
가상현실기술에 기반한 가상천체학습시스템

정성태*

Virtual Celestial Learning System Based on Virtual Reality Technology

Sung-Tae Jung*

요약

본 논문에서는 가상현실기술을 이용한 효과적인 천체학습시스템의 개발에 대하여 기술한다. 본 시스템은 HMD를 사용하여 학습자에게 깊은 몰입감을 제공하고 3차원 마우스를 사용하여 편안한 항해를 제공한다. 본 시스템에서는 Visual C++과 OpenGL을 사용하여 천체의 3 차원 이미지를 생성하고 이를 HMD에 디스플레이한다. 그러면 학습자들은 마치 우주선에 탑승해서 천체를 항해하는 느낌을 받으면서 학습하게 된다. 항해하는 도중에는 행성자료를 살펴볼 수 있고 문제도 풀어 볼 수 있게 함으로써 다양한 상호작용에 의해 교육적 효과를 높일 수 있도록 하였다. 이와 같이 본 논문에서는 가상현실기술이 몰입과 상호 작용을 통하여 학생들의 흥미를 증가시킴으로써 교육 효과를 향상시킬 수 있음을 보였다.

ABSTRACT

This paper describes the development of an effective celestial learning system using virtual reality technology. Our system support a deep immersion and comfortable navigation by using HMD(Head Mounted Display) and 3 dimensional mouse. We make three dimensional celestial image dynamically with OpenGL and display the rendered image to HMD. Students can feel that they are on the space ship and navigate through the celestial body. During the navigation, students can get the information of each planet and solve given problems. Our system shows that virtual reality can be used as an effective tool for training and education.

키워드

가상현실, 가상학습, 천체학습시스템, OpenGL

1. 서론

인터넷을 항해하다 보면 많은 사이트에서 교육용 프로그램들을 접할 수 있다. 이러한 프로그램들은 다양한 방법으로 학습자들에게 지식을 전달하고 학습효과를 높이려고 노력하고 있다. 예를 들어보자면 개구리의 몸을 이루는 각 기관의 모양과 위치를 볼 수 있고 개구리를 해부해 볼 수 있는 '가상 개구리 해부 실험실', 기상위성에서 수시로 촬영한 구름사진들을 보여주며 날씨를 예측해

볼 수 있는 기상정보 제공 사이트, 자연사 전반에 대한 방대한 자료가 수록되어 있는 영국의 자연사 박물관 등은 실제 학습에서는 직접 경험할 수 없는 부분들을 텍스트, 이미지, 사운드 동영상 자료 등을 통해 학습할 수 있도록 하였다. 이러한 학습들은 기존의 텍스트만을 제공하던 학습방법에서 발전해 텍스트, 이미지, 사운드, 동영상 자료 등을 제시함으로써 학습자들의 흥미를 끌 수 있었고 학습효과 또한 시각적, 청각적 자료의 효과를 증가시킬 수 있었다.

*원광대학교 전기전자및정보공학부
접수일자 2003. 4. 4

그러나, 이러한 프로그램들은 컴퓨터를 이용해 학습할 수 있게 하였다는 효과는 있으나 2차원 화면상에 문자나 사진정보만을 제시함으로써 일방적이고 수동적인 학습에 지나지 않았다. 이러한 점을 극복할 수 있는 대안이 가상현실 기술을 이용한 교육프로그램의 개발이다. 가상현실은 기존의 컴퓨터 및 멀티미디어 교육시스템보다 더욱 발전된 형태의 입체적이고 동적이며 직관적인 가상 체험 교육시스템을 구현할 수 있는 기술을 제공한다[1,2].

교육의 효과를 증가시키는 방법에는 여러 가지가 있겠으나 그중 하나가 체험학습이다. 기존의 멀티미디어 학습에서 오디오 매체나 비디오 매체를 통해 텍스트 자료뿐만 아니라 사운드자료, 이미지자료, 동영상자료 등을 제공함으로써 상당부분이 충족되기는 하였으나 이러한 학습은 단지 학습자에게 일방적으로 보여주거나 들려주는 정도에 지나지 않아 학습자 자신의 능동적인 체험이기 보다는 수동적인 체험을 제공하였다.

