

실시간 협업 설계를 위한 CAD 컨퍼런싱 시스템 개발

김광운*(한국과학기술연구원), 전용태(한국과학기술연구원), 정태형(한양대학교)

Development of the CAD Conferencing System for Real-time Design Collaboration

K. W. Kim(KIST), Y. T. Jun(KIST), T. H. Chong(Hanyang University)

ABSTRACT

This paper presents a real-time collaborative system for distributed design. The aim of the system is to provide designers with a virtual workspace where they can collaborate and exchange their design knowledge in distributed environment. The system consists of two subsequent modules. One is for the visualization of design data including CAD data, documents, images, and the other is real-time collaboration module. They make it possible for distributed designers to review the design data collaboratively and to share their design knowledge. The system was implemented by using the Internet protocols such as TCP/IP and IP multicast on the peer-to-peer based network. An example is presented and discussed to validate the proposed system.

Key Words : Design Methodology(설계 방법론), CAD conferencing system(CAD 컨퍼런싱 시스템), Real-time collaboration (실시간 협업), Distributed environment (분산 환경), Multicast(멀티캐스트)

1. 서론

근래의 치열한 제품 경쟁 시대에서 기업들은 제품 개발 과정을 최적화하여 time-to-market 을 줄이는데 노력을 경주하고 있다. 따라서 제품 개발 전 과정에 걸쳐 협업(collaboration)을 통한 기업 정보의 공유와 인프라스트럭처 환경을 구축하는데 관심이 높아지고 있으며, 최근에는 전체 제품 개발과정에 큰 영향을 끼치는 설계 과정에 있어서 설계 기간의 단축과 완성도를 높이기 위해 설계 협업(design collaboration) 환경 구축이 더욱 중요시되고 있다.

최근 컴퓨터 네트워크와 소프트웨어의 발전과 함께 분산된 자원과 설계 데이터를 공유하고 여러 설계 조직간에 커뮤니케이션을 가능하게 하는 등 분산 협동 설계(distributed collaborative design)의 범위가 확장되고 있다. 그러나, 여러 설계 조직의 다양한 목적을 위한 설계 활동의 다양성 및 이기종 시스템 환경으로 인해 분산 협동 설계를 수행하기에는 여전히 많은 어려움이 존재하며, 이를 해결하기 위한 연구가 계속되어 왔다.

분산 협동 설계를 위한 연구는 네트워크의 발전, 특히 월드 와이드 웹(WWW)을 비롯한 인터넷의 발

전된 기술을 설계 환경에 접목하여 다각적으로 진행되었으며, 통합 설계 기반 구조를 제시하거나 [1,2], 제품 데이터 표준을 통한 설계정보의 공유[3], 공동 모델링을 위한 프레임워크[4,5] 및 설계자간 의사 교환(communication)에 대한 연구[6,7] 등이 이루어져왔다. 위와 같은 연구를 크게 두 가지 접근 방식으로 나눌 수 있는데 그 중 하나는 설계 환경에 대한 접근으로서 설계 프로세스 및 설계 정보의 흐름 등에 초점을 맞추고 있으며, 다른 하나는 설계자 중심에서 설계 활동에 관심을 가지고 설계자간 의사교환 및 지식 활용을 지원하기 위한 접근이다.

본 연구에서는 3 차원 그래픽 정보를 대상으로 한 설계 제품의 형상 정보만의 공유를 벗어나 설계자들이 자신의 CAD 시스템에서 작업하던 CAD 데이터를 실시간으로 다른 설계자들과 공유하면서 상호작용을 통해 설계에 대한 의견을 교환하고 검토할 수 있는 실질적인 CAD 컨퍼런싱 시스템을 제시한다.

제안된 시스템은 기능적인 면에서 설계 데이터 가시화 모듈과 실시간 협업 모듈로 구분된다. 설계 데이터 가시화 모듈은 다양한 설계 데이터를 대상으로 공학 및 형상 정보를 검토하거나 측정하면서

설계 의견을 표시할 수 있는 환경을 제공하며, 실시간 협업 모듈은 가시화된 데이터를 비롯해 데이터를 처리하는 사용자의 모든 작업을 네트워크를 통해 분산된 설계자들이 실시간으로 공유하고 협업할 수 있도록 한다. 이를 위한 시스템 하부 구조는 피어 투 피어(peer-to-peer) 기반 네트워크 모델[8]을 통해 사용자의 동등한 상호작용을 보장하며 인터넷 프로토콜인 TCP/IP 및 멀티캐스트[9]를 복합적으로 사용할 수 있도록 유연하게 구성되었다.

