

가상 건축 엔지니어링 응용을 위한 네트워크 공유작업 엔진의 구현

(Implementation of A Networked Collaboration Engine for
Virtual Architectural Engineering Application)

송경준[†] 고동일^{**} 김종성^{**} 맹성현^{***}

(Kyung-Jun Song) (Dong-il Ko) (Jong-sung Kim) (Sung-Hyon Myaeng)

요약 웹의 보급과 이에 따른 인터넷의 폭발적 확산은 컴퓨터와 네트워크를 핵심 매개로 하는 공동작업과 이에 따른 공동 문제해결의 출현을 가능하게 했으며 3차원 그래픽 기술의 발달과 함께 3차원 가상환경을 바탕으로 한 공동작업 응용이 출현하였다. 가상 건축 엔지니어링은 이런 3차원 가상환경 기반 공동작업 응용의 하나로 여러 설계자가 설계한 건축 설계 도면은 가상 공간에서 미리 통합하여 실현함으로써 발생할 수 있는 오류를 사전에 발견하여 인적, 물적, 시간적 낭비를 막는 것은 그 목적으로 한다. 이 논문에서는 가상 건축 엔지니어링 응용을 제작하는데 고려해야 할 문제점을 정의하고 이를 해결하기 위해 구현된 Share 협동작업 엔진에 대해 설명한다. Share 협동작업 엔진은 새로운 Share 분산 네트워크 구조를 제안하여 네트워크 참여 개체를 관리하며 가상공동작업의 3차원 객체의 실시간 동기화 및 지원하며, 파라메터 기반 3차원 가상 객체 표현 기술을 이용하여 네트워크 대역폭 사용을 최소화하여 확장성을 향상시킨다. 또한 본 논문에서는 이를 바탕으로 실제로 제작된 가상 건축 엔지니어링 2000 (VAE2000) 서비스에 대해 설명하며 시뮬레이션과 실제 시연을 통해 이의 유용성을 증명한다.

Abstract Recently, the advent of World-Wide-Web(WWW) and the explosive popularity of the Internet gave birth to collaborative applications which were enabled by computers and networks as their primary media. The progress of 3D computer graphics enabled collaborative applications with 3D virtual environments or distributed virtual environments. In this paper, we explain our implementation of the Share collaboration engine which is for collaboration applications based on a distributed virtual environment. We introduce Virtual Architectural Engineering 2000 (VAE2000) that is our pilot application implemented with the Share collaboration engine. The Share collaboration engine proposes a new Share network architecture for management of participants, and it provides some synchronization methods for 3D objects in virtual collaboration. VAE2000 is an experimental application that tries to prevent wastes of human, material and time resources in networked virtual collaboration.

1. 서론

최근 컴퓨터 시스템과 네트워크의 비약적 발전은 웹

의 보급과 이에 따른 전 세계적인 인터넷의 보급으로 그 절정을 이루고 있다. 이에 컴퓨터 시스템과 네트워크를 정보 교환의 매개 수단으로 하는 컴퓨터 기반 협동작업과 공동 문제해결에 대한 연구도 활성화되고 있다. 초창기의 인터넷은 주로 대학과 연구소등의 학술적인 교류를 목적으로 사용되었으나, 폭발적 사용인구의 증가로 대중화된 지금은 전자우편, 뉴스그룹, 웹 포탈 등의 등장으로 전 세계적인 의사교환과 공동문제해결의 매개체로서의 역할을 하고 있다. 그러나 웹은 원래의 목적이 서로 분산된 문서 정보의 효율적 검색 및 공유였기 때

[†] 정 회 원 : (주)디디알소프트 근무이사

kjsong@ddrsoft.co.kr

^{**} 정 회 원 : 한국전자통신연구원 가상현실연구부 연구원

diko@etri.re.kr

joskim@etri.re.kr

^{***} 송신회원 : 충남대학교 컴퓨터학과 교수

shmyaeng@cs.chungnam.ac.kr

논문접수 : 2001년 4월 11일

심사완료 : 2001년 9월 28일

문에 문서 정보 이외의 다양한 멀티미디어 정보의 이용이나 사용자간의 대화가능성(interactivity)이 부족한 단점이 있어 인터넷을 통한 공동작업의 수행에는 문제가 많았다. 이런 컴퓨터 네트워크의 발달과 더불어 3차원 그래픽 기술의 발달은 네트워크를 통한 3차원 가상 환경 내 다중 사용자간 실시간 데이터 공유 기술의 연구를 촉진하였으며, 이를 일반적으로 분산가상환경(Distributed Virtual Environments: DVE) 칭한다. 분산가상환경이란 “서로 분산되어 있는 여러 사용자들이 네트워크를 통해 공유된 3차원 가상 환경에서 일련의 상호 작용을 가능하게 하는 기반 기술”로 정의할 수 있으며, 군사 시뮬레이션, 가상 교육, 가상 전시장, 게임 등의 다양한 응용 분야를 가지고 있다. 분산가상환경의 3차원 정보 표현 능력과 네트워크를 통한 실시간 상호 작용 특성은 컴퓨터와 네트워크를 매개로 하는 협동 작업과 공동 문제해결에 적합한 면을 많이 가지고 있다. 이런 특성을 바탕으로 분산가상환경을 협동 작업과 공동 문제해결에 적용한 대표적인 예로 One Space [1], FreeWalk [2], PVET(Personalized Virtual Exhibition Tour) [3] 등을 들 수 있다.

One Space는 Hewlett-Packard의 자회사인 Co Create의 솔루션으로 웹을 통한 실시간 공동 엔지니어링 작업 솔루션을 제공한다. One Space에서는 다양한 CAD(Pro/ENGINEER, CATIA, I-DEAS 등)에서 디자인 된 3차원 모델들을 서버의 작업공간에 로드하고 이는 참여자들의 브라우저에 3차원으로 표현되게 된다. 이후 어떤 한 참여자가 모델에 어떤 변경을 가하면 이는 서버에 다시 기록되고 각각의 클라이언트 브라우저의 내용은 갱신이 된다. 서버는 10에서 12명 정도의 동시 참여자를 지원한다. One Space는 제작 작업기간을 혁신적으로 단축시킬 수 없다 하더라도 가상공간상에서의 수정은 얼마든지 손쉽게 이루어질 수 있기 때문에 전체 작업 과정을 크게 단축시키고 비용을 절감시키는 장점을 가지고 있다. FreeWalk는 일상적인 대화와 모임을 가상 공간 내에서 표현한 응용이다. FreeWalk는 일종의 영상 회의 시스템으로도 생각할 수 있으며 각각의 참여자들의 영상은 3차원 가상공간 내에서 피라미드 모양의 폴리곤에 텍스처 매핑 된 형태로 표현된다. 이 사용자 폴리곤의 방향과 상대와의 거리에 따라 보이는 영상과 음성의 크기와 방향이 결정된다. 3차원 가상공간은 실제 세상에서의 FTF(Face To Face)형태의 대화를 가능하게 해 사용자들에게 일상 대화와 같은 편안한 느낌을 줄 수 있다. PVET은 가상 공간을 이용한 가상 전시장 응용을 구현한 것으로 사용자들은 실제 전시회에 다녀

온 뒤 이후 구성된 PVET 시스템 내에서 이전의 전시회의 내용을 볼 수 있으며 각 사용자들의 관심 영역(interest space)을 관리하여 특정 사용자의 관심 내용에 따른 개인화 된 가상환경을 제공한다.

