with which we can simultaneously modify the actual 3D CAD model by the remote control and have interaction on it. It enables instantaneous decision making among the multiple disciplines in distributed locations using the function of simultaneous access and video conference. It also provides the method of managing the consistency between design entities. This system consists of Collaborative Management Server, File Server, Solid Modeler Client, Remote Control Module and Client Module.

**Key Words** : Collaborative Design(협업설계), Real-Time(실시간), VRML, Internet(인터넷), Automation(자동화).

#### 1. 서론

최근 컴퓨터와 네트워크 기술의 발달은 이러한 시간적, 공간적 한계를 넘어 설계, 생산에 관련된 많은 정보를 실시간으로 공유할 수 있도록 만들고 있다. 하지만 효율적인 협력설계시스템의 구현에서 이종 시스템들 간의 설계데이터 호환성 문제와 네트워크를 통한 데이터 전송 시 설계데이터의 막대한 크기로 인한 어려움으로 아직 한계가 많은 것이 사실이다. 이에 컴퓨터와 네트워크 기술을 효과적으로 사용하여 분산 환경에서의 동시공학구현을 위한 모듈로서 효율적인 협력설계시스템의 개발이 요구되고 있다.

이종컴퓨터 시스템간의 효율적인 작업을 위한 분산객체기반 모델링 및 평가에 대한 연구로 D. Xue<sup>1</sup>는 협업 동시 설계를 위한 웹기반 분산시스템과 데이터베이스 모델링기법을 소개하였으며, Wang Huifen<sup>2</sup>, Sehyun Myung<sup>3</sup>의 형상특징(Feature Modeling) 기반 연구들이 있었으며, Dai<sup>4</sup>는 설계데이터를 가상 현실기법(Virtual Reality)과 인공지능 멀티에이전트시스템(Multi Agent System)을 이용하여 각 클라이언트가 유연하게 협력 작업을 수행하는 시스템을 제안했다. Fang<sup>5</sup>은 지능적인 협력설계 시스템에 대한 연구로 인공지능 에이전트와 블랙보드라는 개념을 사용한 설계시스템을 소개하였다. Zhan<sup>6</sup>의 원격화면전

송 및 원격제어기술을 이용한 협업설계와 PDM 에 대한 연구가 있었는데, 모든 작업을 네트워크 부담이 많은 2D 화면 전송에만 의존한다는 단점이 있었다. Zhou<sup>7</sup>의 STEP 데이터를 이용하여 설계데이터간의 호환성 문제를 해결한 연구가 있었으나 STEP 으로의 변환은 어느 정도 한계가 있으며 데이터의 크기도 크다는 점이 한계로 남았다. 그리고 일반적인 설계데이터보다 크기가 작은 VRML 등의 Web3D 형식의 3 차원 데이터를 이용한 연구가 있었으나 VRML 데이터는 토폴로지(topology)정보를 표현할 수 없다는 한계가 있어 단지 뷰잉이나 간단한 마크업 만이 가능하며 그 정보를 다시 설계데이터에 적용하는데 어려운 점이 많다. 최근에 Gue'zic<sup>8</sup>은 영상데이터 압축기술인 MPEG 기술을 VRML 에 적용한 3D 스트리밍 기술을 논의하였는데, 이는 형상데이터를 모두 다 전송받지 않고도 형상을 출력할 수 있다는 장점이 있어, 신속한 데이터 전송문제에 대한 해결방안이 될 것으로 주목받고 있으나 여전히 토폴로지 정보를 가지기 힘들다는 한계를 가진다.

상용 협업설계 솔루션들에는 앞에서 언급한 문제들이 여전히 남아 있으며, 각 기업에 맞춤형으로 적용하게 되는 경우도 있어 시스템 구축이 어렵고, 더구나 매우 가격이 비싸 중소기업들은 시스템을 갖추기 힘들다.

