

비행 VR 시뮬레이터를 위한 혼합 현실 환경의 구축

이종환*, 한순흥*

Building Mixed Reality System for a VR Flight Simulator

Jonghwan Lee, Soonhung Han

Abstract

This paper presents a prototype visualization system of mixed reality for a VR flight simulator. The chroma key technique is used to build the mixed reality model for a VR flight simulator. The Daedeok science town can be visualized in real time according to the rider control. He can also see his own hand/foot operating the control stick/rudder as well as virtual environment projected to the blue-screen using a video-see-through HMD.

Key Words: 가상현실, 혼합현실, 비행 시뮬레이터, Mixed Reality, Virtual Reality

1. 서론

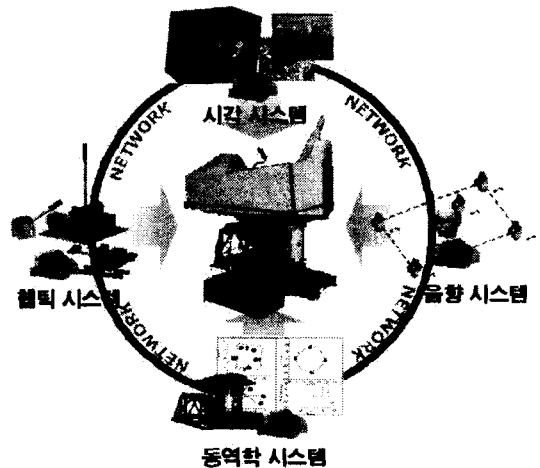
1990년대 초부터 활발하게 연구되기 시작한 가상현실 기술은 컴퓨터 그래픽스 기술의 발전에 힘입어 빠르게 발전하고 있다[1]. 가상현실 기술의 활용 분야로, 운동감을 동반하는 가상현실 시뮬레이터가 있다. 항공기의 모의비행 훈련 장치를 위해 발전되어온 시뮬레이터 기술은, 군사용 시뮬레이터를 중심으로 발전되어 오다가, 최근에는 민간 산업용 시뮬레이터로 그 기술이 전파되어, 산업 훈련용, 특수 상황 체험용, 게임용 등의 다양한 분야에 적용되고 있다[2,3,4,5].

시뮬레이터를 구성하는 요소기술 중 가상환경의 시각화를 담당하는 시각 시뮬레이터는, 시뮬레이터의 동적 이미지를 실시간으로 생성 및 재생하여, 사용자가 체험하는 가상세계를 시각적으로 재현한다[2,3,4,5]. 인간이 외부세계로부터 받아들이는 감각 정보의 70% 이상은 시각정보로, 비행 시뮬레이터에서도 시각은 큰 비중을 차지하기 때문에, 시각적 현실감을 높이기 위해 다양한 방법이 이용되고 있다[6,7]. 특히, 비행시뮬레이터는 대규모 지형 데이터베이스를 필요로 하고, 가상환경을 생성하는 시스템 역시 현실감이 중요하기 때문에, 시각 시뮬레이터가 담당하는 역할은 여타 주행 시뮬레이터보다 크다[8].

국내외에서 비행 시뮬레이터의 개발사례는 다수 찾아볼 수 있는데, 항공우주연구소의 항공기 설계 및 시험평가를 위한 비행 시뮬레이터[9], Iowa State 대학 VRAC의 6 자유도 운동판과 입체영상 및 서라운드 사운드를 이용한 1인승 헬리콥터 시뮬레이터[10], Simpkins Design Group의 상용 시뮬레이터인 FLYIT [11] 등이 있으며, 도담시스템[11] 등의 국내 업체에서도 군사용 항공기용 시뮬레이터를 개발하였다. 시뮬레이터 이외에도 가상현실 기법을 동원하여 탑승자의 조종에 도움을 주기 위한 연구사례도 볼 수 있는데, 전자통신연구원의 헬리콥터 항법용 증강현실 소프트웨어의

개발에 관한 연구가 있다[13].