이러한 사실에 입각해 교육용 프로그램을 학습하는데 있어 학습자 자신이 직접 체험할 수 있는 프로그램이 필요하나 여러 가지 시간적, 공간적, 물리적 제약조건으로 인해 직접 체험하지 못하는 부분을 컴퓨터가 제공하는 가상세계에서 몰입, 탐험, 상호작용을 통해 직접 체험하는 것처럼 느낄 수 있게 해주는 가상현실을 이용한 학습시스템이 개발되기에 이르렀다.

참고문헌[3]에서는 이러한 가상 현실 기술을 이용하여 천체 학습 시스템을 개발하였다. 이 시스템에서는 천체를 3차원 그래픽 툴인 3D Studio를 이용하여 화면을 구성한 다음 Direct X를 이용하여 애니메이션을 렌더링 하는 방식으로 천체를 보여주었다. 그러나 이러한 방식은 개발자가 미리 그려 놓은 화면을 일방적으로 보여 주는 것에 지나지 않았으며, 학습자의 자유로운 상호작용에 대한 배려도 부족하였다. 따라서 본 논문에서는 Visual C++과 OpenGL[4]을 사용하여 실감나는 3차원 화면을 구성하였으며, HMD(Head Mounted Display)를 착용함으로써 몰입감을 극대화시킬 수 있도록 하였다. 그리고 보다 자유로운 상호작용을 위하여 스페이스볼을 사용하여 탐험을 할 수 있도

록 하였다.

II. 관련 연구 고찰

1. 가상 현실 개요

가상현실의 정의는 학자마다 여러 가지로 정의하고 있지만 이들을 종합해 볼 때, "컴퓨터로 창조된 인조의 공간에서 인간이 현실감을 느끼는 것"이라 할 수 있다. 즉, 컴퓨터 상에 3차원으로 모델들을 형상화하여 그 환경 속에서 탐색하고, 상호작용하며 주도적으로 환경을 이끌어 나갈 수 있는 획기적인 기술이다[5]. 기존의 애니메이션이 미리 제작된 장면들의 연속적인 재생에 지나지 않아 사용자에게 수동적인 경험만을 제공하였다면, 가상현실은 3차원의 형상들이 인간과 상호작용하고, 이로 인하여 인간의 의도대로 형성된 가상의 세계에서 원하는 상황을 만들어 내기도 하고, 실제로 경험하기 힘든 것을 가상으로 체험할 수 있다. 즉, 가상현실은 일정한 테두리를 갖고 있는 것이 아니며, 모든 상상 가능한 환경이 바로 가상현실인 것이다.

가상현실(Virtual Reality)의 최종목적은 현실 못지않은 또 하나의 현실을 컴퓨터를 통해 구현하는 것이다. 현재는 컴퓨터 하드웨어와 소프트웨어의 성능 및 관련 학문에 관한 연구가 충분히 뒷받침되지 않아 영화나 공상 과학 서적에서나 가능한 것이지만 현재의 기술 발전을 고려한다면 우리 생활에 직접 활용하는 것도 멀지 않다고 본다.

2. 기존 시스템

기존의 가상현실기술을 학습시스템에 적용하고자 하는 노력은 몇 차례 있어왔다. 가상현실기술을 이용한 PC Tour 시스템 개발[6], 가상현실기술을 이용한 물리실험학습시스템 개발[7], 가상현실기술을 이용한 천체 학습 시스템 개발[3], 대화형 가상물리실험시스템 개발[8], 3차원 가상 물리 실험 시스템의 개발[9], 3차원 대화형 실험 학습 시스템 개발[10] 등이 그 좋은 사례들이다. 각각 조

금씩 초점은 다르지만 결국은 가상현실기술의 다양한 기술들을 학습시스템에 적용시켜 학습효과를 높여 보자는데 그 목적이 있는 것이다. 그 중에서도 시각적인 가상현실기술을 이용하여 최대의 효과를 얻을 수 있을 것이라고 예상된 부분이 천체 시뮬레이션이다.

