

□ 특 집 □

Virtual Reality의 개발 환경

중앙대학교 윤경현*·최정단**

● 목	차 ●
I. 서 론	3.3 컴퓨팅 시스템(Computing System)
II. VR 역사 및 응용분야	IV. VR의 소프트웨어 환경
2.1 VR의 역사	4.1 운영체제
2.2 VR의 응용분야	4.2 그래픽스 요구
III. VR 하드웨어 시스템	4.3 Input/output 인터페이스
3.1 가상 표현 시스템(Display System)	V. VR 개발의 향후 과제
3.2 움직임 인식 시스템(Sensing System)	

I. 서 론

가상현실(Virtual Reality)이라 함은 일반적으로 컴퓨터가 만들어낸 가상의 환경에서 자유롭게 활동하고 물체를 만지면서 기본적인 감각인 보고, 듣고 또는 느끼는 인공적인 체험을 하도록 하는 기술을 의미한다. 즉, 현실에 존재하지만 인간이 쉽게 접근할 수 없는 실세계, 이세상에 존재하지 않는 인공세계를 컴퓨터로 만들어 실세계의 인간과 상호작용적(interactive)으로 정보를 교환하도록 만든 것이다. 이는 인간의 상상이나 필요에 의해 실제와 비슷한 가상세계를 만들어 내는 컴퓨터 그래픽스 기술의 발전에 기하여 인공지능과 물리학, 전기 전자, 심리학, 예술부문 등이 결합된 초 복합적인 종합 기술로 인식되고 있다.

가상현실은 지난 십여년동안 파일럿의 360도 회전훈련과 그에 따른 장면을 3차원 그래픽 영상으로 나타내는 항공 훈련 등 특정 분야에서

개발 사용되어져 왔다. 그러나, 서울의 국민학생이 자신의 공부방에서 플로리다 디즈니월드의 미키마우스와 함께 춤을 추고 오즈의 마법사와 마술놀이를 하는 등 꿈이나 영화에서만 가능하던 일들이 머지 않은 장래에 우리 주위에서 TV를 시청하듯 VR을 통해 실현될 것이다. 본 고에서는 만화속 이야기와 같은 Virtual-Reality가 Reality로 가기위한 개발 환경을 간략히 소개한다.

본 고의 II장에서는 가상현실에 관한 역사와 응용분야를 살펴보고 III장과 IV장에서는 VR 하드웨어의 기본요소 및 소프트웨어 개발에 필요한 고려사항을 설명하고자 한다. 그리고, 현재까지 개발된 VR 시스템에서 도출된 문제점을 기초로 VR개발의 향후 과제를 V장에서 살펴본다.

II. VR의 역사 및 응용분야

2.1 VR의 역사

가상현실과 관련된 기술은 1960년 Morton

* 종신회원

** 준회원

Heling에 의해 미리 기록된 몇가지 경험(보고, 듣고, 느끼는)을 체험할 수 있는 "Sensorama"가 제작되면서부터 시작되었다. 그러나 1965년 Ivan Sutherland가 실세계에서 체험할 수 없는 가상의 사실을 컴퓨터와 연결된 화면에 표현 하고자 하는 "Ultimate display" 개념을 제안한 후 1968년 "Sword of Damocles"라 명명된 머리 장착형 디스플레이(HMD : Head Mounted Display)를 처음으로 개발하면서 그 실현이 구체화 되기 시작하였다. 초기에는 눈앞 좌우에 소형의 CRT (브라운관)를 장착하여 이를 통해 3차원 화상을 보게되는 HMD의 개발로부터 시작하여, 80년대에 보다 발전된 아이폰(Eyephone)과, 센서가 부착된 장갑인 매직 핸드(Magic Hand), 그리고 데이터 글러브(Data glove)로의 점진적인 발전으로 가상현실의 연구는 점차 활기를 띠게 되었다. 가상현실의 발전 사항을 연대별로 구분하여 요약하면 <표 1>과 같다[10].

2.2 VR의 응용분야

가상현실의 기술은 의학, 산업, 교육, 군사 등 광범위하게 적용되어 visualization, 오락, 게임, 통신, 원격 입장감(tele-existence), 시뮬레이션, 훈련 등에 사용되고 있다. 가상현실 기술의 급격한 진전으로 영국, 미국, 독일, 일본 등지에서는 이미 상용화된 제품들이 경쟁적으로 등장하고 있다.

설계·제조분야의 응용으로 노스캐롤라이나 대학에서는 Walk-through(걸어다니며 보기)를 만들었다. 이는 건축물이 완성되기 전에 인공 캡슐을 만들어 설계자나 건축주로 하여금 건축물 내부를 둘러보게 하여 그 건축물이 기능적으로나 감성적으로 만족하게 설계되었는지 쉽게 파악할 수 있도록 모형화한 것이다. 독일 프라운호페르(Fraunhofer)연구소에서는 컴퓨터 그래픽으로 내부장식자들이 그들의 디자인을 영상화하여 주위환경이 미치는 채광이나 사물의 질감, 색들을 하나하나 수정해 볼 수 있도록 한 가상 디자인(virtual design)을 만들었다. 미국 노드롭(Northrop)사와 보잉(Boeing)사는 항공기 설계, 제작에 이를 이용하고 카트필러(Catpiller), GM, VPL

연구소 등에서 자동차 설계에 이를 이용할 계획을 수립중이다.

