

가상세계 저작도구의 설계 및 구현*

The Design and Implementation of Virtual Reality Authoring Tool

성운재**, 원광연***

Un-Jae Sung, Kwang-Yeon Wohn

Abstract

본 논문은 가상현실 어플리케이션을 제작하기 위한 가상세계 저작도구인 VRAT(Virtual Reality Authoring Tool)의 설계 및 구현에 대해 기술한다. VRAT는 3D desktop, immersive, reflexive metaphor를 지원하며 실시간 3D 센서 시스템과 폴리곤 렌더링 시스템을 기반으로 객체 지향적인 가상현실 운영시스템, 가상세계 데이터베이스, GUI를 통한 저작시스템으로 구성된다. 이들 하부 시스템은 완전히 결합되어 있어서 VRAT시스템을 사용한 응용프로그램의 수행중에 기존의 3D CAD 시스템등에서 제작한 모델을 가상세계내에 배치하고 이들에 행위양식을 부여하는 태스크를 지정하거나 입력장치인 센서를 모델이나 시점에 연결하여 조종하는 것이 가능하다. 제안된 시스템은 범용성과 이식성을 고려하여 UNIX와 X-Window 시스템을 기반으로 X11, GL, PIXRECT, VGA 그래픽 하부 시스템과 SGI, SUN, HP 등의 워크스테이션과 PC 상에서 구현되었다.

1. 서 론

가상현실감(Virtual Reality, 이하 VR)이란 3차원 컴퓨터 인터페이스를 이용하여 사용자의 몸짓과 음성등을 감지하여 사용자의 의도를 추출하고 이에 따라 적절한 응답을 음성, 음향, 영상등으로 출력하여 사용자로 하여금 컴퓨터가 생성하는 가상환경을 직접 체험하게끔 하는 제안기술을 가리킨다[2][4][10].

VR시스템은 PC 부터 슈퍼 컴퓨터에 이르기까지 여러

형태의 하드웨어에서 구현되고 있으며 그 metaphor 역시 desktop, immersive, reflexive 등의 여러형태로 존재할 수 있다[1][2][3][4][5][6][7][8][9][11]. 그러나 시스템의 종류나 사용되는 metaphor에 관계없이 대부분의 단일 사용자 VR시스템은 <그림 1>과 같은 구조를 가지며 다음과 같이 몇개의 주요 구성성분으로 이루어진다.

- 센서시스템 : 사용자의 위치, 동작, 음성, 표정, 제스처 등을 입력받는다.
- 감각정보 생성시스템 : 가상환경을 사용자에게 제공

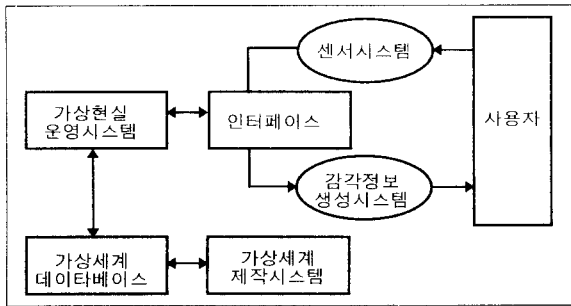
* 본 연구의 일부는 삼성전자, 한국통신, 과학재단, 한국과학기술원 인공지능연구센터의 연구비 지원에 의하여 이루어 졌음.

** 한국과학기술원 전산학과 / 인공지능 연구센터

*** 한국과학기술원 전산학과 / 인공지능 연구센터, 종신회원

해준다. 시각, 청각, 촉각, 힘 등을 3차원적으로 디스플레이한다.

- 인터페이스 : 센서시스템으로부터 들어오는 사용자에 관한 정보를 처리하고 해석하여 사용자의 의사와 의도를 추출한다.
- 가상현실 운영시스템 : 가상세계 데이터베이스로부터 현재 관심대상이 되는 가상세계를 추출하여 운영한다.
- 가상세계 데이터베이스 : 가상물체, 에이전트, 환경에 관한 모든 정보를 지닌다.
- 가상세계 제작시스템 : 가상세계 데이터베이스를 구축하는데 사용된다. VR시스템과 독립적으로 운영될 수 있다.