본 논문에서 구현하고자 하는 가상 건축 엔지니어링도 이와 같이 분산가상환경을 협동작업과 공동 문제해결에 적용하려는 응용이다. 현재의 건축 설계 과정은 대부분 CAD(Computer Aided Design) 툴을 이용한 작업으로 이루어지고 있으나, 전체 설계 작업을 한 사람이 하기 힘든 경우가 많아 이를 여러 사람이 분담하여 수행하게 된다. 이 경우 각자 수행한 설계 작업에 전체적인 일관성이 없는 경우가 많다. 실제로 여러 사람이 설계를 수행 할 경우 각각의 도면이 일치하지 않는 경우가 많고, 이들을 교정하는데 설계 작업 과정 중 가장 많은 시간이 소요된다. 여러 사람들이 공동으로 설계 작업을 수행하는 경우의 문제는 비단 설계 작업 자체뿐만 아니라 실제 시공 작업에서도 발생한다. 실제 건축 시공에서 펌프, 파이프 등의 설비 설계는 시공 내용별로 설계도 별도로 이루어지는 경우가 많으며, 이 경우 실제 시공 시에 같은 위치에 서로 다른 장비나 배관들이 고려 없이 위치하게 되어 실제 시공한 뒤에야 충돌을 발견하게 되는 경우가 빈번히 발생한다. 이런 경우 이미 문제를 수정하기에 늦어 결국 기존의 시공을 포기하고 완전히 새로 시공을 해야하는 경우도 빈번히 발생하게 된다. 이는 공사 기간을 지연시키고 전체적인 시공비용을 증가시키는 주된 원인이 된다. 이에 사전에 설계 내용을 3차원 가상 공간 내에 표현하고 문제점을 사전에 발견하여 설계를 수정하는 협동작업을 가능하게 하는 가상 건축 엔지니어링 응용이 필요한 것이다. 그림 [1]

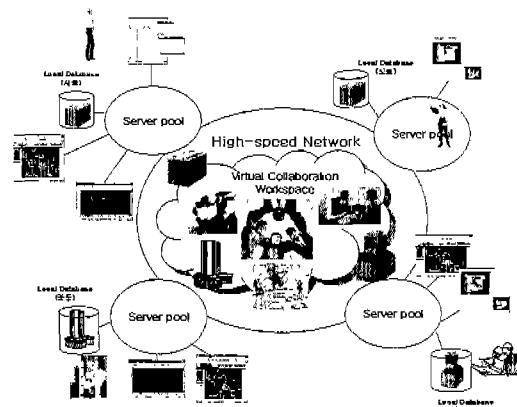


그림 1 가상 건축 엔지니어링의 개념도

은 가상 건축 엔지니어링의 개념을 보여주고 있다.

이후 본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2절에서는 먼저 위와 같은 가상 건축 엔지니어링 응용의 구현에 필요한 문제를 정의하고, 이를 해결하기 위해 제안하는 방법들과 이를 구현한 Share 협동작업 엔진에 대해 살펴본다. 3절에서는 이 Share 협동작업 엔진을 이용해 실제로 구현한 가상 건축 엔지니어링 2000 (VAE2000) 서비스에 대해 살펴본다. 4절에서는 가상 건축 엔지니어링 응용의 문제를 해결하기 위해 제안한 방법들에 대한 검증술 하고, 실제 구현된 VAE2000 서비스의 시연 결과와 이에 따른 토의를 진행하며 마지막으로 5절에서는 결론을 맺는다.

2. 가상 건축 엔지니어링을 위한 Share 협동작업 엔진의 구현

Share 협동작업 엔진은 가상 건축 엔지니어링 응용을 구현하기 위하여 해결해야 하는 문제들을 해결하고 손쉽게 응용 서비스를 구축할 수 있도록 핵심 기능들을 구현해 놓은 분산가상환경 응용을 위한 소프트웨어 프레임워크이다. 본 논문에서는 가상 건축 엔지니어링 응용을 구현하기 위해 해결해야 될 문제를 크게 3가지로 정의한다. 이는 다음과 같다.

- 가상 건축 엔지니어링에 참여하는 참여 개체를 관리하기 위한 네트워크 구조 메커니즘
- 가상 건축 엔지니어링에 사용되는 3차원 객체 데이터의 효율적인 네트워크 전송 방법
- 가상 건축 엔지니어링에 사용되는 3차원 객체 데이터의 네트워크를 통한 공유 및 상태 유지 기법

2.1 가상 건축 엔지니어링 참여객체 네트워크 구조 기술

가상 건축 엔지니어링에는 많은 사용자가 동시에 참여하게 된다. 이 때 각각의 사용자간의 연결을 설정하는 방법과 공유되는 데이터가 존재하는 위치 등이 정해져야 한다. 참여 개체 관리 네트워크 구조 메커니즘은 공유 데이터를 관리하고 참여자간의 연결을 설정하는 기준이 되며, 응용의 확장성과 직결되어 응용에 참가할 수 있는 동시 사용자 수에 큰 영향을 준다. 또한, 이에 따라 응용의 보안, 동기화 구현방법도 크게 달라지게 된다.

가상 건축 엔지니어링의 참여객체 네트워크 구조 기술은 분산가상환경 응용의 네트워크구조(network architecture) 기술로도 간주될 수 있으며, 이는 일반적으로 클라이언트-서버구조(client-server architecture)와 완전분산구조(fully distributed architecture)로 분류

할 수 있다. 클라이언트-서버구조는 중앙집중구조라고도 불리며 가상환경내의 모든 사용자들이 중앙의 서버에 접속을 하여 이를 통해 다른 사용자들과 상호작용을 하며, 사용자들의 모든 데이터는 중앙의 서버에서 관리가 되는 구조이다. 이는 사용자간의 동기화를 구현하기 편리하고, 응용의 구현이 간단하며, 보안 문제를 해결하기가 수월한 이점이 있다. 그러나 클라이언트-서버구조의 가장 큰 단점은 중앙집중에 따른 확장성의 문제로 사용자들의 요청이 중앙의 서버에 집중되기 때문에 서버의 네트워크 대역폭과 서버 시스템의 처리능력에 따라 확장성이 크게 제약되게 된다. 클라이언트-서버구조의 대표적인 예로는 초기의 MUD(Multi-User Dungeon)게임이나, Virtual Teleconferencing System(Vistel)[4]을 들 수 있다.

