

# 다중 사용자의 공동 작업을 위한 3차원 가상 환경 기반 설계 및 구현

김종석, 이진상, 최윤철  
연세대학교 컴퓨터과학과

## Design and Implementation of A 3D Virtual Environment Engine for Collaboration

Jongseok Kim, Jinsang Lee, Yoonchul Choy  
Dept. of Computer Science, Yonsei Univ.

E-mail : jongdori@hotmail.com gr20000@rainbow.yonsei.ac.kr, ycchoy@rainbow.yonsei.ac.kr

### 요 약

본 논문에서는 다중 사용자 간의 상호 작용과 공동 작업을 가능하게 하는 3차원 그래픽 기반의 가상 현실 시스템 모듈의 설계에 관하여 제안하였다. 본 논문에서 제안하는 시스템은 3차원 가상 공간을 기반으로 하여 네트워크를 통한 다중 사용자의 참여와 참여자 간의 인터랙션을 가능하게 하는 기반 시스템이라고 할 수 있다. 본 시스템은 클라이언트-서버 모델을 기본으로 하여 구성되었으며, 인증/보안, 분산 처리, 데이터베이스, 객체와 지역관리, 전송 데이터 압축, 동적인 Scene Graph 구성 등 여러 가지 세부 모듈이 복합적으로 사용 되었다.

개발된 시스템은 3차원 가상 공간 상에서 자신의 아바타를 자유롭게 조작, 네비게이션 할 수 있으며, 다른 사용자들의 움직임을 실시간으로 관찰할 수 있다. 향후, 시스템에 여러 가지 모듈을 추가하여 확장하게 되면 교육, 다중 사용자들의 공동 작업, 게임, 3차원 기반의 커뮤니티 형성 등 다양한 분야에 응용될 수 있을 것이다.

### 1. 서론

#### 1.1 연구 배경

최근 몇 년간 데스크 탑 PC의 성능 향상으로 게임을 비롯한 그래픽 응용 분야에서 3D 그래픽의 사용이 보편화 되고 있다. 그에 따라 사용자들의 요구도 기존의 2D 그래픽에서 좀 더 현실감 높은 3D 그래픽으로 변하고 있다. 또한 네트워크 인프라의 확충

으로 인터넷 기반의 다중 사용자가 동시에 참여할 수 있는 시스템이 널리 이용되고 있다. 이러한 특징을 고려하여 다중 사용자가 참여할 수 있는 3D 기반의 가상 공간을 설계 및 개발하는 것이 이번 연구의 목표라고 할 수 있다.

몇 가지 조사 결과, 웹 기반의 실시간 다중 사용자 시스템의 상용화 및 개발 사례는 그다지 많지 않다는 것을 알 수 있었다. 이러한 배경을 가지고 이번

연구에서는 다중 사용자간의 상호 작용이 가능한 클라이언트-서버 구조의 가상 현실 엔진 모듈을 설계하고 개발하였다.

다중 사용자간의 상호작용이 가능한 시스템이 갖추어 지게 되면 교육, 원거리 사용자들간의 협동 작업, 가상 공간에서의 사용자간 커뮤니티 형성 등 다양한 분야에 적용이 가능하며 앞으로 활용도가 높을 것으로 예상된다. 또한 이것을 기반으로 하여 관련된 다양한 연구 분야를 창출 할 수 있을 것이다.

### 1.2 관련 연구 분석

#### JackMOO

1998년 Pennsylvania University에서 개발된 시스템으로 교육적인 훈련을 위한 목적으로 개발되었다. 다중 사용자를 지원하는 분산 구조의 가상 환경이며, 자바 애플릿 형태로 넷스케이프 브라우저에서 동작한다. 이 시스템의 특징은 기존의 가상 현실의 모델과 달리 높은 현실감을 제공하고 교육, 협동작업 등의 시나리오 기반의 가상 환경이라는 것이다. 또한 다양한 행위와 모션을 가지는 아바타의 등장과 참여자간의 실시간 인터랙션으로 사용자들의 몰입감을 높여 준다.