과학·의학분야에서는 역시 노스캐롤라이나 대학에서 3차원 음파 영상화(3D Ultrasound Imaging)를 연구중이다. 헬멧 위에 장착된 비디오 카메라가 찍은 실제 영상과 컴퓨터가 생성해 낸 영상을 결합한 후, 스테레오스코픽(stereoscopic)이라는 컴퓨터 그래픽 기술을 이용하여 입체 영상을 보여주는 것이다. 또한 이 시스템은 수술훈련에서 미세수술과 원격수술에 도움을 줄 뿐만 아니라, 제약 설계자에게는 약의 분자구조를 분석하는 분야에도 큰 효과를 준다.

교육·군사훈련 분야에서는 미국 슈퍼컴퓨팅 응용(supercomputing application)을 위한 National Center에서는 우주탐험에 필요한 데이터를 연구하기 위해 가상현실 시스템을 교육용으로 이용하는 Cosmic Explorer를 연구중이다. 미국 NASA Ames에서는 가상 환경인 항공기 인공 캡슐을 만들어 모의전투 시뮬레이션을 함으로써 위험부담이나 개발 시간 비용을 절약하고 무기 개발 과정에 이용하여 군사훈련면에서 경제적으로 크게 기여하고 있다. 그리고 IBM의 연구자들은 해저 탐험을 위해 물의 대류를 관찰하고 목소리와 몸짓을 인식할 수 있는 해양 자료 탐험(oceanographic data exploration)을 개발 중이다.

통신·원격제어 분야에서는 영국의 제네릭스그룹에서 화면위에 실물과 같은 화상을 만드는 TV전화 시스템을 개발하고 NASA에서는 원거리에서 활동중인 로봇을 조작하는 조정자가 마치 현장에서 직접 작업을 하고 있는 것처럼 느끼는 원격입장감 기술을 이용하여 위험한 작업환경인 원자로 내부점검, 화재진압 등에 활용할 방침을 세우고 있다.

문화·오락분야는 가상현실의 큰 성과를 보이는 분야로서 세계 각국에서 가장 열띤 연구를 하고 있는 분야이다. 용인자연농원의 가상현실 경험관에서는 영국에서 수입한 장비를 이용 처너비행, 터미네이터, 폭풍의 질주, 악몽의 밤, 스타워즈, 탐전, 전설의 고향 등의 오락을 즐긴다. VPL연구 센터에서는 가상현실 극장을 설립하고 영국의 윈더스트리(Windustry)사는 상업화된 가상게임기를 계속 확대연구 중이다. 미국 루카스

〈표 1〉 가상현실의 연대별 발전상황

년 도	연 구 자 (소)	특 징
1960	Morton Heling	사용자가 미리 기록된 몇가지 경험만을 할 수 있는 아케이드형으로 만들어진 "Sensorama"라는 프로토타입을 제작.
1965	Ivan Sutherland	실세계에서 보고, 행동하고, 소리내고, 느끼는 것을 컴퓨터에 연결하여 나타내어 주는 "Ultimate Display"를 제안.
1968	Ivan Sutherland	처음으로 만들어진 Head Mounted Display로 "Sword of Damocles"를 만들. CRT 두 브라운관에 사용자의 머리 움직임과 위치에 따른 3차원 물체의 다른 면을 보여줌.
1971	Frederick Brooks : Univ. of North carolina	컴퓨터 그래픽으로 표현된 가상의 물체를 Magic Hand라는 장갑을 이용하여 만질 수 있는 "GROPE-II"를 개발.
1975	Myron Krueger	카메라가 사용자들의 신체 실루엣을 잡아서 스크린에 투영시키고, 사용자들은 그 스크린을 통하여 상호 작용할 수 있도록 하는 개념적인 환경인 "VIDEOPLACE"를 개발.
1982	Thomas Furness III	주위환경에 놓여진 사용자의 위치와 방향을 6단계로 나누어 움직임을 추적하는 시뮬레이터 "VCASS"(Visually Coupled Airborne System Simulator)를 선보임.
1984	Michael McGreevy : NASA Ames	"VIVED(Virtual visual Environment Display)라 불리는 off-the-shelf기술을 이용하여 값싼 HMD를 만들.
1985	Scott Fisher : NASA Ames	다목적 인터페이스 환경으로 목소리, 몸짓 등이 사용자의 조작에 의해 작동하도록 하는 입체 디스플레이 시스템 "VIEW"(Virtual Interface environment Workstation)을 개발.
1985	Thomas Zimmerman	VPL 연구소가 설립되어 그 첫 결과로서 손가락 관절의 구부러진 각도를 측정할 수 있는 Dataglove를 만들.
1988	VPL	상업용 HMD "Eyephone"을 개발.
1989	Autodesk	처음으로 PC를 기반으로한 가상현실 시스템을 선보임.
1989	HIT(Human Interface Technology) 연구소 : Univ. of Washington	가상적인 상호작용을 위해 인간공학과, 기술, 응용 분야에 대한 일반적인 지식 기반을 만드는 연구를 함.
1989	Fake Space Lab	새로운 형태의 가상현실 장비 BOOM을 개발
1992	Electronic Visualization 연구소	주위의 스크린에 투영시키는 가상현실 시스템 "CAVE"를 개발.

필름/후지쯔(LucasFilm/Fujitsu)의 하비타트(Habitat)와 베틀테크(Bettletech)센터에서는 가상현실 게임기를 설치하고 있다. 가상현실의 응용분야는 연극이나 영화의 시나리오에 이용하는 창작도구로서 입체감을 더해주고 있고 역시 일본의 닌텐도사와 세가사도 이 분야에 적극 투자 중이다.

