

다중사용자 상호작용을 지원하는 PC 기반 가상 환경 설계 및 구현*

이선민*, 김기범**, 김명희**

*이화여자대학교 컴퓨터학과

**이화여자대학교 컴퓨터 그래픽스/가상현실 연구센터

e-mail : {blue, gbkim, mhkim}@ewha.ac.kr

Design and Implementation of a PC-based Virtual Environment Which Supports Multi-User Interaction

Seon-Min Rhee*, Gi-Burn Kim**, Myoung-Hee Kim**

*Dept. of Computer Science & Engineering, Ewha Womans Univ.

**Center for Computer Graphics & Virtual Reality (CCGVR), Ewha Womans Univ.

요 약

개인용 컴퓨터의 성능 및 네트워크 속도 향상에 따라 서로 다른 곳에 위치한 다수의 사용자가 동일한 가상 환경을 공유하면서 협업할 수 있도록 해 주는 가상협업환경을 구축하고자 하는 시도가 늘고 있다. 그러나 기존에는 가상협업환경 자체를 구축하기 위한 연구나 단일 시스템에서 사용자와 가상 객체간의 상호작용을 지원해 줄 수 있는 단일 사용자 인터랙션에 관한 연구가 주를 이루었다. 본 논문에서는 가상협업환경을 보다 효율적으로 이용하기 위하여 다수의 사용자가 동일한 가상 환경에서 인터랙션 할 수 있는 방안을 제시하고 있다. 이를 위해 네트워크로 연결된 공유 가상 환경에서 한 사용자가 발생시키는 이벤트를 상대방의 가상 환경에서도 반영할 수 있도록 해주는 PC 기반 가상 환경을 구축하였다. 구축된 가상 환경에는 다양한 하이라이트 색을 이용하여 상대방의 행위를 알 수 있는 Awareness 기능 및 동일 가상 객체를 조작하고자 할 때 이를 조정하는 Priority 기능을 포함하고 있다.

1. 서론

가상 현실(VR, Virtual Reality) 어플리케이션에서 사용자의 행위를 가상 세계에 반영하기 위해서는 사용자와 가상 객체 간의 보다 효율적인 인터랙션 방법이 전제되어야 한다. 이를 위하여 HMD, 가상워크벤치 같은 몰입 혹은 반몰입형 가상 환경에서 단일사용자의 행위를 가상 세계에 보다 효과적으로 반영하기 위한 다양한 연구가 진행되고 있다. 예를 들어, 새로운 인터랙션 도구를 개발하거나[1,2] 삼차원 인터랙션을 디자인하고 이를 평가하기 위한 방법들[3,4]에 관한 연구가 수행되고 있다. 최근에는 개인용 컴퓨터의 성능 및 네트워크 속도 향상에 따라 지리적으로 떨어져 있는 사용자들이 하나의 가상 환경을 공유하면서 함께

작업할 수 있는 가상협업환경을 구축하고자 하는 시도가 늘고 있다[5]. 이와 같이 두 사람 이상이 공유하고 있는 가상환경 안에서 가상 객체들과 상호작용하기 위해서는 상대방과의 위치 및 행위를 알 수 있도록 해 주는 방안이 마련되어야 한다.

본 논문에서는 공유가상환경에서 여러 사용자가 함께 인터랙션 하기 위해 필요한 요소를 알아보고 이를 기반으로 다중사용자 인터랙션을 수행할 수 있는 PC 기반 가상 환경을 구축하고 실현한 예를 소개한다.

논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서는 관련 연구에 대하여 살펴보고, 3 장에서는 다중사용자 인터랙션에서 고려해 주어야 할 사항에 대하여 기술한다. 4 장에서는 3 장에서 설명한 고려사항을 기반으로 PC 기반 가상 환경에서 두 명의 사용자가 가상 환경을 공

● 본 논문은 부분적으로 정보통신부 대학 IT연구센터(ITRC) 육성·지원사업 및 과학기술부 국가지정연구실(NRL) 사업의 연구결과로 수행되었습니다.

유하면서 인터랙션 하기 위해 구현한 내용 및 실험 결과에 대하여 소개하고, 5 장에서 결론 및 향후 연구 방향에 대하여 논한다.

