

웹을 이용한 실시간 3차원 공동작업 부품정보증개시스템 개발

최영상*, 김영호**

Development of a Real Time 3D Collaboration and Part Information Brokering System Using WWW(World Wide Web)

Youngsang Choi* and Yeongho Kim**

ABSTRACT

We developed a Part Information Brokering System, namely PIBS, that can inter-link part suppliers and buyers using WWW (World Wide Web). The major contribution of this paper is that the system provides a 3D collaboration environment that enables multiple users to share the same workspace where they cooperatively manipulate part features in real time. PIBS carries out two major functions: one to maintain part data in a part library, and the other to provide the means for the clients to cooperate. An object-oriented database is used for the part library which stores part information registered by part suppliers. VRML (Virtual Reality Modeling Language), the ISO standard for 3D visualization on WWW, is used to represent 3D part models. Several Java programs have been implemented to support synchronous and asynchronous communication of the 3D models. Once the users are interconnected through the system, a user's manipulation of part objects is transparently and instantaneously transmitted to the others. This means that all the participants can share the same view and movement of the 3D part models. Since the system is developed using a Java applet-server architecture, it requires no additional software other than standard web browser. The prototype system has been successfully implemented, and demonstrated its applicability to virtual 3D part information sharing.

Key words : Collaboration, Information brokering, WWW, VRML, Java

1. 서 론

일반적으로 제품은 여러 기능을 수행하는 하위 부품들을 조립하여 만들어진다. 이 부품들은 완제품업체에서 직접 설계, 제조하기도 하지만 전문부품업체로부터 구매하는 경우도 많다. 이 때 적합한 부품의 선택은 제품의 설계와 생산에 있어서 매우 중요하고, 설계, 생산 활동이 글로벌화됨에 따라서 이의 중요성은 더욱 커지고 있다. 따라서 부품업체와 완제품업체 사이에 부품정보를 증개해주는 서비스의 필요성이 증가하고 있다. 본 연구에서는 광범위한 사용자가 접속할 수 있는 웹(WWW)의 특성을 이용하

여 이러한 증개서비스를 개발하고자 한다. 특히, 부품의 3차원 정보를 실시간으로 공유하는 공동작업 서비스를 개발하였다.

기구부품의 경우 부품 형상이 부품의 조립가능성과 조립된 제품의 기능을 결정하는데 크게 영향을 미치기 때문에, 적절한 부품을 선택하기 위해서는 부품 유형이나 규격 정보 이외에도 3차원 형상의 결합가능성이 중요한 기준이 된다. 이러한 3차원 부품형상을 제품개발자와 부품공급자 양측이 웹을 이용하여 서로 공유하고, 또 부품형상을 실시간에 동시 조작하며 결합해 볼 수 있다면 조립가능성에 대한 사전 검토를 손쉽게 할 수 있을 것이다. 물론 정확한 조립성 검토를 위해서는 솔리드모델링시스템(solid modeling system)과 같이 그러한 기능을 제공하는 전문 시스템을 이용해야 하겠으나, 이 경우 미리 정해

*삼성전자.

**중신회원, 서울대학교 산업공학과

지지 않은 불특정 다수의 제품개발자와 부품공급자가 모두 같은 시스템을 사용하거나 STEP과 같은 데이터 표준을 사용해야 한다. 그러나 솔리드모델링이나 STEP 응용 분야에서 아직 3차원 공동작업을 지원하는 시스템에 대한 연구결과는 보고되지 않고 있다.

본 연구에서는 웹 상에서의 3차원 모델링 표준으로 자리잡고 있는 VRML을 이용하여 전술한 기능을 가진 부품정보중개시스템(PIBS: Part Information Brokering System)의 프로토타입을 개발하여 그 가능성을 보였다. 먼저 웹을 이용하여 제품개발자와 부품공급자 간에 부품 정보를 중개하도록 하였고, 그리고 부품의 3차원 형상에 관한 다자간 공동작업 기능을 지원하도록 하였다. 3차원 공동작업 환경은 조립가능성을 협력적으로 그리고 실시간에 시각적으로 검토할 수 있게 한다. 부품정보 중개기능을 이용하여 선택한 부품과 이와 함께 조립할 모부품의 3차원 형상을 양자는 동일한 작업공간에서 함께 조작하여 결합할 수 있다. 이때 한 사용자의 조작 내용은 웹을 통하여 상대방에게 전달되어 두 사용자는 동일한 조작 과정을 공유한다. 양자간의 실시간 협력이 불가능한 상황을 고려하여 비동기적인 정보공유도 가능하도록 하였다.

PIBS 시스템의 중요한 장점으로 다음과 같은 세 가지를 들 수 있다. 첫째, 웹 환경에서 사용되므로 불특정 다수의 개발자와, 역시 불특정 다수의 공급자가 서로 정보를 공유할 수 있으므로 각각 판매망과 구매처를 확대하여 보다 효과적인 영업 및 구매 활동을 수행할 수 있다. 둘째, 웹 환경의 또 다른 장점으로 시스템 사용을 위하여 별도의 하드웨어나 소프트웨어를 필요로 하지 않는다(본 연구에서는 플랫폼 독립성을 가지는 자바 언어와 웹상의 3차원 형상 표현의 표준인 VRML을 사용하였다.) 셋째, 실제적인 부품정보에 대한 의사교환을 위해서 문자나 2차원 이미지 뿐만 아니라 3차원 모델 정보와 조작 과정을 사용자들간에 실시간으로 공유할 수 있다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 서론에 이어 2장에서는 관련 연구 및 이용한 기술을 살펴본다. 3장은 시스템 전체 구조와 특성을 다루고, 4장과 5장은 시스템의 기능을 부품정보중개 기능과 3차원 공동작업 환경으로 나누어 상세한 기술적 내용을 설명한다. 그리고 시스템의 구현 결과와 실행에 관한 내용을 6장에서, 끝으로 결론과 추후 연구과제를 7장에서 설명한다.

2. 연구 배경

동시공학 및 가상기업, 그리고 3차원 공동작업은 이 논문과 가장 관련이 깊은 분야이다. 이 장에서는 연구의 배경과 기존 연구를 살펴보고, 시스템 구현에 사용한 기술의 동향을 기술하였다.

2.1 동시공학과 가상기업

동시공학(Concurrent Engineering)은 제품개발의 각 단계에 참여하는 여러 부문의 의사결정을 협력적으로 수행하여 개발사이클을 단축하고자 하는 제품개발 전략이다. 이의 중요성은 여러 문헌에서 논의 되어 왔고, 또 이를 지원하는 기술 개발과 응용도 매우 활발하다^[1].

또한 제품 생산에 필요한 설계, 제조, 판매, 유통, 회계 등의 기능이 갈수록 전문화되어 모든 기능을 단일 기업 조직에서 모두 수행하는 방식으로는 신속한 시장 변화에 적응하기 어렵게 되었다. 이러한 추세에 따라 가상기업(Virtual Enterprise)의 개념이 제안되었고, 그 중요성이 커지고 있다^[2]. 가상기업은 전문적인 독립 기업의 연합체로 개별 기업들의 연합이 전체적으로 마치 하나의 기업인 것처럼 활동하는 것을 말한다. 이는 기존의 기업 일부 기능을 외주하는 수준보다 훨씬 확장된 개념이다. 가상기업의 장점을 최대한 확보하기 위해서는 가상기업을 구성하는 기업들의 개별 활동을 원활하게 조절하고 통합할 수 있는 적절한 정보 통신 기술의 활용이 필수적이다.

본 연구에서는 단위 부품 제조와 완제품 조립 사이의 연결을 중심으로 동시공학 및 가상기업 활동을 지원하는 기술을 개발하였다. 기술과 제품 개발이 전세계에 걸친 기업들에 의하여 동시 다발적으로 진행되므로 부품 개발과 완제품 생산 활동은 다양하고 동적인 방법으로 연결될 필요가 있다. 이에 발맞추어 부품 설계, 개발 능력을 독자적으로 갖추고 여러 회사와 유동적인 공급 계약을 하는 부품공급회사가 늘어나고 있다. 이러한 다양한 협력관계는 제품개발에 있어서의 정보처리 기술의 발전과 제품정보를 적은 비용으로 빠르게 상호 교류할 수 있는 통신기술의 발달에 의하여 더욱 가속화되고 있다.