완전분산구조는 가상환경내의 모든 사용자들이 관심 있는 다른 사용자들과 직접 통신을 하며, 모든 데이터는 분산되어 사용자 시스템에서 스스로 관리하게 된다. 이는 부하가 집중되지 않아 필요한 네트워크 대역폭이 줄고, 확장성이 용이한 면이 있지만, 각 사용자간의 서로 다른 네트워크 지연과 서로 다른 시스템의 성능은 분산 공유객체의 상태 동기화를 어렵게 한다. 또한 각 사용자가 모두 가상 세계에 대한 데이터를 유지하고 있기 때문에 이들의 일관성을 유지하는 것도 문제가 된다. 그러나 완전분산구조는 이런 동기화, 일관성 유지의 어려움에도 불구하고 클라이언트-서버구조가 가지는 확장성 제약 문제에 의하여 WAN(Wide Area Network) 환경의 분산가상환경 연구에서 선호되어왔다. 완전분산구조의 대표적인 예로는 DIS(Distributed Interactive Simulation) [5], MASSIVE(Model, Architecture, and System for Spatial Interaction in Virtual Environments) [6] 등이 있다. 또한 클라이언트-서버구조와 완전분산구조의 장단점을 절충한 혼합구조(hybrid architecture)도 제안되고 있다.

가상 건축 엔지니어링은 데이터의 일관성이 증시되기 때문에 사용자간의 동기화 구현이 가장 중요하다. 하지만 가상 건축 엔지니어링의 사용자의 수가 증가할수록 확장성에 대한 요구도 커지고 네트워크 대역폭의 사용도 증가하게 된다. 또한 가상건축 엔지니어링 사용자들은 지리적으로도 굉장히 멀리 떨어져 있는 경우가 많다. 가상 건축 엔지니어링은 이렇게 클라이언트-서버구조와 완전분산구조의 요구사항을 모두 가지고 있기 때문에 Share 협동작업 엔진은 혼합구조에 기반을 둔 다중-서버 다중-클라이언트 구조의 유연 구조를 갖는 Share 분산 네트워크구조를 제안하고 설계하였다. 그림[2]는

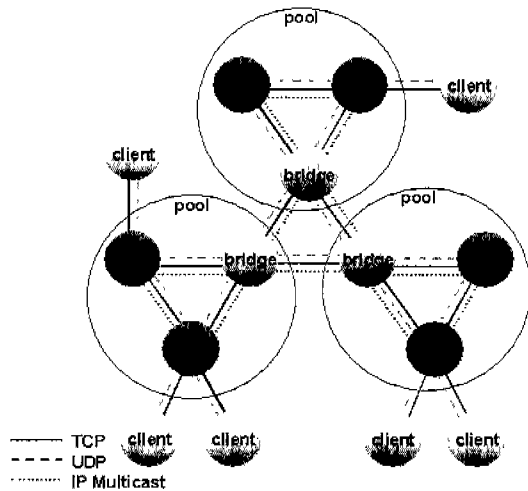


그림 2 Share 분산 네트워크 구조

Share 분산 네트워크구조를 나타내고 있다. 구성 요소로는 각 사용자 혹은 자율성을 가진 에이전트를 나타내는 클라이언트, 클라이언트간의 중재자 역할을 하는 서버가 있으며, 몇 개의 인접한 서버들은 한 그룹으로 묶여 풀(pool)이라는 단위로 관리된다. 각 풀들은 브리지(bridge) 서버라고 불리는 서버들로 연결된다. 이 브리지 서버는 가상환경 관리, 참여자 관리, 위상(topology) 관리 및 협업 관리 등을 담당한다. Share 분산 네트워크구조에서는 소수의 클라이언트들이 각각의 서버에 연결하기 때문에 부하 집중을 방지하게 된다. Share 분산 네트워크구조에서는 서버에 클라이언트를 할당하는 방법으로 공간 근접 방법(spatial proximity method)과 네트워크 근접 방법(network proximity method)을 지원한다. 공간 근접 방법은 가상 공간 내에서 서로 근접한 클라이언트를 같은 서버에 할당하는 방법이고, 네트워크 근접 방법은 네트워크 상에서 가장 응답 시간이 빠른 서버에 클라이언트를 연결하는 방법이다. 이로써 Share 분산 네트워크구조는 사용자 및 가상공간의 규모와 특성에 따라 유연성 있게 서비스를 확장할 수 있도록 했다.

2.2 가상 건축 엔지니어링 3차원 객체 네트워크 전송

가상 건축 엔지니어링 응용에서는 각 건축물에 대한 3차원 모델 객체가 각 사용자간에 공유되어 사용되게 된다. 이 때 3차원 모델 자체를 표현하기 위해서는 엄청난 크기의 데이터가 필요하다. 이를 컴퓨터가 로컬에서 처리할 경우에는 큰 문제가 되지 않을 수 있지만 네트워크를 통해 전송할 시에는 큰 문제가 될 수 있다. 이에

네트워크를 통해 전송되는 3차원 객체 데이터를 최소화할 필요가 있다.

기존의 VRML(Virtual Reality Markup Language) [7]을 사용한 네트워크를 통한 3차원 정보 전달은 3차원 모델 정보에 대한 모든 데이터를 기술한 파일을 자체를 네트워크를 통해 전달하였다. VRML의 기본적인 개념이 간단한 스크립트 언어를 통한 3차원 모델의 디자인이라는 것을 고려할 때 이 방법은 크게 문제가 없을 수도 있었으나, 3차원 모델이라는 데이터 자체가 사람이 간단한 스크립트 언어로서만 작성하기에는 너무나 어려웠기 때문에 대부분의 응용은 VRML을 이용 시 직접 VRML을 이용하여 모델을 기술하기보다는 별도의 3차원 모델링 툴을 이용하고 여기에서 모델링 된 데이터를 다시 VRML로 변환하는 방법을 사용하였다. 하지만 기계적으로 변환된 VRML 파일의 데이터 크기는 조금만 복잡한 모델도 그 파일 크기가 수 메가바이트를 넘어가 네트워크를 통한 전송이 어려웠다.

이에 본 논문에서 구현하고자 하는 가상 건축 엔지니어링 시스템에서는 이렇게 모델 데이터 자체를 전송하는 것을 지양하고, 각 시스템에서 동적으로 3차원 건축 모델을 시각화 할 수 있는 3차원 모델 엔진을 자체적으로 구현 한 후, 이에 필요한 파라미터만을 전송하는 방법을 사용하였다. 예를 들어 건축 설계 시에 하나의 창문을 디자인 할 경우 VRML이라면 각 창문의 모양을 폴리곤들의 집합으로 일일이 정의해야 하지만 가상 건축 엔지니어링에서는 미리 정해진 형태의 창문을 그려주는 모델링 라이브러리를 구축하고 여기에 필요한 파라미터 - 즉 높이, 넓이, 두께, 창문형태 등만을 전송 받는 것이다. 이 경우 VRML은 4018 바이트의 데이터가 소요되었으나, 파라미터 방식으로 전송할 경우 374 바이트가 소요되어 1/10 이상의 네트워크 대역폭이 효율감 효과가 있다고 할 수 있다.