(그림 1) 단일 사용자 VR시스템의 구성도

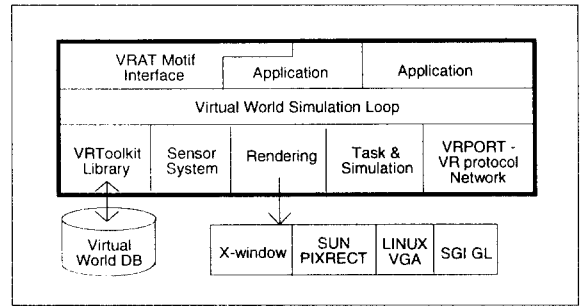
좁은 의미에서 저작시스템 혹은 저작도구나 함은 앞서 나타낸 모듈 중 “가상세계 제작시스템”만을 칭한다. 반면 본 논문에서 언급하는 저작도구나 함은 가상세계 제작시스템에 가상세계 데이터베이스와 가상현실 운영시스템 그리고 인터페이스 등이 포함된 형태를 말한다. 결국 가상현실 시스템에서 하드웨어를 제외한 소프트웨어 전부를 지칭한다.

가상현실 저작도구는 가상현실 응용개발자가 3D 그래픽스, 3D 애니메이션, 시물레이션, 네트워크, 3D 입력장치 등에 대한 전문지식없이 가상세계를 제작할수 있도록 해준다. 다양한 가상현실 응용개발을 위해서는 가상세계 저작도구가 필수적이다. 현재 범용 가상세계 저작도구에 관한 연구가 활발히 진행중이다.[1][5][8][9][10][11] 기존의 가상세계 저작시스템들은 특정 소프트웨어나 하드웨어 플랫폼을 요구하거나 한정된 metaphor만을 지원한다.

본 연구를 통하여 단일 사용자, 다중 은유 방식을 제공하는 가상세계 저작도구 VRAT(Virtual Reality Authoring Tool)를 개발하였다. VRAT는 다양한 플랫폼상에서 수행되며 시물레이션을 위하여 기존의 simulation loop 방식과 event/callback 처리방식을 동시에 지원한다. 또한 가상현실 응용프로그램에 적합한 네트워크 프로토콜인 vrport를 개발하였다.

2. 가상세계 저작도구의 설계

VRAT의 소프트웨어 시스템은 크게 세부분으로 나뉜다. <그림 2>는 소프트웨어의 구성을 나타낸 것이다.



(그림 2) VRAT 시스템의 소프트웨어 구조

상위 구조는 응용프로그램과 VRAT GUI (Graphic User Interface)로 구성된다. 사용자는 GUI나 C 프로그램을 이용하여 가상세계를 제작, 변경할 수 있다. 응용프로그램은 가상세계를 작성하고 사용자와 상호작용하며 가상세계를 변경시킨다. GUI를 통한 가상세계의 저작작업은 응용프로그램의 수행과 병행하여 이루어질 수 있다.

중간 구조는 가상세계의 운영을 담당하는 부분이다. 가상세계의 시물레이션은 렌더링에서의 프레임을 단위로 수행되며 매 프레임생성시 센서값 입력, 네트워크 입력처리, 실시간 주기마다 수행되는 함수 수행, 가상 객체에 부여된 태스크 수행, 렌더링 등을 순차적으로 수행하는 시물레이션 루프를 반복한다.

하부 구조는 VRAT의 커널에 해당하는 부분으로 렌더링, VR ToolKit library, 센서, VRPORT, 태스크등의 하부시스템으로 구성된다. VR ToolKit library는 가상 객체들의 생성 및 소멸, 조작에 관한 함수들이다. 이들 함수들이

수행되면 해당 사건에 대하여 응용프로그램에서 등록된 callback 함수들을 수행한다. 객체들은 뒤에서 언급할 가상 세계 데이터베이스로부터 읽혀지거나 저장된다.

3. 가상세계 객체 및 기본 구조

3.1 World 와 Portal

World는 모든 가상 객체를 포함하는 수용자역할을 한다. VRAT는 한순간에 하나의 world만을 관리한다. Portal 객체는 다른 world로 통하는 관문 역할을 한다. 사용자가 portal을 통과하는 경우 현재의 world에 속한 모든 객체가 소멸되고 portal에 선언된 새로운 world를 데이터베이스에서 읽어들인다. 가상세계를 여러개의 분할된 world로 나누게 되면 모뎀화를 통해 제작이 가능 할 뿐 아니라 어느 한 순간의 시뮬레이션에 관여하는 객체들의 수가 줄어들므로써, 시뮬레이션과 렌더링에서의 수행 속도 향상의 이점을 얻을 수 있다.