본 연구에서의 관심은 여러 이종분야 관계자들이 지역적으로 분산된 상태에서의 실시간 설계검토

및 실시간 설계수정이다. 이에 본 연구에서는 분산 환경에서의 실시간 협업설계 검토 및 설계수정을 지원하기 위한 시스템을 제안한다.

## 2. 분산 협업 설계

분산 협업 환경에서의 목표는 이종분야의 사용자들이 컴퓨터와 네트워크를 사용하여 설계정보를 쉽게 공유하며, 설계에 관련된 의견을 자유롭게 주고받을 수 있도록 하는 것이며, 협의를 통한 설계 변경을 모델에 신속히 적용하여 한번의 협의에서 되도록 많은 설계 문제를 해결하는 것이다.

이를 위해서 다음의 몇 가지 고려사항을 제시한다.

- ① 제품형상을 분산된 사용자들이 동시에 볼 수 있어야 한다.
- ② 모델에 마크업 및 주석에 대한 기록을 남길 수 있어야 한다.
- ③ 설계의견을 자유롭게 교환할 수 있어야 한다.
- ④ 여러 가지 설계데이터 호환이 가능하여야 한다.
- ⑤ 협의절차에 대한 효율적인 관리가 있어야 한다.
- ⑥ 설계협의를 의해 결정된 사항에 대해 즉시 수정이 가능해야 한다.

본 연구에서는 가시적이며 편리한 수정기능과 설계데이터의 신속하고 효율적인 전송에 중점을 두었다.

## 3. 실시간 분산협업설계시스템 구현

본 연구에서 제안하는 시스템은 여러 사용자가 설계협의를 참여하여 실시간으로 3 차원 모델 형상을 관찰하고, 설계의견을 교환할 수 있으며, 무엇보다 협의를 통한 설계변경사항을 실시간으로 즉시 적용하여 변경된 모델을 가지고 다시 협의할 수 있는 것이 특징이다. 또한 클라이언트 응용프로그램에 상용 솔리드 엔진을 사용하지 않아 손쉽게 시스템을 구현할 수 있다.

협업관리서버는 Microsoft 사의 Visual C# .NET 을 사용하여 개발되었으며, 상용 CAD 응용프로그램은 Autodesk 사의 Inventor 9 를 사용하였으며, 솔리드 모델파일의 VRML 변환을 위해 Inventor 9 에 플러그인 형태로 제공되는 CAD Studio 사의 VRML Translator for Inventor 를 사용하였다.

CAD 응용프로그램 원격 조작 모듈에는 Inventor 를 원격조작하기 위해 Inventor SDK 를 사용하여 Visual C++ .NET 으로 개발되었다. 또한 2D 영상화면의 압축과 파일 압축을 위해 공개 압축라이브러리인 [www.gzip.org](http://www.gzip.org) 의 ZLIB 1.2.1 을 사용하였다. 클라이언트에는 VRML 뷰잉을 위해 Parallel Graphic 사의 Cortona SDK 4.1 을 사용하여 Visual C++ .NET 으로

개발하였다.

시험용 파일서버로는 Grant Averett 가 만든 공개 소프트웨어인 Cerberus FTP Server 2.21 을 사용하였다. 대부분의 네트워크 통신은 데이터 신뢰성을 위해 TCP/IP 프로토콜을 사용하였으나, 원격수정기능을 위한 2D 영상전송에는 UDP 프로토콜을 사용하였다.

## 3.1 시스템 구성

전체적인 시스템 구성과 협업 설계 절차에 대한 순서도가 Fig 1 에 보인다.

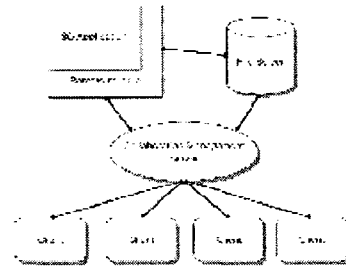


Fig. 1 System architecture

설계협의의 순서는 다음과 같다.