2.3 가상 건축 엔지니어링 공유객체 상태 동기화

가상 건축 엔지니어링에서 사용되는 3차원 객체 데이터는 각 참여자들간에 공유되어야 한다. 여기서 공유라고 함은 객체 자체의 클라이언트에서의 존재 유무만이 아니라 그 객체의 상태 정보가 실시간으로 모든 참여자간에 공유되어야 함을 말한다. 이와 같이 가상 건축 엔지니어링 응용을 구현하기 위해서는 3차원 객체 데이터의 상태를 실시간으로 공유할 수 있는 동기화 메커니즘이 제공되어야 한다.

S. K. Singhal은 분산가상환경에서의 동기화기술을 크게 3가지로 분류하였는데 이는 추정합법(dcadrackoning), 프레임별 갱신(frame rate update), 공유데

이타베이스(shared database) 이다[8]. 추정방법은 각 공유객체들의 상태를 모두 네트워크를 통해 전송하는 것이 아니라, 초기 상태와 미리 정해진 - 또는 동적으로 결정되는 - 알고리즘을 전송하여 각각의 사용자가 상태를 시간의 흐름에 따라 보간(interpolate)하는 방법을 말한다. 일반적으로 가장 낮은 동기화 정도를 가지며, 대신 네트워크의 부하를 줄여 확장성을 확보하기 쉬운 장점이 있다.

프레임별 전송은 가장 기본적인 분산가상환경의 동기화 해결 방법이다. 이는 분산가상환경에서 일어나는 모든 사건 및 상태 변화 등을 가능한 자주 네트워크를 통해 전송하는 것을 말한다. 프레임별 전송에서 동기화 정도는 높은 전송률에 의해 좌우된다. 대표적인 예는 ATR의 Virtual Space Teleconferencing[9]이나 SGI의 Flight Simulator 응용을 들 수 있다. 프레임별 전송은 pingpong 빠른 LAN(Local Area Network)상에서는 효과적일 수 있으나, 인터넷 등의 WAN상에서는 확장성 제약문제 때문에 바람직한 방법은 아니다.

이런 문제를 해결하고 가장 높은 동기화 정도를 제공하기 위한 것이 공유데이터베이스 방법이다. 공유데이터베이스는 현재 대부분의 분산가상환경응용에서 사용되는 방법으로, 가상 세계를 하나의 데이터베이스로 간주하고 이 모든 가상 개체들간의 데이터베이스의 사본을 갖게 유지하려는 것이다. 대표적인 예로는 DIVE[10]나, SPLINE[11]의 world model을 들 수 있다. 이의 구현은 여러 가지 방법이 있을 수 있으나 대부분 갱신하고자 하는 상태 정보에 다른 개체의 접근을 막는 배타적 락킹(locking)기법이 사용된다. 이 락킹 기법은 완전한 동기화를 보장해 줄 수 있으나 락의 설정에 따른 네트워크 부하의 증가와 전체적인 지연의 증가가 문제가 된다.

가상 건축 엔지니어링은 협동작업 결과의 사용자간의 동기가 가장 중요하지만 문이나 벽의 이동의 중간 과정도 전달되어야 협동작업 참여자들에게 더 현실감 있는 가상 작업 공간을 제공할 수 있다. 이에 Share 협동작업 엔진에서는 프레임 별 전송 방법과 공유 데이터베이스 방법을 병행하여 협동 작업의 결과는 공유 데이터베이스 방법으로 동기화하고 중간 과정은 프레임 별 전송 방법으로 전송한다. Share 협동작업 엔진은 SGI 오픈 인벤터로 작성된 모든 신그래프(scene-graph) 데이터의 네트워크를 통한 동기화를 지원하며 이는 다음과 같이 구현된다. 기본적으로 Share 협동작업 엔진은 오픈 인벤터의 'SoSeparator' 노드별로 변화를 파악한다. 신그래프 내의 각각의 SoSeparator 노드별로 객체 식별자를 자동으로 발급하며 이는 각 협동작업 세션 내에서 유일한 식별자

가 된다. 이를 통해 각각의 객체를 인식하며 동기화 메커니즘을 수행하게 된다. 이 때 모든 노드별로 변화를 파악하는 것은 협동작업 엔진의 부하를 급증시킬 뿐만 아니라 응용의 입장에서 의미가 없게 되는 경우가 많다. 예를 들어 단일 오픈 인벤터를 이용하여 '카메라'라는 3차원 모델을 디자인했을 경우 이는 많은 SoSeparator노드를 가지게 되어 렌즈, 셔터 등이 각각의 객체로 인식될 수 있으나, 카메라 전체가 하나의 객체처럼 조작되는 것이 응용에서는 더 의미를 가질 수 있다는 것이다. 이를 위해 Share 협동작업 엔진은 SoSeparator 단위가 아니라 어떤 다른 단위로 객체 식별자를 발급하는 방법도 지원하며 이 단위를 '공유 객체 단위'라고 한다. 각각의 공유 객체 단위의 상태 변화는 Share 협동작업 엔진으로 전달되며 이는 1초당 미리 정해진 회수로 파악되어 네트워크를 통해 자신과 연결된 서버에 전달되게 되고 이는 다시 다른 관련된 클라이언트에게 전달되게 된다. 이 갱신 주기는 별도로 정의할 수 있다.

또한 각 공유 객체 단위별로 연관 관계를 설정할 수도 있다. 이를 통해 가상 건축 엔지니어링 응용에서는 문이나 창문을 특정 벽에 연관시키고 해당 벽이 움직임에 따라 연관된 문이나 창문이 같이 움직이게 하는 기능 등을 구현할 수 있다.

3. 가상건축엔지니어링2000 시스템

분산가상환경기술은 바탕으로 한 가상 건축 엔지니어링 응용의 가능성을 보이기 위함과 동시에 Share 협동작업 엔진을 기반으로 한 파일럿 응용으로서 가상 건축 엔지니어링2000 (Virtual Architectural Engineering 2000: 이후 VAE2000이라 명명함)시스템이 개발되었다. VAE2000은 Share 협동작업 엔진을 바탕으로 만들어졌으며, CAD에서 객체 기반 설계를 가능하게 하는 ADT 확장, 설계 객체 데이터를 저장하고 관리하는 VAE2000

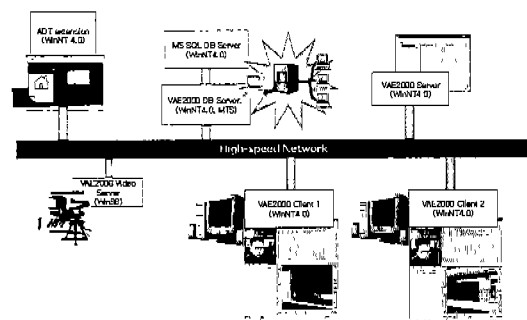


그림 3 VAE2000 시스템의 구성

데이터베이스 서버, 협동작업에 사용되는 비디오를 전송하는 VAE2000 비디오 서버, 서버 역할을 하는 VAE2000 Server와 각 사용자들이 실제로 사용하게 되는 VAE2000 Client로 구성되어 있다. 그림[3]은 각각의 관계를 나타내고 있다.

