

의공학에서의 가상현실 응용

김 선 일

(한양대학교 의과대학 의공학교실)

1. 서 론

가상현실 기술이 연구되고 발전하면서 여러 분야에 접목되기 시작한지도 약 20년 가량이 지났다. 초기의 연구는 주로 가상 비행을 하는 항공분야, 자동차나 집 등을 미리 지어보고 실용성이나 타당성을 검토하는 디자인 및 제조분야, 가상의 가수나 캐릭터를 개발하여 방송에 이용하는 방송분야 등 다양한 분야에서 시작되었다. 시간이 흐르면서 소프트웨어의 발달 뿐만 아니라 컴퓨터와 디스플레이 장치 같은 하드웨어의 급속한 발달로 인해 이러한 기술들은 의학 분야에까지 접목되기 시작하였다. 다른 대부분의 기술의 발달과 마찬가지로 의학분야에서도 제일 먼저 가상현실 기술이 도입된 영역은 군사영역이다. 전쟁 중 발생하는 사상자를 돌보거나 위급한 상황을 대처하기 위한 방안으로서 가상현실 의료분야가 시작되었다. 이렇게 군사분야의 의료영역에서 시작된 연구는 민간 의료분야로 넘어와 인간을 3차원 데이터로 정확하게 표현하려는 가상적 인간 프로젝트(Visible Human Project)로 이어졌다. 가상적 인간 프로젝트로 시작된 인간의 3차원 데이터표현은 의학교육, 수술연습, 진단 등의 응용분야에 관한 연구와 가상현실이 실제와 같은 자극을 제공해준다는 장점을 이용하여 치료, 재활훈련 분야에의 새로운 연구를 가능케 하였다. 또한 시각적, 청각적, 촉각적으로 현실감을 높일 수 있는 기술의 발달로 인해 보다 다양한 의료 시뮬레이션도 가능해졌다[1].

2. 의학분야에서의 가상현실 응용의 역사

수술 시뮬레이션 및 의학교육을 위한 가상현실의 도입은 1980년대 말경에 시작되었다. Delp와 Rosen은 다리 근육 이식수술을 가상으로 해 볼 수 있는 가상현실 시스템을 구축하였다. 비록 초보적이기는 하지만 다리에 관련된 각종 근육을 모델링하고 가상으로 이식수술을 할 수 있다는 데 의의가 있다[그림 1][2]. 1991년에 Yale대학의 Satava는 인체 기관 영상을 가지고 복부 수술을 할 수 있는 시뮬레이터를 개발하였다. 이는 복부 모델의 실제감은 떨어지지만, 인체

내부를 들여다보면서 가상의 수술도구를 가지고 수술작업을 제공하는 수준에 이르렀다. 1993년에는 High Tech-planations사(현재 HT Medical 사) Merrill은 정교하게 표현된 인간의 상반신 시뮬레이터를 개발했다. 이 상반신의 경우 잡아당기거나 밀 때 구부러지거나 늘어나는 물리적 특성뿐만 아니라, 수술용 칼로 잘라낼 때 실제의 피부와 비슷하게 갈라지는 특성까지도 지니었다[3]. 인간의 특성과 비슷하게 재현이 될 수 있다는 의미에서 가상현실 기술이 비약적으로 발전했다고 볼 수 있다. 의학분야에서 가상현실 응용의 획기적인 전환점은 1994년, 미국의 NLM(National Library of Medicine)에서 의사인 M.Ackerman의 주도로 시작된 가상 인간 프로젝트(Visible Human Project)가 시작하면서부터이다. 냉동시킨 남자의 시체를 1mm 간격으로 자른 후 칼라 사진을 찍어 저장을 하고 X선 단층촬영(CT : Computed Tomography)을 512×512의 크기와 1mm 두께로 촬영하고, 자기공명영상(MRI : Magnetic Resonance Imaging)을 256×256 에 4mm 두께로 촬영한 것이다. 총 데이터의 양은 40Gbyte에 달한다. 이는 NLM과의 계약에 의해 전 세계적으로 무상으로 배포되고 있으며, 최근 여자의 데이터 뿐만 아니라 젊은 사람의 데이터까지 구축되었다. 이 작업은 실제 인간의 단면을 볼 수 있다는 해부학적인 의의뿐만 아니라 이러한 데이터를 가지고 가상의 인간이 정확하게 구현될 수 있다는 데에 큰 의의를 지닌다. 전세계적으로 수많은 연구소에 이 데이터를 가지고 가상현실 기술에 적용하고 있으며, 근래 우리나라에서도 이에 관련된 연구가 시작되고 있다. 미국의 콜로라도 대학에서는 Spitzer와 Whitlock가 각 1mm 두께의 1871장의 이 데이터를 가지고 가상의 시체를 만들었다[그림 2]. 이 가상시체의 영상은 거의 인체사진 같이 질이 좋지만, 아무런 인체적 특성을 가지지 못 했다는 단점이 있다. 하지만 같은 해의 Delp는 Visible Human의 다리 데이터를 가지고 모델을 구성하였는데 영상의 질은 좀 떨어지더라도, 피부와 비슷한 성질을 갖고, 피도 흐르는 다리골절 수술 시뮬레이션을 개발하였다. 이 실험의 목적은 실험용 동물의 희생을 줄이기 위해 행해졌다고 알려져 있다. 1995년 Levy는 자궁경(hysteroscopy) 수술 시뮬레이터를 구성하였다. 이 시스템은 가상의 수술도