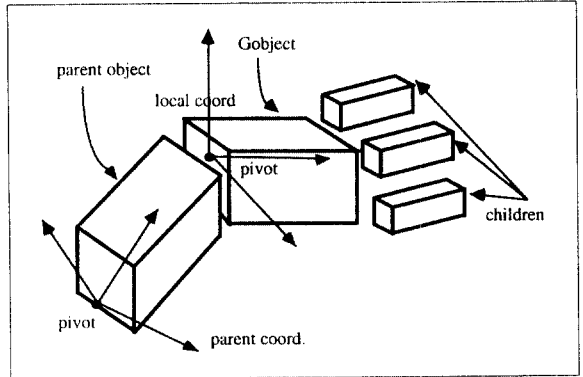
World는 object, light, viewpoint, sensor로 구성된다. 이들 객체들은 world coordinate에서의 좌표값을 가진다. 이들은 트리형식의 계층관계를 가질수 있다. 또한 WORLD / LOCAL / VIEW / PARENT / USER Coordinate 에 대한 공간상에서의 이동조작(transformation)을 할 수 있다. 이때 계층적으로 하위에 있는 모든 객체에 대하여 이동이 적용된다. 예를 들어 임의의 객체가 센서객체와 연결된 경우 사용자는 센서조작을 통하여 다른 객체의 움직임이나 상태등을 조종한다.

3.1.1 Graphical Object

Graphical Object(또는 간단히 Gobject)는 기하학적 형태를 표현하며 임의의 폴리곤들로 구성된다. 기본 속성으로 중점, 방향, 회전중심, 가시성, 충돌여부 등을 가진다. 충돌검사는 최소 외접구와 최소 외접육면체를 이용한다. <그림 3>은 Gobject간의 계층구조를 표현한 것이다.

3.1.2 Lights

VRAT에서는 ambient light와 directional light 그리고 point light 형태의 광원을 제공한다. 현재 실시간 처리를 위해서 그림자처리를 하지 않는다.



<그림 3> Hierarchical Object Structure

3.1.3 Viewpoint

Viewpoint는 가상세계내에서 가상 카메라에 해당하며 실제 각각의 렌더링 서브시스템과 연관된다. Viewpoint는 가상세계 내의 위치, angle등과 스테레오 영상 생성을 위해서 parallax, convergence 등의 값들을 기본 속성으로 가지고 있다.

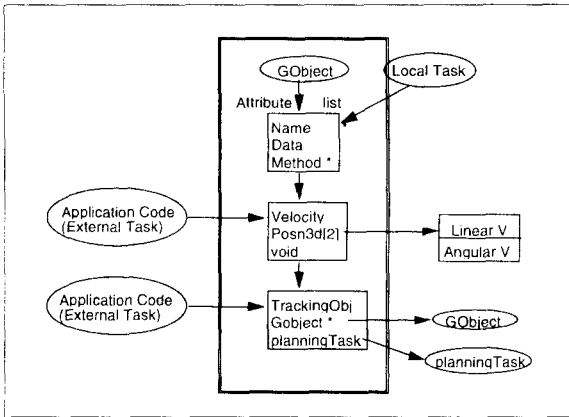
3.1.4 Sensor

센서객체는 실세계에 존재하는 입력 장치로부터 데이터를 입력 받아서 위치와 방향 및 다른 여러 형태의 데이터를 생성한다. VRAT는 다양한 형태의 2D, 3D 및 6D (position + orientation)센서를 지원한다. VRAT에서 지원하는 센서로는 mouse, trackball, joystick과 같은 기존의 2D 센서와 Cyberman, Bird, Polhemus, Bicycle과 같은 6D 센서, DataGlove, PowerGlove와 같이 6D와 손모양의 상태를 입력하는 센서등이 있다. 다른 시스템에 장착된 센서인 경우 VRPORT를 이용한 원격리 센서(remote sensor)로 공유한다.