본 연구에서 개발된 시스템은 협동 설계 과정에서 끊임없이 발생하는 문제점을 즉시 해결하고 더 나아가 공동의 설계 목표를 향한 가치 창조 활동을 통하여 설계 기간 및 완성도를 높일 수 있는 하나의 방안으로서 활용될 수 있을 것이다.

2. 기술적 고려사항

2.1 설계 데이터 가시화

설계자들에게 도면은 제 2의 언어라는 말이 있다. 그 만큼 설계자간 의사소통을 위해 활용되는 것이 도면을 비롯한 CAD 데이터이다. CAD 시스템을 통해 만들어지는 모델 데이터를 비롯해, 해석 및 설계 명세서 등 설계에 필요한 모든 디지털 정보를 설계 데이터라 할 수 있으며, 이러한 설계 데이터를 하나의 어플리케이션에서 가시화 할 수 있는 통합 뷰어(viewer)가 필요하다. 이러한 통합 뷰어를 통해 설계에 대한 검토 및 협의를 수행하기에 충분하도록 형상 모델을 조회하고 검토하는 기능이 구현되어야 하며, 다음 사항들이 고려되어야 한다.

- λ 다양한 CAD 데이터 포맷 수용
- λ 형상정보의 직접적인 가시화
- λ 측정 및 마크업 기능

협업에서는 제품의 규모 및 종류에 따라 다양한 상용 CAD 시스템(CATIA, Pro/E, Unigraphics, AutoCAD 등)이 쓰이고 있다. 따라서 이러한 다양한 CAD 데이터를 단일 어플리케이션에서 지원 가능하여야 한다. 형상정보를 표현하는데 있어 기존의 와이어 프레임(wireframe)이나 서피스(surface) 모델링과 함께 입체를 갖는 솔리드 모델링이 활발하게 이용되고 있다. 이러한 모델은 데이터 크기가 방대하여 원시 CAD 데이터를 폴리곤(polygon) 형식으로 가시화하는 방법도 사용되고 있지만, 설계 대상을 검토하고 협의하는 과정은 완성된 모델만으로 제한되어서는 안되며, 설계자들이 모델링하던 상태 그대로의 데이터가 대상이 될 수 있어야 한다. 완전한 형상 정보의 표현이 이루어진다면 관련 치수(dimension)를 정확히 측정할 수 있어야 하며, 협의

과정에서 발생하는 설계 의견 및 지식을 표현할 수 있도록 마크업(mark-up) 기능이 제공되어야 한다.

2.2 실시간 협업

분산된 설계자들이 동시에 설계 데이터를 공유하고 설계 지식 및 의견을 교환하기 위하여 네트워크 기술을 기반으로 한 실시간 협업 환경이 요구된다. 이를 위해서는 다음과 같은 고려사항을 만족할 수 있도록 시스템이 구현되어야 할 것이다.

- λ 설계 데이터 가시화의 공유
- λ 실시간 네트워킹을 통한 사용자의 상호작용
- λ 컨퍼런스 제어 및 협업 관리

협업 참여자가 설계 대상을 다루는 행위는 화면의 뷰를 변경하게 되므로, 동일한 협업 세션내의 모든 참여자에게도 동일한 상태를 유지하여야 한다. 또한 특정 작업자가 모든 권한을 가지고 작업하는 것이 아니라 참여한 모든 사용자가 즉각적인 작업에 참여할 수 있도록 실시간 네트워킹이 지원되어야 한다. 실시간 협업은 동일한 세션에 참여한 멤버들의 컨퍼런스를 통해서 이루어진다고 할 수 있다. 따라서 세션과 작업 권한 제어, 데이터의 일관성 관리, 팀 커뮤니케이션이 필요하다.