3.1 ADT확장

AutoCAD ADT(Architectural DeskTop)는 미국 Autodesk사의 AutoCAD를 기반으로 하여 건축분야 설계의 객체화를 가능하게 하는 확장 응용이다. 본 VAE2000시스템의 ADT 확장은 미국적인 ADT의 객체들을 한국적 상황에 맞게 변경한 것이다. 그러나 무엇보다 가장 중요한 기능은 단순히 객체 기반의 설계만이 아니라 각 설계 객체들의 정보를 VAE2000 데이터베이스로 저장하는 기능이다. 일단 데이터베이스에 저장된 이후 각 설계 데이터들은 데이터베이스에서 검색, 갱신, 관리되며, VAE2000 협동작업 서비스만이 아니라 이후 건축 예산, 공정관리 등의 여러 가지 건축 과정의 자동화에 유용하게 사용될 수 있다.

VAE200 시스템의 ADT 확장은 AutoCAD의 C++ 응용 확장 방법 중 하나인 ObjectARX를 이용하여 작성된 일종의 AutoCAD 플러그 인이다. ADT 확장은 각각의 설계를 객체 단위로 가능하게 하고 각각의 객체에 고유한 정보를 저장하는 것을 가능하게 한다. 이 정보는 AutoCAD내에서 커맨드 명령으로 네트워크를 통해 VAE2000 데이터베이스 서버에 저장되게 된다.

3.2 VAE2000 데이터베이스 서버

VAE2000 데이터베이스 서버는 ADT 확장에서 작성된 도면 정보에 담겨 있는 객체 데이터들을 저장하고, 관리하며 검색, 갱신하는 일련의 서비스를 제공한다. VAE2000 데이터베이스 서버는 데이터베이스 관리 시스템(DBMS)으로 마이크로소프트의 SQL Server 7.0을 사용하고 있으며, 실제로 클라이언트가 접근하는 VAE2000 데이터베이스 서비스 모듈은 Windows 2000 기반의 COM+ 컴퍼넌트 응용으로 작성되어 3계층 응용 구조 중 비즈니스 로직으로서의 작업을 수행하게 된다. VAE2000 데이터베이스 서비스 모듈은 ADT 확장으로부터 설계 객체 정보를 받아 데이터베이스로 저장하며, VAE2000 서버와 VAE2000 클라이언트에게 단순한 3차원 설계 객체 정보만이 아니라 각 객체 타입별, 위치별 검색을 가능하게 하며, 건축 공정 관련 정보나 가격과 품량 등의 건축 비즈니스 정보까지 제공한다.

3.3 VAE2000 비디오 서버

Video Database의 정보를 분산 공유 가상 건축 설계 응용이 이용할 수 있도록 네트워크 전송 비디오 스트림

으로 변환하여 제공하는 역할을 수행한다. 파일럿 서비스에서는 H.261 [12] 규격에 따른 RTP(Real-time Transport Protocol) [13] 스트림으로 변환하여 전송하게 된다.

3.4 VAE2000 서버

Share 협동작업 엔진을 바탕으로 만들어진 VAE2000 서버는 인벤터 3차원 객체의 동기화뿐만 아니라 가상 건축 협동작업을 수행하기 위한 작업공간 생성 및 관리, 참여 클라이언트 관리 등을 수행한다. 각각의 클라이언트는 VAE2000 서버는 가상 객체 데이터의 동기화를 유지하게 되는 단위인 작업공간(workspace)을 생성할 수 있으며, 이미 생성된 기존의 작업공간에 참여할 수도 있다. VAE2000 서버는 마이크로소프트 Windows 2000에서 수행되도록 구현되었다.

3.5 VAE2000 클라이언트

역시 Share 협동작업 엔진을 바탕으로 만들어진 VAE2000클라이언트는 실제 가상 건축 협동작업이 이루어지는 응용이다. 각각의 공동 설계 작업 참여자들은 클라이언트를 이용하여 미리 생성된 작업공간에 참여하게 된다. 이 외에 네트워크를 통한 협동작업을 용이하게 하는 많은 기능이 추가되어 있다. VAE2000 클라이언트는 마이크로소프트 Windows 98/2000 상에서 수행되도록 구현되었다.

3.6 VAE2000의 기능

그림[4]는 VAE2000의 서버와 클라이언트의 화면을 보여주고 있다.

3.6.1 3D 가상 설계 객체 공유 기능

VAE2000의 가장 주된 기능으로 VAE2000에서 같은 작업공간에 참여한 클라이언트들은 각각의 '가상 협동작업 창'에 AutoCAD에서 작성된 도면 정보를 3차원 정보로 볼 수 있다. 이 3차원 정보는 하나의 도면만이 아니라 전체의 설계 도면을 통합하여 하나의 완성된 건축 물로서 볼 수 있다. 또한 객체와 도면 작성의 특성을 이

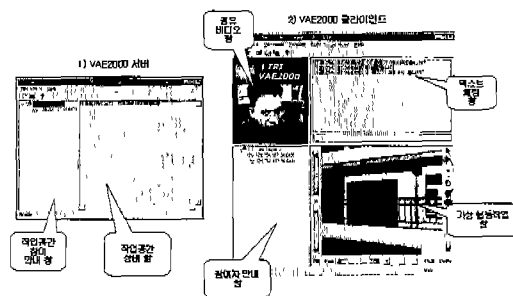


그림 4 VAE2000의 서버와 클라이언트 화면

용하여 특정 층별이나 특정 방별 3차원 정보 검색도 가능하다.

이렇게 참여자 클라이언트들의 협동작업공간 창에 로드된 3차원 정보들은 벽, 창, 문 등의 객체 단위로 확대, 이동 등의 조작을 할 수 있다. Share 협동작업 엔진에서 제공하는 객체 단위별 연관 관계 설정 기능에 따라 창이나 문은 벽을 따라서만 이동하게 하는 등의 응용의 의미에 따른 조작도 가능하게 할 수 있다.

3.6.2 실시간 공동 설계 작업 지원 기능

◆ 3D 가상 설계 비디오 스트림 수신 기능

VAE2000의 참여자들은 각 클라이언트 응용의 '공유 비디오 창'을 통해 협동작업에 유용한 비디오 스트림을 볼 수 있다. 현재는 VAE 비디오 서버가 송신하는 비디오 정보를 같은 작업공간내의 참여자들이 같이 보게 되어 있다. VAE 비디오 서버는 H.261 기반으로 정보를 인코딩하고 이를 RTP 패킷으로 멀티캐스트 전송한다. 공통된 비디오 스트림의 수신은 가상 협동작업에 참여하고 있는 참여자들간에 공통된 사고 정립에 도움을 줄 수 있다.

◆ 3D 가상 공동 설계를 위한 오디오 회의 기능

VAE2000의 참여자들은 오디오 회의를 통해 협동작업에 필요한 의사교환을 할 수 있다. 각각의 참여자들의 발언은 G.723 [14] 기반으로 인코딩 되어 RTP 패킷으로 멀티캐스트 전송된다. 오디오 회의를 통한 의사교환은 의사교환을 원활히 하여 협동작업의 효율을 높일 수 있다.