- ① 사용자들이 협의에 참가한다.
- ② 협의의 주최자가 검토할 모델을 정하면 각 사용자는 파일 서버를 통해 해당 파일들을 전송받는다.
- ③ 파일 전송이 완료되면 참가자들은 설계검토를 시작하며 마크업이나 주석기능, 채팅기능을 이용해 설계수정사항을 도출해낸다.
- ④ 설계 변경 사항이 있다면, 협의의 주최자나 참가자중 선택받은 한 사람이 상용 3D 설계 응용프로그램을 원격 조작하여 실시간으로 즉시 해당 변경사항을 수정한다.
- ⑤ 수정된 모델을 각 사용자가 다시 전송받아 수정된 내용을 검토한다.
- ⑥ 다음 검토 모델을 불러와 설계 검토를 실시한다

## 3.2 협업관리서버

협업관리 서버는 설계 검토 및 수정 등 협력 작업 전반을 관리한다. 서비스의 중간에 위치하여 사용자 권한관리와 사용자간 의견교환을 지원하며, 전체 협업진행상황을 관리하게 된다. 또한 원격 조작 모듈과 설계파일서버의 정보를 가지고 있으며, 이들 또한 관리하게 된다. 협업관리서버는 사용자를 관리해야 한다는 특성상, 객체지향개념의 장점을 손쉽게 얻을 수 있는 C# 콘솔 응용프로그램으로 개발하였다. Microsoft 사의 C#언어는 Microsoft 사

가 발표한 .Net 환경에 가장 적합한 언어로 Common Language Runtime 환경에서 동작하며, 안정성, 버전관리, 이벤트, Garbage Collection 등의 신기술을 도입하였다.

### 3.3.3 차원 설계 프로그램 원격조작 모듈

원격조작 모듈은 협업관리 서버의 명령을 받아 상용 3 차원 설계 응용프로그램을 조작하여, 자동으로 설계파일을 VRML 데이터로 변환하여, 변환된 파일을 파일서버로 전송하며, 설계협외에 의한 설계수정사항을 적용시키기 위해 사용자가 서버를 경유해 원격 조작 모듈을 통해 상용 3D 설계 응용프로그램을 적절히 조작해 실시간 수정이 가능케 한다. 다른 여러 상용 설계 응용프로그램에서도 각각에 맞게 원격 조작 모듈만을 제작하면 JAVA 프로그램이 여러 운영체제에서 사용이 가능하듯이 나머지 모듈은 그대로 가지고 운용이 가능하다. 그와 같은 내용이 Fig 2 에 보인다.

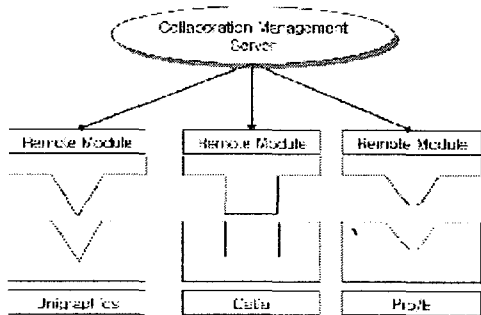


Fig. 2 Variable application example of remote module

상용 CAD 응용프로그램인 Autodesk Inventor9 를 원격으로 조작하기 위해 Microsoft 사의 Automation 기술을 사용하여 구현된 Inventor SDK 를 이용하여 Inventor 를 자동으로 실행하거나 모델을 움직이고, 파일을 저장하는 등 다양한 원격조작을 실현하였다. 원격조작 모듈은 사용자에 의한 원격수정작업 시 Inventor 의 화면을 2D 화면캡처를 통해 실시간으로 사용자에게 전송하여 준다. 원격 데스크톱과 같은 2D 화면전송은 막대한 데이터 전송을 필요로 하기 때문에, 캡처할 화면을 수백여 개의 작은 그리드(grid)로 나누어 수십 개의 쓰레드가 그리드 영역을 나누어 감시하다가 화면의 바뀐 부분만을 캡처하여, 압축한 후 전송하게 된다. 영상 압축방식은 설계모델이라는 특성을 감안해 비 손실 데이터 압축인 공개압축라이브러리인 ZLIB 을 사용하였다.