구를 조작하기 위해 간단한 촉감기구(haptic device)를 사용하였으며, 최초로 환자 개개인의 병리학적, 해부학적 특성을 이용하였다. HT Medical사에서 개발된 시뮬레이터의 경우 해부학적인 요소가 비교적 간단한 정맥을 이용하여 거의 사진과 같은 영상의 질에 완전한 조직 성질을 갖는 모델이 구성되었고 촉감기구(haptic device)를 이용하였다.



그림 1. 다리 근육 수술을 위한 시뮬레이터

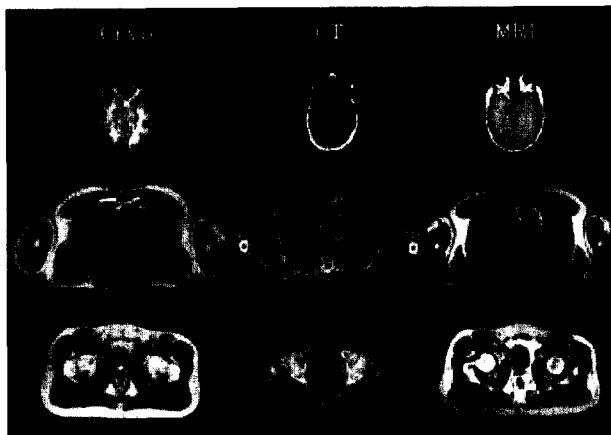


그림 2. 가시 인간 프로젝트(Visible Human Project)-NLM에 의해 추진되어 인간을 잘라서 만들어진 데이터

3. 최근 의학분야에서의 가상현실 응용

최근의 의학분야에서의 가상현실기술은 초기의 단계보다 훨씬 다양한 분야에 적용되고 있다. 다음부터 의학분야에서의 가상현실의 이용을 살펴보겠다.

1) 교육용 시뮬레이션

교육용 시뮬레이션은 의학도나 일반인에게 의학의 정보를 보다 쉽게 전달하고자 연구되는 분야이다. 또한 임상 실험을 통한 실수의 부담을 줄이고, 실험용 동물의 희생을 줄이고자 진행되었다. 가장 많이 진행되고 있는 것은 해부학 부분이다. 3차원적인 인체 해부도를 사용하여 실제적인 해부학 교육을 목표로 한다. 위에서 언급한 Visible Human 데이터터를 이용하여 인체 해부에 관한 정보를 주고자 가상 해부도의 개발이 이루어지고 있으며, 실제 사람의 단면 사진과 CT와 MRI영상을 동시에 보여줌으로써 의학영상에 익숙하게 하며, 의학영상에서의 해부학적인 정보를 동시에 디스플레이 해 줌으로써 보다 많은 정보를 얻을 수 있는 기능을 제공하고 있다. 한 예로 미국 샌디에고의 캘리포니아대학의 LRC(Learning Resource Center)라는 프로젝트를 수행함으로써 3차원 해부도 및 가상 시뮬레이션을 개발하고 있다[그림 3][4].