III. VR 하드웨어 시스템

가상현실을 실현하기 위한 하드웨어 시스템은 크게

- 가상의 세계를 시각적으로 체험할 수 있는 가상 표현 시스템(Display System)
- 몸의 움직임을 가상 현실속으로 반영하기 위한 움직임 인식 시스템(Sensing system)
- 가상환경 전체를 총괄하는 컴퓨팅 시스템(Computing System)으로 구분된다.

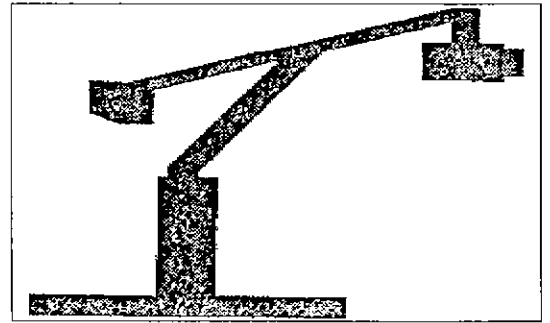
3.1 가상 표현 시스템(Display System)

가상 표현 시스템은 가상의 세계를 시각적으로 체험할 수 있도록 하는 시스템이며 시각외의 청각, 후각, 미각 등 인간의 오감을 모두 표시할 수 있어야 한다. 현재까지 개발된 가상 표현 시스템에는 화면 처리 시스템을 기본으로 하여 청각과 관련된 오디오 시스템이 포함된다.

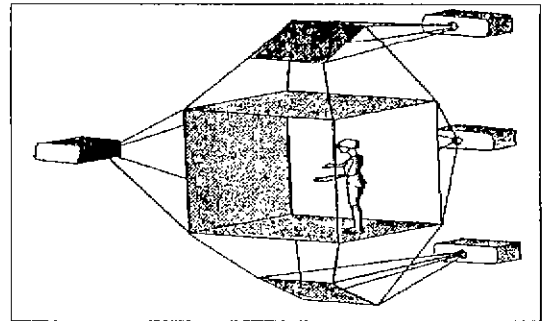
디스플레이 시스템은 사용자에게 가상의 세계를 보여주는 시스템으로 CRT 화면, 머리장착 디스플레이(HMD), 뷰(BOOM : Binocular Omni-Oriented Monitor), 프로젝션 시스템 등이 있다.

CRT 화면은 일반적으로 사용되는 모니터에 스테레오 글래스(stereo glass)를 장착한 것으로 이러한 모니터 시스템은 적은 비용으로 가상현실을 보여줄 수 있고 곧 상용화될 전망이다. 그러나 이것은 가장 낮은 수준의 현실감을 가지고 있으며 가상환경에서의 물체조작은 키보드나 마우스를 사용하여 조작한다.

HMD는 헬멧처럼 머리에 착용하여, 사용하는 디스플레이 시스템으로 현재 가장 많이 사용되고 있다. HMD는 눈앞 좌우에 소형의 스크린이 고정되어 있고 머리 추적장치(head-tracking de-



(그림 1) BOOM



(그림 2) CAVE

vice)와 함께 머리의 움직임에 따라 사용자가 3차원 세계속에 둘러 쌓여 있는 듯한 체험을 할 수 있다. 일반적으로 스크린은 LCD와 CRT로 만들어 지며 CRT는 해상도가 높은 반면에 무거워서 헬멧에 장착하기 힘들다. 그러나, LCD는 가벼운 반면에 해상도가 낮고 화질이 좋지 않은 단점이 있다.

BOOM은 HMD와 같이 사용자의 눈앞에 쌍안경 형태로 스크린을 위치시키며 HMD와는 달리 한쪽 끝이 고정된 축으로 연결되어 있다(그림 1). BOOM을 고정시킨 축은 회전 및 이동이 가능하므로 사용자의 위치 이동을 쉽게 감지할 수 있다[7, 18].

프로젝션 시스템은 사용자의 위치와 행동이 추적되어 해당되는 가상화면이 대형스크린에 영사된다. 이와 같은 예로는 Electronic Visualization Laboratory에서 만든 CAVE가 있으며[8], CAVE시스템은 입체화면을 사용자를 둘러싸고 있는 10 * 10 * 10피트의 cube에 투사한다(그림 2). 다른 예로서 sun에서 만든 Virtual Portal

〈표 2〉 가상 표현 시스템의비교

		CRT	BOOM	IIMD	CAVE
몰입감 고려사항	Field of view	45°	90° ~ 120°	100° ~ 140°	Full
	Panorama	None	Fast	Slow	Fast
	Perspective	Slow	Fast	Slow	Slow
	Body Rep.	Physical	Virtual	Virtual	Physical
	Intrusion	None	Partial	Full	None
영상 고려사항*	Vis. Acuity	20/45	20/85*	20/425	20/110
	Linearity	Linear	LEEP	Either	Linear
	Look Around	Limited	Full	Full	Full
	Prog.Refine.	Fix Loc. only	Fix loc. and rot	Fix loc. and Rot.	Fix Loc. only
	Collab.	Single Persp	Dup.hardware	Dup. Hardware	Single Persp.