3. 실시간 CAD 컨퍼런싱 시스템

3.1 시스템 구성

2장에서 기술되었던 고려사항을 기반으로 개발된 시스템은 기능적인 측면에서 설계 데이터의 가시화와 실시간 협업을 위한 부분으로 구성된다. 또한 시스템 하부 구조적 측면에서는 Fig. 1과 같이 피어(peer)와 서버(server), 설계 데이터 보관소(design data vault)로 구성되며 이러한 구성 요소들은 통신 네트워크(communication networks)를 통해서 상호작용한다.

피어에는 설계 대상을 표현하는데 필요한 설계 데이터를 가시화하고 형상 모델을 검토하거나 측정 및 마크업 작업을 지원하는 DDV(Design Data Visualization) 모듈과 실시간 협업을 수행하는데 필요한 협업 세션(session), 세션 참여자간의 가시화 공유, 멀티미디어 커뮤니케이션을 지원하는 실시간 협업 모듈로 구성되어 있다. 설계 협의 참여자의 입장에서 가상 작업 공간에서 가상 설계 제품을 가지고 설계 협의를 수행하기 위한 모든 기능이 제공된다. 따라서, 피어는 실시간 설계 협의 시스템에서 가장 핵심적인 구성 요소이다.

서버는 협업 관리(collaboration management) 모듈이 있어 피어 간의 실시간 협업을 수행하는데 필요한 정보를 저장하여, 상황에 따라 모든 피어 또

는 특정한 피어에게 데이터를 전송하기도 한다.

설계 데이터 보관소는 설계 대상인 제품에 대한 형상정보(CAD 데이터)와 공학정보(설계 문서, 해석 결과 등)를 보관하고 있다. 설계 협의를 수행할 때 조회 또는 검토하는 설계 데이터의 보관소로서 피어는 설계 대상에 대한 데이터를 인터넷 파일 전송(FTP)이나 디렉토리 공유 등을 통해서 업로드를 하거나 다운로드 할 수 있다.

통신 네트워크는 시스템 구성 요소 간의 네트워크 통신을 담당한다. 파일 전송을 위한 FTP(File Transfer Protocol) 서비스, 피어와 서버간의 일대일 또는 피어간의 일대다 통신을 위해 TCP/IP 와 IP 멀티캐스트를 이용할 수 있는 통신 라이브러리 모듈과 기반 네트워크 아키텍처로 구성된다. 활발한 메시지 전송을 요구하는 피어간의 가시화 공유를 위한 동기화(synchronization)에는 멀티캐스트 프로토콜을 사용하여 실시간 상호작용(interaction)을 지원하고 서버와의 일대일 정보 교환에는 TCP 프로토콜을 이용함으로써 신뢰성 있는 데이터 전송을 지원한다.

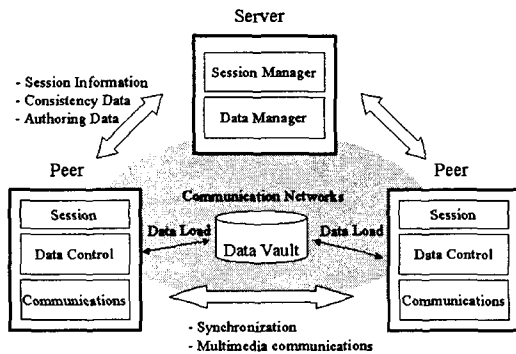


Fig. 1 System architecture

3.2 가시화 모듈 구현

가시화 도구인 DDV(Design Data Visualization) 모듈은 상용 뷰어(viewer) 개발 툴인 CSI 사의 AutoVue™ API 를 이용해서 개발하였다. AutoVue™ API 는 다양한 CAD 포맷과 래스터(raster) 포맷 뿐만 아니라, 스프레드시트와 워드 문서 등을 읽을 수 있는 파일 포맷 디코더(decoder)와 가시화 오퍼레이션을 구현할 수 있도록 멀티 포맷 컨트롤을 DLL(Dynamic Link Library) 형태로 제공한다[10]. 이를 이용하여 CV(CAD Visualization) 모듈과 MMV(Mark-up and Measurement Visualization) 모듈을 구현한다. AutoVue™ API 는 C++ 구조체를 비롯해서 윈도우 메시지 기반 함수를 제공하므로 DDV 모듈은 C++ 객체지향 프로그래밍에 의한 클래스의 집합으로 구현되어 확장성이 우수하다. Fig. 2 는 구현

된 DDV 모듈의 구조를 보여준다.