참고문헌 [7]에서 제시한 시스템을 먼저 화면 구성 면에서 살펴보면 천체를 3차원 그래픽 툴인 3D Studio를 이용하여 각각의 화면을 구성한 다음 Direct X를 이용하여 애니메이션을 렌더링 하는 방식으로 되어 있다. 따라서 화면의 구성은 개발자가 미리 그려 놓은 화면을 일방적으로 보여주는 것에 지나지 않았다. 그리고 학습자의 의사 전달은 마우스나 키보드 등의 입력 장치를 사용함으로써 학습자의 보다 자유로운 상호작용에 대한 배려도 부족하였다. 반면 이 시스템은 Netscape 실행시켜 HTML 문서상에서 학습내용을 보여주고 외부의 실행파일을 실행시켜 애니메이션을 보여주도록 하는 장점도 가지고 있다.

이러한 기존의 시스템의 단점을 극복할 수 있도록 본 논문에서는 학습자의 시각적 몰입을 최대화하기 위하여 Visual C++과 3차원 그래픽 라이브러리인 OpenGL을 사용하여 보다 실감나는 3차원 화면을 구성하였으며, HMD(Head Mounted Display)를 착용함으로써 몰입감을 극대화시킬 수 있도록 하였다. 그리고 보다 자유로운 상호작용을 위하여 스페이스볼을 사용하여 탐험을 할 수 있도록 하였다.

3. 태양계

본 논문에서는 태양계를 기본으로 가상 천체 학습 시스템을 구성하였다. 태양계는 태양을 중심으로 수성, 금성, 지구, 화성, 목성, 토성, 천왕성, 해왕성, 명왕성 등으로 구성되어 있다. 태양을 중심으로 수성, 금성, 지구, 화성을 태양계의 내행성이라 부르고 목성, 토성, 천왕성, 해왕성, 명왕성 등의 행성을 태양계의 외행성이라 부른다[11].

태양계의 행성들은 지구형 행성(주로 내행성)과 목성형 행성(주로 외행성)으로 나눌 수 있는데 지구형 행성의 특징은 반지름, 질량, 자전 속도,

편평도가 작으며 밀도가 크고 태양계 안쪽에 위치한다. 반면 목성형 행성은 반지름, 질량, 자전속도, 편평도가 크고 밀도가 작으며 주로 태양계의 바깥쪽에 위치한다.

태양계의 행성들은 태양을 중심으로 거의 같은 평면 위에서 반시계 방향으로 타원 궤도를 그리며 공전하고 있다. 특이한 것은 해왕성과 명왕성의 공전 궤도가 겹쳐 있어서 때로는 해왕성의 궤도 안쪽으로 명왕성이 위치할 때도 있다는 것이다. 그리고 각 행성에는 보다 작은 또 다른 위성들이 각 행성을 중심으로 공전하고 있다. 각 행성들의 물리량은 표 1과 같다[11].

표1. 태양계 행성 자료
Table 1. Planets of the solar system

행성	장반경 [AU]	공전주기 [년]	자전주기 [일]	이심률 [도]	반지름 [Km]
수성	0.39	0.24	58.65	0.21	2,439
금성	0.72	0.62	243.00 (역회전)	0.01	6,051
지구	1.00	1.00	1.00	0.02	6,378
화성	1.52	1.88	1.03	0.09	3,397
목성	5.20	11.86	0.41	0.05	71,492
토성	9.54	29.46	0.45	0.06	60,268
천왕성	19.19	84.07	0.72	0.05	25,559
해왕성	30.06	164.80	0.67	0.01	24,764
명왕성	39.60	248.60	6,387.00	0.25	1,156