그림 3. 해부학 교육 시뮬레이터

2) 수술계획 시뮬레이션

실제 의사가 수술 전에 미리 수술을 해보기 위한 목적으로 많은 수술 시뮬레이션이 개발되고 있다. 치과에서 미리 수술을 해 볼 수 있는 시뮬레이션, 다리 절단 봉합 수술, 복부 절개 수술 및 성형외과 수술 시뮬레이션 등 여러 부분에서 수행된다. 이에선 주사의 삽입 뿐만 아니라, 수술용 칼에 의한 절개, 조직검사(Biopsy)를 미리 해 볼 수 있게 함으로써 실제 수술시 정확도를 높이고 안전한 수술을 할 수 있도록 해 주고 있다[5].

3) 가상내시경

최근 가장 활발히 가상현실 기술이 적용되는 부분 중에

하나가 가상 내시경이다. 가상내시경이란 수술기구를 환자의 기관(식도, 위, 내장 등)에 직접 삽입하여 진단하는 대신 CT나 MRI영상으로부터 얻은 데이터를 통해 실제 내시경처럼 내부를 들여다봄으로써 진단하는 것을 말한다. 이는 기존의 내시경으로는 접근하기 힘들거나, 위험한 부분에 적용될 수 있으며, 또한 환자의 거부감 없이도 진단을 내릴 수 있다는 장점을 가지고 있다. 현재 가상내시경이 시도되고 있는 부분은 뇌, 허파, 내장, 기도, 위 등이 있다. 우선 이 작업을 위해서는 CT나 MRI 영상에서 필요한 부분만을 추출한 후 3차원 모델을 구성한다. 그리고, 3차원 마우스등을 이용하거나 자동 경로 탐색 알고리즘을 이용하여 비행기가 지면을 따라 운항하듯 3차원 모델로 구성된 기관 내부를 여행하는 것이다. 비록 가상내시경은 진단용일 뿐 치료용은 아니지만, 정확한 종양이나 암의 위치가 파악된다면, 레이저 치료법, 초음파 치료법 혹은 저온요법 등으로 병을 비침습적인 방법으로 치료할 수 있는 것이다. 실제적으로 Mayo Clinic병원에서는 가상 내시경을 이용하여 진단에 사용하고 있다[그림 4][6][7].



그림 4. Mayo Clinic에서의 Visible Human Data를 이용한 가상내시경

4) 증강현실

증강현실이란 실제 현실과 가상공간을 결합하는 것을 말한다. 이는 현재 산업분야 뿐만 아니라 의학분야에서도 적용되고 있다. 증강 현실의 구현은 실제 환자의 비디오 영상과 CT나 MRI로부터 만들어진 모델을 하나로 보여줌으로써 현실에 가상을 복합하는 형식으로 이루어진다. 이렇게 하기 위해서는 카메라 좌표계와 모델 좌표계를 일치시키는 작업(Registration or Calibration)이 필요하다. 이러한 작업들을 통한 좌표계의 일치에 의해 두 개의 다른 공간이 합쳐지게 된다. 예로써 미국의 하버드대 SPL(Surgical Planning Laboratory)연구소에서는 증강현실을 이용하여 뇌수술을 시도하고 있다[그림 5][8].

5) 로봇 수술 장치

미래에 각광받을 분야로서 미국과 일본을 위시한 선진국에서는 활발히 진행되고 있는 분야이다. 로봇 수술 장치란 가상의 공간에서 의사가 행하는데로 로봇이 똑같이 움직여



그림 5. 증강현실 기술을 이용한 뇌수술 장면

수술을 대신하는 장치를 말한다. 이는 정교한 로봇제어와 가상공간의 실제 공간과의 일치를 통해 가능하며, 현재 미국에서는 이 로봇 수술장치를 통해 실제 환자에 대해 수술을 시도하고 있다. 만약 이것이 실현된다면 아주 먼 곳에 있는 유명한 의사에게 그 곳에 가지 않고도 수술을 받을 수 있게 된다. 또 다른 방향의 로봇 수술 장치로는 미세 로봇을 들 수 있다. 아주 작은 로봇을 구성함으로써 혈관이나 아주 작은 부분에 미세 로봇을 삽입하여 수술을 하는 것이다. 이는 수술의 위험도를 줄이고, 정확성을 높이는 측면에서 미래에 각광 받는 수술 장치가 될 것이다.