본 논문은 HELICAT이라는 실제 존재하는 경량 스포츠 헬리콥터를 모사하는, 시뮬레이터를 개발하면서 구현된 혼합현실 기반의 가상화 시스템에 관한 내용을 소개한다. 그림 1은 개발된 스포츠 헬기 시뮬레이터의 개념도이다. 전체 시뮬레이터는 가상환경을 제공하는 시각 시스템, 헬리콥터의 동역학을 계산하고 운동감을 제공하는 동역학 시스템, 헬리콥터 조종기구의 입력과 촉감을 제공하는 햅틱(haptic) 시스템, 3차원 가상 음장을 제공하는 음향 시스템으로 구성되며, 각 서브시스템은 네트워크로 연결되어 있다[14].

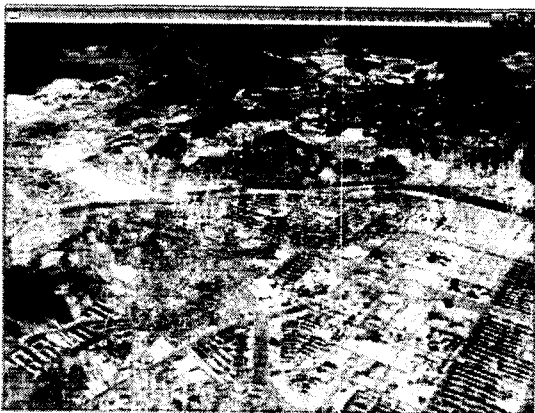
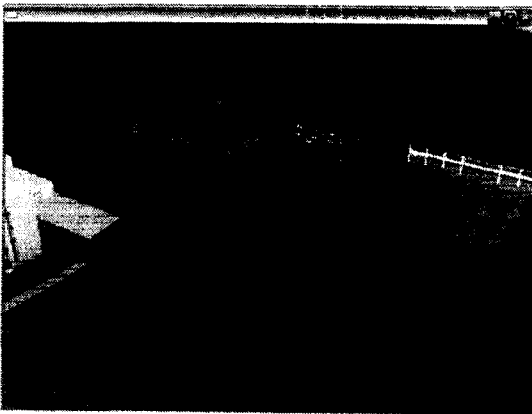


<그림 1> 스포츠 헬리콥터 VR 시뮬레이터의 구성

본 논문의 구성은 다음과 같다. 1절에서 관련 연구 및 연구결과물의 개요를 설명한 후, 2절에서는 비행 VR 시뮬레이터의 가상환경을 생성한 방법을 소개한다. 3절에서는 만들어진 가상환경을 본 시뮬레이터에서 가상화하기 위하여 채택한, 혼합현실 기반의 시각화 방법을 설명하고 결과를 검토한다. 마지막으로, 4절에서는 연구결과물을 정리하고, 향후 개선할 점을 제시한다.

2. 실시간 가상환경의 생성

가상환경이 보여주는 모델은 KAIST 캠퍼스를 중심으로 하는 대덕 연구단지의 지역 모델이다. 이 모델은 수치 지형도와 위성 이미지를 이용하여 제작된 다단계 폴리곤 모델인데, 특히, 가상의 헬리콥터가 주로 비행을 하는 KAIST 캠퍼스 주위는, KAIST 자전거 주행 시뮬레이터에 쓰였던 폴리곤 모델을 이용하여 [2,15,16,17], 실제와 같은 느낌을 주도록 모델링 하였다. <그림 2>는 가상환경을 이루는 다단계 폴리곤 모델이다.