PIBS 시스템은 부품공급자와 제품개발자를 서로의 요구에 부합되도록 연결함으로써 부품 공급과 제품 조립의 두 기능이 분화된 가상기업 환경에서 제품 설계, 생산을 돕는 동시공학 지원도구로서의 의미가 있다.

2.2 3차원 공동 작업

고속 네트워크 상에서의 동시작업을 지원하기 위한 여러 연구들이 이루어져 왔다. 그 중 대표적인 것으로 Visinet 프로젝트를 들 수 있다. (11) Visinet은 통신망을 이용한 동시 작업 시스템의 구현과 적용 전반에 걸친 광범위한 프로젝트로 EU에서 시행하였다. 이 프로젝트는 광대역(broadband) 통신망을 시험적으로 사용하여 기존에 만들어져 있는 동시 작업 기술을 적용 시험하고, 원격 CAD 또는 네트워크 CAD 시스템의 개발을 유도하는 것을 목표로 삼았다.

네트워크 상에서 3차원 모델을 협력적으로 생성, 편집하고 공유하는 기술에 대한 연구도 많이 수행되었는데 대표적인 것으로 JESP(Joint Editing Service Platform)에 기반한 mWorld 프로젝트와 CSpray 프로젝트가 있다. mWorld는 Esprit 3D Fashion 프로젝트에서 개발된 네트워크 서비스 플랫폼인 JESP에 기반한 3차원 협력 작업 지원 환경이다. (10) mWorld는 JESP에서 확립된 다수 사용자 지원 프로토콜을 바탕으로 하여 네트워크에서 분산된 사용자들이 3차원 형상을 공유, 조작할 수 있게 하였다는 점에서 의의가 있다.

CSpray는 분산된 사용자의 상호 작용을 시험해 보기 위한 시범적 시스템으로 3차원 시각화 정보를 효율적으로 교환하고 전달하기 위한 시스템이다^[12]. CSpray는 3차원 포인터와 시각화된 모형의 특정 부분을 지정할 수 있는 스프레이 방법론 등의 협력 도구를 지원한다. CSpray는 3차원 협력 지원 시스템을 구현하기 위한 방법론을 제시하였다는데 의의가 있다.

이상의 시스템들은 ATM(Asynchronous Transfer Mode)과 같은 별도의 네트워크 환경에서 구현되었거나, 3차원 데이터를 공유하기 위한 별도의 소프트웨어 시스템 또는 고가의 SiliconGraphics 워크스테이션(workstation)을 필요로 하는 등 플랫폼에 의존적이라는 한계를 가진다. 그러나 보다 적은 비용으로 광범위한 사용자의 요구를 충족시키기 위하여 범용의 네트워크인 인터넷과 VRML을 이용한 정보 공유시스템의 개발이 요구된다. 본 연구에서 개발한 시스템은 부품 형상의 공유라는 특정 응용 분야를 고려하고 웹과 VRML 환경에서 구현되어 호환성이 높은 3차원 협력 지원 시스템이라는 점에서 기존 연구들과 차별성을 가진다.

한편 VRML을 이용하여 3차원 부품형상을 공유하기 위한 연구로 World Design View 시스템과 STEPShare 프로젝트, 웹과 STEP 기반 3차원 가상회의 시스템 등이 있다.

World Design View 시스템은 STEP(Standard for Exchange of Product Model Data) 표준에 의한 부품 정보를 객체지향 데이터베이스에 구축하여 WWW를 통하여 공유하게 하였다^[13]. 클라이언트가 WWW를 통해 시스템에 접근하면 부품의 STEP 정보에서 형상 정보를 추출하여 실시간으로 VRML으로 변환하여 가시화한다. STEPShare는 웹 환경에서 CORBA 기술을 이용하여 STEP 정보를 공유하고 브라우징하기 위한 연구이다^[14]. 또한 웹에서 다수 사용자들이 3차원 정보를 이용하여 의견을 교환할 수 있는 시스템으로 웹과 STEP 기반 3차원 가상회의시스템이 개발되었다^[15].

PIBS 시스템은 웹에서 3차원 부품형상정보를 공유한다는 점에서는 기존의 연구와 같지만, 불특정 다수의 사용자들이 3차원 정보를 실시간에 협력적으로 공유하고, 별도의 소프트웨어가 필요치 않다는 점에서 기존의 연구들과 차이점을 가진다.

2.3 정보 공유 및 데이터 통신 기술

제품개발 과정에 있어서 관련 기업 또는 담당자간의 효율적인 정보 공유와 교류는 매우 중요하다. 이런 정보 교류를 지원하기 위하여 여러 통신수단이 개발되어 이용되고 있는데 이들은 동기적 방식과 비동기적 방식으로 나눌 수 있다. 동기적인 정보 공유는 상대방의 의사에 대한 즉각적인 상호작용이 필요한 경우에 사용된다. 문자를 이용하는 채팅(chatting) 서비스, 여러 사람이 자신의 의견을 자유롭게 기록하는 화이트보드(whiteboard) 시스템 등을 그 예로 들 수 있다. 즉각적인 상호작용이 필요하지 않은 경우에는, 비동기적인 통신 방식이 더불어 사용되는데 텔렉스(tellex), 전자메일, FTP(File Transfer Protocol)에 의한 파일 전송 등이 그것이다. 이러한 전형적인 통신 수단들은 음성이나 텍스트, 데이터 파일 등으로 2차원 정보에 국한되어 있다고 할 수 있다.

그런데 제품 개발에 필요한 부품 정보를 공유하기 위해서는 2차원 이미지뿐만 아니라 3차원 형상의 공유가 필요하다. 컴퓨터를 사용하여 제품정보를 작성, 보관, 공유할 수 있는 CAD(Computer Aided Design) 기술은 2차원 도면 관리 시스템에서 시작하여 처음부터 제품 형상을 3차원 형상으로 생성해 내는 솔리드 모델링시스템으로 발전하였다^[1]. 부품 정보를 실질적으로 공유하기 위해서는 이러한 솔리드 모델링 시스템에서 다루어지는 3차원 부품 형상을 사용하는 것이 효과적이다.

상대방의 설계 아이디어를 공유하기 위해서는 이

러한 3차원 부품 형상을 사용해야 하며, 동기적 통신과 비동기적 통신 기능을 함께 지원해야 한다.

2.4 관련 기술

웹 환경에서 부품 라이브러리를 통하여 사용자들을 연결하기 위해서는 웹 관련 기술, 데이터베이스 기술이 활용된다. 또한 3차원 부품형상을 지원하는 공동작업환경을 개발하기 위해서는 3차원 형상 처리 기술, 네트워크 기술을 필요로 한다. 본 연구에서는 특히 VRML, 자바, 객체지향 데이터베이스 등의 기술을 응용하였다.

2.4.1 VRML 2.0

VRML은 웹에서 3차원 형상 정보를 표현하고 공유하기 위한 표준이다^[4]. 1994년에 등장한 VRML 1.0은 구, 원기둥, 원뿔 등의 기초적인 형상(primitive)과 직선이나 다각형으로 근사된 자유곡선 또는 자유곡면을 이용하여 3차원 형상을 표현한다. VRML은 이러한 3차원 형상 표현을 텍스트 문서의 형태로 저장한다. VRML 1.0은 3차원 형상을 웹을 통하여 공유할 수 있다는 가능성을 보여 주었다. VRML 2.0은 정적인 3차원 형상만을 표현할 수 있는 VRML 1.0의 한계를 극복하기 위하여 1996년에 개발되었다^[5]. VRML 2.0은 여러 가지 센서에 의하여 사용자와의 상호작용을 가능하게 하고, 형상의 모양과 위치를 선형 보간하여 형상의 움직임(animation)을 표현한다. VRML 2.0은 그 외에 3차원적인 소리 등을 지원하여 웹에서 동적인 3차원 형상을 표현할 수 있게 되었다.