6) 정신치료

최근의 가상현실기술은 많은 정신치료를 목적으로 사용되어지고 있다. 가상현실 정신치료란 기존의 공포증치료의 한 방법인 행동치료에 기반을 두고 있는 방법으로서, 가상현실의 특징인 실제 자극을 정확하게 사용자에게 제공하여 줄 수 있다는 점을 이용하여, 환자를 점차적으로 공포를 느끼는 가상환경에 노출시킴으로써 그 공포증을 극복할 수 있게 만드는 방법이다. 기존의 행동치료 방법이란 환자가 공포를 느끼는 상황에 직접 노출시킨 후 이완요법을 통하여 점진적으로 공포를 극복할 수 있게 하는 방법이다. 하지만 이 방법은 실제 환경에 접하게 해야 하기 때문에 비용

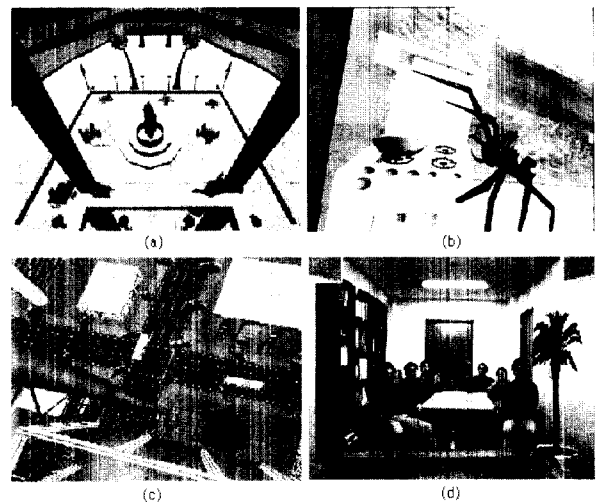


그림 6. 정신치료를 위한 가상환경

- (a) 가상엘리베이터
- (b) 거미공포증 치료를 위한 가상환경
- (c) 고소공포증 치료를 위한 가상환경
- (d) 대인공포증 치료를 위한 가상환경

이 많이 들뿐만 아니라, '개인의 사생활을 보호받기가 어렵고, 시간적 제약을 받는다'는 단점들을 가지고 있다. 이러한 단점들은 가상현실의 도입으로 보완되어질 수 있다. 가상현실 치료는 환자의 공포증을 치료하기 위해 실제 밖으로 나가서 경험하게 하는 것이 아니기 때문에 경제적이고, 치료가 병원안의 사무실에서 이루어지기 때문에 개인의 사생활을 보호받을 수 있으며, 또한 아무때나 환자가 원하는 시간에 치료를 받을 수 있기 때문이다[9].

이 분야는 1992년 가상현실의 체험이 공포에 노출되었을 때와 비슷한 감정적 신체적 증상을 나타낸다는 것이 발견됨으로써 활발하게 진행되었다. 그 후 조지아 공학 연구소의 그래픽 구현 및 응용센터와 미 육군 정신의학 분과의 공동연구를 통해 고소공포증 및 특정 공포상황에서도 적용할 수 있음을 보여주었다[그림 6.(a),(b)]. 그리고 국내의 경우 한양대학교에서 고소공포증, 대인공포증 등의 가상현실 치료시스템을 개발하여 한국의 서울 백병원과 미국의 CSPP(California School of Professional Psychology)에서 실제 치료에 이용하고 있다[그림 6. (c),(d)][10][11]. 최근에는 더 다양한 공포증이나 정신질환의 가상현실 치료에 대한 연구와 그 치료효과를 객관적으로 평가하기 위한 정신 질환과 생체신호와의 관계에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

7) 재활 훈련

가상현실은 장애인들에게 훈련할 수 있는 환경을 쉽고 안전하게 제공해 줄 수 있다. 예를 들면 미국의 오레곤 대학에서는 어린이들의 전동 휠체어의 조작을 가상환경에서 연습할 수 있게 하여 계속적인 관심에 익숙해져 있는 어린이들에게 실제 생활에서 독립적으로 이동을 가능하게 하는 연구가 진행되고 있다[12]. 그리고 존 홉킨스 대학에서는 증강현실기술을 이용하여 바람직한 걸음걸이 궤도를 제시해 줌으로써 파킨슨씨병에 걸린 환자의 걸음걸이를 보정하는 시스템의 개발을 하고 있다[그림 7][13]. 또한 한양대학교에서는 뇌손상 환자들이나 척추 손상환자들의 현대생활에서 필수적인 안전한 운전생활의 영위를 위한 운전능력 평가 및 훈련 시스템을 개발하여 장애인들의 운전능력을 측정하고 있다[그림 8]. 그밖에도 장애인들의 일상생활을 영위할