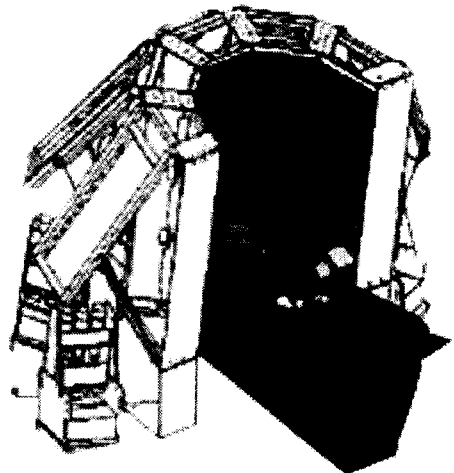


<그림 2> 다단계 가상환경 폴리곤 모델

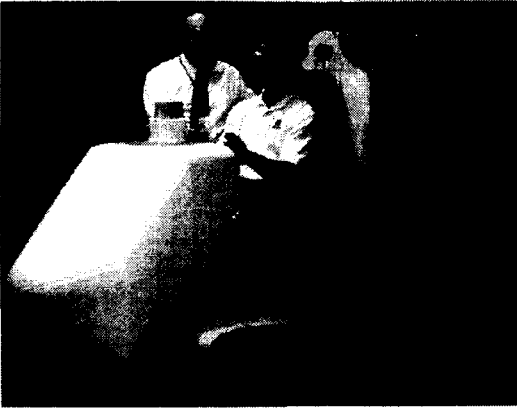
상업용 실시간 가상환경 생성 도구인 Vega™ API[18]를 이용하여 구현된 시각 시뮬레이터는, 모델링한 가상환경을 실시간으로 구동하며, 헬리콥터 동역학을 해석하는 모듈과 서로 필요한 정보를 연동하면서, 가상환경을 실시간으로 생성한다.

3. 혼합현실 기반 가시화 시스템의 구축

<그림 3>은 스크린에 화면을 직접 디스플레이하는 방식의 시뮬레이터의 사례인데 이러한 형태의 가시화 방법은 시각 효과가 크지만, 설치 비용이 높고, 공간 활용 측면에서 비효율적이다. <그림 4>는 HMD(Head Mount Display)를 이용한 시뮬레이터 가시화 방법의 사례이다. 이 방법은 스크린을 비롯한 가시화를 위한 큰 장비가 필요 없어, 작은 공간에서도 시뮬레이터의 가시화가 가능하지만, 탑승자의 신체를 비롯한 여러 가지의 시각요소를 모두 가상의 객체로 가시화하기 위한 별도의 부가적인 과정이 필요하며, 가상환경 안에 가상의 객체가 삽입되더라도 탑승자 자신이 조정하고 있는 객체로 인식하기 힘들다.

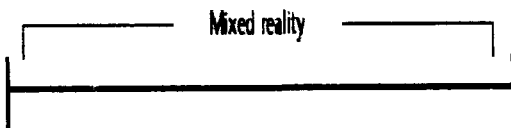


<그림 3> 스크린 직접 주사방식의 시뮬레이터[12]



<그림 4> HMD를 이용한 시물레이터[26]

이러한 단점을 보완하기 위해 본 시물레이터의 시각 시스템은, 가상 세계의 가시화를 위해서 일반적인 스크린이나 HMD로 직접 디스플레이하는 방식이 아닌, 실제 객체를 가상환경에 혼합한 합성영상을 HMD에 디스플레이하는 방식을 이용하였다. 이러한 방식은 Milgram이 제안한 혼합 현실(Mixed Reality)의 관점에서 보자면, 증강 가상(Augmented Virtuality)에 속하게 되는데, 이는 일반 증강 현실(Augmented Reality)이 실제 환경에 가상의 객체를 넣는 것이라면, 증강 가상(Augmented Virtuality)은 가상 환경에 실제 객체를 혼합하는 것이다 [19]. <그림 5>는 혼합현실(Mixed Reality)의 범위를 보여주며, 통상적으로 소개되는 증강 현실(Augmented Reality)과 가상 환경(Virtual Environment)이 여기에 포함된다.

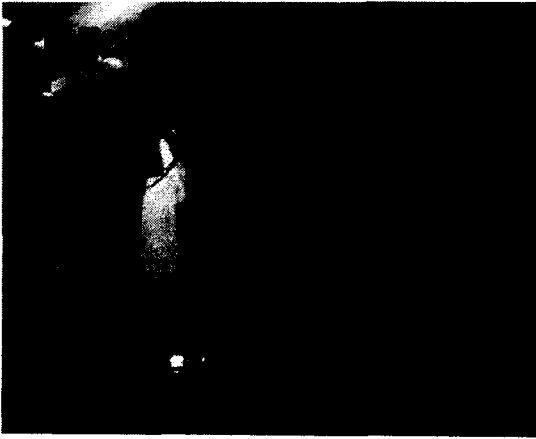


<그림 5> 혼합 현실 연속체 (Mixed Reality Continuum)

HMD를 이용한 혼합현실 시스템을 적용하면, 스크린 방식에 비해 낮은 비용으로 작은 공간에서도, 탑승자의 손이나 조종간을 가상객체로 만들어 가상환경에 삽입할 경우 생기는 이질감을 최소화할 수 있으며, 영상내의 가상객체의 움직임을 조정하기 위해 필요한 센서 등의 부가장비도 불필요하다.