2. 관련 연구

기존의 인터넷 기반의 웹 3D 컨소시엄으로 가장 많이 알려진 것은 Virtual Reality Markup Language (VRML)[1]이다. VRML 은 클라이언트의 스크립트와 이벤트, 3D 파일 포맷을 기반으로 이루어져 있고 가장 폭넓게 사용되고 있다. 그러나 가상협업을 수행할 수 있는 표준 네트워크 프로토콜이 제대로 구현되어 있지 않다.

온라인 게임은 오늘날 가장 흔히 볼 수 있는 다중 사용자의 가상 환경의 형태이다. Id 소프트웨어 사의 Quake[7]와 Sony 사의 Everquest[8] 는 3 차원상에서 실시간으로 다중 인터랙션이 구현되어 있다. 그러나, 가상세계와 유저가 인터랙션은 불가능하다. Multi-User Dungeon(MUD)[9] 시스템은 사용자가 자유롭게 가상 세계와 인터랙션 할 수 있다. 그러나, 텍스트 기반의 의사교환만이 가능하고 중앙서버에 의존적이다. Distributed Interactive Simulation(DIS)[10]는 미국의 군사 훈련용 시뮬레이션으로 개발되었고, 수백명의 군인들이 시뮬레이션 할 수 있을 정도로 확장성이 뛰어나다. 그러나, 군사용이기 때문에 대부분의 컴포넌트가 공개되어 있지 않고 높은 성능의 네트워크가 요구된다. Deva[11]는 분산가상 환경을 제공하는 서버의 아키텍처이고 가상세계의 객체들을 조작할 수 있다. 그러나, 중앙집중 서버 기반으로 만들어져 있다. The Columbia Object-oriented Testbed for Exploratory Research in Interactive Environments(COTERIE)[13]는 다중사용자의 가상 환경 시스템으로 분산적이며, 객체의 데이터를 복제하고 객체의 상태를 갱신하기 위한 프로토콜을 사용하는 공유 메모리 기반의 시스템이다. 그러나 이러한 시스템에 대한 전반적인 기술에 대해 공개되지 않고 있다. Virtual Object System(VOS)[14]는 COTERIE 와 유사한 시스템이고, 시스템에 대한 전반적인 것이 공개되어 있으나, 시스템의 구축에 초점이 되어 있다.

기존의 논문들은 가상 환경의 구축을 위해 상업적, 군사적으로 대부분 개발되어 세부 기술에 대한 공개가 제대로 이루어지지 않고 있으며, 대학의 연구소에서 개발된 프로토타입 또한 가상 환경의 구축에 대한 연구가 주로 선행되어 있으며, 중앙 서버 중심으로 설계되어 있다. 그러나 본 논문에서는 Peer-To-Peer 방식을 사용하여 분산처리 하도록 있으며, 기존에 가상 환경 구축에 대한 연구 보다는 다중 사용자간의 효율적인 인터랙션 방법에 대해 기술하고 있다.

3. 다중사용자 상호작용을 위한 고려사항

다수의 사용자가 공유가상 환경 내에서 가상 객체와 성공적으로 인터랙션 하기 위해서는 가상 공간 내에 존재하는 상대방의 위치 및 행위를 알 수 있어야 한다(Awareness). 또한 동일한 객체에 다수의 사용자가

접근하여 이와 상호작용 하고자 할 경우, 사용자 간의 우선 순위(Priority)를 정하여 가상 객체에 단일 사용자의 행위만을 반영시키도록 하거나 사용자들의 행위를 사전에 정의된 법칙에 따라 혼합하여 복합 이벤트를 생성함으로써 사용자간의 행위의 충돌을 막을 수 있어야 한다.

사용자의 위치를 알려주기 위한 Awareness 는 마우스와 같은 입력 장치의 위치를 가상 공간 내에 포인터나 아바타 형태로 표현하여 나타낼 수 있다. 또한 상대방에게 자신이 어떤 종류의 인터랙션을 수행하고 있는지 알 수 있도록 해주기 위하여 행위의 종류에 따라 서로 다른 색상의 하이라이트나 텍스처를 해당 객체에 적용시킬 수 있다.