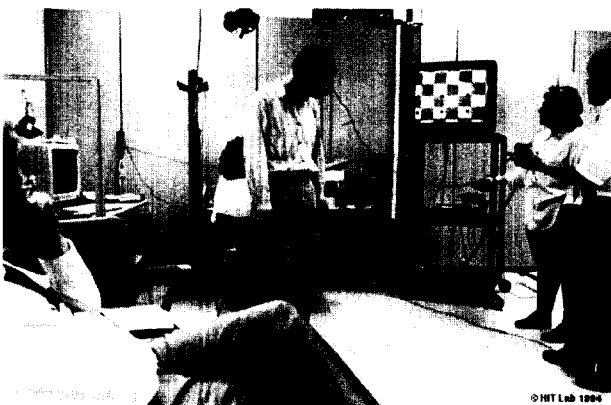


그림 7. 파킨슨씨 병의 걸음걸이 보정

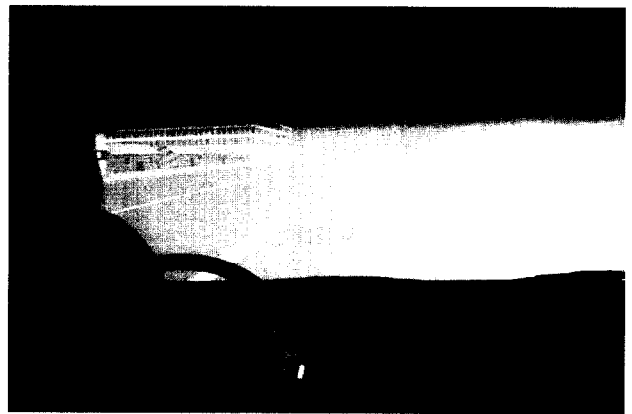


그림 8. 운전훈련을 위한 자동차 시뮬레이터

수 있게 하기 위하여 여러 가지 재활 시뮬레이터에 관한 연구가 진행되고 있다. 이러한 가상현실 재활 훈련 시뮬레이터의 개발은 앞으로 사회가 복잡해지고 고령화가 되어감에 따라 더 많은 연구가 이루어져야 할 분야중의 하나이다.

4. 미래 가상현실에 의한 의학

미래에 가상현실 기술이 의학에 적용되어 일어날 수 있는 것을 현재 연구되고 있는 방향을 연결하여 상상을 하면 다음과 같을 것이다. 진료를 받고자 온 환자는 많은 영상 촬영 기계(CT, MRI, 초음파, 적외선장치 등)가 설치된 출입문을 지나 내과 의사가 있는 사무실로 들어간다. 이 촬영기는 해부도뿐만 아니라 물리적이고 생체학적인 자료를 얻을 수 있는 장치로 구성되어 있다. 환자가 의사 앞에 앉았을 때 조금 전에 촬영기(scanner)에서 얻은 정보를 시각적으로 집대성한 3-D 홀로그래픽 영상이 의사의 책상 위로 떠오른다. 환자가 오른쪽 옆구리가 불편하다고 하면, 내과 의사는 영상을 이리 저리 돌리고, 여러 부분으로 이루어진 영상을 다양하게 디스플레이 함으로써, 문제가 있을 수 있는 부분을 살펴본다. 각각의 조직과 기관들의 영상에는 해부학적인 자료뿐만 아니라 생화학적이고 생리학적인 자료, 환자의 지난 건강자료를 보여줌으로써 의사가 정확한 진단을 내리도록 도와준다. 질병이 발견된다면, 의사는 환자에게 그 영상을 이용하여 즉석으로 병을 설명하는 데 사용할 수 있고, 수술적으로 어려운 문제가 발견되면 그 영상으로 사전 수술계획을 세우게 된다. 또한 모의 시술기를 들여와서 내일 아침 환자에게 행할 수 있는 다른 수술적 방법을 통한 다양한 접근을 연습함으로써 만약에 발생된 문제를 줄인다. 수술 시에는 진단 영상과 환자의 비디오의 영상이 함께져 입체적으로 수술을 할 수 있게되며, 너무 위험한 부분인 경우에는 로봇을 이용하여 대신 수술을 한다. 외과 수술 수왕진을 하는 동안 수술 후 영상 촬영을 통해 수술전의 영상과 비교된 후, 그 차이는 자동적으로 결과 분석이 되어져 의사에게 알려준다.