서버와의 메시지 송수신은 TCP/IP, 원격화면전송은 UDP 전송방식으로 데이터를 전송하였다. 또

한 클라이언트의 사용자 입력을 Inventor 응용프로그램에 매핑시켜 참가자가 자신의 컴퓨터에 Inventor 응용프로그램이 설치되어 있는 것과 같도록 모델링 작업을 지원한다. 원격조작모듈은 협업검토시 요구되는 설계파일을 사용자에게 보낼 수 있도록 자동으로 VRML 파일로 변환한 뒤 다시 압축하여 파일서버로 전송하며, 원격수정이 끝나 변경된 파일들도 변환한 뒤 파일서버로 보내 수정된 결과를 사용자에게 즉시 보낼 수 있도록 한다. 설계파일과 VRML 파일, 압축파일과의 용량비교가 Table 3.1 에 보인다. 솔리드 모델에서 VRML 로 변환한 뒤 다시 압축을 했을 때 파일크기는 솔리드 모델 파일의 약 5%이하의 크기가 되는 것을 보여준다.

Table 1 Comparison of file translation size

파일명	원본 파일 크기 (KB)	VRML 파일 크기 (KB)	압축된 VRML 파일 크기 (KB)	원본 파일 크기 (MB)	VRML 파일 크기 (MB)	압축된 VRML 파일 크기 (MB)
Sample01.vct	240	44	7	0.24	0.044	0.007
Sample02.vct	278	4	1	0.278	0.004	0.001
Sample03.vct	319	24	5	0.319	0.024	0.005
Sample04.vct	283	11	3	0.283	0.011	0.003
Sample05.vct	277	1	2	0.277	0.001	0.002
Sample06.vct	277	3	2	0.277	0.003	0.002
Sample07.vct	252	11	3	0.252	0.011	0.003
Sample08.vct	512	18	13	0.512	0.018	0.013
Sample09.vct	391	6	2	0.391	0.006	0.002
Sample10.vct	271	6	2	0.271	0.006	0.002
Sample11.vct	278	23	1	0.278	0.023	0.001
Sample12.vct	331	6	2	0.331	0.006	0.002
Sample13.vct	407	10	2	0.407	0.010	0.002
Sample14.vct	388	4	2	0.388	0.004	0.002
Sample15.vct	442	1	3	0.442	0.001	0.003
Sample16.vct	1023	281	24	1.023	0.281	0.024
Sample17.vct	820	221	18	0.820	0.221	0.018
평균				0.344	0.009	0.007

### 3.4 파일서버

파일서버는 VRML 로 변환된 파일 등 관련된 파일을 가지고 있게 되며, 원격조작모듈로부터 관련파일을 전송받거나, 협업관리 서버를 경유한 사용자의 요청에 의해 파일을 사용자에게 전송한다. 시험용 파일서버는 공개용 FTP 서버인 Cerberus FTP Server 2.21 을 이용하였다.

### 3.5.3 차원설계응용프로그램

3 차원 설계 응용프로그램은 원격조작 모듈에 의해 조작되어 설계파일을 VRML 데이터로 변환하거나, 설계의견에 의한 설계수정사항을 수정하게 된다. 3 차원 설계 응용프로그램은 Autodesk 사의 Inventor 9 를 사용하였다.

### 3.6 클라이언트

클라이언트는 사용자가 서버에 접속하여 권한을 받고, 모델파일을 전송받아 검토하여 다른 사용자들과 설계의견을 교환하며, 원격수정을 하는 기능

을 수행한다. 설계모델을 검토하기 위해 Active X 형태의 Cortona 컨트롤을 뷰에 탑재하였으며, Cortona SDK 를 이용하여 VRML 모델의 회전, 이동, 확대/축소 등 네비게이션 기능을 지원한다. 또한 모델의 시점정보를 실시간으로 모든 클라이언트에 전송하여 사용자 모두가 동일한 움직임으로 네비게이션 할 수 있는 기능을 구현하였다.