#### Shared web

1998년 Tamkang University에서 개발된 시스템으로 기존의 VRML의 단점인 다중 사용자간의 인터랙션 기능을 추가한 3D Web Browsing System이다. 이 시스템의 특징은 기존의 VRML 브라우저와 달리 웹 문서와 3D Display를 한 화면에 통합하여 웹에서의 접근이 용이하도록 하였다. 3D Display, Chatting, Homepage의 기능을 통합하여 사용자의 다양한 요구를 수용할 수 있고, 사용자-사용자, 서버-사용자의 상호작용으로 사용자의 만족도를 높일 수 있다.

또한 쇼핑물, 사무실, 스포츠공간 등의 다양한 가상 환경의 제공으로 특정 주제에 관심이 있는 사용자들 간에 커뮤니케이션 기능을 향상시킨 것이 특징이다. Microsoft Visual C++ 4.0으로 개발되었고 Stand Alone과 플러그인 형태로 웹 브라우저에 포함되어 사용하는 두 가지 방식을 모두 지원한다.

#### Hotel Browsing System

2000년 Bristol University에서 개발된 시스템으로 호텔의 홍보 효과를 높이기 위한 웹 기반의 3D Hotel Browsing System이다. Java3D 모듈과 VRML 파일 로더를 이용하여 개발하였으며, 프로토타입으로 웹을 고려하지 않고 어플리케이션 형태로 구성되었다. 이 시스템의 특징은 웹 표준 언어로 자리잡고 있는 자바와 자바3D, VRML을 이용하여 구현하였다는 것이다. 다중 사용자의 실시간 요청에 의한 동적인 Scene Graph의 변화, 관찰 시점의 자유로운 이동으로 사용자의 만족도를 높이며 그에 따른 높은 홍보 효과를 보여준다. 애플릿 형태로 전환하게 되면 웹과의 연동이 가능하게 되어 해당 호텔의 웹 페이지에 삽입되어 사용될 수 있다.

### 1.3 기대 효과

이번 연구와 시스템의 개발에 따른 몇 가지 기대효과를 살펴보면 다음과 같다. 텍스트와 2D 그래픽 위주의 인터넷 환경에서 3D 그래픽 기반의 현실감 있는 상호 작용이 가능해 지게 된다. 또한 단순한 채팅을 통한 사용자간의 인터랙션이 아닌 자신을 대리하는 3차원 아바타의 등장으로 몰입감을 높여줄 것이다.

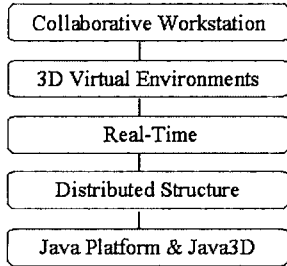
교육이나 다중 사용자의 협동작업 등 여러 분야에 응용될 수 있으며, 실시간 VR 엔진의 개발에 기반하여 다양한 응용 분야를 창출할 수 있게 된다. 또한 수준 높은 결과물과 그것의 검증이 이루어 지게 되면, 그에 따른 연구의 질 향상과 축적된 노하우로 연구의 질을 높일 수 있는 계기가 마련될 것이라고 보여진다.

## 2. 3D Virtual Environment Engine for Collaboration

### 2.1 시스템 특성

본 시스템은 3차원 가상 공간에서의 사용자간 협동 작업을 가능하게 해 주는 기반 시스템이다. 오브젝트의 동작이나 특정 작업은 서버-클라이언트 기반으로 모두 실시간에 처리 된다. 또한 다중 사용자의 접속에 따른 서버의 부하를 감소시키기 위하여

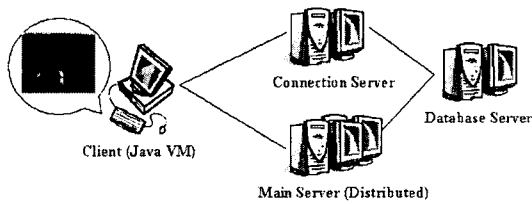
분산 서버의 구조로 설계하였다. 시스템 구현에 사용한 틀은 클라이언트-서버 모델의 인터넷 환경에 가장 적합한 자바 플랫폼을 기반으로 하였으며, 3D 디스플레이를 위하여 자바3D 모듈을 사용하였다.