3.1 영상 합성과 5면 블루 스크린

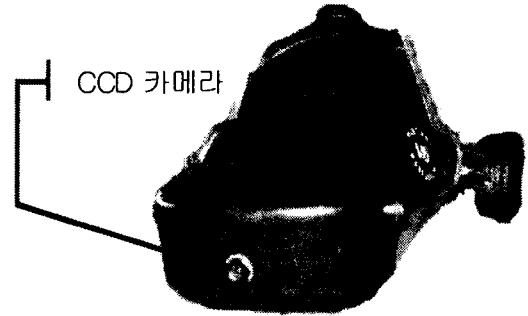
혼합 현실 시스템을 구축하기 위하여, 크로마키 기법을 이용하였다. 크로마키 기법은 카메라로부터 나오는 신호를 전자적으로 읽고, 특정한 성분들을 체계적으로 제거하여 공백으로 만든 후, 이 공백을 다른 영상신호로 채워넣어, 결과적으로 실제로 존재하지 않는 가상의 물체와 결합된 화면을 구성하는 기법이다. 크로마키를 수행하는 전용 PC는, 실시간 가시화를 담당하는 시각 시물레이터에서 나온 영상신호와, CCD 카메라에서 나오는 영상신호를 합성한다. 크로마키 작업은 다림비전[22]의 전용 하드웨어를 사용하여 수행하였다. 이 하드웨어는 제거할 색 농도의 입력범위를, 파라미터 조절을 통해 결정할 수 있어, 그림자 등으로 생길 수 있는 색의 변화를, 제거할 색에 포괄하는 튜닝작업이 가능하다[20]. 또한, 크로마키 기법에서 가상의 영상이 투영될 5면 블루스크린(Blue Screen)을 제작하였는데, 이 5면 블루스크린은 제작된 시물레이터의 운동판과 캐빈(Cabin)을 적절한 거리에서 모두 감쌀 수 있다. 블루스크린에는 적절한 조명을 주기 위하여, 고효율 반사판이 부착된 조명이, 바다에 3개, 시물레이터 후면 상단에 1개 부착되었다. <그림 6>은 제작된 5면 블루스크린을 보여준다.



<그림 6> 크로마키 5면 블루스크린

3.2 CCD 부착 HMD(Video See-Through HMD)

탑승자는 자신의 손과 발을 포함한 조향장치를 HMD에 부착된 소형 CCD 카메라를 통하여 볼 수 있으며, HMD에 부착된 트래커(Tracker)와 HMD 화면이 정해주는 시야에서 가상환경을 체험할 수 있다. CCD 카메라에 잡히는 영상은, 블루스크린과 캐빈을 포함한 조종간과 탑승자의 손인데, 그 중 블루스크린에 해당되는 영역에 컴퓨터 그래픽이 제공하는 가상환경이 실시간으로 재생된다. 이 때 재생되는 가상환경은, 동역학 엔진에서 전송되는 헬리콥터의 위치에서, 트래커에 의해 결정된 탑승자의 시야 방향으로 형성된다. 즉, 트래커로 결정된 가상의 시야와, CCD 카메라가 바라보는 시야는, 그 방향과 투영되는 영역이 동일하다. 구현된 시스템에 사용된 HMD는 Virtual Research사[24]의 V6이며, 적용된 트래커는 Intersense사[25]의 IS300 Pro이며, 소형 CCD 카메라는 트라이너스사의 CCD 카메라이다[21,23]. CCD 카메라는 눈의 시선방향에 최대한 근접시키기 위해, HMD의 2개의 LCD 투영부의 가운데에 부착되어, HMD의 위나 옆에 부착될 때에 발생할 수 있는 시차(parallax) 문제를 최소화 하였다. <그림 7>은 CCD카메라가 부착된 Video See-Through HMD를 보여준다.