한편 VRML EAI(External Authoring Interface)는 외부의 프로그램을 통하여 VRML 형상을 제어할 수 있는 방법으로 VRML 97 표준에 포함되었다. EAI는 VRML 플러그인과 외부 프로그램과의 연결을 위한 API(Application Programming Interface)로 C++, 자바 등 여러 가지 프로그래밍 언어를 사용할 수 있다. 주로 자바 애플릿을 사용하는데 하나의 HTML(Hyper Text Markup Language) 문서에 VRML 형상과 자바 애플릿을 함께 포함시켜 자바 애플릿이 VRML형상 속의 노드(node: 조작이 가능한 VRML 2.0 형상의 하부 단위)를 제어할 수 있게 한다. (6) VRML EAI를 이용하여 웹 상에서 3차원 형상을 공유하는 응용 프로그램의 개발이 가능해졌다.

2.4.2 자바

자바는 C++를 기본으로 하여 개발된 객체지향 언어로 가상기계(virtual machine) 상에서 실행된다^[11]. 자바 언어는 컴파일러를 통하여 실행 파일이 아닌

플랫폼과 무관한 중립적인 코드(byte code)를 만들어 낸다. 이 코드는 직접 실행될 수 없고 가상기계라는 소프트웨어를 통하여 수행된다. 따라서 플랫폼에 독립적인 소프트웨어를 개발하여 사용 기종과 운영체제에 상관없이 실행시킬 수 있다는 장점을 가진다. 또한 자바를 이용하여 웹에서 사용되는 애플릿을 개발할 수 있다. 애플릿은 웹 페이지에 포함된 프로그램으로 웹에 접속하는 클라이언트(client)에 다운로드(download)되어 실행된다. 따라서 분산된 사용자들이 별도의 배포와 설치과정 없이 서버의 프로그램을 실행할 수 있다.

한편 자바는 네트워크 응용 프로그램을 쉽게 개발할 수 있는 방법을 제공한다^[7]. UNIX 환경에서 다른 호스트의 프로그램을 직접 수행시키는 원격 프로시저 호출(RPC: Remote Procedure Call) 방법에서 시작하여 네트워크 프로그래밍 기술이 발전되어 왔다^[8]. 자바는 포트(port)를 통하여 네트워크에 접속되어 있는 두 개의 컴퓨터 소켓(socket) 사이에 데이터를 이동시킨다. 자바에서는 소켓기능을 클래스로 추상화한 API를 제공하여 네트워크 응용 프로그램을 쉽게 작성할 수 있게 해 준다.

2.4.3 객체지향 데이터베이스

현재 널리 사용되고 있는 데이터베이스 기술은 관계형 데이터베이스 기술이다. 이는 테이블 형태의 자료구조를 가지고 있어 논리적이고 효율적인 데이터 관리가 가능하다. 그러나 관계형 데이터베이스는 자료형이 제한되어 있고 복잡한 데이터의 모델링이 어려운 단점이 있다. 이러한 제한을 극복하고자 객체지향데이터베이스가 제안되어 개발되어 왔다^[9].

객체지향 데이터베이스는 데이터를 객체 단위로 저장한다. 데이터베이스에서 관리되는 영속적(persistent) 객체는 객체지향 프로그래밍 언어에서의 일반적인 객체 변수들과 유사하게 사용된다. 따라서 객체지향적으로 모델링한 논리적 모델링을 그대로 데이터베이스에 저장할 수 있으므로 복잡한 모델링을 표현할 수 있다. 또한 객체지향 프로그래밍 언어를 통하여 구현한 객체 단위의 데이터와 객체의 함수들이 유사한 방식으로 데이터베이스 객체에 대해서도 적용되므로 쉽게 프로그래밍할 수 있다.

부품 라이브러리의 구축은 그 모델링의 특성상 복잡한 관계를 표현해야 하므로 관계형 데이터베이스 보다는 객체지향데이터베이스를 이용하여 구현하는 것이 바람직하다.

3. 시스템 구조

본 연구에서는 웹에서 분산시스템을 구현하기 위하여 애플릿-서버 구조를 사용하였다. 이 구조는 기존의 분산 컴퓨팅 시스템 구조인 클라이언트-서버 구조에 대하여 다음과 같은 장점을 가지고 있다. 클라이언트-서버 구조에서는 모든 사용자들이 클라이언트 소프트웨어를 설치해야만 한다. 그러나 애플릿-서버 구조에서는 임의의 사용자가 웹을 통하여 접속할 수 있으며 별도의 소프트웨어를 설치할 필요가 없다. 또한 프로그램을 수정할 때에도 서버 프로그램과 서버 쪽에 설치된 애플릿을 수정하면 된다. 따라서 개발된 시스템은 다수의 부품공급자와 제품개발자가 용이하게 부품정보 중개에 참여할 수 있다.

PIBS 시스템에서 제공하는 검색, 등록, 공동작업 애플릿은 주로 사용자 인터페이스를 제공하며, 서버는 데이터베이스 처리(등록, 검색)와 공동작업 환경의 초기화 등의 기능과 애플릿 사이의 통신 중개기능 등, 시스템 구현에서 중심적인 역할을 수행한다. 이러한 서버 기능은 다수 사용자의 접속을 위하여 한 사용자에게 기능을 제공할 때마다 하나의 스레드(thread)를 생성한다.

그림 1은 개발한 시스템의 전체적인 구조를 보여 주는데, 이는 크게 개발자 클라이언트, 부품정보중개시스템, 공급자 클라이언트의 세 부분으로 구성되며, 이들은 웹을 통해 서로 연결되어 있다.

시스템의 주요 기능은 다음과 같다.

등록: 공급자는 등록 애플릿을 통하여 자신의 부품규격과 부품의 VRML 형상을 등록한다.

검색: 개발자는 검색 애플릿을 통해 부품정보를 검색하고 공동작업을 시작할 수 있다.

실시간 공동작업: 개발자와 공급자 사이에 3차원 부품형상을 공유하면서 협력조립을 수행한다.

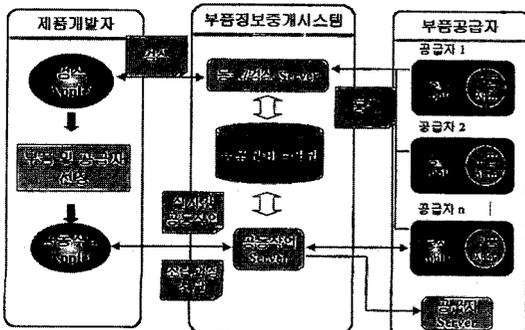


Fig. 1. Overall system architecture.

조립과정 전달: 실시간 공동작업이 불가능할 때는 차후에 조립 과정을 전달한다.

시스템은 등록/검색서버, 공급자서버, 공동작업 서버와 등록, 검색, 공동작업 애플릿들 간의 정보전달이 메시지를 교환하는 방식으로 이루어진다. 각 프로그램 상호간의 메시지 전달은 자바의 소켓(Socket) 통신 기능을 이용한다. 소켓은 추상화된 컴퓨터와 컴퓨터 사이의 데이터 전달을 매개한다. 소켓을 이용한 통신은 다음과 같은 방법으로 이루어진다. 우선 연결을 기다리고 있는 호스트에서 특정한 번호(Port 번호)를 인지할 수 있는 서버소켓(server socket)을 만들고 대기한다. 연결을 요구하는 컴퓨터는 대기하고 있는 호스트의 주소와 포트 번호를 사용하여 소켓 오브젝트를 만들게 되면 대기하고 있는 호스트에서 대응하는 소켓 오브젝트를 생성하여 통신 채널이 형성되게 된다.

그림 2는 시스템 전체에서 일어나는 메시지의 흐름을 보여 준다.

① 등록 애플릿은 REGISTER 메시지에 부품 규격 정보를 표현하여 등록/검색 서버에 전달하고 등록/검색 서버는 이 내용의 성공 여부를 SUCCESS/FAIL로 표현하여 재전송한다.