◆ 3D 가상 건축 설계를 위한 텍스트 채팅기능

오디오 회의는 상대적으로 높은 네트워크 대역폭을 요구한다. 이에 VAE2000은 네트워크 상태가 열악한 상황에서의 의사교환도 가능하게 하기 위해 텍스트 채팅 기능을 지원한다. 또한 텍스트 채팅은 오디오 회의에서는 명확하게 전달하기 힘든 정보를 명확하게 전달할 수 있는 장점을 가지고 있다.

3.7 VAE2000의 응용 시나리오

먼저 VAE2000에서 각 건축 설계자들은 자신이 맡은 부분의 설계를 ADT 확장을 이용하여 작성하게 된다. ADT 확장으로 작성된 도면의 건축 모델들은 모두 객체 기반으로 작성되게 되며 각각에 객체 정보를 할당할 수도 있다. 이렇게 작성된 도면은 ADT 확장에서 바로 네트워크를 통해 VAE 데이터베이스 서버에 저장될 수도 있고, 네트워크에 연결되지 않은 경우 일단 VAE 2000에서 독자적으로 정의한 객체 정보 파일로 출력하여 별도의 과정으로 데이터베이스 서버에 저장될 수 있다.

VAE2000에서 작업 공간을 생성하기 위해서는 VAE2000 서버가 가장 먼저 새로운 작업공간을 생성해야 한다. 일단 VAE2000 서버가 새로운 작업공간을 형성하면 다른 서버들이 이 작업공간에 참여하여 풀(pool)을 형성할 수도 있고, 클라이언트들이 접속하여 가상 작업공간에 참여할 수도 있다. 어떤 클라이언트가 풀 내의 어떤 서버에 연결될지는 Share 협동작업 엔진에서 지원하는 네트워크 근접 방법을 사용하며 이와 동시에 가장 적게 클라이언트가 연결돼 상대적으로 부하가 적은 서버에 연결하는 방법을 병행하여 사용한다.

VAE2000 시스템을 이용하여 가상 건축 공동설계에 참여하려는 사용자는 VAE2000 클라이언트를 이용하여 VAE2000 서버 풀에 접속하게 된다. 사용자가 기존 작업공간에 참여한 요청하면 VAE2000 데이터베이스 서버는 현재 생성되어 있는 작업공간의 목록과 접속 방법을 클라이언트에게 알려주고 클라이언트는 이중 하나를 선택하여 작업공간에 접속하게 된다. 가장 처음 접속한 클라이언트는 마스터 클라이언트가 되어서 설계 가상 건축 협동작업에서 사용하게 될 데이터를 데이터베이스 서버에서 로드(load)해야 한다. 이 경우 특정 건축 프로젝트의 모든 데이터를 로드할 수도 있고, 설계 데이터의 객체화 특성에 따라 특정 층별, 구역별 로드도 가능하다.

이후 다른 클라이언트가 작업공간에 참여하면, 이들은 자동으로 마스터 클라이언트가 로드한 3차원 가상 건축 협동작업 데이터를 전송 받게 된다. 각각의 사용자는 이 3차원 정보에 상태변환, 위치변경 등의 작업을 수행하며 전체적인 설계의 문제점과 개선점을 발견할 수 있다. 사용자들은 VAE2000 비디오 서버가 전송하는 공통된 비디오 스트림을 바탕으로 협동작업에 공통된 의견을 확립할 수 있으며, 오디오 회의와 텍스트 채팅기능을 이용하여 각자의 의견을 다른 사용자들과 토의할 수 있다. 변경된 3차원 가상 건축 협동작업 데이터는 실시간으로 네트워크를 통해 다른 사용자들과 서버에 갱신되게 되며 이는 이후에 다시 데이터베이스 서버를 통해 데이터베이스를 갱신하게 된다.

4. 실험 및 토의

4.1 Share 분산 네트워크 구조의 효용성 검증

가상 건축 엔지니어링의 참여객체 네트워크 구조 기술 문제를 해결하기 위해 구현된 Share 분산 네트워크 구조의 효용성을 검증하기 위해 다음과 같이 시뮬레이션을 수행하였다. 먼저 새롭게 '만족도 시간초과(fidelity timeout)'이라는 파라미터를 정의하였다. 어떤 요청을 클라이언트에서 요청 한 이후 이에 대한 요청이 처리되고

다시 클라이언트에 갱신 사실이 확인되기까지의 시간을 측정하여 일정 기준 시간을 초과하면 이를 만족도 시간 초과라고 정의한다. 이에 따라 만족도 시간초과의 회수가 많다는 것은 그만큼 서비스의 품질이 떨어진다는 것을 의미한다. 본 시뮬레이션에서 클라이언트와 서버는 실제로 구현된 VAE2000 클라이언트와 서버를 사용하였으며 사전에 정의된 상태 변화를 클라이언트 시스템이 자동으로 발생시켜 이에 대한 결과 처리가 요청한 클라이언트에 도착할 때까지의 시간을 측정하였다. 측정은 일반적인 클라이언트-서버 방식으로 연결된 시스템과 Share 네트워크 구조로 두 개의 서버가 존재하는 시스템에서 다섯 개의 서버가 존재하는 시스템까지 모두 5종류의 시스템을 대상으로 측정하였다. 측정 시간은 1분간이었으며 모든 경우에 10번씩의 측정을 하여 평균을 내었다. 만족도 시간초과의 기준은 200ms로 정하였으며 이는 사용자 인터페이스 디자인에서 말하는 일반적인 효율적인 사용자 응답시간의 한계 값이기도 하다.

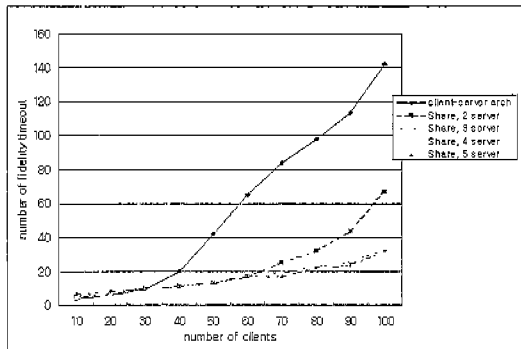


그림 5 Share 분산 네트워크 구조의 효율성 증명

그림[5]은 본 시뮬레이션의 결과를 나타내고 있다. 그림에서와 같이 일반적인 클라이언트 서버 모델의 경우 사용자 수가 증가함에 따라 현저하게 서비스 품질이 하락하는 것을 볼 수 있다. 주목할만한 것은 사용자수가 비교적 적은 경우 - 30명 이하 - 클라이언트 서버 구조의 성능이 조금 더 좋게 나온 것으로 이는 다중 서버 환경 구성 자체의 부하 때문으로 분석된다.