[그림1] 시스템의 특성

2.2 시스템 구조

전체적인 시스템은 객체 지향을 기반으로 설계되었으며, 클라이언트-서버 구조로 구성되어 있다. 서버는 Connection Server, Database Server, Main Server로 분리되어 특정 작업을 수행하게 되며, Main Server는 다중 사용자에게 따른 과부하를 막기 위하여 분산되어 운영된다. 클라이언트에서는 주로 3D 장면을 디스플레이 하는 작업을 처리하며, 서버의 신호에 따라 동적으로 Scene Graph를 변화시켜 화면에 보여주게 된다.



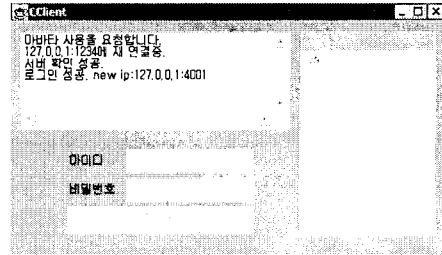
[그림2] 전체 시스템의 구성

2.3 시스템의 환경

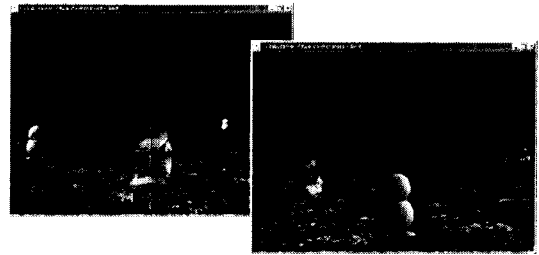
본 시스템은 MS Window2000 환경에서 JDK 1.3.1, Java3D 1.2.1 beta를 이용하여 구현하였다. 데이터베이스로는 ODBC-MS Access를 사용하였고, Java와 데이터베이스와의 연동을 위하여 JDK에서 제공되는 JDBC-ODBC Bridge 드라이버를 사용하였다. 3D 월드 상에서 다양한 Object를 표현하기 위하여 Java3D에서 제

공하는 프리미티브 기하 도형 클래스 이외에 3DS, OBJ, WRL 파일들을 추가적으로 사용하여 현실감 있는 Object를 표현했다. 이와 같은 파일들을 Java3D에서 로딩할 수 있도록 NCSA 파일 로더를 이용하였다.

시스템은 크게 로그인과 자신의 보유 아바타를 볼 수 있는 윈도우와 3D 화면을 디스플레이하는 윈도우로 이루어져 있다.



[그림3] 로그인/아바타 선택 윈도우의 실행



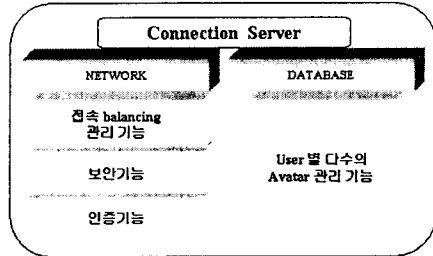
[그림4] 3D 디스플레이 윈도우의 실행

사용자는 먼저 로그인 윈도우를 이용하여 서버에 접속하게 되고 사용자 인증 과정이 끝나게 되면 자동으로 3D 디스플레이 윈도우가 실행 된다. 3D 디스플레이 윈도우 상에서 사용자는 마우스나 키보드로 자신의 아바타를 조작할 수 있고, 3D 가상 공간을 자유롭게 네비게이션 할 수 있다. 또한 다른 사용자의 움직임이나 기타 동적인 Object들의 움직임을 실시간으로 관찰할 수 있다.

3. 각 부문별 세부 구조

3.1 Connection Server

Connection Server는 클라이언트와 Main Server를 연결 해주는 서버로 접속 밸런싱 관리 모듈, 사용자 인증/보안 모듈, User별 아바타 관리 모듈로 구성되어 있다.