② 검색 애플릿은 SEARCH 메시지로 검색 조건을 표현하여 등록/검색 서버에 전달하고 조건에 부합되는 부품정보의 리스트를 RESULT 메시지를 통해 전달 받는다.

③ SESSION 메시지는 공동작업을 요청하는 메시지로 검색 애플릿으로부터 공동작업 서버에 전달된다. 공동작업 서버는 공동작업 환경을 형성하고 조립의 시작을 STARTING 메시지로 전달한다. STARTING 메시지는 검색 애플릿에 전달되어 공동

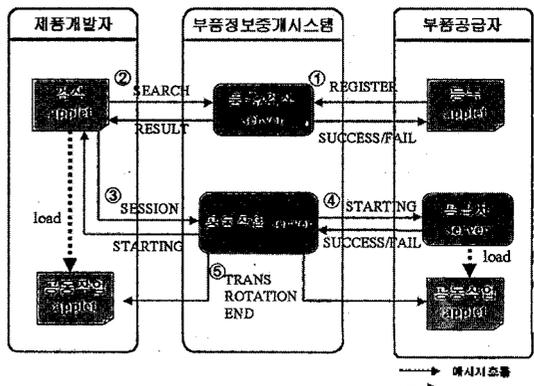


Fig. 2. Message flow.

작업 애플릿을 실행시킨다.

④ 공동작업 서버는 STARTING 메시지를 공급자 서버로도 전달한다. 공급자가 공동작업 요구에 응하면 공동작업 애플릿을 실행시키고 SUCCESS 메시지를 전달하며, 거부하면 FAIL을 전달한다.

⑤ 공동작업 애플릿은 공동작업 서버를 경유하여 3차원 부품 형상을 조작하는 사용자의 각종 이벤트를 전달한다.

시스템의 각 기능에 대한 상세한 내용은 4장과 5장에서 설명한다.

4. 부품정보중개

PIBS 시스템은 부품의 속성을 사용하여 부품정보를 등록, 저장하고, 또 탐색이 가능하게 한다. 적합한 부품을 검색하기 위해서 부품에 대한 선택 기준을 검색 조건으로 사용한다. 일반적으로 부품의 종류가 정해져 있을 때는 부품 규격과 가격 등의 속성에 대한 제한조건으로 부품을 검색하는 것이 가능하다. 또한 특정 부품 종류에만 해당하는 속성도 표현할 수 있어야 한다. 각 부품에 대하여 이러한 속성을 명시하여 데이터베이스에 저장하면 이 속성에 대한 제한 조건을 부여하여 질의어를 생성하여 데이터베이스 검색을 실시할 수 있다. 이는 그림 3과 같은 방식으로 이루어진다. 부품정보중개 기능의 구현은 크게 부품 라이브러리, 부품정보 등록, 부품정보 검색의 세 가지로 구분된다.

4.1 부품 라이브러리

부품 라이브러리는 공급자의 부품 정보를 저장하는 데이터베이스로 객체지향 데이터베이스를 이용하여 구축하였으며, 그림 4는 부품 라이브러리 스키

마의 주요 부분을 보여 준다.

그림 4에 표현된 객체 모델링의 주요 클래스들은 다음과 같다. Company 클래스는 시스템 사용자에 관한 정보를 표현한다. 이 클래스는 사용자측 시스템의 인터넷 주소를 속성으로 가지고 있어서 공동작업환경을 사용할 때 웹을 통하여 접근할 수 있도록 한다. Company 클래스는 Supplier(부품공급자) 클래스와 Buyer(제품개발자) 클래스로 구분된다. Supplier 클래스는 부품공급자의 정보를 속성으로 가지고 있으며 제공하는 부품 정보인 Part 클래스와 관계를 가진다. Buyer 클래스는 제품개발자 정보를 표현하며 시스템을 통하여 얻은 부품정보로 구성하는 Component 클래스와 관계를 가진다. Part 클래스는 부품의 특성을 설명하기 위한 Attribute 클래스와 관계를 가지고 있다. PartType 클래스는 부품의 유형을 설명하며, 유형별로 적용할 수 있는 속성의 종류를 표현하는 AttributeList 클래스와 관련된다. 이들 클래스들은 데이터베이스에 저장되는 영속적 객체(persistent object)이며, 클래스들 사이의 관계(association)는 데이터베이스 참조(object reference)를 통하여 형성된다.

등록/검색 서버는 자바 애플리케이션으로 구현하여 데이터베이스 트랜잭션을 수행하는 동시에 소켓 통신을 이용하여 등록, 검색 애플릿과 연결된다. 이 서버는 데이터베이스의 자바 바인딩(binding)을 이용하여 일반적인 자바 클래스와 같은 방식으로 프로그래밍 되었다.

4.2 부품정보 등록

부품공급자는 등록 애플릿을 통하여 부품의 속성을 입력하고 부품 형상을 시스템으로 전송한다. 이 애플릿은 소켓 통신을 이용해서 등록 정보를 등록/검색 서버에 전달한다. 전송된 부품정보는 등록/검색 서버에 의하여 부품 라이브러리에 저장된다. 등록/검색 서버는 전달된 등록 정보를 바탕으로 Part데이터베이스 객체를 생성한다. 처음 등록하는 부품공급자의 경우는 공급자의 정보를 기록하는 Supplier 객체가 생성되어 Part와 관계를 맺는다. 또 부품의 유형이 처음으로 등록될 때는 PartType 객체를 생성하여 Part와 관계를 맺는다. 부품의 형상정보는 VRML파일로 제공해야 하는데, 웹브라우저의 업로드 기능을 통하여 시스템의 FTP(File Transfer Protocol) 계정으로 전송하게 된다. 전송된 형상 파일의 이름은 Part 오브젝트의 VRML 속성으로 기록되어 공유작업공간을 형성하는데 사용된다.

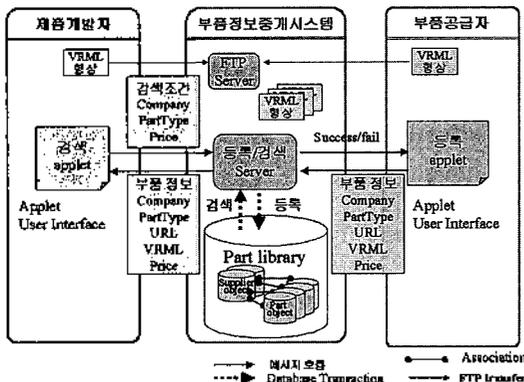


Fig. 3. Part information brokering functions.