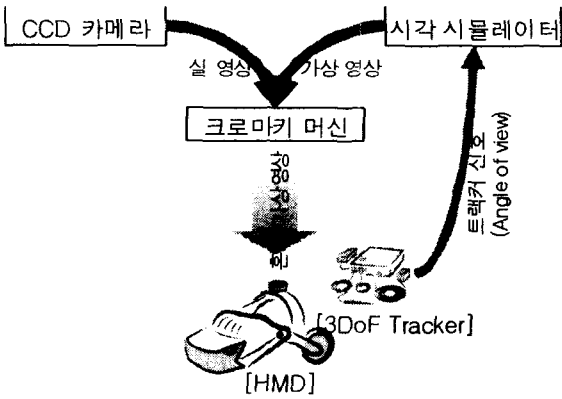


<그림 7> CCD 카메라 부착 HMD(Video See-Through HMD)

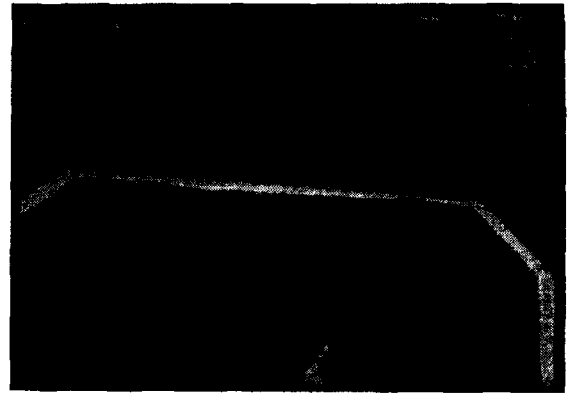
3.3 시스템 통합

Video See-Through HMD에서 나오는 신호들은, CCD 카메라에서 나오는 실영상 신호와, HMD 위에 부착된 3자유도 트래커에서 나오는 사용자 머리의 방위각(Orientation Angle)이다. 이 신호들은 각각 크로마키 머신과 실시간 가상환경을 생성하는 비주얼 시뮬레이터에 입력된다. 비주얼 시뮬레이터에 입력된 머리의 방위각은 가상환경 내에서 가상 헬리콥터 탑승자의 시야각을 결정하며, 결정된 시야각에 따라 가상환경이 실시간으로 재생되어, VGA 신호(D-Sub Output)로 출력이 된다.

출력된 VGA신호는, Video See-Through HMD의 CCD 카메라에서 나오는 실 영상신호와 함께, 크로마키 머신으로 입력된다. 크로마키 머신은 입력된 실 영상신호 중, 사용자의 손과 조종간, 캐빈 등을 제외한 푸른색 바탕에, 비주얼 시뮬레이터에서 입력된 가상환경을 덧씌워, 혼합 가상환경을 만들어낸다. 크로마키 머신에서 최종 출력되는 영상신호는 다시 Video See-Through HMD에 전달되며, 최종 혼합 가상현실의 영상은, 탑승자 양쪽 눈앞의 2개의 LCD 패널에 투사된다. <그림 8>은 이러한 구조를 간략하게 나타낸 그림이다.