[그림5] Connection Server의 구조

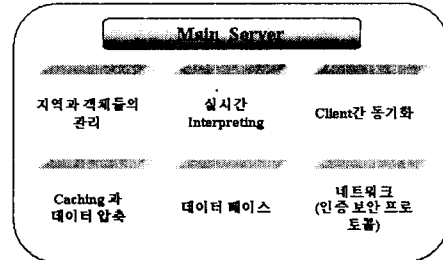
접속 밸런싱 모듈은 접속을 시도한 클라이언트를 분산된 Main Server 중에서 가장 접속량이 적은 서버로 유도 한다. 새로운 클라이언트가 접속을 시도하게 되면, Connection Server는 DB를 검색하여 접속량이 가장 적은 서버로 Client를 연결하고 Client와의 접속을 해제한다.

사용자 인증/보안 모듈은 서버로의 접속을 시도한 사용자가 서버에 등록된 사용자인지를 검사하는 작업을 한다. 일반적인 인증 작업과 달리 패스워드 이외에 인증 키를 사용하여 보안을 강화하게 된다. 서버와 클라이언트에 인증 키를 나눠 주고 다시 매칭시키는 방식을 사용하기 때문에 Connection Server를 거치지 않고 바로 Main Server로의 접속이 불가능하게 된다. 따라서 비인가된 사용자의 접근을 막을 수 있다.

User별 다수의 아바타 관리 모듈은 한 명의 사용자가 자신을 대리하는 여러 개의 아바타를 보유하고 관리하는 작업을 한다. 사용자는 여러 개의 아바타를 통해 다른 모습으로 3D 월드에 접속할 수 있으며, 각각의 아바타들은 고유한 특징을 가진다. 향후 웹과의 연동이 이루어지게 되면, 3D 월드에 접속하지 않고 웹에서 직접 아바타들을 관리할 수 있게 된다.

### 3.2 Main Server

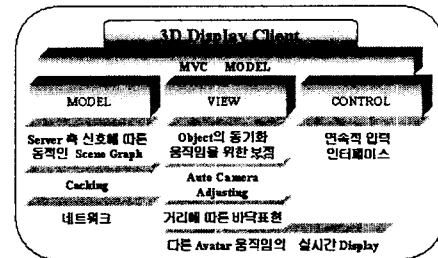
Main Server는 3D 월드와 클라이언트를 전체적으로 관리하는 모듈로서 이번 시스템에서 가장 중심이 되는 부분이다. Main Server는 크게 지역과 객체들의 관리, 실시간 Interpreting, Client간 동기화, Caching과 동기화, 데이터베이스, 네트워크 인증/보안 프로토콜로 구성되어 있다.



[그림6] Main Server의 구조

### 3.3 3D Display Client

3D Display Client는 서버측에서 전송된 신호를 받아 동적으로 Scene Graph를 변경시키고 Display하는 작업을 처리 한다. 클라이언트의 전체적인 구성은 MVC(Model View Control) 모델을 기반으로 구성하였다. 실제 작업이 일어나는 Model 부분과 Display를 위한 View, 사용자의 입력을 받는 Control 부분으로 완벽하게 모듈화를 하였다. 따라서 향후 디버깅 작업 및 새로운 기능이 추가될 경우 여러 가지 이점을 가지게 된다.

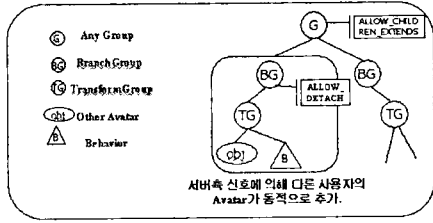


[그림7] 3D Display Client 구조

클라이언트는 크게 세 개의 모듈로 구성되어 있고 각각의 모듈은 독립적인 역할을 한다.

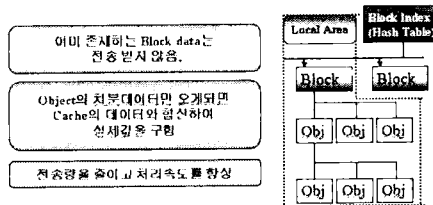
첫째로, 클라이언트 시스템의 전체적인 Model을 처리하는 부분은 동적 Scene Graph 변경, 데이터 Caching, 서버와의 통신을 위한 네트워크 모듈로 구성되어 있다.