III. 가상 천체 학습 시스템 설계

1. 가상 천체 학습 시스템

본 논문에서 설계한 가상 천체 학습 시스템 계층도가 그림1에 나타나 있다. 가상 천체 학습 시스템에서는 태양계를 공전하는 모습을 3차원 스테레오 화면으로 구성하며 학습자가 HMD[12]를 사용하여 시각적으로 완전히 몰입한 상황에서 직접 태양계를 항해하는 것과 같은 환경을 제공한다. 학습자가 이렇게 제공된 3차원 환경에서 학습함으로써 학습효과를 높이는 것을 목적으로 개발하였다. 태양계를 항해하는데 있어서 위치이동은 스페이스볼이라 불리는 3차원 마우스를 이용하여 이동할 수 있도록 구성하였다. 본 시스템에서는

우주공간을 우주선을 타고 항해하는 것과 같이 이동할 수 있도록 하여 각 행성들을 보다 현실감 있게 관찰할 수 있도록 하였다. HMD를 쓸 경우 3차원 화면에 현실감 있게 몰입함으로써 실제감을 줄 수 있다. 이러한 탐험중에 어떤 행성에 대해 보다 자세한 내용을 학습하고 싶을 경우에는 마우스를 사용하여 해당 행성을 클릭하면 행성에 대한 자세한 내용들이 메시지 박스를 통해 디스플레이 되도록 구성하였다. 이러한 화면상에서의 탐험학습뿐만 아니라 메뉴 바를 이용하여 직접 마우스로 해당 행성을 선택할 경우 바로 학습내용이 디스플레이 되어지도록 2가지 방법으로 구성하였다. 메뉴 바에는 관찰자 이동과 행성정보와 문제 등으로 구성하였다. 관찰자 이동에서는 학습자가 가까이 보고자 하는 행성을 선택할 경우 보는 시점을 곧바로 원하는 행성의 일정한 위치로 이동하여 행성을 근거리에서 관찰할 수 있도록 하였고, 행성정보에서는 학습자가 학습하기를 원하는 행성을 선택하면 바로 행성에 대한 학습내용을 보여주며 문제풀이에서는 행성학습 내용을 어느 정도 숙지하였는가를 문제를 통해서 평가할 수 있도록 하였다. 학습자는 이러한 과정을 거쳐 시각적으로 완전히 몰입한 상태에서 태양계를 탐험하며 태양계에 대한 내용을 학습 또는 평가할 수 있다.

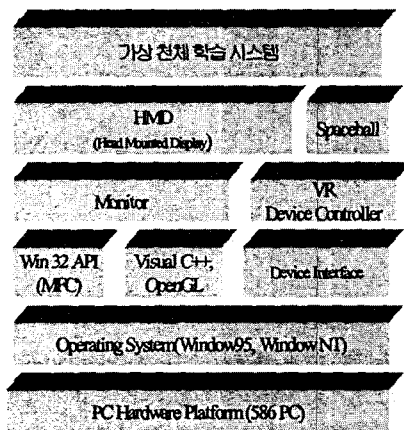


그림4. 시스템 구성도
Fig.1 System architecture

2. 개발 환경

본 논문의 하드웨어 시스템으로 3차원 그래픽 가속기를 장착한 PC에서 윈도우즈 운영체제를 기반으로 Visual C++[13] 언어와 OpenGL[14]을 사용하여 개발하였으며, 사용자와의 윈도우 인터페이스 개발은 MFC를 이용하였다. OpenGL은 실리콘 그래픽 워크스테이션 계열에서 사용하는 그래픽 라이브러리로 널리 사용되고 있으며 3차원 그래픽 라이브러리의 표준이라 할 수 있다. 이렇게 Visual C++과 OpenGL로 그려진 태양계 화면은 모니터를 통해서 출력되어지며 학습자는 HMD를 통해 보여지는 3차원 입체 화상을 볼 수 있다. 그리고 항해를 통한 변화된 위치 좌표의 입력은 스페이스볼을 사용하여 지원하도록 하였다.