3.2 Task

태스크는 VRAT에서의 계산 자원(processing resource, process entity)으로 객체에 특정한 행위양식(behaviour)을 부여하는 역할을 한다. 예를 들어 중력태스크를 특정객체에 부여하면 그 객체는 충돌이 발생하기 전까지 시간에 따라 자유낙하하는 행위양식을 가진다. 객체의 태스크들은 매 시뮬레이션 루프마다 비선점적으로 수행된다. 다양

한 태스크의 수행에 필요한 데이터는 개개의 객체에 속성-값으로 저장된다. 객체의 속성-값은 기본속성 이외에 태스크나 응용프로그램에서 필요한 데이터를 각 객체에 지정하는 방법으로 예를 들어 속도, 무게등을 지정하거나 객체의 음향을 지정하여 소리생성을 요구한다. <그림 4>는 Gobject가 가지는 속성-값의 예를 나타낸 것이다. 속성-값은 속성이름을 통하여 생성되고 검색된다. 속성-값을 통하여 임의의 태스크를 여러 객체에서 공유하는 것이 가능해진다. 하나의 객체에 여러 태스크가 연결될 경우, 이들 태스크간의 중재, 통신은 객체의 속성-값을 이용하여 이루어진다.



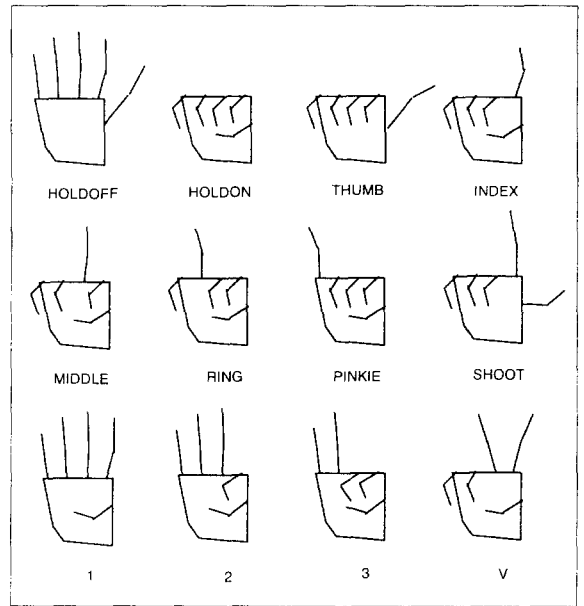
<그림 4> Gobject Attribute List

3.3 Callback system

Callback system은 특정 사건(event) 발생시 해당 사건에 등록된 callback 함수들을 수행한다. 사건의 종류는 world, gobject 등의 각종 객체의 생성, 소멸, 속성변경. 객체의 선택(selection) 및 취소, 제스처 인식 및 해제, VRPORT 수신패킷 발생, 객체별 사용자 정의 사건등이 있다. 응용 프로그램은 각 모듈을 객체에 태스크로 등록하거나 callback 함수로 등록하여 수행하게 된다. 특별한 callback으로 임의의 시간 주기마다 수행되는 타이머 callback이 있다.

3.4 Gesture 인식

DataGlove를 사용한 사용자의 제스처어를 인식하는 부분은 크게 DataGlove 센서로 부터 각 손가락의 관절을 입력받아 손가락의 상태를 판단하는 부분과 손가락들의 상태로 부터 손의 모양을 인식하는 posture 인식부분, 그리고 시간에 따른 posture의 변화에 의한 제스처어의 인식부분으로 나뉜다. 손가락의 상태는 손가락을 굽힌 정도를 몇 단계로 표현하였다. Posture는 어느 한 순간의 손모양으로서 <그림 5>와 같이 12가지를 정의하였다.



<그림 5> VRAT에서의 12가지 기본 Posture

사용자의 제스처어는 시간에 따른 posture 변화과정으로 정의된다. 제스처어는 응용 프로그램에서 정의하며 제스처어인식시와 posture 변화 인식시 callback 함수를 수행한다.

3.5 Sound Rendering

삼차원 입체음향 생성 구조는 음향생성부분과 3D입체 변환부분으로 구성된다. 가상세계에서의 음향사건은 음원의 위치와 음향효과의 종류로 정의된다. 음향의 종류는

MIDI note나 MIDI 화일 전체 혹은 디지털 사운드 화일 명으로 정해진다. 음향 생성장치는 VRPORT를 통한 음향 생성서버로 제공된다. 입체 음향은 생성된 음향을 입력으로 하여 음원의 위치와 사용자 머리사이의 상대적인 거리와 방향에 따라 생성된다. 입체 음향은 PC상에서 Beachtron 3D sound보드를 사용하여 하드웨어적으로 생성된다.