개발된 가시화 모듈은 CAD 데이터 포맷 및 각종 문서를 어플리케이션 윈도우에 디스플레이 하며 기본적인 뷰 변환(viewing transformation)과 모델 변환(model transformation)을 통해 모델을 확대/축소, 이동, 회전시킬 수 있다. 3 차원 솔리드 모델의 경우 어셈블리 모델과 단품 모델을 선택적으로 형상 변환(geometrical transformation)시킬 수 있고, 렌더링 관련해서는 모델의 색상(color) 및 조명(light)의 조절도 가능하다. 또한 설계자의 검토 결과를 화면상에 표현하고 저장 가능한 마크업과 측정기능을 제공함으로써 보다 효과적인 설계 협의를 가능하게 한다. 즉 직선, 곡선, 다각형 등 도형의 그리기 객체나 텍스트를 표시할 수 있으며 형상의 치수나 기하요소(geometry elements)간 최소거리를 측정할 수 있다. Table 1 은 개발된 가시화 모듈의 주요 기능을 보여준다.

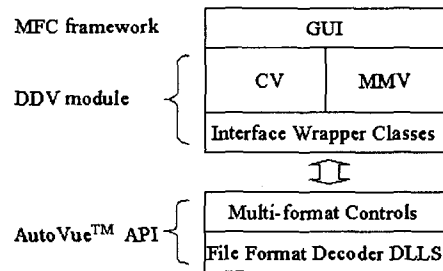


Fig. 2 Structure of DDV module

Table 1 Main functions of DDV module

module	functions	description
CV	Documents viewing	Multiple paging
	View transformation	Zoom in/out, zoom fit, zoom box, dynamic zoom, scrolling
	Model transformation	Scale, Translation, rotation, pan
	Projection	Perspective/parallel projection
	Multiple view (Camera set)	Isometric, front, top, right, back, bottom, left view
MMV	Draw	Line, polyline, box, circle, arc, freestyle etc.
	Annotation	Text, leader, note editor
	Measurement	Arc, vertex, linear, angular dimensions

3.3 실시간 협업 모듈 구현

실시간 협업 모듈은 분산된 설계자들이 공동의 설계 대상에 대하여 실시간으로 협의하는데 필요한 기능이 구현된다. 본 모듈은 동일한 설계 데이터를 화면상에 공유하는 기능을 기본으로 하여 다중 사용자가 동시 접속함으로 인해 발생하는 작업권한 관리와 협업 단위인 세션의 관리 및 참여자간 멀티미디어 대화를 지원한다. 개발된 시스템의 네트워크 기술적 특징은 피어 투 피어 모델을 기반으로 데이터의 신뢰성을 요구하거나 일대일 연결에는 TCP/IP 프로토콜을 사용하고 일대다 연결과 이벤트성 데이터 통신은 멀티캐스트를 이용하도록 한 유연한 네트워킹 구조에 있다. 또한 세션 참여자간 화면 동기화는 이벤트와 그에 따른 최소 데이터 전송방식을 택함으로써 실시간 전송 가능성을 높였다.

3.3.1 가시화 공유를 위한 동기화

가시화 공유를 구현하는 방법은 Fig. 3 과 같이 이벤트 트리븐에 의한 멀티캐스트 전송 동기화이다. 한 작업자가 자신의 어플리케이션에서 설계 대상을 다루는 행위는 미리 정의된 이벤트로 분류되며, 이벤트 전달에 필요한 데이터가 부가되어 하나의 메시지로 다른 참여자들에게 멀티캐스트로 전송된다. 예를 들면 멤버 1 이 모델을 특정 방향으로 회전하였을 경우 모델회전이라는 이벤트가 발생하며 회전량을 나타내는 4x4 변환행렬 데이터가 부가되어 다른 멤버들에게 메시지로 전송되는 방식이다.