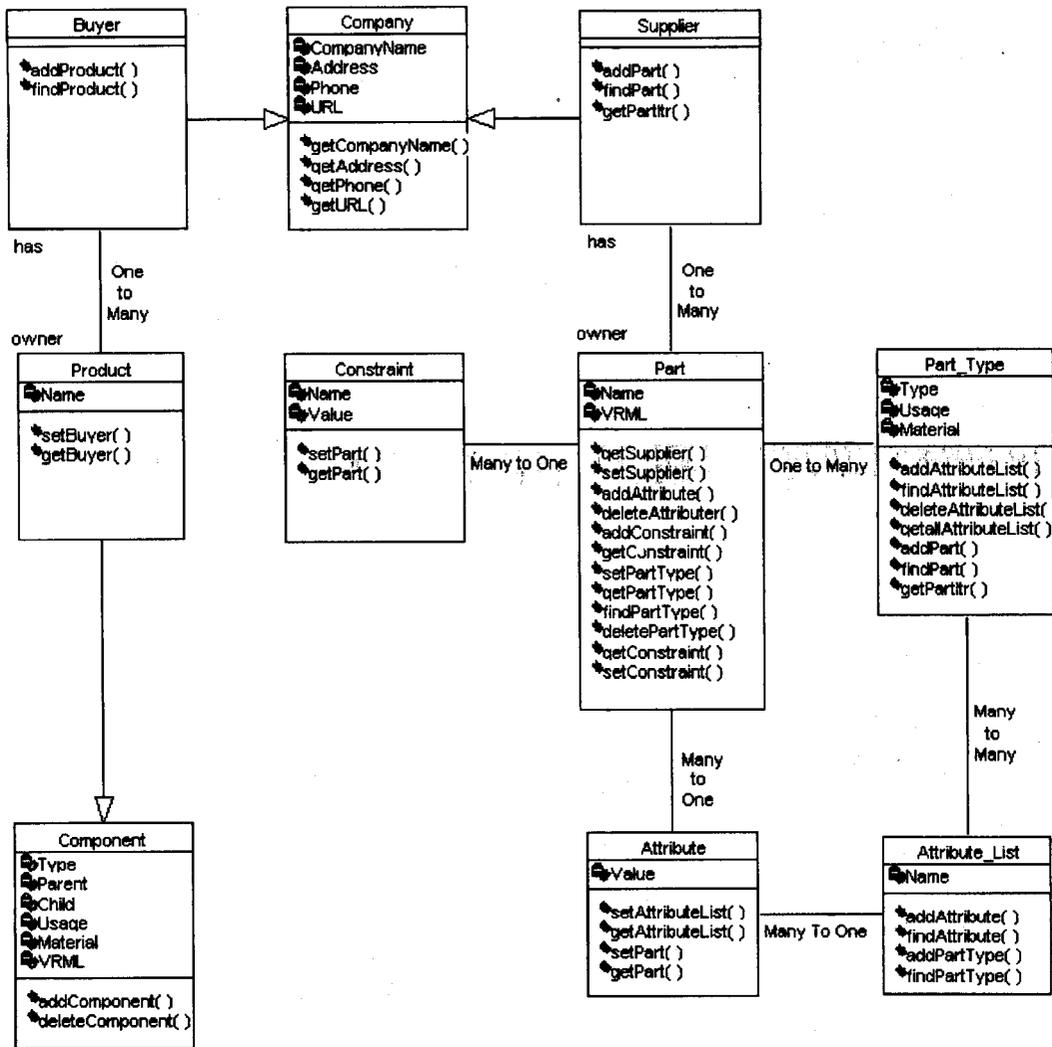


Fig. 4. Object models of part library schema.

4.3 부품정보 검색

제품개발자는 검색 애플릿을 통해 부품정보에 대한 검색조건을 입력한다. 부품 유형이나 공급자와 같은 문자열 속성의 경우 검색하고자 하는 문자열을 입력하고, 가격 등의 숫자 정보는 상한과 하한을 입력하게 하였다. 검색 조건은 데이터베이스 시스템에서 사용할 수 있는 질의문으로 만들어져 소켓 통신을 통해 등록/검색서버에 전달된다. 등록/검색서버는 전달된 검색조건을 만족하는 부품 데이터베이스 객체를 찾는 명령을 수행한다. 검색 결과는 항목별로 정리되어 문자열로 만들어진 다음 검색 애플릿으로 반환된다. 검색 애플릿은 전달 받은 문자열에서 항목별로 값을 추출하여 사용자에게 제공한다.

5. 공동작업 환경

제품개발자가 원하는 부품을 검색하기 위해서는 부품의 규격에 대한 정보만으로는 부족하며 부품 형상을 고려하여야 한다. 기구 조립품의 경우 부품의 3차원 형상이 조립하고자 하는 모부품의 형상과 결합될 수 있어야 하기 때문이다. 부품이 완벽하게 조립되기 위해서는 시각적인 결합가능성 뿐 아니라 형상의 규격과 허용 공차, 기계적 성질 등이 충족되어야 한다. 이러한 모든 측면을 충족시키기 위해서는 솔리드모델링시스템을 사용할 수 있다. 그러나 부품 정보 증개시스템에서 부품을 선정하기 위해 현재의 솔리드모델링시스템을 사용하는 데는 다음과 같은

문제점이 있다.

첫째, 시스템의 호환성이 문제가 된다. 공급자와 개발자는 서로 상대방에 대한 정보를 처음부터 가지고 있지 못하므로 두 사용자가 다른 솔리드모델링시스템을 사용할 가능성이 높다. 이 경우, 두 시스템이 호환되지 않으면, 조립가능성을 검토하는 일이 불가능하다.

둘째, 실시간 공동작업을 지원할 수 없다. 부품 형상의 조립가능성은 직관적으로 결정되지 않고 애매하게 나타날 경우가 있으며, 이 경우 공급자와 개발자가 서로 의견을 전달할 필요가 있다. 두 사용자가 서로 다른 솔리드모델링시스템을 사용할 경우 이러한 실시간 공동작업은 불가능하게 된다.

셋째, 같은 시스템을 사용하더라도 각 사용자들은 완전한 부품설계정보를 제공하기 힘들다. 공급자와 개발자는 상대방을 알지 못하는 관계이므로, 설계정보의 보안상 문제에 의해서 단순한 형상 이상의 설계 정보를 공개할 수 없기 때문이다.

이러한 문제점을 극복하기 위해서 기존의 웹 환경에서 각 사용자의 시스템 환경의 차이와 관계 없이 조립가능성을 검토하고 실시간에 의견을 공유할 수 있는 환경의 개발이 필요하게 되었다. 이기중 솔리드모델링시스템 사이에서의 모델 공유를 위하여 STEP을 사용하는 방법이 가능하다. 부품 공급자와 제품 개발자가 자신의 시스템에서 부품 정보를 STEP파일로 변환하여 공유하는 방법이 그것이다. 본 연구는 VRML 모델을 이용하여 웹에서 3차원 모형을 공동으로 조작할 수 있게 하여 부품의 조립가능성을 검토할 수 있도록 하였다. 물론, VRML 모델은 일종의 근사모형이므로 솔리드모델링시스템이 지원하는 완전한 조립가능성 검토에는 한계가 있을 수 있으나, 웹이 제공하는 개방성의 장점을 최대한 활용하여 불특정 다수 사용자 사이에 부품의 시각적 결합 가능성을 간단히 그리고 손쉽게 검토할 수 있고, 따라서 적절한 부품 검색과 공급자 선정에 활용될 수 있을 것이다.

이러한 측면을 고려하여, VRML로 표현된 3차원 부품형상을 두 사용자가 실시간에 협력적으로 조작하며 의견을 공유할 수 있는 공동작업환경을 Java 네트워킹과 VRML EAI(External Authoring Interface)를 이용하여 구축하였다.

3차원 공동작업 환경은 부품정보중개 시스템에 설치된 자바 애플리케이션인 공동작업 서버와 공급자 서버, 그리고 제품개발자, 부품공급자 측에 각각 다운로드 되어 실행되는 공동작업 애플릿을 통해서 작동

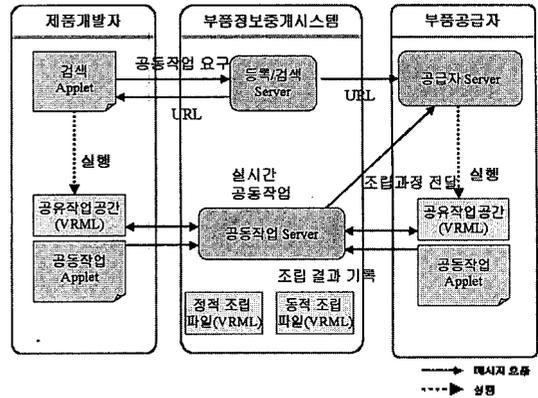


Fig. 5. Mechanism of collaborative work.

한다. 이 과정을 그림으로 설명하면 그림 5와 같다.