3.6 Image Rendering

영상생성은 폴리곤 렌더링을 기반으로 이루어진다. VRAT는 flat shading, Gouraud shading, texture mapping, wireframe drawing 등의 렌더링 기법을 지원한다.

VRAT는 X-Window 시스템, SUN Pixrect, GL 시스템 및 PC-VGA 그래픽등 다양한 렌더링 시스템을 지원하며 Z-buffer, double buffer 등의 렌더링 처리 기능이 하드웨어에 의해 지원되지 않는 경우 소프트웨어에 의해 처리된다. 그러나 실시간 영상생성을 위해서는 하드웨어 렌더링 시스템이 필수적이다.

3.7 Network

VRAT에서의 네트워크통신의 주체는 태스크나 callback 함수 등이다. 네트워크 하부구조로 VRLINK를 정의하고 상부구조로 VRPORT를 정의하였다. VRLINK는 UNIX프로세스인 VRAT프로그램간의 통신으로 두 VRAT는 하나의 VRLINK로 연결된다. VRLINK는 UDP socket을 이용하여 구현하였다.

VRPORT의 주소(address)는 VRPORT번호와 VRLINK로 구성이 되며 태스크간의 메시지단위 통신이다. 통신은 클라이언트-서버형식으로 이루어진다. 서버는 VRPORT 할당시 서비스할 VRPORT번호와 서비스요청 메시지 수신시 불리워질 callback 함수를 지정한다. 클라이언트는 VRPORT 할당시 서버의 VRPORT주소와 입력 메시지가 수신될 경우 불리워질 callback 함수를 지정하고 클라이언트측 VRPORT번호를 부여 받는다. 즉 VRPORT를 이용한 통신은 전송의 경우 VRPORT를 통하여 메시지를 출력하고 수신시 입력 메시지가 도달하면 시스템이 callback 함수를 호출하여 처리한다.

VRAT의 실시간 운영을 위하여 모든 요청은 비대기(non-blocking)모드로 처리된다. 상대측 프로그램이 없거

나 수행중 연결이 끊어진 경우, 혹은 재연결의 경우 등은 상위 VRPORT에 무관하게 VRLINK단계에서 처리된다.

VRPORT를 이용한 서버로는 원거리 센서서버, 음향 생성서버 등이 있다. 기존에 독립적으로 개발된 응용프로그램을 VRPORT를 이용하여 VR시스템과 쉽게 연결할 수 있다.

4. 가상세계 데이터베이스

가상환경에서의 객체는 모델 자체에 대한 외형적 데이터, 사용자와의 상호작용 및 가상세계 시나리오와 관련된 태스크와 프로시저, 가상세계에서 사용하는 센서 등을 들 수 있다. 이들 객체를 데이터로 취급하여 각각을 파일 형태로 저장한다.

Gobject의 폴리곤 모델은 SEG, DXF, 3DS, NFF, PLG, OFF 형식으로 저장되며, gobject는 *.obj 화일로, 센서는 *.snr 화일로, 광원은 *.lit 화일로 각기 저장되며, 태스크 callback은 파일로 저장되지 않고 함수형태로 컴파일시 결정되어진다. 이들을 포함하는 world도 *.wld화일로 저장되며 gobject, sensor, light, viewpoint 등의 데이터 파일에 대한 인덱스로 구성된다. 이들 데이터 파일은 의미 파악이 쉽도록 텍스트 형태로 구성되어있다.

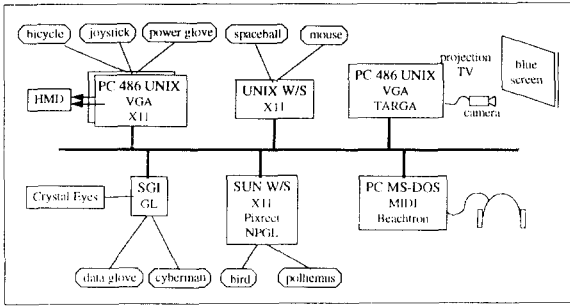
VRAT에서는 가상세계 데이터베이스에 저장된 world 및 객체정보를 GUI 메뉴나 응용프로그램을 통해 load/save 할 수 있다.