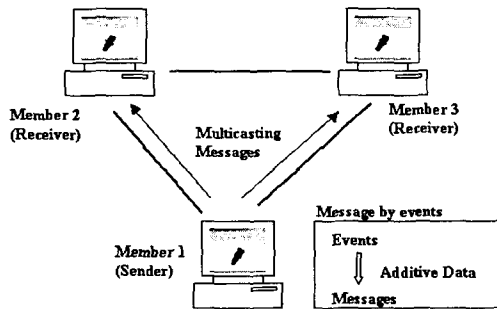


Fig. 3 Event driven synchronization

3.3.2 컨퍼런스 제어 및 커뮤니케이션

동일한 협업 세션(session)에서는 설계자간 컨퍼런스가 진행된다. 컨퍼런스 제어를 통해 참여자간의 자유로운 상호작용을 보장하도록 이벤트를 먼저 발생시키는 순서로 작업권한이 제어되며, 세션 참여자의 정보와 현재 작업자가 누구인지를 알 수 있도록 하고, 새로운 참여자가 생길 경우에도 협업 데이터는 일관성이 유지되도록 구현되었다. 또한

참여자간에 멀티미디어를 이용한 자유로운 대화가 가능하여 보다 효과적인 커뮤니케이션을 제공한다.

4. 시스템 적용 사례

본 장에서는 개발된 시스템을 이용하여 엔진 제품 설계에 대하여 지리적으로 분산되어 있는 설계자들이 실시간으로 협의 하는 과정을 통하여 시스템의 효용성을 보이고자 한다.

자동차용 엔진은 실제로 많은 부품으로 이루어진다. 그 중에서도 엔진의 실린더 블록과 피스톤, 커넥팅 로드 등은 한 두 명의 설계자가 아닌 여러 설계자가 팀을 이루어 설계를 수행하며, 공동의 설계 목표를 달성하기 위해서는 설계 과정에서 발생하는 문제점을 해결하고 서로 상충되는 설계 의도를 조정하기 위해서는 설계 팀원들의 설계 협의가 활발히 진행되어야 한다. 또한 이러한 설계 협의는 필요에 따라 관련 생산 기술자나 외부 개발 업체를 담당하는 구매 담당자들도 참여하게 된다.

Fig.4, Fig.5 는 본 시스템을 이용하여 설계 협의를 진행하는 모습을 보여준다. 먼저 설계 협의 그룹과 설계 대상이 결정되면 시스템에 접속하여 협업 세션을 생성한다. 회의 주관자가 필요한 설계 데이터를 로드하면 다른 모든 참여자들도 동일한 명령이 자동으로 수행되어 각자의 화면에서 모델을 볼 수 있다. 일단 데이터가 로드되면 DDV 모듈을 사용한 형상 검토나 마크업 등의 모든 작업이 모든 세션 참여자에게 공유되어 설계 의견을 교환하고 모델 자체에 대한 검토를 수행할 수 있다. 특히, 마크업 기능을 통해서 모델에 대한 검토 결과와 제시된 아이디어가 데이터로 저장되어 추후 언제든지 열람할 수 있다. 텍스트 채팅을 통하여 일대일 또는 일대다 대화를 수행할 수 있으며 MS 넷미팅 프로그램을 이용하여 화상회의와 병행할 수 있다.