다른 참가자들과의 의견교환을 위해서 채팅기능을 구현했으며, 동시에 다른 사용자의 현재상태와 권한을 표시/조정할 수 있는 기능을 구현하였다.

원격수정작업을 위해 클라이언트에서는 Inventor 원격 조작모듈로부터 캡처된 Inventor 응용프로그램의 영상을 전송받아 화면에 표시하며, 사용자의 마우스나 키보드 입력이 Inventor 원격조작모듈로 실시간으로 전송되게 하여 사용자가 실제 Inventor 응용프로그램에서 작업하는 것처럼 보이도록 구현하였다.

#### 4. 사례 연구

이 장에서는 상기 언급한 개발된 시스템을 이용하여 기계제품설계에 대하여 지리적으로 분산된 사용자들이 실시간으로 설계검토를 위한 협의를 하는 과정에 적용하여 시스템의 효용성을 증명하고자 하며, 또한 개선하여야 할 점을 찾아낸다.

##### 4.1 설계검토 협의에 대한 적용

적용 대상인 Fig. 3은 가정용 음식물쓰레기 건조기용 Inventor 9으로 모델링 한 것으로 가정의 싱크대 배수구에 설치되어 음식물 쓰레기를 탈수기와 같이 회전을 통해 건조시켜 모터와 같이 돌아가는 칼날을 이용해 잘게 부순 후 서랍식으로 된 용기에 배출하는 기능을 한다. 이러한 설계협의를 설계자들뿐 만 아니라 관련된 생산, 구매, 마케팅 담당자, 또한 제품설치나 제품과 싱크대의 연결에 관련된 싱크대 업체관계자 등이 참여할 수도 있다.

본 절에서는 위의 음식물 쓰레기 건조기 부품을 대상으로 가상의 설계검토협의 시나리오를 통하여 개발된 시스템에 적용하고자 한다.

##### 4.2.1 설계검토협의 시작 및 설계대상 전송

본 사례연구에서는 4 명의 참가자들이 협업 서버에 IP 주소와 이름을 입력하여 접속하게 된다. 최초 접속자가 관리자 권한을 가지게 되며, 관리자 권한을 가지면 검토대상파일을 검색하여 각 사용자에게 보내도록 할 수 있으며, 모든 참가자가 모델을 동일한 시점으로 관찰하는 동시검토를 주도할 수 있으며, 실시간 원격 수정을 할 수 있다. 관리자

권한은 단순히 요청에 의해서 원하는 참가자에게 넘겨줄 수 있도록 하였다. 최초로 관리자권한을 가진 사용자가 미리 보기 기능 등을 이용하여 파일서버에서 검토대상파일을 검색하여 각 사용자가 다운로드 받도록 한다.

전체 모델은 26 개의 부품파일로 이루어져 있으며, 26 개 파일의 전체 크기는 약 7 메가바이트(Mbyte)이며, 모두 VRML 로 변환시 약 4.4 메가바이트로 줄었으며, VRML 파일을 압축하였을 때 약 600 킬로바이트(Kbyte)로 원래의 솔리드 모델 크기의 약 10%이하의 용량을 가짐을 알 수 있었다.