* 90° 시계에서, 흑백

- Field of View : 체험자가 머리회전 없이 볼 수 있는 영역
- Panorama : 머리를 회전하여 볼수 있는 영역으로, 머리 회전속도에 따라 보여주는 응답 속도
- Perspective : 가상현실의 중심이 사용자의 시선방향이 되기 위한 응답 반응 속도
- Body Representation : 체험자의 손 또는 몸을 가상현실에 표현하는 방법
- Intrusion : 사용자가 보는 가상현실에 실세계가 포함되는 정도
- Visual Acuity : 가상현실 인터페이스의 품질 표현, Resolution x Filed of View
- Linearity : 화질 개선을 위하여 화면에서 나오는 빛을 휘게하는 장비를 사용
따라서 직선을 직선으로 보이게하기위하여 역계산이 필요
- Look Around : 물체를 다른 각도에서 보았을때 화면을 보려는 각으로 이동하여 보여
주는 능력
- Progress Refinement : 응답속도 개선을 위하여 사용자의 행동속도에 따라 화질의
정밀도를 결정
- Collaboration : 2명 이상의 사용자가 동시에 가상현실 체험 가능도

시스템을 들 수가 있는데 이 시스템은 세계의
후방에서 투자하는 벽으로 둘러쌓인 사용자가
제한된 유도 레일을 따라서 움직일 수 있다. 이
시스템의 장점은 비록 한 사용자의 시점이 가상

화면의 장면들을 결정하는데 사용되기는 하지만
여러 사용자가 동시에 가상현실을 체험할 수 있
다는 것이다. 반면에 단점은 세 화면의 동기화를
맞추기가 힘들다는 점이다.

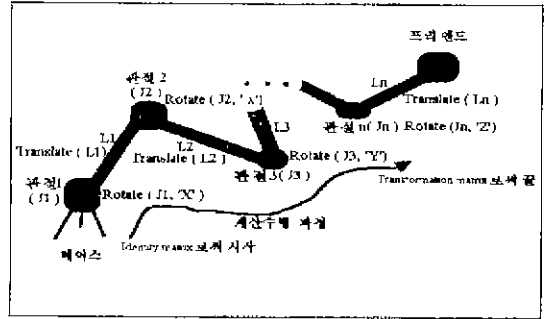
<표 2>는 CRT, HMD, BOOM, CAVE로 대표되는 가상 표현 시스템의 특징들을 비교하고 있다[8].

3.2 움직임 인식 시스템(Sensing System)

움직임 인식 시스템은 사용자의 몸의 움직임 특히 머리의 움직임을 추적하여 가상현실에 반영하기 위한 추적 시스템(tracking system), 사용자가 가상현실속의 물체에 가하는 움직임을 측정하기 위한 촉각 시스템, 사용자가 좀더 자연스럽게 가상현실과 상호작용하도록 하기 위한 음성 인식 시스템 등이 있다. 본 고에서는 추적 시스템을 중심으로 살펴본다. 추적 시스템은 가상현실을 현실로 인식하기 위한 가장 핵심적인 장비 중의 하나이다. 추적 시스템은 머리나 몸의 움직임을 추적하여 사용자의 시점이 변화될 때마다 올바른 가상 화면을 제공하기 위한 위치 추적(position tracking)과 신체 각부분의 움직임을 추적하여 사용자가 원하는 가상물체와의 상호작용을 이룰 수 있는 각도 추적(angle tracking)으로 구분된다. 위치 추적 기술은 3차원 공간상에 위치한 사용자의 위치와 방향(location and orientation)을 추적하는 기술로 전자장 방식(Electromagnetic Trackers), 기계적 방식(Mechanical Linkage) 그리고 초음파 방식(Ultrasonic Tracking) 등에 의해 구현하며 각도 추적 기술은 팔이나 손이 움직일때 각 관절간의 각도를 계산하는 기술로 flexible bend sensor 기술 등이 상용화되어 있다.

■ 위치 추적 기술

전자장 방식에 의한 위치 추적은 현재 가장 많이 사용되고 있는 기술로 전자장을 방출하는 장치를 사용자에게 부착하여 여기에서 방출되는 전자장을 여러개의 센서가 추적하는 방식으로 미국의 Polhemus사와 Ascension사에 의해 개발되었다. 이 방식은 전자 방출 장치와 센서 사이에 존재하는 장애물에 대해 간섭을 받지 않고 3차원 공간의 임의의 위치에 존재하는 물체를 추적할 수 있는 장점과 함께 추적에 소요되는 시간이 길고 정확도가 떨어진다는 단점을 가지고 있

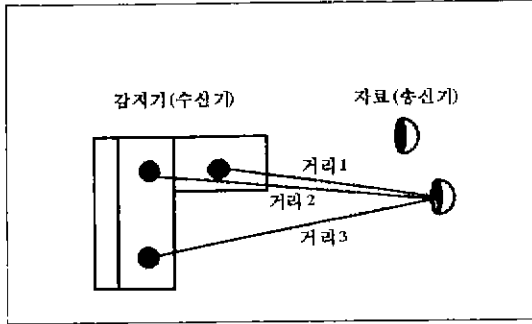


(그림 3) 기계적 방식에 의한 위치 추적 개요

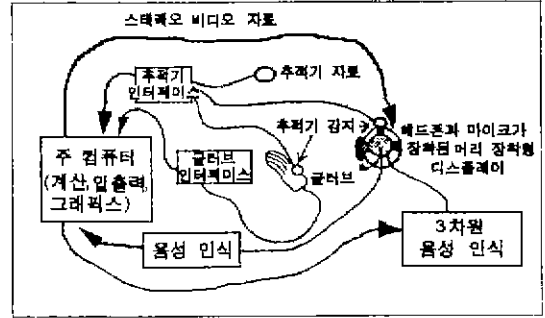
다.