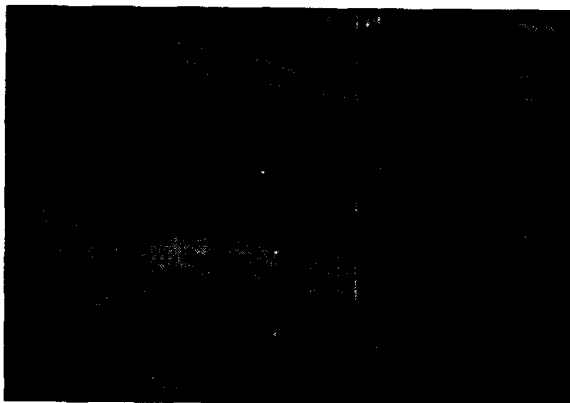


<그림 8> 혼합 현실 가상화 시스템의 구조



<그림 10> 혼합형 가상현실의 가공 후 영상

시스템을 통하여, 탑승자는 자신의 머리의 위치에 따라, 실제 영상과 가상 영상이 합쳐진 혼합 가상현실을 경험할 수 있다. <그림 9>, <그림 10>은 시각화 시스템에서 나온 원본 영상과, 크로마키 기법을 통해 가공된 최종 영상을 비교한 것이다. 이 그림을 통해서 원본 영상에 탑승자의 손과 조향장치 등이 혼합되어 나타남을 확인 할 수 있다. <그림 11>은 캐빈을 벗겨낸 상태에서 스포츠 헬기 시뮬레이터를 조종하는 사진이다. 탑승자는 <그림 10>과 같은 화면을 보면서 가상의 헬기를 조종한다.



<그림 9> 혼합형 가상현실의 원본 영상



<그림 11> 스포츠 헬기 시뮬레이터의 조종

4. 결론 및 향후 과제

탑승자의 신체 일부와 조향장치를 동시에 시각화하는 혼합 현실 가상화 시스템을 구축하였다. 탑승자는 HMD를 통하여 뒷면과 바닥면 일부를 제외한 모든 방향에 대해 가상 환경을 관찰할 수 있다. 이때 탑승자로 하여금 조종간과 자기 신체에 대한 실제 영상을 동시에 볼 수 있도록 하여, 가상 영상에 대한 이질감을 줄이고, 조종의 편의성을 향상시켰다. 구축된 시스템은 동역학, 음향, 햅틱 시스템과 결합하여 현실감을 증진하였으며, 비행 시뮬레이터용 시각 시뮬레이션에 필요한, 실시간 혼합

형 시각화 시스템 개발 기술을 분석하였다. 본 시각화 시스템은 구축시 많은 비용이 소요되는 넓은 시야각의 다채널 프로젝터/스크린 시각화 시스템을 대체할 수 있는 가상화 시스템이 될 수 있다. 또한, 그래픽 영상에 대한 이질감을 감소시키고 각종 부가장치를 생략하여, 일반적인 HMD를 통한 가상환경 가상화가 가지는 단점을 보완한다.

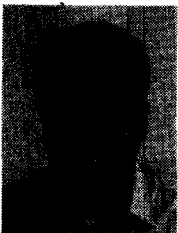
보다 향상된 시각 시스템을 구축하기 위해서 향후 보완이 되어야 할 점들이 있는데, CCD 카메라 렌즈의 위치가 실제 눈보다 앞에 위치하고 있기 때문에, 카메라에 투영되는 영상이 실제보다 가깝게 보이는, 현재의 HMD와 CCD 카메라의 구조적 결합을 개선시켜야 하며, 입체영상의 구현을 위해서는 2 개의 CCD 카메라의 부착과 더불어, 가상환경 영상 역시 입체 영상으로 전송되어야 한다. 이 같은 경우 시차 문제를 고려한 CCD 카메라의 구조적 연구도 필요하다. 또한, HMD의 착용으로 생길 수 있는 어지러움(Sickness) 증상에 관한 연구도 이루어져야 할 것이다.