3. 학습설계

가상 천체 학습 시스템의 학습은 두 가지 방식으로 이루어지게 구성하였다. 먼저 한 가지 방법은 프로그램이 시작되면서 태양계가 시물레이션 되어지는 상황에서 학습자가 항해를 통해 위치이동을 하면서 행성들에 접근해 원하는 행성을 클릭하면 그 행성에 대한 자료가 디스플레이 되어지도록 한 방법이다. 이러한 학습방법은 학습자가 HMD를 쓴 상태에서 완전히 몰입하여 태양계를 탐험하는 형식을 취하므로 매우 흥미로울 뿐만 아니라 학습자가 능동적으로 참여 할 수 있으므로 학습효과가 매우 크다. 그리고 다른 한 가지 방법은 메뉴를 주어 학습자가 메뉴를 직접 클릭 함으로써 원하는 학습메뉴를 선택하여 학습할 수 있도록 하는 방법이다. 학습메뉴는 관찰자 이동, 행성 학습, 문제풀이 등으로 나누어 관찰자 이동에서는 학습자가 원하는 행성으로 바로 시점 이동을 할 수 있도록 하여 행성들의 주위 위성이나 행성 표면을 보다 자세하게 볼 수 있도록 하였고, 행성 학습에서는 각 행성에 대한 학습내용을 바로 선택하여 볼 수 있도록 하였다. 그리고 문제풀이에서는 각 행성들에 대한 학습내용을 테스트해 볼 수 있도록 하였다.

IV. 가상 천체 학습 시스템의 구현

태양계의 가상현실 3차원 화상을 만들기 위해서는 여러 가지 단계를 거쳐야 한다. 먼저 OpenGL을 이용하여 행성들을 만들고, 만들어진 행성들을 태양을 중심으로 공전시키면서 동시에 자전시켜야 한다. 그리고 태양계의 행성들은 일정한 궤도를 유지하면서 공전하고 있으므로 궤도를 계산해 넣어 주어야 한다. 그리고 태양에 빛을 주어 태양계를 만들고 항해를 이용한 학습을 위해서 스페이스볼을 이용하여 위치를 이동함으로써 변화된 좌표를 입력받아 시점변화에 의해 변화된 화면을 빠른 속도로 렌더링 하면서 화면을 그려주어야 한다. 그리고 마지막으로 모니터에 보여진 화면을 HMD에 3차원 입체 화상으로 만들어 주는 단계를 거친다.

1. 행성 만들기

태양계를 구성하는 행성들은 각기 다른 크기와 표면 등 시각적인 여러 가지 특징들을 가지고 존재한다. 본 시스템에서는 먼저 OpenGL을 이용하여 각기 다른 크기의 3차원 구를 그리고, 이러한 구에 텍스처맵핑을 이용하여 각 행성들에 2차원 사진을 입히는 과정을 통해 행성을 만든다.



그림5. 행성 생성 과정
Fig. 2. Display of a planet.

2. 행성의 공전과 자전

만들어진 행성은 각 행성들의 축을 중심으로 일정한 주기를 가지고 자전을 하며, 또한 태양을 중심으로 일정한 주기를 가지고 공전을 하게 된다. 여기에서 각 행성들이 직각을 축으로 하지 않고 행성마다 다르므로 각 행성들의 자전축을 주어 자전하도록 하였다. 자전에는 자전축과 자전주기,

자전방향 등의 값을 주어 행성마다 자전할 수 있도록 알고리즘을 구현하였다. 또한 태양을 중심으로 한 공전은 공전 축을 태양을 중심으로 하였고 지구의 공전주기를 1년으로 하였을 때의 각 행성의 공전주기를 계산하여 공전하도록 하였다.