동일한 가상 객체에 접근하고자 하는 다수의 사용자 행위를 처리하는 방법은 크게 두 가지로 나뉘볼 수 있다. 하나는 우선 순위에 따라 해당 사용자의 행위만을 가상 세계에 반영하는 것이며, 다른 한 방법은 여러 사용자의 행위를 통합하여 새로운 이벤트를 발생시켜 이를 가상 객체에 반영하는 것이다. 후자는 Cooperative Interaction [15]으로 분류되기도 하며, 본 논문에서는 우선권을 갖는 단일 사용자의 행위만을 객체 변화에 반영하는 방식을 택하였다.

4. 구현 및 실험

본 장에서는 다중사용자 상호작용을 지원하기 위해 구축한 가상현실 시스템 구조에 대하여 기술한다. 또한 간단한 가상 객체들로 구성된 공유가상 환경에서 두 명의 사용자가 awareness 및 priority 를 제공 받으면서 가상 객체에 대한 인터랙션을 수행한 실험 내용을 소개한다. 사용된 언어 및 그래픽 라이브러리는 C++ 와 OpenGL Performer™ 이며, Pentium PC 2 대 (CPU:1.7GB, RAM:1GB, Graphic Board : ELSA GLRialI-64, 64MB)를 이용하여 실험하였다.

4.1 시스템 구성

다중사용자 인터랙션을 지원하는 비몰입형 가상 환경 시스템은 그림 1 과 같이 가상세계, 인터랙션 핸들러, 네트워크 모듈로 구성된다. 사용자가 발생시킨 이벤트는 네트워크 모듈을 통하여 자신과 상대방의 가상세계에 전달된다.

○ 가상세계(Virtual World)

가상세계를 구성하고 있는 공유가상 객체들의 정보는 OpenGL Performer™ 가 지원하는 장면그래프(Scene Graph) 데이터베이스 형태로 저장되며, 마우스나 키보드와 같은 입력 도구를 이용하여 사용자의 행위를 가상세계에 반영한다. 공유가상 객체들은 사용자가 발생시키는 이벤트에 따라 그림 2 와 같이 프리(free), 포커스(focus), 그랩(grab), 조작(manipulation) 상태를 가질

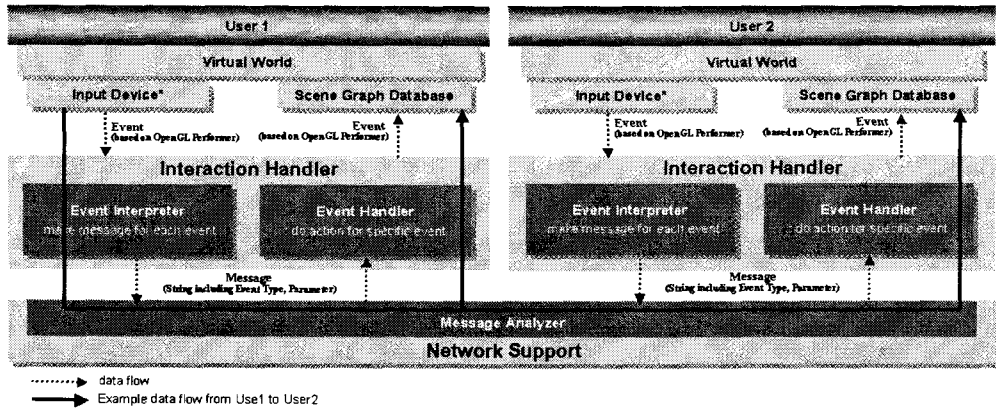


그림 1. 다중사용자 상호작용을 지원하는 PC 기반 가상 환경의 시스템 구성 및 User A 가 발생시킨 이벤트에 따른 데이터 흐름 예

수 있으며, 해당 이벤트를 발생시킨 사용자의 ID 를 알 수 있도록 하였다. 마우스가 가상 객체 위를 지나갈 때는 포커스 이벤트, 객체를 떠날 때에는 포커스 해제 이벤트가 발생한다. 또한 사용자가 가상 객체 상에서 마우스를 클릭 할 때에는 선택 및 선택 해제 이벤트가 발생하며, 가상 객체를 선택하고 난 후 마우스 드래그 등을 통하여 가상 객체의 속성을 변화시키면 조작 및 조작 해제 이벤트가 발생하게 된다. 가상 객체는 발생하는 이벤트에 따라 그림 2 에서 정의된 4 가지 중 하나의 상태로 전환된다.

```
#define mu_pfDCS_STATE_FREE          0
#define mu_pfDCS_STATE_FOCUS        1
#define mu_pfDCS_STATE_GRAB         2
#define mu_pfDCS_STATE_MANIPULATE   3
```