4.2 파라미터 기반 3차원 모델 전송 효율성 검증

네트워크 대역폭 사용을 줄여 확장성을 향상시키기 위한 방법으로 구현된 파라미터 기반 3차원 모델 전송 방식의 효율성을 검증하기 위해 다음과 같이 실험을 하였다. 실험에는 실제 CAD로 작성된 4가지의 복잡도를 가지는 서로 다른 설계 모델을 사용하였으며 각각은

1013, 4824, 6592, 15342개의 폴리곤으로 구성되어 있었다. 먼저 각각의 CAD 모델에서 폴리곤 메쉬(mesh) 데이터를 직접 추출하여 이들의 정보를 데이터베이스에 하나의 큰 이진데이터(BLOB)로 저장 한 후 다시 이를 추출해 내 모델을 구성하는 방법으로 3차원 모델을 클라이언트에서 시각화했다. 그 다음에는 Share 협동작업 엔진에서 사용하는 파라미터 기반 3차원 모델 전송 메커니즘을 이용하여 클라이언트에서 3차원 모델을 시각화하였다. 각각의 경우 클라이언트에서 데이터를 요청한 후 모두 렌더링 될 때까지의 시간을 측정하였다.

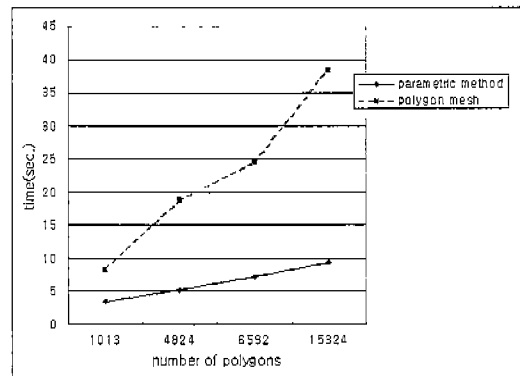


그림 6 파라미터 기반 3차원 모델 전송의 효율성 검증

그림[6]은 본 실험의 결과를 보여주고 있다. 그림에서 볼 수 있듯이 파라미터 기반 방식을 사용한 경우 실제 표현에 걸리는 시간이 굉장히 단축됨을 알 수 있다. 이는 비록 파라미터 기반 방식이 각 클라이언트에서 좀 더 많은 연산을 시스템에 요구할 수 있지만, 네트워크를 통한 전송에 걸리는 시간이 더 큰 병목 점임을 나타내고 있으며, 이는 WAN이나 인터넷 환경에서는 더욱 심화되는 현상일 것이다.

4.3 Share 협동작업 엔진의 갱신 주기 설정에 대한 실험

앞의 2.3 절에서 설명한 것과 같이 Share 협동작업 엔진은 프레임별 갱신 방법과 공유 데이터 베이스 방식을 같이 사용한다. 이 때 새로운 상태를 파악하여 이를 네트워크를 통해 전송하는 주기의 설정이 문제가 된다. 너무 자주 파악하면 네트워크 대역폭과 시스템 자원의 낭비가 될 수 있으며, 너무 가끔 전송하면 사용자로 하여금 변경 내용이 연속되지 않게 보이게 된다. 이의 설정을 위해 다음과 같은 실험을 하였다. 먼저 하나의 서버와 하나의 클라이언트 환경에서 사용자로 하여금 계

속해서 미리 정해 둔 시나리오에 따라 가상 공간 내의 3차원 객체를 이동시키는 작업을 연속해서 시켰다. 이후 갱신 주기를 초당 1회부터 10회 까지 변경해 가면서 사용자가 어색하다고 느끼는 회수를 기록하였다. 개인차를 고려하여 실험은 모두 5명의 서로 다른 실험자가 수행하였으며, 한 명이 하나의 갱신 주기 당 10회의 실험을 수행한 후 평균을 내었다. 실험 결과는 다음의 그림[7]과 같다. 그림에서 볼 수 있는 것과 같이 초당 4회 이상의 갱신은 크게 의미가 없는 것으로 파악되어 Share 협동작업 엔진에서는 초당 4회를 기본적인 갱신 주기로 설정하였다. 하지만 이는 응용의 필요에 따라 재 설정할 수 있도록 하였다.

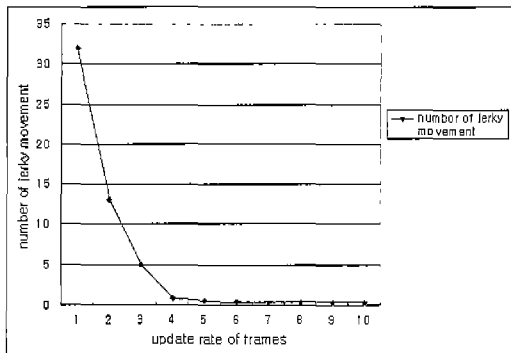


그림 7 상태정보 갱신 주기 설정 실험

4.4 VAE2000 시스템의 실제 시연

2000년 1월에 시행된 실제 실험에서는 5명의 설계 담당자가 실제로 VAE2000을 이용한 협동작업을 수행하였다. 사전에 실시된 확장성 테스트 실험에서는 30명의 사용자가 무리 없이 참여할 수 있음이 증명되었다. 그림 [8]은 이 때의 사진들이다.



그림 8 VAE2000 시스템 시연

실제로 참여한 설계 작업자들은 대체로 시스템이 공동 설계를 통한 문제 해결에 도움이 되었다고 진술하였다. 특히 건축 설계 과정중 층과 층 사이의 계단의 위치의 불일치와 벽의 마무리 부분의 불일치가 3차원으로 통합되어 정보가 표현됨으로서 쉽게 드러났다. 한 참여자는 현재 VAE2000은 건축 공동 설계만 구현이 되어 있으나 실제로 충돌과 오류가 발생하기 쉬운 배관 배선 등을 다루는 설비, 전기 분야에 적용이 되면 작업 과정상의 큰 오류를 사전에 발견하여 건설 효율을 높이는 데 크게 기여할 것으로 기대했다.

하지만 문제점도 많이 지적되었는데 가장 주목할 만한 것은 3차원으로 표현되는 건축 구조물에서 특정 위치를 찾아보는 것이 너무 어렵다는 지적이었다. 현재 VAE2000에서는 시점 변경 방법으로 분산가상환경 응용에서 일반적으로 흔히 사용되는 마우스조작에 따른 네비게이션(navigation) 방법을 이용한다. 대부분의 사용자가 가상 건축물 사이를 네비게이션 하며 오류를 발견하는 것에 대해 어렵다는 의견을 제시했다. 한 참여자는 2차원 도면을 일종의 맵으로 제시하고 이 2차원 맵의 특정부분을 클릭 하면 3차원 시점을 그곳으로 이동시키는 등의 방법이 필요하다고 제안했다. 대부분의 가상현실 응용에서 네비게이션에 의한 시점이동을 지원하지 않지만 이와 같이 어떤 3차원 모델을 대상으로 한 협동작업 응용에서는 중요한 점이 가상환경이 아니라 3차원으로 표현된 데이터 자체이기 때문에 이를 효율적으로 접근, 조작하기 위한 새로운 인터페이스의 개발이 필요함을 확인할 수 있었다.