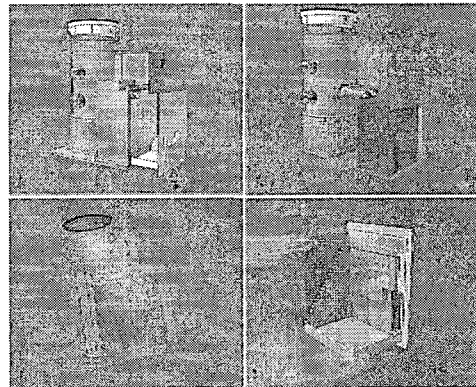


Fig. 3 Example models

##### 4.2.2 동시검토 및 실시간 원격수정

참가자들은 Fig 4 와 같이 다운로드 VRML 파일을 읽어 들여 각자 검토하면서 채팅기능 등을 이용해 설계 협의를 하게 되며, 관리자 권한을 얻어 실시간으로 모든 사용자가 동일한 시점을 통해 모델을 관찰할 수 있는 동시검토기능을 통해 Fig. 5 와 같이 자신의 의견을 보다 상호 작용적으로 참가자들에게 전달할 수 있다.

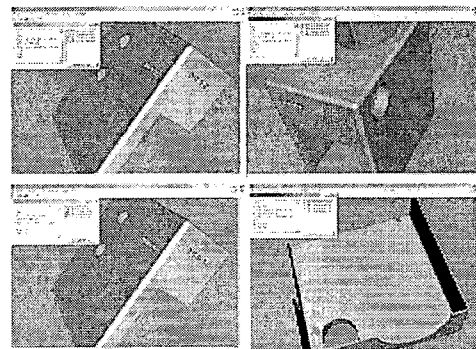


Fig. 4 Beginning of design conference

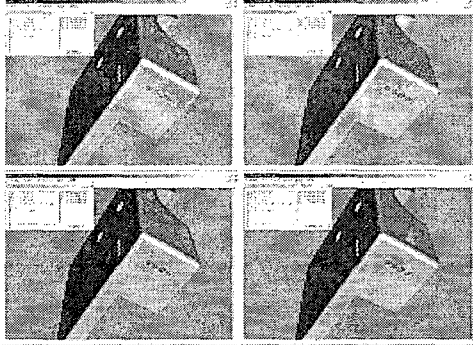


Fig. 5 Concurrent navigation

또한 실시간 원격 수정기능을 통해 설계협의를 위한 수정사항을 즉각적으로 손쉽게 적용할 수 있다. 그것은 다른 사용자로부터 관리자 권한을 받거나 하여 원격수정기능을 시작하게 된다.

본 사례연구에서는 Fig 6 에 보인 것과 같이 실시간 원격 수정기능을 이용해 기존에 음식쓰레기건조기 외관에 있던 구멍 4 개를 스케치기능과 작업평면생성, 형상 대칭(mirror)기능을 이용해 구멍 4 개를 더 추가하였다.

기존의 연구에서와 같이 매우 제한적인 파라미터 값을 변경하는 식의 수정이 아니며, 3 차원 설계프로그램의 인터페이스만을 네트워크를 통해 그대로 사용자에게 제공하므로 빠르고, 다양한 수정이 가능하다. 또한 화면만을 옮겨 놓은 것뿐만 아니라 수정을 통해 저장을 하게 되면 자동으로 파일이 변환되어 압축되는 등의 자동화된 기능을 갖추고 있다.

#### 4.2.3 수정사항 검토 및 모델링에 대한 협의

실시간 원격수정기능을 통해 모델의 수정이 종료되고 나면, 수정된 모델파일이 VRML 로 변환되어 압축된 후 다시 참가자들에게 전송되게 된다. 참가자들은 Fig. 6 (d)와 같이 수정된 모델을 열어 다시 협의를 하게 되며 추가 수정사항이 생기면 이전의 과정을 되풀이하게 되며, 없다면 다음 모델에 대한 협의를 진행하게 된다.

#### 4.3 고찰 및 개선점

지금까지 사례연구를 통하여 다음과 같은 것들을 확인하였다.

- 1) 3 차원 솔리드 모델이 VRML 로 변환, 압축되어 여러 클라이언트에 전송되었기 때문에 이전의 연구보다 설계데이터 교환이 신속해졌다.
- 2) 실시간으로 모든 참가자가 동일한 시점으로 모델을 관찰할 수 있기 때문에 오프라인설계협의를

같이 여러 참가자들 앞에서 실제모델을 보여주면서 설명하는 것과 같은 기능을 수행할 수 있다.