그림 2. 공유가상 객체의 상태(status) 정의

○ 인터랙션 핸들러(Interaction Handler)

사용자의 행위에 따라 발생하는 가상세계의 변화를 네트워크 상에 존재하는 다른 사용자들도 알 수 있도록 하는 기능을 담당한다. 또한 동일한 가상 객체를 동시에 두 사용자가 선택하거나 조작하지 못하도록 조정하여 사용자들의 공유하는 가상세계 간의 일관성(consistency)이 이루어지도록 한다.

- 이벤트 인터프리터: 사용자가 입력장비를 통해 발생시키는 이벤트의 종류에 따라 필요한 정보 및 해당 이벤트 식별자로 구성된 메시지를 생성하고 이를 네트워크 상으로 보낸다. 그림 3 은 이벤트 인터프리터에서 네트워크 모듈로 보내기 위해 생성한 메시지의 구성을 보여준다.

Event Type	User ID	Object ID
------------	---------	-----------

그림 3. 다중사용자 인터랙션에 필요한 메시지 구성

- 이벤트 핸들러: 이벤트 인터프리터에서 전달 받은 메시지를 네트워크의 Analyzer 모듈에서 분석하여 호출 받은 함수를 실행한다. 이 함수에서는 파라미터로 받은 메시지를 이용하여 이벤트 수행 여부를 결정한다.

○ 네트워크 모듈(Network Support)

이벤트 인터프리터로부터 받은 메시지의 Event Type 필드를 이용하여 발생한 이벤트의 종류를 분석하고, 이에 따라 이벤트 핸들러에서 수행해야 할 함수를 호출한다

4.2 Awareness 표현

본 논문에서는 가상 공간 내에서의 사용자 위치를 상대방에게 알려주기 위하여 두 사용자의 입력 장비(마우스)의 위치를 서로 다른 형태의 커서로 표현하였으며, 자신의 커서를 상대방의 커서보다 크게 표현하여 가상세계가 커서에 의해 가려지는 현상을 최소화 하였다.

사용자가 수행하고 있는 행위는 이벤트의 종류에 따라 사전에 정의된 서로 다른 색의 하이라이트를 적용 혹은 해제시킴으로써 상대방이 알 수 있도록 하였다. 예를 들어 표 1 에서 보는 것과 같이 User B 가 가상 객체를 선택하였을 때는 빨간색, 객체를 조작하고 있을 때에는 진한 빨간색으로 하이라이트를 적용시키고, User A 는 화면상에 나타난 하이라이트 색을 관찰함으로써 User B 의 행위를 파악할 수 있다.

표 1. 이벤트의 종류별 Awareness 표현 예 : 서로 다른 하이라이트 색

	User A	User B
Free	No Highlight	No Highlight
Focus	Light Blue	Light Red
Grab	Blue	Red
Manipulate	Strong Blue	Strong Red

4.3 Priority 부여

각 가상 객체는 이벤트를 발생시킨 사용자의 ID 를 기억할 수 있도록 하여 여러 사용자가 동시에 하나의 객체에 접근하고자 할 때 우선순위를 부여할 수 있도록 하였다. 객체의 상태가 Free 일 경우에는 모든 사용자가 객체에 접근할 수 있으며 이 때 가장 먼저 객체에 접근한 사용자에게 우선권이 부여된다. 특정 이벤트가 발생했을 때, 해당 객체의 상태가 Free 가 아닌 경우에는 자신이 우선권을 가지고 있을 경우에만 원하는 인터랙션을 수행할 수 있다.

4.4 실험 및 결과

그림 4는 User A 와 User B 가 공유가상환경 안에서 함께 인터랙션하고 있는 장면을 UserB 의 화면으로 보고 있는 장면이다. 각 사용자의 위치를 나타내기 위하여 서로 다른 형태의 커서를 이용하였으며(User A: 화살표, User B: 삼각뿔), 상대적으로 UserB 의 커서의 크기가 더 큰 것을 확인할 수 있다. User B 는 마우스 클릭을 통하여 가운데에 있는 객체를 선택(Grab)하여 붉은색 하이라이트가 적용되었고 User A 는 오른쪽에 있는 객체를 조작(Manipulate)하고 있기 때문에 진한 파란색으로 하이라이트가 되고 있다.