3. 행성의 공전 궤도 만들기

각 행성들은 공전 궤도를 가지고 있다. 일반적으로 행성들의 공전면은 지구가 태양을 공전하는 궤도면, 즉 '황도면'과 거의 같으며 명왕성만이 약 17도 정도 차이가 있다. 공전 궤도가 완전한 원이 아니고 타원을 이루고 있으므로 공전 궤도를 계산할 때는 각 행성들의 장반경, 이심률, 공전 주기, 태양으로부터의 거리등을 인자값으로 하여 행성들의 근일점과 원일점을 계산한다. 이렇게 계산된 행성의 근일점 좌표와 원일점 좌표를 이용하여 행성의 타원 궤도를 그리게 된다. 행성들의 근일점과 원일점을 계산하는 수식은 다음과 같다.

$$r = a(1 - e^2) / (1 + e \cos(\theta))$$

여기에서 r 은 태양으로부터 행성까지의 거리이고, a 는 행성궤도의 장반경이고, e 는 이심률이며, θ 는 태양과 행성궤도의 근일점을 이은 선과 행성이 위치한 지점과 벌어진 각도를 나타낸다.

4. 태양의 빛 처리

태양은 태양계 내에서 스스로 빛을 내는 유일한 천체이다. 행성들은 자기 스스로 빛을 내지 못하고 태양의 빛을 반사하여 보이는 것이다. 우리가 지구에서 낮과 밤의 빛을 밝기가 다른 이유가 현재 자신의 위치에서 태양의 빛을 얼마나 받느냐에 의한 것이다. 태양계를 그릴 경우 태양이 빛을 어떻게 내도록 할 것인가 하는 문제도 이러한 이유로 매우 중요하다. 본 시스템에서는 태양 주위에 8개의 빛을 주도도록 설계하였다.

이렇게 하여 각 행성들이 태양을 중심으로 360도 회전을 하여도 각 위치에서 적당한 빛을 받을 수 있도록 하였다. 따라서 각 행성들은 위치 변화

에도 불구하고 그들의 위치에서 적절한 빛을 반사하여 명암을 가지게 된다.

5. 시점 변화에 따른 태양계 화면 생성

가상 천체 학습 시스템에서는 항해를 이용한 태양계 탐험을 제공하고 있다. 이러한 경우 스페이스볼을 이용하여 학습자가 위치를 옮기도록 설계하였다. 스페이스볼은 기본적으로 6가지 방향의 이동(X, Y, Z, Yaw, Roll, Pitch)값을 제공한다. 본 시스템에서는 학습자가 스페이스볼을 조작함으로써 발생하는 위치 변화 값을 입력 모듈에서 인자값으로 받아 새로운 시점에서의 태양계의 모습을 실시간으로 생성해서 디스플레이 해 준다.

6. 시스템 수행 결과 구현

가상 천체 학습 시스템을 실행시킨 다음 스페이스볼을 이용하여 학습자가 이동하는 경우 시점이 변하게 되는데, 한 예가 다음 그림과 같다.



그림6. 실행 장면 예
Fig. 3. A sample of running.

스페이스볼을 이용해서 행성을 클릭했을 경우 행성에 대한 학습자료가 디스플레이 되어지는 화면은 다음과 같다.

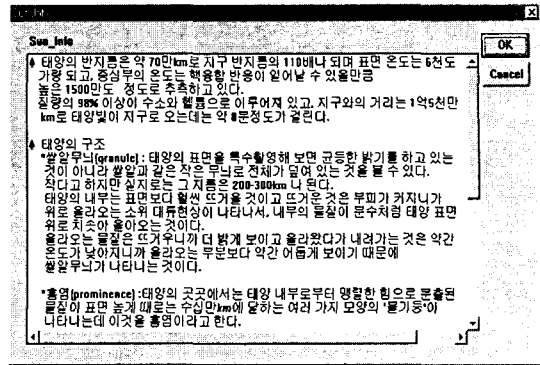


그림 7. 행성정보 화면
Fig. 4. A sample screen of a planet information

행성학습을 마친 뒤 학습내용에 대한 평가를 할 수 있도록 문제 화면을 띄워보면 다음과 같다.

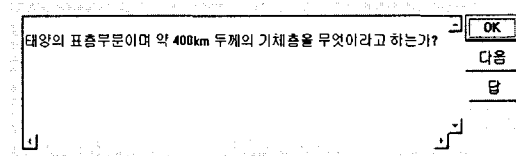


그림 8. 문제풀이 화면
Fig. 5. A sample screen for problem solving

학습내용에 대한 평가를 할 수 있도록 문제에 대한 설명은 답을 누르면 다음과 같다.