기계적 방식에 의한 위치 추적은 (그림 3)과 같이 여러개의 관절로 이루어진 구조체로 되어 있으며 base라 불리우는 구조체의 한쪽은 고정되어 있다. Free end라 불리우는 또 다른 한쪽은 회전 또는 이동을 거쳐 사용자에게 위치하며 각 관절에 위치한 센서가 관절의 각도를 계산하여 사용자의 위치와 방향을 결정한다. 이 기술은 NASA Ames 연구소의 Jim Humphries와 Scott. Fisher에 의해 개발되었으며 Fake Space Lab.의 BOOM display system에 사용되면서 BOOM의 사용을 훨씬 더 편리하게 해주었다. 이 방식은 빠르고 정확한 위치 추적의 장점을 가지고 있으나 사용자가 기계적 관절의 수에 따라 움직임을 제한받는 단점을 가지고 있다[5].

초음파 추적 방식은 소리의 전달 속도에 기초를 두고 개발되었다. 전달 속도를 알고 있는 소리를 이용하여 초음파 발생기와 검출기 사이에 전달된 시간을 기초로 거리를 계산하는 방식으로 (그림 4)와 같은 구조를 갖는다. 음파를 탐지하는 Sensor(receiver)와 사용자의 몸에 부착된 초음파 발생기인 Source(emitter)로 구성된 이 시스템은 사용자의 변환에 따른 위치를 정확하게 계산하기 위하여 Source에 대하여 3개의 receiver를 직삼각형의 형태로 위치시켜 3차원 위치를 포착한다. 이 기술은 적은 비용으로 비교적 쉽게 사용할 수 있는 기술로 Mattell사의 Power glove로 상용화되어 있다. 본 시스템은 Sensor와 Source간에 장애물이 존재하지 않아야 하고 잡음에 민감한 영향을 받는 단점을 가지고 있다[5].



(그림 4) 음파추적 방식에 의한 위치추적 개요



(그림 5) 가장 일반적인 형태의 VR 시스템 구성도

■ 각도 추적 기술

각도 추적 기술은 현재까지 주로 손가락의 움직임에 대한 각도 계산에 주로 연구가 진행되고 있으며 flexible bend 센서 기술을 사용한다. VPL의 Dataglove Model II로 대표되는 flexible bend 센서 기술은 손의 관절 부분에 광섬유를 부착시킨 장갑형태로 구성되어 있다. 관절의 움직임은 바로 그 부분에 위치한 광섬유의 구부러짐에 영향을 주며, 이때 전달되는 빛의 양이 줄어드는 정도에 따라 관절의 각도를 계산한다. 기본적으로 관절의 각도와 전달되는 빛의 밝기를 디지털 신호로 변화시켜 각도를 결정하는 방식이다. VPL에서는 이 방식을 이용하여 손 뿐 아니라 몸의 운동에 대한 각도 계산을 위한 Data-suit를 개발하기 위해 연구 중에 있다.

3.3 컴퓨팅 시스템 (Computing System)

컴퓨팅 시스템은 가상 환경에서 발생하는 모든 작업 즉, 가상 환경과 인간과의 상호작용에서 오는 계산, 그 계산으로부터 변형된 환경에의 그래픽스 처리, Tracking 시스템으로 입력된 정보의 통제 및 전달 등을 담당하는 시스템으로 가상환경에서 발생하는 모든 현상을 동기화 시킬 수 있어야 한다. 상호작용적으로 변화되는 상황을 그래픽스 화면으로 보여주기 때문에 특히 그래픽스 처리 능력이 탁월해야 한다.

이를 위하여 일반적으로 그래픽스 엔진을 가지고 있는 하나의 워크스테이션을 많이 사용하고 있으나, 여러개의 워크스테이션을 네트워크로 연결하여 사용하기도 하고, 계산은 호스트 컴퓨

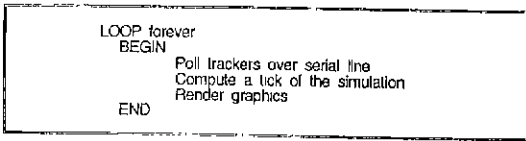
터(host-computer)에서 처리하고 그래픽스 등은 워크스테이션에서 담당하는 구조를 갖기도 한다. NASA의 Ames 연구소에서는 우주 왕복선에 미치는 공기의 흐름을 분석하기 위한 Virtual Wind Tunnel 프로젝트에 실리콘 그래픽스의 Iris 380 VGX 시스템을 사용하였다. 또한 NASA에서 화성의 표면을 가상현실화 하기 위한 VPE(Visual Planetary Exploration) 프로젝트를 위해 Stardent Gs2000 그래픽 워크스테이션을 사용하였다. (그림 5)[4]는 하나의 시스템으로 구성된 VR시스템의 구성도를 보여주고 있다[4].

IV. VR의 소프트웨어 환경

가상환경 구축을 위한 소프트웨어 환경으로는, 가장 중요한 실시간 제어를 처리할 운영체제, 보이는 부분과 보이지 않는 부분을 가려 실제계 사물과 같이 표현하고 입체 효과를 내는 스테레오 기술 등의 그래픽스적인 요소들, 그리고 사용자와의 인터페이스를 위해 사용자 위치와 행동 감지를 통한 입출력 등에 관한 소프트웨어들이 필요하다.