5. 구현 및 결론

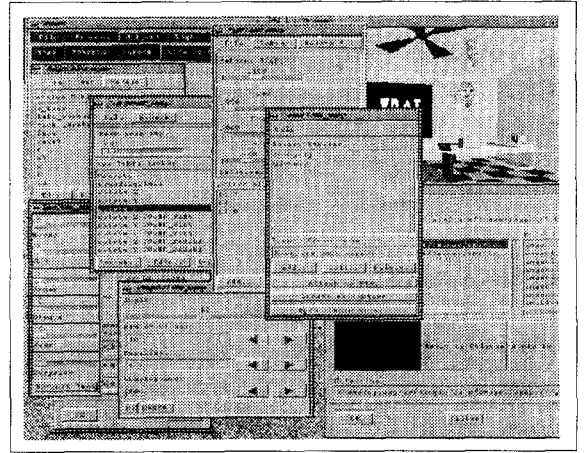
본 논문에서는 VR 어플리케이션을 제작하기 위한 저작도구의 기능 설계 및 소프트웨어 구조를 제안하고 이를 바탕으로 VRAT 시스템을 구현하였다.

구현된 VRAT의 하드웨어 구성은 <그림 6>과 같다. 시스템 하드웨어로는 범용성을 위하여 범용 워크스테이션을 주 대상으로 하였으며 시스템 OS 역시 범용성과 일반적으로 쓰이는 기존의 소프트웨어를 이용한 하부구조의 구현을 위하여 UNIX시스템을 기본으로 하였다. VRAT는 현재 SUN, IBM-PC, HP9000, SGI등의 하드웨어 플랫폼에서 수행된다. IBM-PC의 경우에는 UNIX OS가 필요하며 현재 공개 UNIX인 Linux를 사용하고 있다.

네트워크상에 연결된 이종 또는 동종의 기계간에는 센



〈그림 6〉 VRAT 시스템의 하드웨어 구조



〈그림 7〉 VRAT GUI

서를 공유할 수 있으며, 다른 기계의 음향 시스템을 이용한 음향생성 및 가상세계를 다루는 데 필요한 각종의 정보를 교환할 수 있다. 구현된 VRAT는 다음과 같은 특징을 가지고 있다.

- UNIX와 X-Window에 기반을 둔 높은 이식성
- Mouse, joystick, DataGlove, PowerGlove, Bird, Polhemus 등의 센서접속기능
- 다양한 플랫폼에서의 렌더링 소프트웨어 구현
- DXF, 3DS, NFF, PLG, OFF, SEG 등의 CAD 모델 화일의 입/출력 기능
- WLD, LIT, SNR, OBJ 등의 가상세계 정의 화일 형식제공
- VRPORT 네트워크 및 이를 통한 센서, 음원 등의 공유

기존의 상용저작도구인 WTK(WorldToolKit)과의 차이점은 <표 1>과 같다.

향후 VRAT의 개선을 위해서 앞으로 아래의 부분에 대한 연구가 필요하다.

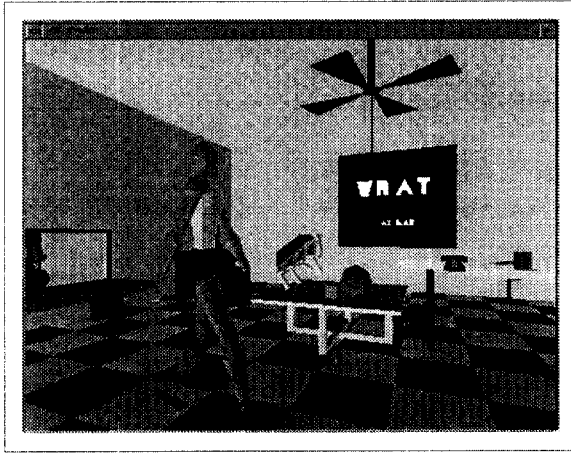
- VRPORT의 하부구조인 VRLINK의 broadcast IP와 multicast IP 지원
- 객체지향적 VR응용시스템 설계 및 작성을 위한 스크립트 언어 설계
- 차세대 VR시스템인 복수 사용자 VR시스템으로의 성능 확대