5.1 공유작업공간 생성

공동작업 서버는 공유작업공간을 생성하여 사용자 사이의 실시간 통신을 가능하게 한다. 먼저 공유작업공간은 제품개발자가 선택한 부품의 형상과 제품개발자의 모부품 형상을 결합한 새로운 VRML 파일로 만들어 진다. 이 파일에는 두 사용자의 부품이 VRML 2.0의 Transform node로 분리되어 저장된다. 공유작업공간 파일이 생성되면 공동작업 서버는 이 파일과 공동작업 애플릿이 포함된 웹 페이지를 생성하여 그 주소를 소켓 통신을 이용하여 개발자 측 검색 애플릿에 전달한다. 이제 검색 애플릿은 공동작업 애플릿을 실행하고, 공유작업공간 파일을 로드하게 된다. 한편, 공동작업 서버는 같은 내용을 공급자 서버에게도 전달한다. 이때에는 공동작업 애플릿을 실행하기 전에 공급자의 공동작업 의사를 먼저 확인한다. 공급자의 공동작업 의사가 있으면 개발자 측과 같은 방법으로 공동작업 애플릿이 실행되고, 공유작업공간 파일이 로드 된다. 이때부터 두 사용자는 공동작업을 시작할 수 있다.

5.2 실시간 공동작업

실시간 공동작업을 통해 두 사용자는 같은 VRML 화면을 공유하면서 부품 형상을 조작할 수 있다. 즉, 한 사용자의 작업내용이 자신의 환경에서는 물론 다른 사용자에게 동일하게 적용되어 같은 화면을 공유하게 된다는 것이다. 사용자들은 각각의 부품 형상 또는 두 형상이 결합된 전체 형상을 선택하여 직전이동, 회전이동할 수 있다. 이러한 조작은 각 사용자들에게 다운로드된 공동작업 애플릿을 통해서 이루어

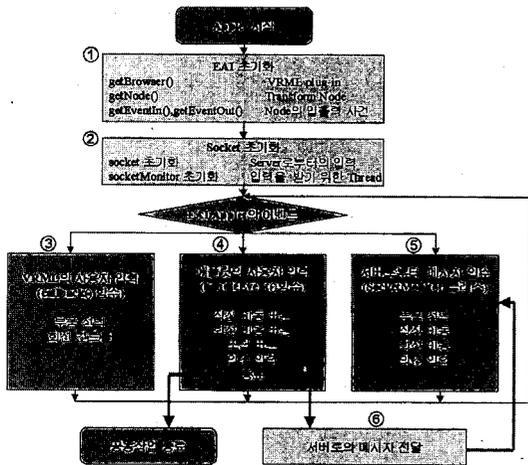


Fig. 6. Algorithms of collaborative applets.

지며 조작 내용은 공동작업 서버를 통해 서로에게 전달된다. 그림 6은 공동작업 애플릿의 동작 메커니즘을 보여준다.

5.2.1 EAI 초기화

동작업 애플릿을 VRML 파일인 공유작업환경과 상호 연결하기 위해서 VRML EAI를 사용하였다. VRML EAI를 사용하기 위해서는 애플릿이 시작될 때 관련 클래스들을 초기화해야 한다. Browser 클래스를 초기화하여 VRML 플러그인을 접근하며 Brower 클래스로부터 Node 클래스를 얻는다. 자바 애플릿에서 VRML을 제어할 때는 VRML 노드의 속성을 얻어내거나 변경하는데 이러한 노드의 속성의 변화를 Event라고 한다. 그 중 EventIn은 외부로부터 속성을 변화시키는 것이며 EventOut은 속성 값의 변경을 외부로 전달하는 역할을 한다. EventIn과 EventOut은 Node 클래스로부터 유도된다. 이들 클래스에 대한 초기화를 수행하고 나면 VRML 플러그인에서의 사용자 입력을 애플릿에서 처리하고 애플릿에 의해 VRML 화면을 제어할 수 있게 된다.

5.2.2 소켓 초기화

공동작업 애플릿과 공동작업 서버 사이에는 소켓 통신을 이용하여 사용자의 조작 내용을 전달한다. 이를 위해 공동작업 서버에는 서버 소켓이 만들어져 공동작업 애플릿으로부터의 연결을 기다린다. 공동작업 애플릿은 시작될 때 EAI 클래스들을 초기화한 후 공동작업 서버의 IP 주소와 서버 소켓의 포트번호를 가지고 소켓 클래스를 생성함으로써 소켓 통신을 위한 초기화를 수행한다.

5.2.3 VRML의 사용자 입력

사용자의 VRML 형상에 대한 조작은 EAI 클래스

인 EventOut 클래스에 의해 공동 작업 애플릿에 전달된다. EAI는 EventOut을 전달 받기 위해 EventOutObserver 인터페이스를 제공한다. EventOut Observer는 EventOut 클래스의 값 변화에 대응하는 루틴을 callback() 함수에 구현하고 각 EventOut클래스의 advise() 함수를 사용하여 클래스별 callback() 함수의 구현을 구분해 준다.

사용자의 VRML 형상에 대한 조작은 각 부품과 전체 선택 컨트롤, 그리고 회전운동 컨트롤로 나누어진다. 부품 형상과 전체선택 컨트롤은 Touch Sensor를 이용하여 형상에 마우스를 클릭할 때 선택된다. 회전운동 컨트롤은 원통형의 형상에 CylinderSensor를 부착하여 회전운동을 받아들인다. 이 컨트롤에 대한 마우스의 움직임은 VRML 스크립트를 통해 컨트롤 자체를 회전시키며, 회전 내용은 EventOut으로 반영되어 애플릿에 입력된다. 이렇게 CylinderSensor의 rotation_changed 이벤트가 발생하면 현재 선택되어 있는 부품의 회전각을 변경한다.

5.2.4 애플릿의 사용자 입력

한편, 애플릿을 통한 사용자의 입력은 애플릿 클래스의 handleEvent() 함수에 의하여 처리된다. 사용자 인터페이스는 직진이동, 회전이동, 의견전달, 조립 명령 등의 명령을 버튼과 텍스트 컨트롤을 통하여 받아들인다.

직진 이동: 직진 이동은 EAI Applet 버튼을 이용한다. 공유작업환경 파일의 TOTAL, MOTHER, CHILD 노드의 translation 이벤트를 발생시키면 각각 전체 부품, 개발자 부품, 공급자 부품의 상대적 위치가 달라진다. 버튼을 통하여 직진이동이 요구되면 해당 노드에서 유도한 EventIn 클래스에 값을 설정하여 VRML의 형상을 변화시킨다.

회전 이동: VRML 2.0의 회전은 회전축의 벡터와 회전각으로 표현하는데, 사용자의 의지에 따른 정밀한 조절은 하나의 회전으로 표현하기 어렵다. 따라서 각 축의 회전각을 개별적으로 설정하고, 형상의 회전은 버튼에 의한 애플릿 인터페이스와 더불어 공유작업공간의 회전이동 컨트롤을 통해 이루어지도록 하였다. 애플릿의 회전 버튼은 보다 작은 단위의 회전각 변화를 일으키며, 직진이동과 마찬가지로 방법으로 VRML 화면을 변화시킨다.

의견 전달: 개발자와 공급자는 조립에 대한 각각의 의견을 애플릿에 있는 문자창을 통하여 문자로 전송할 수 있다. 문자열로 표현된 각각의 의견은 역시 메시지 형태로 공동작업서버를 경유, 상대방에게 전달되어 상대방 애플릿의 문자창에 나타난다. 사용

자들은 상대방의 의견을 읽고 자신의 의견을 보내면서 조각과정을 계속할 수 있다.

5.2.5 서버로부터 메시지 입수

서버로부터 입력된 메시지를 소켓에서 문자열로 읽는 작업은 애플릿의 사용자 입력 처리와 병렬적으로 이루어져야 한다. SocketMonitor는 애플릿의 작동과는 독립적인 스래드로 소켓을 통해 입력되는 상대방 애플릿으로부터의 메시지를 읽는다.

5.2.6 서버로의 메시지 전달

사용자의 조작 내용은 각기 문자열 형식의 메시지로 표현되어 소켓을 통해 공동작업 서버로 전달된다. 조작 내용은 부품의 선택과 세 방향의 직진이동, 그리고 세 개 축을 중심으로 한 회전이동으로 구분된다. 메시지를 전달 받은 공동작업 서버는 상대방 애플릿으로 이 메시지를 중개한다. 공동작업 애플릿이 공동작업 서버로부터 메시지를 전달 받으면, 전달 받은 메시지를 해석하여 자신의 VRML 형상을 조작한다. 이러한 과정을 통하여 두 사용자는 같은 조작 상황을 공유할 수 있다.