4.1 운영체제

가상환경에서 요구되는 운영체제는 영상, 음성, 운동, 감각 등 다종의 요소들이 낮은 지연시간 동안에 상호작용이 이루어져야 한다. 이들에 대한 실시간적 제어를 위한 효과적인 스케줄링으로 선점방식 커널(preemptive kernel)의 채택과 문맥교환(context switching)수의 최소화가 필요하



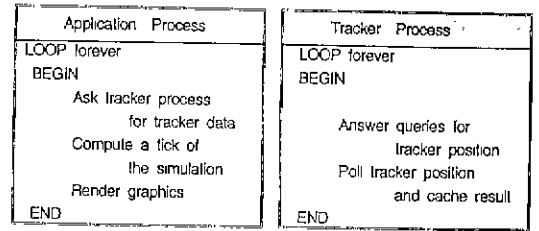
(그림 6) 하나의 Tracker-Simulation-Render process 구조

며, 더 빠른 클럭을 사용하여 정확한 동기화(synchronization)로 해상도의 질을 높여야 한다.

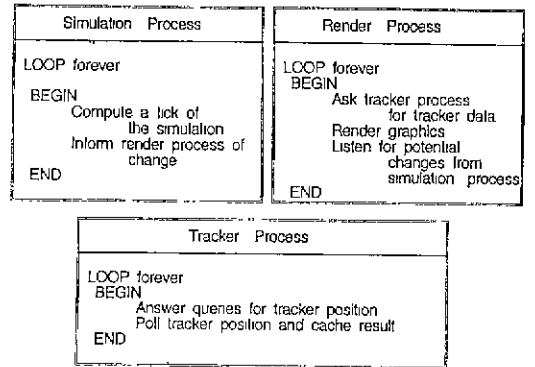
현재에는 UNIX를 기반으로 한 Solaris, Irix 등의 운영체제 시스템이 많이 사용되고 있다. VPE 프로젝트에서는 Unix system V에 기반을 둔 Stardent사의 X Toolkit, 그리고 3차원으로 확장된 XFDI를 사용하고 있다. 또한 사용자에게 가상환경에의 몰입과 환상을 갖도록 하기 위해서는 그래픽 화면을 적어도 초당 10프레임 이상의 재생속도를 갖춰야 하기 때문에 하나의 프로세서에서 사물을 추적, 계산하고 시뮬레이션하기엔 역부족이다. 초기의 가상환경 시스템에서는 하나의 프로세서로 추적과 시뮬레이션을 계산하고 그래픽스 렌더링을 실행하였으나(그림 6), 추적 프로세서와 응용프로세서로 분리하여 하나의 추적 프로세서를 서버(server)로 하고 여러 응용 프로세서를 클라이언트(client)로서 구성하여 사용하는 추세이다(그림 7). 그러나 여전히 응용프로세서에 그래픽 렌더링 시스템과 시뮬레이션 시스템이 포함되어 있어 많은 렌더링 계산을 위해서는 느린 시뮬레이션이 나타나고 빠른 시뮬레이션을 위해서는 정교한 렌더링을 포기해야 하는 상호 배타적인 문제가 존재하게 된다. 이에대해서 다시 응용프로세서를 시뮬레이션 프로세서와 렌더링 프로세서로 분리하여 구성함으로써(그림 8) 실시간적으로 이미지를 렌더링할 뿐 아니라, 시뮬레이션 계산속도에도 큰 향상을 가져왔다[17]. 현재 이런 프로세서 구조를 가진 가상환경 시스템으로 개발 중인 MR toolkit은 추적 프로세서와 렌더링 프로세서를 “사용자 인터페이스”로 통합하고, 시뮬레이션 계산을 “계산 프로세서”로 나누는 방법을 취하고 있다.

4.2 그래픽스 요구

사용자가 걸어나가면서 보는 영상이 파노라마



(그림 7) Application 과 Tracker process로 분리된 구조



(그림 8) Simulation, Render, Tracker process 로 분리된 구조

식으로 펼쳐지기 위해서는 매 프레임마다 영상이 빠른 속도로 모델링 및 렌더링되어야 하는 고도의 그래픽스 기술이 요구된다. 예를들어, 프레임의 재생속도가 1초에 20프레임이, 프레임당 5000개의 polygon으로 구성되며, 각 polygon마다 3차원(X, Y, Z)의 세좌표와 하나의 normal 벡터를 가진다고 가정한다면, 한 polygon당 48(4 * 3 * 4)바이트, 한 프레임당 1 MB가 필요하며, 결국 1초에 20 MB의 데이터를 처리해야한다. 하지만 가상환경의 영상은 실시간적으로 렌더링되어야 하기 때문에 현재의 시점에 따라 bounding volume과 view volume과의 교점에 의해 구해진 장면만을 합성하여 데이터 베이스에 저장하는 기술이 필요하다. 이를 위한 기술로써 BSP(Binary Space Partitioning) tree를 이용하여 subtree상의 교집합(intersection)에 의해 소프트웨어 컬링(software culling)을 효과적으로 제공하는 계층적 표현기법(hierarchical display)을 이용한다.

일반적으로 소프트웨어 개발에서는 계층적 표현기법을 이용하여 가상환경의 입체적 표현인 스테레오 기법을 구현한다. 가상환경에서의 스테레오 시스템에서는 사용자가 깜박임을 느끼지 않게 하기 위해 60 Hz의 빠른 재생 속도로 렌더링되어 표현되어야 하고, 장면이 입체적으로 보이기 위해서는 서로 다른 두장의 이미지가 사용자의 양쪽 눈에 동시에 나타나야 한다. 이를 위해 기존에 많이 사용되었던 이중 버퍼(double-buffer)를 사용함으로써 왼쪽 눈에 나타낼 이미지 버퍼와 오른쪽 눈에 나타낼 이미지 버퍼를 공유의 메모리(shared memory)나 ethernet을 통하여 표현하는 프로토콜을 사용한다. 그러나 현재 SGI 가상엔진에서는 스테레오 시스템을 표현하기 위하여 하나의 프레임 버퍼로부터 다중 비디오(multiple video)를 생성하는 기법이 개발되고 있다. 또한 계층적으로 구축된 그래픽스 소프트웨어 환경에 대하여 응용 분야에 따른 편집 및 유지보수를 위해 모델링과 렌더링에 대한 소프트웨어 구조(software architecture)가 필요하게 되었다. 이를 위해, 기하학적 모델링(geometry modeling), 물리적 모델링(physical modeling), 그리고 시뮬레이션 모델링(simulation modeling)이 요구된다.