개발된 VRAT를 건축, 교육, 오락, 군사 분야에 적용하는 가상현실감 응용연구가 진행되고 있다. VRAT상에서 수행되는 인체모델의 walking을 <그림 8>에 보였다. 가상 공간에 여러명이 참여하여 공동작업과 회의를 하는 가상 회의 (virtual conference)를 위한 다수사용자 VRAT를 개

〈표 1〉 WTK 와 VRAT의 기능적 차이점비교

	WTK	VRAT
가상세계 모델 화일	DXF, NFF, LIT, S8	DXF, NFF, 3DS, OFF, PLG, FIG, OBJ, SNR, WLD
계층적 객체 정의	프로그램 상에서만 가능	프로그램, 모델화일, GUI 메뉴
다른 종류의 객체간 계층관계	제한적으로 가능	모든 가상 객체간에 계층관계 설정가능
객체행위양식부여	프로그램 상에서만 가능	실행중 GUI 메뉴상에서 지정가능
네트워크	TCP/IP	TCP/IP, VRPORT
원격센서	두대의 호스트, 고정	임의의 호스트간, 실행중 생성, 변경가능
시물레이션	시물레이션 루프	시물레이션 루프, callback 함수
UI	텍스트 메뉴	X GUI 제공
메타포어	3D desktop, immersive	3D desktop, immersive, reflexive
제스추어인식	제공안함	제공함

발중이다.



〈그림 8〉 VRAT 수행 예

참고문헌

- [1] Andersson, Magnus, Christer Carlsson, Olof Hagsand, Olov stahl, "DIVE - The Distributed Interactive Virtual Environment Technical Reference manual," Swedish Institute of Computer Science, Nov 1993.
- [2] Benford, Steve, Lennart Fahlen, "A Spatial Model of Interaction in Large Virtual Environments," Proc. of 5th MultiG Workshop, 1992.
- [3] Codella, C. F., Reza Jalili, Lawrence Koved, J. Bryan Lewis, "A Toolkit for Developing Multi-user, Distributed Virtual Environments," Proc. of VRAIS '93 IEEE, pp401-407, 1993.
- [4] Earnshow, R. A., M. A. Gigante, H. Jones, "Virtual Reality System," Academic Press, 1993.
- [5] Gobbetti, Enrico, Jean Francis Balaguer, Daniel Thalmann, "VB2 An Architecture for Interaction in Synthetic Worlds," Proc. of UIST '93, pp167-178, Nov 1993.
- [6] Kazman, Rick, "Making WAVES: On the Design of Architectures for Low-end Distributed Virtual Environments," Proc. of VRAIS '93 IEEE, pp443-449, 1993.
- [7] Palmer, I. J., R L Grimsdale, "REALISM: Reusable Elements for Animation using Local Integrated Simulation Models," Proc. of Computer Animation '94, pp132-140, June 1994.
- [8] Sense8, "WorldToolKit Version 1.5 Reference Manual," Sense 8, 1992.
- [9] Show, Chris, Jiandong Liang, Mark Green and Yunqi Sun, "The Decoupled Simulation Model for Virtual Reality Systems," SIGCHI '92.
- [10] Stampe, D., B. Roehl, J. Eagan, "Virtual Reality Creation," The Waite Group, 1993.
- [11] West, A.J., T.L.J. Howard, R.J. Hubbard, A.D. Murta, D.N. Snowdon, D.A. Butler, "AVIARY-A Generic Virtual Reality Interface for Real Applications," University of Manchester, UK, internet, 1993

● 저자소개 ●

**성운재**

1989년 연세대학교 전산학과 학사

1991년 한국과학기술원 전산학과 석사

1991~ 현재 한국과학기술원 전산학과 박사과정

관심분야 : 가상현실감, 인공지능, 컴퓨터 그래픽스, 분산시물레이션

**원광연**

1974년 서울대 공대 응용물리학 학사

1974~1979년 국방과학연구소 연구원

1981년 Wisconsin대 전산학 석사

1984년 Maryland대 전산학 박사

1984~1986년 Harvard대 응용과학부 강사

1986~1990년 Pennsylvania대 전산학과 조교수

1990~ 현재 한국과학기술원 전산학과 부교수

관심분야 : 가상현실감, 인공지능, 컴퓨터 비전과 영상 처리, 컴퓨터 예술과 컴퓨터 음악