공동작업 애플릿의 형상 조작은 표 1과 같이 TRANS(직진이동), ROTATION(회전이동) 메시지로 표현되며 그 외에 문자창을 통한 의견전달을 위한 MESSAGE와 공동작업의 종료를 표현하는 END 메시지를 사용한다.

5.3 조립 결과 기록

공동 작업이 완료되어 결합 상태가 만들어지면 조립 결과를 기록할 수 있다. 공동작업 서버는 두 가지의 부품형상의 결합 위치를 기록하여 VRML 파일을 만들어낸다. 공동작업 애플릿은 VRML 파일의 두 부품 Transform 노드에서의 좌표위치와 회전각을 유지하고 있다가 조립이 완료되었을 때 ASSEMBLE 메시지를 통해 공동작업 서버에 전달한다. 공동작업 서버는 이렇게 전달된 상대적 위치를 이용하여 정적 조립파일과 동적 조립파일을 생성한다.

정적 조립파일: 정적 조립파일은 제품개발자와 부품공급자의 VRML 파일을 MOTHER, CHILD의 두 Transform 노드 안에 Inline 노드로 삽입한다. Inline

노드는 VRML 파일 속에 다른 VRML 파일을 포함시키는 방법이다.

동적 조립파일: 동적 조립파일은 두 형상의 조립 전 위치로부터 조립 위치까지 애니메이션(animation)을 구현한다. 애니메이션은 VRML 2.0의 Position Interpolator를 이용한다. 시스템을 통하여 조립한 부품형상을 다시 조립하는 경우, 조립된 상태를 누적적으로 보관하면서 파일을 만들어낸다. 조립 순서대로 부품들이 일렬로 배치되며 사용자가 부품 형상을 클릭하면 부품들이 조립되는 과정이 재현된다.

5.4 조립 과정 전달

공동작업 서버가 부품공급자에게 연결을 요구했을 때 공급자가 이를 받아들이지 않으면 비동기적으로 조립 과정을 전달하게 된다. 이 경우 개발자는 혼자서 형상을 조작하여 부품을 조립한다. 조립을 완료하면 조립된 내용을 결과 파일로 기록하게 된다. 조립과정은 조립의 결과로 형성되는 동적 VRML 파일로 표현되고, 공동작업 서버는 동적 조립파일의 URL(Unified Resource Locator)을 공급자 서버로 전달할 수 있다. 공급자는 공급자측 서버를 확인하여 중간 조립과정을 확인해 볼 수 있다. 이때 공급자는 웹 브라우저에 로드된 동적 조립파일을 통해 제품개발자가 수행한 조립과정을 관찰할 수 있다.

6. 구현 결과

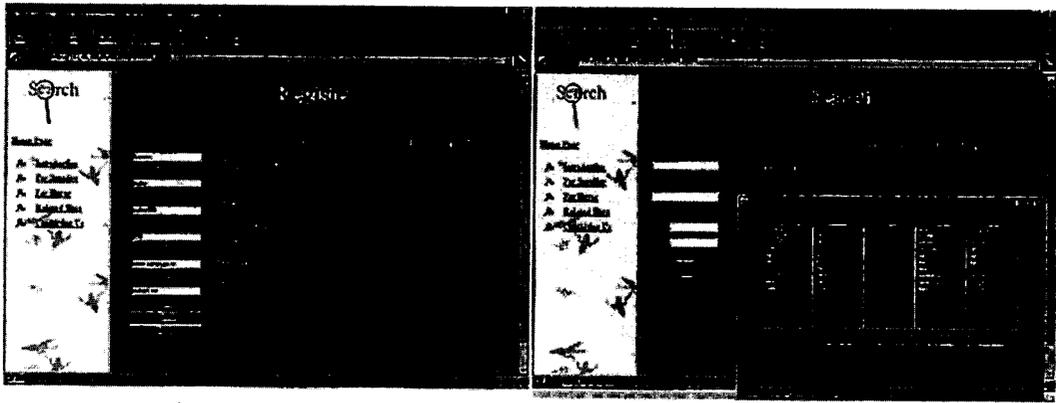
구현된 시스템을 웹에 연결되어 있는 3개의 호스트에서 실행하였다. 부품공급자와 제품개발자는 Windows 95 기반의 PC 환경에서 접속하였으며 부품정보중개 시스템은 Solaris 운영체제 기반의 Sun Ultra SPARC 1 워크스테이션에 설치하였다.

그림 7(a)는 부품공급자가 웹에 접속하여 부품 정보를 입력하는 모습이고 그림 7(b)는 제품개발자의 부품정보 검색 과정을 보여준다.

공유작업공간과 공동작업 애플릿이 하나의 웹 페이지에 포함되어 공동작업을 실시하는 예가 그림 8(a)와 같다. 이 화면은 실제로는 제품개발자와 부품

Table 1. Messages between collaboration applets

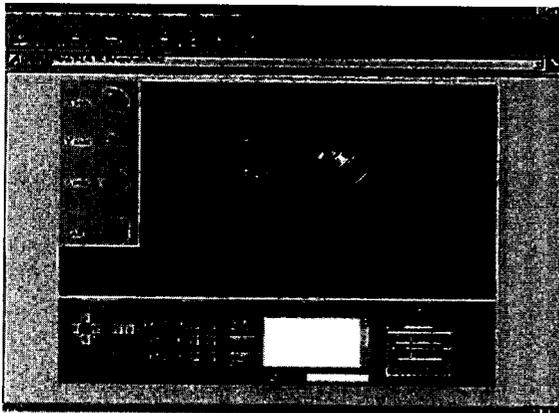
메시지 이름	설명	예
TRANS	직진이동의 결과로 나타나는 상대 좌표차	TRANS 0 .419998 0.0 0.0
ROTATION	회전이동의 축 벡터와 회전각	ROTATION 1 1.0 0.0 0.0 0.25191325
MESSAGE	전달하고자 하는 의견	MESSAGE Hello
END	통신 종료 메시지	END



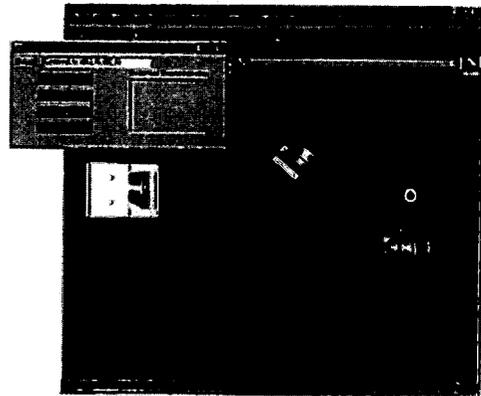
(a) 부품 정보 등록

(b) 부품 정보 검색

Fig. 7. Implementation of part information brokering (a) Part registration, (b) Part search



(a) 공동작업화면



(b) 비동기 통신 화면

Fig. 8. Implementation of collaboration (1) (a) Collaboration user interface, (b) Asynchronous mode

공급자가 동시에 공유하게 된다. 이를 통해서 사용자들은 같은 화면을 보며 부품형상을 협력적으로 조작할 수 있다. 그림 8(b)는 부품 공급자가 제품개발자의 공동작업 요구에 응답을 하지 않을 때 제품개발자의 단독 조립 과정을 전달하는 화면이다. 제품개발자가 조립한 동적 조립 파일의 URL이 공급자 서버에 나타나 조립 과정을 관찰할 수 있게 된다.

그림 9는 간단한 산업용 로봇의 구성 부품을 사용한 공동작업의 또 다른 예를 보여 준다.