기하학적 모델링은 수직벡터와 여러 요소들로부터 보이지 않는 부분을 제거하는 기법과 단순한 육면체나 구를 이용하여 3차원 물체를 생성하는 기법을 사용한다. 물리적 모델링은 구현에 대한 비용때문에 현재 거의 사용되지 않고 있다. 사용자의 상호작용이나 사물의 움직임을 시뮬레이션하는 행동학(behaviour) 시뮬레이션에서는 연속적인 이미지 프레임들 실시간적 내에 처리함으로써 사물에 대한 충돌을 파악하기도 한다. 그러나 이미지 프레임을 실시간 내에 처리하기 위해서는 사물의 충돌 파악에 대한 정확도가 떨어진다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 계산과 시뮬레이션을 분리하면 시뮬레이션의 동작은 부자연스럽지만 시뮬레이션에 대한 정확도는 높일 수 있다.

이와같은 모델링과 렌더링의 기본적인 방법은 화면에 보이지 않는 부분은 view volume을 이용하여 계층구조의 영역 분할(hierarchical spa-

tial sub-division)이나, 경계 상자(bounding boxes), 경계 구(bounding sphere), 데이터 베이스 페이징(database paging) 등의 기법으로 사물을 컬링(culling)하고, 여러 사물간의 겹침에 의해 보이지 않는 부분을 없애기 위해서는 폐쇄 사물 컬링(occluded object culling) 방법이 사용된다. 또한, 2차원 이미지를 3차원 이미지 효과를 내기 위한 방법으로 텍스처 매핑(texture mapping)이 사용되기도 한다.

4.3 Input/output 인터페이스

가상환경하에 있는 사용자와의 상호 작용을 위하여 소리나 사용자의 행동중, 여러개 대상에서 하나를 가리키는 것과 같은 정적인 행동(posture) 인식과, 시간의 흐름에 따른 몸동작을 장착된 글러브로 탐지해내는 제스처(gesture)인식 등을 통한 입출력 소프트웨어가 개발되어야 한다. 입출력을 지원하는 소프트웨어는 입출력 디바이스와의 접근이 쉽고 사용자에게는 투명(transparent)해야 한다. 현재 사용중인 입출력 도구로는 주로 소리으로써, 워크스테이션에 미리 저장되어 있기 때문에 중간에 그치게 하는데는 많은 어려움이 따르는 실정이다. 제스처로써 사용자의 행동을 인식하기 위한 방법으로 신경망 네트워크(neural networks)의 사용이 대두되고 있고 현재 시스템에서는 거의 포스처만 인식하고 있다. 그리고 보다 나은 현실감을 위해 사용자의 위치에 따라 다른 소리를 들려주는 지역 음향(localized sounds) 기술도 개발되어야 한다.

V. VR 개발의 향후과제

본고에서 서술한 바와 같이 가상현실은 여러 종류의 하드웨어와 이를 관리하는 소프트웨어로써 만들어진 초 복합적인 종합기술로서 비디오 게임과 같은 분야와는 달리 임의의 사용자가 가상환경상의 대상과 대화적 상호작용을 하는 능동적인 시스템이다. 그러나, 가상세계와 사용자의 인터페이스 측면에서 추적 시스템, 디스플레이 시스템 등의 하드웨어가 각 응용분야에서 요구하는 만큼의 수행결과를 보여주지 못하고 있다.

사용자의 머리위에 쓰는 HMD의 경우 LCD (액정화면)를 디스플레이 시스템으로 사용함으로써 그 해상도가 낮고 움직임에 대한 정밀도가 떨어지는 등 영상의 질이 실제계를 표현하기에 아주 부족한 문제점이 있다. 사용자의 입력으로 사용되는 Dataglove의 경우엔 3Kg이나 되어 움직임이 부자연스러울 뿐 아니라 움직임에 대한 감지의 정확도 면에서도 풀어야 할 문제이다. 보다 근본적인 과제로서는 실시간적 제어를 위한 워크스테이션의 개발과 함께 통신을 이용한 다중 참가자가 참여하는 가상현실 환경을 위해 병렬/분산 처리 환경도 개발되어야 한다.