이와 같이 User B 는 상대방의 마우스 포인터의 위치 및 하이라이트 색깔을 이용하여 공유가상환경 상에서의 User A 의 위치 및 행위를 파악할 수 있다.

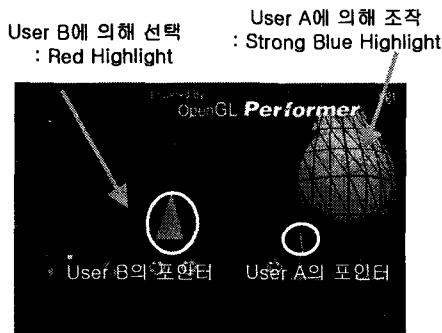


그림 4. 두 사용자가 공유가상환경에서 인터랙션 하고 있는 장면

5. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 두 명의 사용자가 네트워크로 연결된 PC 를 이용하여 서로 공유하고 있는 가상 환경에서 동일한 객체를 대상으로 상호작용이 가능한 공유 가상환경의 기본 구조를 소개하였다. 제안하는 구조에서는 단일사용자 인터랙션이 제공하는 기능 이외에도 Awareness 및 다수의 사용자간의 우선순위(Priority)를 고려할 수 있도록 하여 상대방의 위치 및 행위를 파악하고 사용자간 상호작용의 충돌을 막을 수 있도록 하였다.

향후 연구로는 제안된 구조를 확장하여 CAVE-like 시스템이나 가상워크벤치 등과 같이 서로 다른 형태의 VR 시스템 및 다양한 인터랙션 도구를 연동한 이기종간의 다중 사용자 인터랙션이 가능한 가상협업환경을 구축할 예정이다.

참고문헌

- [1] Bernd Fröhlich, John Plate, "The cubic mouse: a new device for three-dimensional input," in Proc. of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems, 2000, pp 526-531
- [2] Zsolt Szalavári, Michael Gervautz, "Using the Personal Interaction Panel for 3D Interaction," in Proc. of the Conference on Latest Results in Information Technology, Budapest, Hungary, May 1997, pp. 3-6
- [3] Doug A. Bowman, etc al, "3D User Interface Design: Fundamental Techniques, Theory, and Practice," SIGGRAPH 2000 Course Note, 2000
- [4] Doug A. Bowman, Donald B. Johnson and Larry F. Hodges, "Testbed Evaluation of Virtual Environment Interaction Techniques," in Proc. of the ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology, 1999, pp.26-33
- [5] 이종연, 최효식, 조민수, 이상산, 원거리 네트워크 환경에서 CAVE 를 이용한 가상협업환경 설계 및 구현, 한국정보과학회 제 12 회 HCI CG VR DESIGN 학술대회 논문발표집 2, 2003, pp.174-178
- [6] ISO/IEC Joint Technical Committee Information technology Subcommittee 24 Computer graphics, image processing, and The VRML Consortium Inc (<http://www.vrml.org>) with the VRML moderated modeling language," ISO/IEC 14772-1:1997
- [7] ID Software, "Quake," <http://www.idsoftware.com>
- [8] Sony, "Everquest," <http://www.everquest.com>
- [9] P.Curtis and D.A. Nichols, "Muds grow up: Social virtual reality in the real world," in Proc. of the Third International Conference on Cyberspace, May 1993.
- [10] Naval Postgraduate School, "Distributed interactive simulation standard," IEEE Standard 1278.1 (series)
- [11] Steve Pettifer, Jon Cook, James Marsh, and Adrian West, "Deva3: Architecture for a large scale virtual reality system," in Proc. of ACM Symposium in Virtual Reality Software and Technology 2000 (VRST'00), October 2000.
- [12] B MacIntyre and S. Feiner, "Language-level support for exploratory programming of distributed virtual environment," in Proc. of ACM Symposium on User Interface Software and Technology, November 6-8 1996, pp. 83-95
- [13] "VOS", <http://www.interreality.org/>
- [14] Pinho, M., Bowman, D., and Freitas, C. Cooperative Object Manipulation in Immersive Virtual Environments: Framework and Techniques. Proceedings of ACM Virtual Reality Software and Technology, 2002, pp. 171-178