참고문헌

- [1] Pollefeys M., "Obtaining 3D Models With a Hand-Held Camera", Lecture Notes SIGGRAPH Course, August 12, 2001
- [2] 이종환, 한순홍, "가상현실 자전거 시뮬레이터에서의 시각화" 한국컴퓨터그래픽스학회 2001 학술대회 논문집, 2001년 11월, pp. 159-165
- [3] 이종환, 한순홍, "1축 운동의자를 이용한 가상현실 시뮬레이터에서 그래픽과 운동의 통합", 한국정보과학회 2001 가을 학술발표 논문집(II), Vol. 28, No. 2, 2001년 10월, pp. 262-264
- [4] 권동수, 한순홍 외, "KAIST Interactive Bicycle Simulator", ICRA2001, Proceedings of the 2001 IEEE International Conference on Robotics & Automation, Seoul, Korea, May 21-26, 2001, pp.2313-2318
- [5] 권동수, 한순홍 외, "KAIST Interactive Bicycle Racing Simulator: The 2nd Version with Advanced Features", IROS2002, Proceedings of the 2002 IEEE/RSJ Intl. Conference on Intelligent Robots and Systems, EPFL, Lausanne, Switzerland, October 2002, pp.2961-2966
- [6] 원광연, 박재희, "감성공학과 가상현실", 한국정밀공학회지, Vol. 18, No. 2, 2001, , pp. 40-45
- [7] 서혜원, 좌수진, 원광연, "버추얼 캠퍼스 : 대규모 가상 세계의 제작", 한국컴퓨터그래픽스학회논문지, Vol. 3, No. 2, 1997, pp. 15-25
- [8] 유병현, 한순홍, "비행 시뮬레이션을 위한 실시간 지형 데이터의 구축", 2002 한국 CAD/CAM학회 학술발표회 논문집, 2002년 2월, pp. 267-274
- [9] 노갑성, 이상혁 외, "항공기 설계 및 시험평가 위한 비행 시뮬레이터의 개발", 대한기계학회 동영학 및 제어부문 동계 Workshop, 2000년 1월, pp. 18-23
- [10] Iowa State University, "Virtual Reality Application Center (VRAC)", <http://www.vrac.iastate.edu/>
- [11] FLYIT Simulator, Simpkins Design Group inc, <http://www.flyit.com/>
- [12] 도담시스템, <http://www.dodaam.com/>
- [13] 장병태 외, "헬리콥터 항법용 S/W 개발에 관한 연구(1단계)", 한국전자통신연구원, 2001년
- [14] 이종환, 유병현, 한순홍, "비행 VR 시뮬레이터를 위한 가상환경 구축과 MR", 2003 HCI 학술대회, 2003년 2월
- [15] 한순홍 외, "한국과학기술원 자전거 주행 시뮬레이터 개발", 한국과학기술원 기본연구 사업 보고서, 1999년
- [16] 박영진, 한순홍 외, "다수참여자를 위한 Vehicle 시뮬레이터 기술 개발: 자전거 용

- 용”, 기관고유사업 보고서, 2001년
- [17] 원광연, 한순홍 외, “2001년도 우수연구센터 연차보고서”, 가상현실연구센터 연차보고서, 2002년
- [18] Multigen-Paradigm, “Vega on-line user’s guide”, 2000
- [19] P. Milgram and F. Kishino, “A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays,” IEICE Trans. Information Systems, vol. E77-D, no. 12, 1994, pp. 1321-1329.
- [20] 다림비전, KM200 컬러 키 머신 매뉴얼, 2002년
- [21] TRUNUS System Inc., TRINUS CCD 카메라 매뉴얼, 2002년
- [22] 다림비전, <http://www.darim.co.kr>
- [23] TRINUS System Inc., <http://www.trinus.co.kr>
- [24] Virtual Research System Inc., <http://www.virtualresearch.com/>
- [25] InterSense Inc., <http://www.isense.com/>
- [26] Melchor J. Antu ano, “Innovative Training Programs in Aviation Medicine”, IATS 1999, Proceedings of the 1999 International Aviation Training Symposium, Oklahoma, U.S.A., September 28-30, 1999
- 주 작 성 자 : 이 종 환
 논문투고일 : 2003. 12. 17
 논문심사일 : 2004. 03. 02(1차), 2004. 03. 03(2차), 2004. 03. 18(3차)
 심사판정일 : 2004. 04. 13

● 저자소개 ●



이종환

1999 한국과학기술원 기계공학과 학사

2001 한국과학기술원 기계공학과 석사

2001 ~ 현재 한국과학기술원 기계공학과 박사과정

관심분야: 가상현실, 혼합현실 응용, 컴퓨터그래픽스



한순홍

1977 서울대학교 조선공학과 학사

1979 서울대학교 조선공학과 석사

1990 University of Michigan 박사

1979 ~ 1993 한국해사기술연구소 CSDP 사업단

1993 ~ 현재 한국과학기술원 기계공학과 교수

관심분야: 제품모델표준 STEP, VR 응용, 지식기반설계