소프트웨어는 중력과 관련된 물리적 법칙, 인간의 인지요소에 대한 이해, 응용분야에서 처리해야 할 업무의 수와 복잡도에 대한 계산, 일정 속도로 그려져야 할 그래픽스의 수행능력 등 그 응용분야 나름에 따라 적합한 기술의 개발이 필요하다. 예를들면 오락, 교육분야에서는 다수의 참가자가 동시에 가상현실을 체험하기 위한 연구가 필요하고 의학 분야에서는 화상의 재현, 기록, 인쇄 기술 등의 정밀도 계산이 우선시 되어야 한다. 또한 실시간적인 계산과 렌더링을 위한 그래픽스의 제어에 필요한 운영체제 시스템의 개발, 추적시스템에서 추적가능한 공간의 확장방법, 인지 시스템에서 가상환경을 거닐고 사물이나 정보를 조작하는 방법들을 개선하여 보다 나은 사용자 인터페이스를 제공하는 문제, 그리고 통신을 이용한 동화상의 전송에 필요한 압축기술의 개발 등 하드웨어의 진전 속도에 맞추어 소프트웨어 개발에도 박차를 가하여야 할 것이다. 이와 같은 하드웨어와 소프트웨어에의 주어진 응용분야의 업무를 효율적으로 수행하기 위해서는 응용분야에 따라 적당한 기법들의 결합과 절충안이 필요하다. 예를들면 보다 빠른 계산을 요구하는 응용분야에서는 정확도를 희생시키고 고해상도 디스플레이 시스템이 필요한 경우 흑백 디스플레이로 저해상도엔 컬러 지원 디스플레이 시스템을 사용하는 등의 방법을 채택한다.

가상현실에 관한 기본적인 개념과 기술이 도입된지 20여년이 지났고, 실용적인 기술들이 많은 발전이 이루어졌으나, 보다 강력한 VR 시스

템을 개발하기 위해서는 VR 시스템을 전체적인 설계(overall design)와 그래픽스적인 태스크(graphical tasks), 계산태스크(computational tasks), 추적한 데이터 관리태스크(tracked data management tasks), 상호작용 태스크(Interaction tasks) 등으로 보다 세분하여 각각 응용분야에 적절히 조화시켜 사용하는 것이 보다 나은 가상환경을 만드는 지름길이라 하겠다.

참 고 문 헌

1. B. Chuck, "Humans : The Big Problem in VR". SIGGRAPH course note, No. 9, 1992, pp. 3.1~3.5.
2. B. Steve, L. Creon, "The Virtual Wind Tunnel", SIGGRAPH course note, No. 43, 1993, pp. 2.1~2.10.
3. B. Steve, "Survey of Virtual Environment Technologies and Techniques", SIGGRAPH course note, No.9, 1992, pp.1.1~1.15.
4. B. Steve, "The Integrated Virtual Reality System", SIGGRAPH course note, No. 43, 1993, pp. 1.7.1~1.7.6.
5. B. Steve, "Virtual Reality Hardware", SIGGRAPH course note, No. 43, 1993, pp. 1.3.16~1.3.24.
6. C. Blanchard, S. Burgess, Y. Harvil, J. Lanier, A. Lasko, M. Oberman, and M. Teitel, "Reality Built for Two : A Virtual Reality Tool", Computer Graphics, Vol. 24. No. 2, March 1990, pp. 35~36.
7. C. Cruz-Neira, D. J. Sandin, T. A. Defanti, R. V. Kenyon, J. C. Hart, "The CAVE", SIGGRAPH course note, No. 43, 1993, pp. 7.1~7.8.
8. C. Cruz-Neira, D. J. Sandin, T. A. DeFanti, R. Kenyon, J. C. Hart, "The CAVE, Audio Visual Experience Automatic Virtual Environment", Communications of the ACM, June 1992, pp. 64~72.
9. C. Cruz-Neira, D. J. Sandin, T. A. DeFanti, "Surround-Screen Projection-Based Virtual Reality". SIGGRAPH '93 Proceedings, Aug. 1993, pp. 135~142
10. C. Cruz-Neira, "Virtual Reality Overview", SIGGRAPH course note, No. 23, 1993, pp. 1.1~1.17.
11. F. P. Brooks, M. Ouh-Young, J. J. Batter, P. J. Kilpatrick, "Project GROPE : Haptic Displays for

- Scientific Visualization", Computer Graphics, Vol.24, No. 4, Aug. 1990, pp. 177~185.
12. G. Bishop, H. Fuchs, *et al.* "Research Directions in Virtual Environments", Computer Graphics, Vol. 26, No.3, Aug. 1992, pp. 153~177.
 13. J. Rick, "Design and implementation Issues in the VIEW Lab", SIGGRAPH course note, No. 9, 1992, pp. 5.1~1.15.
 14. L. Creon, "Lessons learned while implementing the Virtual Wind tunnel projects", SIGGRAPH course note, No. 9, 1992, pp. 4.1~4.7.
 15. L. Smarr, C. E. Catlett., "Metacomputing", Communications of the ACM 35, No. 6, Jun. 1992, pp. 44~52.
 16. M. Deering, "High Resolution Virtual Reality", Computer Graphics, Vol. 26, No. 2, July 1992, pp. 195~201.
 17. P. Randy, "Software Development Environment", SIGGRAPH course note, No. 43, 1993, pp. 1.6.1~1.6.6.
 18. S. Feiner, C. Beshers, "Visualizing n-Dimensional Virtual Worldswith n-Vision", Computer Graphics, Vol. 24, No. 2, March 1990, pp. 37~38.

윤 경 현



- 1981 중앙대학교 컴퓨터 공학과 학사
- 1983 중앙대학교 컴퓨터 공학과 석사
- 1983 ~1985 한국 전기 연구소 연구원
- 1988 Univ. of Connecticut, Computer Science 석사
- 1991 Univ. of Connecticut, Computer Science 박사
- 1991 ~현재 중앙대학교 컴퓨터 공학과 조교수

관심 분야: 컴퓨터 그래픽스, Surface & Volume Rendering, Radiosity, Virtual Reality.



최 정 단

- 1993 중앙대학교 컴퓨터 공학과 학사
- 1993 ~현재 중앙대학교 컴퓨터 공학과 석사과정
- 관심 분야: 컴퓨터 그래픽스, 애니메이션, Virtual Reality.