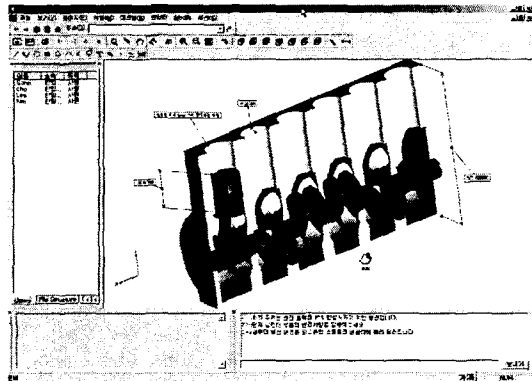


Fig. 4 User interface of the developed system

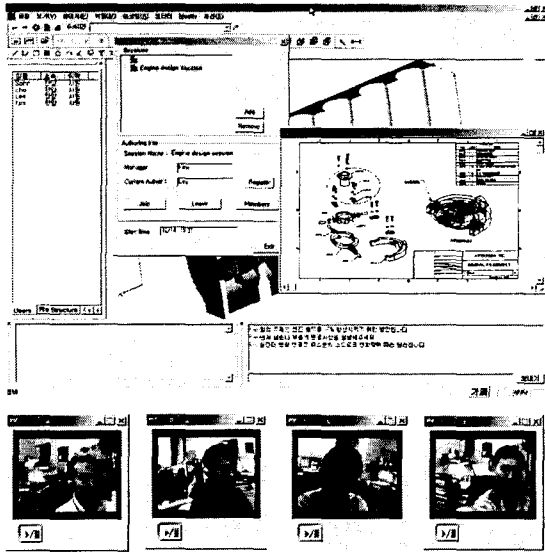


Fig. 5 Collaboration and multimedia communication

5. 결론

본 연구를 통하여 분산된 설계 환경에서 설계 참여자들이 네트워크 상에서 실시간으로 설계 협의를 진행할 수 있는 시스템이 개발되었다. 개발된 시스템은 설계 과정에서 발생하는 다양한 설계 데이터를 단일 어플리케이션에서 가시화할 수 있으며, 가시화된 데이터를 지리적으로 떨어진 설계자들이 실시간으로 공유하면서 대화할 수 있는 상호 협동적인 설계 협의의 시스템이다.

개발된 시스템은 엔진 설계에 대한 CAD 컨퍼런싱을 통해서 가상 공간에서 동일한 설계 대상을 실시간으로 공동 검토 및 협의할 수 있음을 보였다.

본 연구에서 개발된 시스템을 이용하게 되면 설계 검토 및 설계 변경 등을 위한 설계 협의 활동에 대해 시간적, 공간적 제약을 극복할 수 있는 가상 공간을 제공받아서, 설계 과정에서 발생하는 문제점을 조기 발견 및 해결할 수 있을 것이다. 따라서, 분산 환경에서 협동 설계를 지원함으로써 제품 설계 기간 단축 및 설계 활동에 소요되는 비용을 감소시키는 효과를 기대할 수 있을 것이다.

후 기

본 논문은 G7 첨단생산시스템 개발사업의 일환으로 수행된 협력설계체계 시스템 기술개발 과제의 연구결과의 일부를 포함합니다. 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

1. Pahng, F., Senin, N., and Wallace, D., "Distributed Modeling and Evaluation of Product Design Problems," *Computer-Aided Design*, Vol.30, No. 6, pp. 411-423, 1998.
2. Chong, T.H. and Kim, H., "Development of a Computer-Aided Concurrent Design System of Mechanical Design," Freund Publishing House, The Int'l journal for Manufacturing Science & Production, Vol. 1, No. 2, 1998.
3. Hardwick, M. and Spooner, D., "An Information Infrastructure for Virtual Manufacturing Enterprise," *Proc. Of Concurrent Engineering: A Global Perspective*, pp. 417-429, 1995.
4. 양상욱, 최 영, "실시간 원격 협력 설계 시스템," *한국 CAD/CAM 학회 논문집*, 제 5 권, 제 1 호, pp. 42-49, 2000.
5. 이재열, 김 현, 한성배, "네트워크 기반 특징형상 모델링," *한국 CAD/CAM 학회 논문집*, 제 5 권, 제 1 호, pp. 12-22, 2000.
6. Toye, G., Cutkosky, M.R., and Leifer, L.J., "SHARE: A Methodology and Environment for Collaborative Product Development," *Proc. Of IEEE Infrastructure Collaborative Enterprise*, pp. 33-47, 1993.
7. Pena-Mora, F., Hussein, K. et al, "CAIRO: a concurrent engineering meeting environment for virtual design teams," *Artificial Intelligence in Engineering*, Vol. 14. pp. 203-219, 2000.
8. Oram, Andy, *Peer-to-Peer*, O'Reilly, 2001.
9. 김화중, *컴퓨터 네트워크 프로그래밍*, 홍릉과학출판사, pp. 123-130, 2000.
10. *AutoVue API User's Guide*, Cimmetry Systems, Inc., pp. 18-21, 1998.