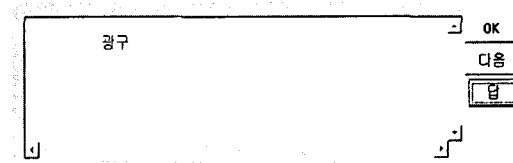


그림 9. 문제에 대한 정답화면
Fig. 6. A sample screen for result display.

V. 결론

본 논문에서는 가상현실 기술을 이용하여 가상 천체학습시스템을 구현하였다. 가상현실에는 여러 분야에서의 접근이 이루어지고 있으나 본 논문에서는 시각적인 측면에서의 가상 현실 기술에 초점을 맞추었다. 3차원 그래픽 화면을 Visual C++

과 OpenGL을 사용하여 모든 천체를 하나씩 표현했고, 이렇게 그려진 천체 화면을 HMD를 통해 시각적으로 몰입감을 최대한 느끼면서 천체 항해를 하는 과정에서 천체에 대해 학습할 수 있도록 구성하였다.

본 논문에서 이러한 HMD를 사용한 시각적 몰입감은 구현이 되었으나 그 이외의 여러 가지 감각의 활용은 구현되지 못하였다. 학습자와 컴퓨터의 상호작용을 위해서 시각의 위치를 추적할 수 있는 헤드트래커 또는 아이트래커와 손의 움직임을 추적할 수 있는 데이터글로브 같은 장비들도 사용하여 보다 자연스럽게 상호작용이 이루어지도록 한다면 학습자들의 학습효과는 증가되어질 것으로 보여진다.

참고 문헌

[1] 원광연, "전산학으로서의 가상현실", 정보과학회지 제11권, 1997

[2] 권태경, "Cyber Tech 가상현실", 사이버출판사, 1996.

[3] 심원도의 4인, "가상현실기술을 이용한 천체 학습시스템 개발", 한국정보처리학회 추계 학술발표논문집 제3권 제2호, pp. 829-833, 1996.

[4] 우상수, "OpenGL 프로그래밍", 사이버출판사, 1997

[5] 니콜라스 레이브로프, "가상현실(Virtual Reality)", 김영사, 1995.

[6] 김현수의 6인, "가상현실기술을 이용한 PC Tour 시스템 개발", 한국정보처리학회 추계 학술발표논문집 제3권 제2호, pp. 296-301, 1996.

[7] 김성재의 5인, "가상현실기술을 이용한 물리 실험학습시스템 개발", 한국정보처리학회 추계 학술발표논문집 제3권 제2호, pp. 679-682, 1996.

[8] 박주경의 6인, "대화형 가상물리실험시스템 개발", 한국정보처리학회 춘계학술발표논문집 제 4 권 1호, pp. 922-927, 1997.

[9] 이재기의 4명, "3차원 가상 물리 실험 시스템의 개발", 한국정보시스템학회 추계학술대회 논문 집, pp. 75-82, 1997.

[10] 이재기의 2명, "3차원 대화형 실험 학습 시스템 개발", 한국정보시스템학회 정기학술지,

제6권, 제2호, pp. 165-188, 1997.

[11] Andrew Fraknoi의 2인, "Through The Universe", Saunders College Publishing, 1997.

[12] i-glasses! Developer Kit Version 1.2, VIRTUAL I-O, 1995.

[13] Nathan Gurewicz & Ori Gurewicz, "Visual C++ 6", SAMS Publishing, 1997.

[14] Richard S. Wright Jr & Michael Sweet, "The Complete Guide to OpenGL Programming for WindowNT and Window95", Springer, 1998

저자 소개



정성태(Sung-Tae Jung)

1989년 2월 서울대학교 공학석사
 1994년 8월 서울대학교 공학박사
 1995년 3월~현재 원광대학교 전
 기전자및정보공학부 교수

※ 관심분야 : 영상 처리, 컴퓨터 그래픽스