Scene Graph 변경 모듈은 사용자의 접속과 해지에 따라 월드와 Object들을 포함하는 전체 Scene Graph를 동적으로 변경하여 실시간으로 화면을 갱신 한다.



[그림8] 동적인 Scene Graph

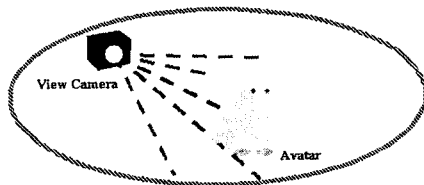
Caching 모듈은 실시간으로 전송되는 데이터의 양을 줄여 클라이언트의 전체적인 처리 속도의 향상을 유도한다. Object가 새로 추가되는 경우, 존재하는 Object의 데이터 변화량이 없는 경우, 존재하는 Object의 데이터 변화량이 있는 경우의 세가지로 분류하여 최소한의 데이터만을 전송 받도록 한다.



[그림9] Caching

두번째로, 화면의 Display와 관련된 View 부분은 Object의 동기화 움직임을 위한 보정, Auto Camera Adjusting, 거리에 따른 바닥의 원근감 표현, 다른 아바타 움직임을 실시간 Display 모듈로 구성되어 있다.

Object의 동기화 움직임을 위한 보정 모듈은 Object의 움직임을 다섯 단계로 나누어 움직임을 표현하게 하고, 각각의 움직임과 사용자의 연속적인 컨트롤과의 관계를 계산하여, Object의 이동 중에 발생할 수 있는 Poping 현상을 없애고 자연스러운 움직임을 표현한다. Auto Camera Adjusting 모듈은 Object의 이동과 동일하게 카메라의 위치를 이동시켜 1인칭 또는 2인칭 시점의 효과를 준다.



[그림10] 카메라 Adjusting

거리에 따른 바닥의 원근감 표현이나 다른 아바타 움직임을 실시간 Display 모듈은 좀 더 현실감 높은 Display를 위하여 부가적으로 사용된 모듈이다.

마지막으로 사용자의 입력을 처리하기 위한 Control 부분은 연속적인 입력 인터페이스 모듈로 구성되어 있다. 입력 인터페이스 모듈을 통해서 키보드나 마우스의 연속적인 입력이 가능하게 되고 Object의 연속적인 움직임을 표현하게 된다.

#### 4. 결론 및 향후 연구과제

본 연구에서는 3차원 가상 공간에서 다중 사용자간의 상호작용과 협동작업을 가능하게 해 주는 기반 시스템을 분석/설계하고 구현해 보았다. 본 연구 결과의 의의는 다음과 같이 요약할 수 있다.

첫째, 네트워크 인프라와 향상된 PC의 성능을 활용하여 다중 사용자가 동시에 사용할 수 있는 3차원 가상 공간을 설계하고 구현 하였다. 이는 기존에 개발된 텍스트와 2D 그래픽 기반의 다중 사용자 시스템에서 보다 사용자의 만족도를 높일 수 있다.

둘째, 이 시스템을 기반으로 게임, 교육 분야, 다중 사용자의 협동 작업, 원격 회의 등 다양한 분야로의 응용이 가능하다. 논문의 서론 부분에서 살펴 보았듯이 교육이나 사용자들의 가상 커뮤니티 형성, 홍보 효과 등에 응용될 수 있음을 알 수 있다.

셋째, Java와 Java3D를 기반으로 설계 되었기 때문에 다양한 플랫폼으로의 이식이 가능하고, 웹과의 연동을 통하여 쉽게 서비스가 이루어 질 수 있다. 따라서 보다 유연성 있는 시스템 모듈로 활용될 수 있다.

현재 개발된 시스템은 클라이언트-서버 구조로 설계되어 3차원 가상 공간에서 다중 사용자들의 움직임을 관찰하고 네비게이션을 할 수 있는 기본적인 기능만이 제공되고 있다. 그러므로 이 시스템을 여러 분야에 응용 하기 위해서는 좀 더 세부적인 기능들이 구현되어야 한다. Object간의 충돌 감지나 다중 사용자들의 인터랙션을 위한 채팅 모듈 등의 개발로 시스템을 확장 시켜 나갈 필요가 있다.