공동작업의 결과로 얻어진 정적 조립 파일과 동적 조립 파일은 그림 10와 같다. 정적 조립 파일(그림 10(a))은 두 부품이 최종적으로 조립된 형상을 표현한다. 동적 조립 파일(그림 10(b))은 여러 단계에 걸친 조립 상황이 차례대로 수행될 수 있도록 한 것이다. 사용자의 입력에 의하여 조립된 각 부품들이 처

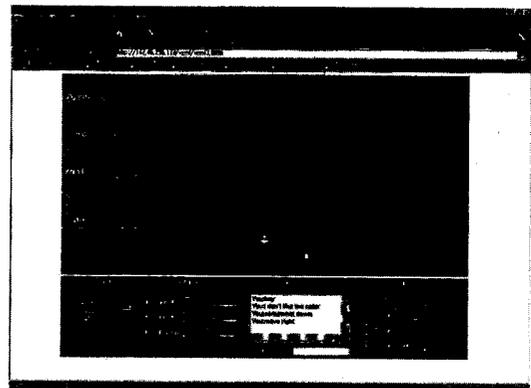
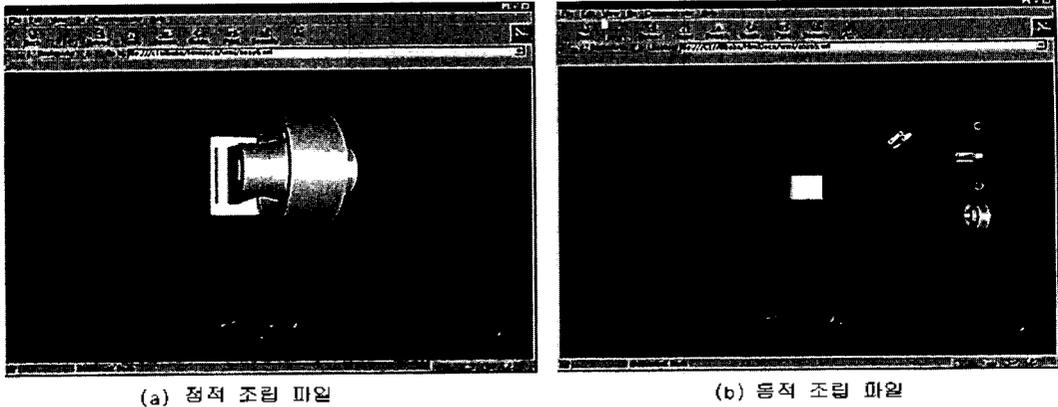


Fig. 9. Implementation of collaboration (2).

음 위치에서 최종 조립 위치로 순서에 따라 움직이고 있다.



(a) 정적 조립 파일

(b) 동적 조립 파일

Fig 10. Result VRML file. (a) Static assembly file, (b) Dynamic assembly file

7. 결론 및 추후 연구과제

웹을 이용하여 부품정보를 중개하고 3차원 부품 형상을 협력적으로 조립할 수 있는 프로토타입 시스템을 개발하였다. 이 시스템은 여러 부품공급자의 부품정보를 부품 라이브러리에 저장하여 이 정보를 다수의 제품개발자가 검색할 수 있게 한다. 또한 3차원 부품 형상을 동시에 협력적으로 조작하고 조립 결과를 생성한다. 사용자들은 이러한 협력과정을 통하여 3차원 형상을 포함하는 부품 정보를 실질적이고 편리하게 공유할 수 있다.

이는 웹에서의 공동작업을 위한 기본적 프레임워크(framework)를 제시하고 있다. 이러한 서비스는 부품 생산 및 업무 기능의 분화가 확대되고 광대역 네트워크 환경이 구축됨에 따라 그 효용이 증대될 것이다. 또한 웹에서의 3차원 형상 조작 기술은 멀티미디어 콘텐츠(multimedia contents) 개발, 원격 교육, 의료 정보 전송 등의 분야에도 응용될 수 있다.

추후 연구과제로는 다음과 같은 것들이 있다. 먼저, 본 연구에서 개발한 시스템으로 모델 자체를 수정할 수는 없다. 진정한 의미에서의 네트워크를 이용한 공동작업을 위해서는 동시조작뿐만 아니라 공동모델링 기능이 추가되어야 하며, 이는 매우 중요한 추후연구과제가 될 것이다. 또, 다른 과제로 VRML이 가지는 한계를 지적할 수 있다. VRML 모형은 실행속도를 고려하여 크기를 줄인 근사모형을 사용하므로 모델을 정확히 표현하는 데는 한계가 있으므로 솔리드모델링시스템이 가지는 수준의 정확성을 확보하는 것이 필요하다. 한편 모델이 커지게 되면 전송에 필요한 절대 시간이 증가하고 모델의 조작이 매끄럽지 않게 되는 문제가 발생한다. 앞서

지적한 정확성의 문제와 함께 이 문제를 해결하기 위해서는 고속 네트워크의 실용화가 필요하다.

후 기

이 연구는 정보통신부의 1997년 초고속정보통신 응용기술개발사업의 결과이며, 서울대학교 공학연구소에서 수행한 연구과제입니다.

참고문헌

1. Hartley, J., *Concurrent Engineering*, Productivity Press, Portland, 1992.
2. Hardwick, M. and Bolton, R., "The industrial virtual enterprise", *Communications of the ACM*, Vol. 40, No. 9, p. 59(2), Sep. 1997.
3. 이건우, 컴퓨터그래픽과 CAD, 영지문화사, 서울, 1994.
4. Pesce, M., *VRML browsing & building cyberspace*, New Riders, Indianapolis, 1996.
5. Ames, A.L., Nadeau, D.R. and Moreland, J.L., *VRML 2.0 Source Book*, Wiley, New York, 1997.
6. The VRML Consortium Incorporated, *VRML97 Annex EAI specification*, <http://www.vrml.org/specifications/VRML97>, 1998.
7. Sridharan, P., *Advanced Java Networking*, Prentice Hall, New Jersey, 1997.
8. Stevens, W.R., *UNIX Network Programming*, Prentice Hall, New Jersey, 1991.
9. 이석호, 데이터베이스론, 정익사, 서울, 1992.
10. Dias, J.M., Galli, R., Almeida, A.C., Bello, C.A., Rebordao, J.M., "mWorld: A Multiuser 3D Virtual Environment", *IEEE Computer Graphics and Application*, pp. 55-65, March. 1997.

11. Lamotte, W., Flerackers, E., Reeth, F.V., Earnshaw, R., De Matos, J.M., "Visinet: Collaborative 3D Visualization and VR over ATM Networks", *IEEE Computer Graphics and Application*, pp. 66-73, Mar. 1997.
12. Pang, A. and Wittenbrink, C., "Collaborative 3D Visualization with CSpray," *IEEE Computer Graphics and Application*, pp. 32-41, March. 1997.
13. 김철영, 김남국, 김영호, 강석호, "웹과 STEP을 이용한 제품설계정보 공유시스템", 한국 CAD/CAM 학회 논문집, 제 1권, 제 3호, 1996.
14. 최 영, 양상욱, "STEPShare: 웹 환경에서의 CORBA 기반 3D STEP 브라우저", 한국 CAD/CAM 학회 학술발표회 논문집, pp. 17-23, 1998.
15. 김덕수, 문왕식, 이동규, 장태범, 한성배, 김현, "웹과 STEP 기반 3차원 가상 회의", 한국 CAD/CAM 학회 학술발표회 논문집, pp. 11-16, 1998.



최 영 상

1997년 서울대학교 산업공학과 학사
 1999년 서울대학교 산업공학과 석사
 1999년~현재 삼성전자주식회사 중앙연구소 연구원
 관심분야: 인터넷 응용, 3차원 그래픽스, 객체지향 소프트웨어 모델링, 자바 기반 Embedded System



김 영 호

1985년 서울대학교 산업공학과 학사
 1987년 서울대학교 산업공학과 석사
 1988년~1990년 한국과학기술연구원 연구원
 1993년 North Carolina 주립대 산업공학과 공학박사
 1993년~1995년 전북대학교 산업공학과 전임강사
 1995년~현재 서울대학교 산업공학과 조교수
 관심분야: 정보시스템, 동시공학, 인터넷 응용, Internet 기반 PDM 개발, Workflow 관리 시스템 개발, 의료정보시스템 등