3) 3 차원 설계프로그램의 인터페이스를 네트워크를 통해 클라이언트에 전달하기 때문에 전보다 자유롭고 신속한 설계수정이 가능할 수 있었다.

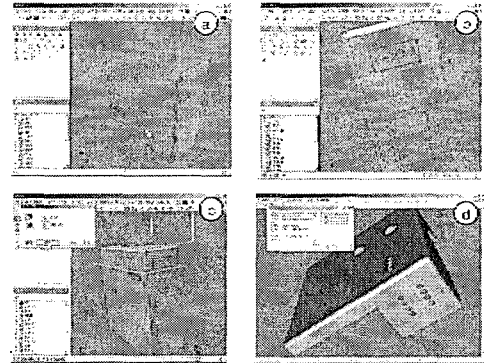


Fig. 6 Screens of the remote modification  
(a)starting modification (b) sketch operation (c) symmetry copy of feature (d) modifying complete

### 5. 결론

공동 검토 시 설계변경사항이 즉시 적용될 수 있다면, 설계협의를 좀더 효율적으로 수행하게 되어 설계시간을 더욱 감소시킬 수 있을 것이다.

본 논문에서는 실시간 분산 설계검토 뿐만 아니라 실시간 설계수정이 가능한 설계시스템이 제안되었다. 제안된 실시간 설계수정기능은 기존의 파라미터를 변경하는 제한적인 설계수정 방식이 아니라 가시적인 실제 모델링과정을 통해 수행하는 매우 상호 작용적인 방식이다.

본 연구에서 제안되어 개발한 시스템은 설계데이터인 솔리드 모델을 크기가 작은 VRML 형식으로 변환한 뒤 다시 압축라이브러리를 사용하여 설계데이터를 크게 줄여 좀더 신속한 협업 작업을 수행할 수 있다.

마지막으로 사례연구를 통해, 개발한 시스템을 가정용 음식물 쓰레기 건조기 설계검토에 적용하여 본 연구의 타당성과 효율성에 대한 증명을 시도하였으며, 개선점과 차후 연구에 대한 논의를 하였다.

### 참고문헌

1. D. Xue, Y. Xu, "Web-based distributed system and database modeling for concurrent design", Computer-Aided Design 35, pp.433-452, 2003.

2. Wang Huifen, Zhang Youliang, Cao Jian, Sik-Fun Lee, Wing-Cheong Kwong. "Feature-based collaborative design", *Journal of Materials Processing Technology*, 2003.
3. Sehyun Myung, SoonHung Han, "Knowledge-based parametric design of mechanical products based on configuration design method", *Expert Systems with Applications* Volume 21, Issue 2, pp.99-107, 2001.
4. Kaiyu Dai, Yinglin Wang, Xiqing Xu, "An Internet-Based Conference System for Real-Time Distributed Design Evaluation", *EDCIS 2002, LNCS 2480*, pp. 499-509, 2002.
5. Weidong Fang, Ming Xi Tang, John Hamilton Frazer, "Supporting Collaborative Product Design in an Agent Based Environment", *IEA/AIE 2003, LNAI 2718*, pp. 447-460, 2003.
6. H.F. Zhan, W.B. Lee, C.F. Cheung, S.K. Kwok, X.J. Gu, "A web-based collaborative product design platform for dispersed network manufacturing", *Journal of Materials Processing Technology* 6711, pp.1-5, 2003.
7. Shouqin Zhou, Kwai-Sang Chin, Youbai Xie, Prasad K.D.V. Yarlagadda, "Internet-based Distributive knowledge integrated system for product design", *Computers in Industry* 50, pp.195-205, 2003.
8. Andre' Gueziec, Gabriel Taubin, Bill Horn, Francis Lazarus, "A Framework for Streaming Geometry in VRML", *IEEE Computer Graphics and Applications*, pp.68-78, 1999.