위에서 상상한 의학적 기술이 모두 실현되지 못 할지도



모른다. 하지만 엄청난 과학을 기초한 기술은 상상을 초월하여 인간에게 커다란 도움을 줄 것이다. 의학기술의 초점은 항상 건강하고, 질병이 없는 사회를 만드는데 있다. 가상현실의 의학에의 적용은 이러한 맥락에서 발전되고, 진행되어야 할 것이다.

참고문헌

[1] R. M. Satava, S. B. Jones, "Current and Future Applications of Virtual Reality for Medicine", Proc. IEEE, vol. 86, No. 3, March, pp. 484-489, 1998

[2] S.L. Delp and F. R. Zajac, "Force and moment generating capacity of lower limb muscles before and after tendon lengthening", Clin. Ortho. Related Res., vol. 284, pp. 247-259, 1992

[3] J. Berkley, S. Weghorst, "Fast Finite Element Modeling for Surgical Simulation", MMVR, IOS Press, pp44-61,1999

[4] H. Hoffman, M. Murray, "Anatomic Visualize Realizing the Vision of a VR-based Learning Environment", MMVR, IOS Press, pp134-140,1999

[5] S. Kreiborg, P. Larsen, M. Bro-Nielsen, T. Darvann. "A 3-dimensional analysis of tooth formation and eruption in a case of Apert syndrome", Proc. Computer Assisted Radiology (CAR'96), pp. 1066-1068, 1996

[6] Richard A. Robb, "Virtual Endoscopy ; Evaluation Using the Visible Human Datasets and Comparison with Real Endoscopy in Patients", ISBN : 90 5199 299 8, IOS Press, 1997, pp. 195-206

[7] Ferenc A. Jolesz, "Interactive Virtual Endoscopy", AJR 169, pp. 1229-1235, 1997

[8] San-Lik Tang, Chee-Keong Kwoh, etc, "Augmented Reality Systems for Medical Applications", IEEE Engineering In Med. and Bio, pp. 49-58, May, 1998

[9] D. Strickland, L. Hodges, M. North, S. Weghorst, "Overcoming Phobias by Virtual Exposure", Comm. ACM, Vol.40, No.8, pp.34-39, 1997

[10] Jeonghun Ku, Dongpyo Jang, Minbo Shin, Sun I. Kim, etc, "Development of Virtual Environment for Treating for Acrophobia", MMVR2001, IOS Press, pp. 250-252 2001

[11] Hangjoon Jo, Jeonghun Ku, Dongpyo Jang, Sun I. Kim, etc, "The Development of the Virtual Reality System for the Treatment of the Fears of Public Speaking", MMVR2001, IOS Press, pp.209-211, 2001

[12] Walter J. Greenleaf, "Rehabilitation, Ergonomics, and Disability Solutions Using Virtual Reality Technology", IOS Press, Washington D.C., pp. 415-422, 1995

[13] Tom Riess, Suxanne Weghorst, "Augmented Reality in the Treatment of Parkinson's Disease", IOS Press, Washington D.C., pp. 298-302, 1995

저 자 소개



김 선 일 (金 先 一)

1952년 12월 2일생. 1976년 2월 서울대 공대 전기공학과 졸업. 1978년 2월 동 대학원 전기공학과 졸업(공학석사). 1987년 12월 DREXEL Univ. 의공학 졸업(박사). 1979년 7월-1982년 8월 서울대학병원 의공학과 연구부장. 1982년 8월-1987년 9월 DREXEL UNIV. RESEARCH FELLOW. 1987년 9월-1988년 4월 MAYO CLINIC RESEARCH ASSOCIATE. 1988년 5월-현재 한양대학교 의과대학 교수.