이번 논문에서는 3차원 기반의 다중 사용자 참여와 공동 작업을 위한 엔진의 설계 및 개발을 중심으로 연구하였다. 따라서 특정 분야에 대한 적용이나, 사용자 테스트를 통한 기존의 시스템과의 차이점을 객관적으로 보여주지는 못하였다. 앞으로 사용자 테스트를 통한 시스템의 유효성 검증과 교육 분야나 커뮤니티 등에 응용하여 시스템을 확장시켜 나갈 계획이다.

현재 개발된 시스템의 상태로는 아바타들의 동작에 관한 세밀한 표현이나 Object들의 다양한 애니메이션의 표현이 이루어 지지 않고 있다. 향후 사용자들의 몰입감을 높이고 좀 더 현실감있는 화면을 제공해 주기 위하여 관련 기술들에 대한 연구와 시스템의 전반적인 성능 향상을 위한 연구가 이루어 질 것이다.

#### [참고문헌]

- [1] Jianping Shi, Thomas J. Smith, John P. Granieri and Norman I. Badler. , Smart Avatars in JackMOO, Proceedings of the IEEE Virtual Reality, 1998.
- [2] Jiung-Yao Huang, Chao-Tsou Fang-Tsou, Jia-Lin Chang. , A multiuser 3D Web Browsing system, IEEE Internet Computing, volume 2, 1998.
- [3] D. Ball, M. Mirmehdi. , A Prototype Hotel Browsing System Using Java3D, Proceedings of the 1999 International Conference on Information Visualisation, IEEE, 1999.
- [4] M.C. Schraefel, Janet Ho and Mark Chignell, Michael Milton. , Building Virtual Communities for Research Collaboration, Proceedings of the Acadmia/Industry Working Conference on Research Challenges ( AIWORC'00), IEEE, 2000.
- [5] José Miguel Salles Dias, Ricardo Galli, António Carlos Almeida and Carlos A. C. Belo, José Manuel Rebordão. , mWorld: A Multiuser 3D Virtual Environment, IEEE Computer Graphics and Applications, Vol. 17, No. 2, March - April 1997.
- [6] Runhe Huang and Jianhua Ma, A General Purpose Virtual Collaboration Room, Proceedings of the 5th International Conference on Engineering of Complex Computer Systems, IEEE, 1998.
- [7] F. Pirri, P. Mugnai and P. Bussotti. , A Java Applet-Based Virtual Environment as an Usable Interface to Distributed Services and Collaborative Applications on the Internet, Proceedings of the IEEE International Conference on Multimedia Computing and Systems Volume II, IEEE, 1998.
- [8] M.C. Schraefel, Janet Ho and Mark Chignell, Michael Milton. , Building Virtual Communities for Research Collaboration, Proceedings of the Acadmia/Industry Working Conference on Research Challenges ( AIWORC'00), IEEE, 2000.
- [9] Jauvane C. de Oliveira, Shervin Shirmohammadi, Nicolas D. Georganas. , Collaborative Virtual Environment Standards: A Performance Evaluation Proceedings of the 3rd International Workshop on Distributed Interactive Simulation and Real-Time Applications, IEEE, 1998.
- [10] Igor R. Belousov, JiaCheng Tan and Gordon J. Clapworthy., Teleoperation and Java3D Visualization of a Robot Manipulator over the World Wide Web, Proceedings of the 1999 International Conference on Information Visualization, IEEE.
- [11] John Vince, Rae Earnshaw. , Virtual world on the internet, book, 1999.
- [12] Shervin Shirmohammadi, Nicolas D. Georganas. , An Architecture for Collaboration in Virtual Environments, Proceedings of the IEEE Virtual Reality 2000 Conference, IEEE.
- [13] Jon Barrilleaux, 3D User Interfaces with JAVA3D, Book of Manning, 2000.
- [14] Henry Sowizral, Kevin Rushforth, Michael Deering, The Java3D API Specification Second Edition, Book of Addison-Wesley, 2000.
- [15] Sun Microsystems Corp, <http://java.sun.com>, 2001.
- [16] The Java3D Community, <http://www.j3d.org>, 2000.