5. 결론

본 논문에서는 네트워크를 통한 3차원 가상환경 기반 협동작업 응용을 개발하기 위한 기술적 문제와 이를 위해 개발된 Share 협동작업 엔진을 설명하고, 이를 이용하여 구현된 가상 건축 엔지니어링2000(VAE2000) 서비스에 대해 설명하였다.

Share 협동작업 엔진은 네트워크를 통한 가상 협동작업을 위해 필요한 참여개체들의 네트워크 구조 기술을 위해 Share 분산 네트워크 구조를 제안하고 구현하였으며, 이는 클라이언트, 서버, 서버 풀과 브리지 서버 등의 연결을 통한 분산 네트워크 구조와 함께 공간 근접 방법과 네트워크 근접 방법을 통한 서버의 부한 분산을 가능하게 하였다. 또한 가상협동작업을 위한 분산가상환경내의 고유객체들의 상태를 일치시키는 동기화기술을 위해 SGI 오픈 인벤터 신그래프를 기반으로 한 네트워크 신그래프 공유기술을 개발하였고 이를 프레임별 전

송 방법과 공유데이터베이스 방법을 병행하여 네트워크를 통한 실시간 동기화를 가능하게 하였다. 이와 함께 파라미터 기반 3차원 모델 전송 기법을 구현하여 네트워크를 통해 전송되는 3차원 모델 데이터의 크기를 극소화하여 확장성을 높였다.

이를 이용한 가상건축엔지니어링2000 서비스에서는 건축 설계 단계에서의 설계 객체화와 이를 바탕으로 한 객체기반의 3차원 가상환경 협동작업 응용을 제공하여 설계 오류의 조기 발견에 따른 건축공정상의 인적, 물적, 시간적 자원의 절약을 가능하게 할 수 있는 가능성을 보였다.

향후 VAE2000의 발전 방향은 다음과 같다. 현재의 Share 협동작업 엔진은 LAN환경에서는 적합하지만 WAN이나 인터넷 환경에는 사용하기가 무리가 있는 면이 발견되었다. 이에 앞으로 Share 협동작업 엔진을 인터넷 기반으로 확장하는 프로젝트가 진행중이며 이에 따라 새롭게 구현되는 인터넷 기반 협동작업 엔진은 'SHINE(SHared INternet Environment)로 명명되었다. SHINE에서는 인터넷 기반을 목표로 한 멀티캐스트 기반 정보 전송 프로토콜의 개발, XML을 기반으로 한 가상객체 정보 표현 기술, 웹 기반 협동작업 클라이언트의 개발을 목표로 하고 있다.

참 고 문 헌

[1] C. Mannor, "Behind the Scenes of Web 3D," 3D Magazine, Special Issues of Spring, pp. 17-28, CMP Press, 2000.

[2] H. Nakanishi, C. Yoshida, T. Nishimura and T. Ishida, "FreeWalk: A 3D Virtual Space for Causal Meetings," IEEE Multimedia, pp. 20-28, April-June, 1999.

[3] D. Ko, Y. Sumi, Y. Choi and K. Mase, "Personalized Virtual Exhibition Tour(PVET): An Experiment for Internet Collaboration," IEEE SMC, No.4, pp. 25-29, Tokyo, Japan, 1999.

[4] J. Ohya et al., "Real-time Reproduction of 3D Human Images in Virtual Space Teleconferencing," Proceedings of VRAIS 93, pp. 408-414, IEEE Press, Piscataway, NJ., 1993.

[5] M. R. Macedonia et al. "NPSNET: A Network Software Architecture for Large-Scale Virtual Environment," Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 3(4), Fall, 1994.

[6] C. Greenhalgh and S. Benford, "MASSIVE: A Collaborative Virtual Environment for Teleconferencing," ACM Trans. Computer-Human Interaction, Vol.2, No.3, pp.239-261, 1995.

[7] A. L. Ames, D. R. Nadeau and J. L. Moreland, "VRML 2.0 Source Book," John Wiley & Sons Inc., 2nd Edition, 1997.

[8] S. K. Singhal, "Effective Remote Modeling in Large-Scale Distributed Simulation and Visualization Environments," Ph.D Paper of Stanford Univ., August, 1996.

[9] Nagashima et al., "3D Face Model Reproduction Method Using Multi View Images," Visual Communications Image Processing '91, pp. 566-573, Boston, Massachusetts, November., 1991.

[10] O. Hagsand, "Interactive Multiuser VEs in the DIVE System," IEEE Multimedia, pp. 30-30, Spring, 1996.

[11] D. B. Anderson et al., "Building Multiuser Interactive Multimedia Environments at MERL," IEEE Multimedia, pp. 77-82, Winter, 1995

[12] T. Turetti and C. Huitema, "RTP Payload Format for H.261 Video Streams," RFC 2032, October, 1996.

[13] H. Schulzrinne, S. Cansner, R. Fredrick, V. Jacobson, "RTP: A Transport Protocol for Real Time Applications," RFC 1889, 1996.

[14] "Recommendation G.723.1 - Dual rate speech coder for multimedia communications transmitting at 5.3 and 6.3 kbit/s," ITU, Standard, March, 1996.



송 경 준
 1982년 명지대학교 전자공학과 학사.
 1984년 명지대학교 전자공학과 석사.
 1997년 ~ 현재 충남대학교 컴퓨터공학과 박사과정. 1982년 ~ 1984 명지대학교 전자공학과/전자계산학과 실용조교.
 1984년 대한공업전문대학, 인천전문대학 강사. 1985년 ~ 2000년 한국전자통신연구원 입체정보연구팀 팀장. 2000년 ~ 현재 ㈜디디알소프트 전무이사. 관심분야 가상현실, 가상엔지니어링, 정보시각화, HCI, 멀티미디어



고 동 일
 1997년 서울대학교 컴퓨터공학과 (학사).
 1999년 서울대학교 컴퓨터공학과 (석사).
 1999년 ~ 현재 한국전자통신연구원 연구원. 관심분야 분산가상현실, 온라인 게임, 멀티미디어



김 중 성

1989년 경북대학교 전자공학과 (학사).
 1991년 한국과학기술원(KAIST) 전기
 및 전자 공학과 (석사). 1996년 한국과학
 기술원(KAIST) 전기 및 전자 공학과
 (박사). 1997년 ~ 현재 한국전자통신연
 구원 선임연구원 3차원협동공간연구팀

팀장



맹 성 현

1983년 미국 캘리포니아 주립대학 학사
 1985년 미국 Southern Methodist
 University (SMU) 석사. 1987년 미국
 Southern Methodist University (SMU)
 박사. 1987년 ~ 1988년 미국 Temple
 University 교수. 1988년 ~ 1994년 미
 국 Syracuse University 교수. 1994년 ~ 현재 충남대학교
 컴퓨터공학과 교수. 관심분야는 정보검색, 자연어처리, 디지
 털도서관, 정보시각화