

의학분야에서의 가상현실기술의 응용

장동표* · 김선일*

1. 가상현실

가상현실기술이 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 의학분야에까지 접목되기 시작하였다. 다른 대부분의 기술의 발달과 마찬가지로 의학분야에서도 제일 먼저 가상현실기술이 도입된 영역은 군사영역이다. 전쟁 중 발생하는 사상자를 돌보거나 위급한 상황을 대처하기 위한 방안으로서 가상현실 의료분야가 시작되었다. 이렇게 군사분야의 의료영역에서 시작된 연구는 민간 의료 분야로 넘어와 인간을 3차원 데이터로 정확하게 표현하려는 가시적 인간 프로젝트(Visible Human Project)로 이어졌다. 가시적 인간 프로젝트로 시작된 인간의 3차원 데이터표현은 의학교육, 수술 연습, 진단 및 치료 분야에의 새로운 연구를 가능케 하였다. 또한 시각적, 청각적, 촉각적으로 현실감을 더욱 높일 수 있는 기술의 발달로 인해 보다 다양한 의료 시뮬레이션도 가능해 졌다[2].

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[그림 1][8]. 비록 초보적이기는 하지만 다리에 관련된 각종 근육을 모델링하고 가상으로 이식수술을 할 수 있다는 데 의의가 있다. 1991년에 Yale대학의 Satava는 인체기관 영상을 가지고 복부 수술을 할 수 있는 시뮬레이터를 개발하였다. 이는 복부



그림 1. 다리 근육 수술을 위한 시뮬레이터
(<http://www.musculographics.com>)

*한양대학교 의과대학 의용생체공학과

모델의 실제감은 떨어지지만, 인체 내부를 들여다보면서 가상의 수술도구를 가지고 수술작업을 제공하는 수준에 이르렀다. 1993년에는 High Techsplanations사(현재 HT Medical 사) Merrill은 정교하게 표현된 인간의 상반신 시뮬레이터를 개발했다. 이 상반신의 경우 잡아당기거나 밀 때 구부러지거나 늘어나는 물리적 특성 뿐만 아니라, 수술용 칼로 잘라낼 때 실제의 피부와 비슷하게 갈라지는 특성까지도 지니었다. 인간의 특성과 비슷하게 재현이 될 수 있다는 의미에서 가상현실 기술이 비약적으로 발전했다고 볼 수 있다[그림 2]. 의학분야에서 가상현실 응용의 획기적인 전환점은 1994년, 미국의 NLM(National Library of Medicine)에서 의사인 M. Ackerman의 주도로 시작된 가시 인간 프로젝트(Visible Human Project)가 시작하면서부터 이다[그림 3]. 냉동 시킨 남자의 시체를 1mm 간격으로 자른 후 칼라 사진을 찍어 저장을 하고, 단층촬영(Computed Tomography)을 512×512의 크기와 1mm 두께로 촬영하고, 자기공명영상(Magnetic Resonance Imaging)을 256×256 에 4mm 두께로 촬영한 것이다. 총 데이터의 양은 40G byte 에 달한다. 이는



그림 2. 복부 수술 시뮬레이션
(<http://www.ht.com/>)

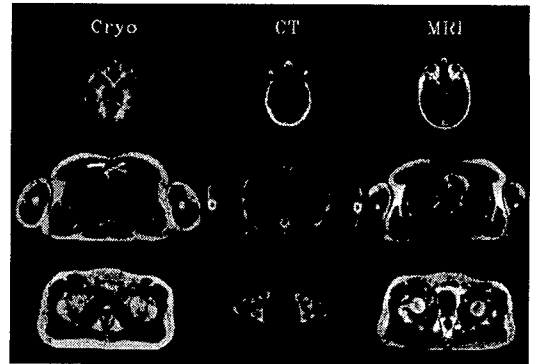


그림 3. 가시 인간 프로젝트(Visible Human Project)-NLM에 의해 추진되어 인간을 잘라서 만들어진 데이터(http://www.nlm.nih.gov/research/visible/visible_human.html)

NLM과의 계약에 의해 전세계적으로 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 4]. 이 가상시체의 영상은 거의 인체사진같이 질이 좋지만, 아무런 인체적 특성을 가지지 못 했다는 단점이 있다. 하지만 같은 해에 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 회생을 줄이기 위해 행해졌다고 알려져 있다. 1995년 Levy는 자궁경(hysteroscopy) 수술 시뮬레이터

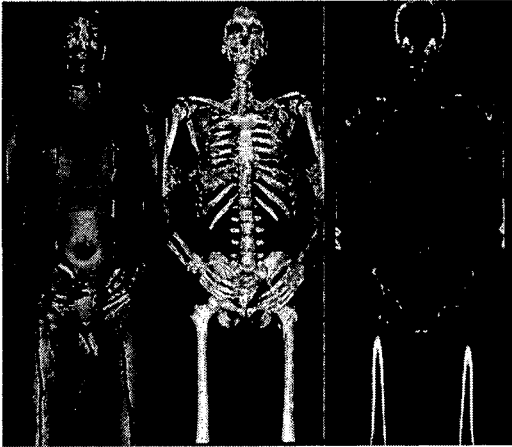


그림 4. Visible Human 데이터를 통해 구성된 영상을

를 구성하였다. 이 시스템은 가상의 수술도구를 조작하기 위해 간단한 촉감기구(haptic device)를 사용하였으며, 최초로 환자 개개인의 병리학적, 해부학적 특성을 이용하였다. HT Medical 사에서 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.

3. 최근 가상현실의 응용

최근에 의학 분야에서의 가상현실의 이용을 살펴보면 다음과 같다.

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 해

부학 교육을 목표로 한다. 위에서 언급한 Visible Human 데이터를 이용하여 인체 해부에 관한 정보를 주고자 가상 해부도의 개발이 이루어지고 있으며, 실제 사람의 단면 사진과 CT와 MRI 영상을 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)에서는 VR-MMS(Virtual Reality - Multimedia Synthesis)라는 프로젝트를 수행함으로써 3차원 해부도 및 가상 시뮬레이션을 개발하고 있다[그림 5][5].

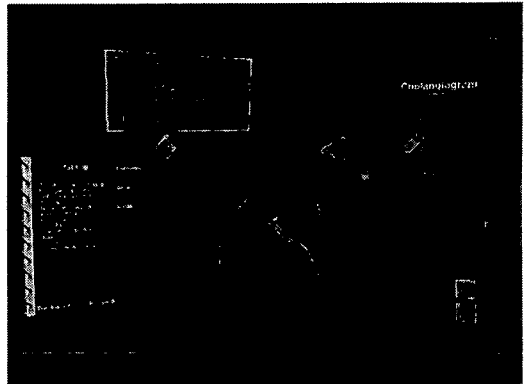


그림 5. 해부학 교육 시뮬레이터 (<http://cybermed.ucsd.edu>)

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. 이에 는 주사의 삽입 뿐만 아니라, 수술용 칼에 의한 절개, 조직검사(Biopsy)를 미리 해 볼 수 있

게 함으로써 실제 수술시 정확도를 높이고 안전한 수술을 할 수 있도록 해 주고 있다[그림 6][1].

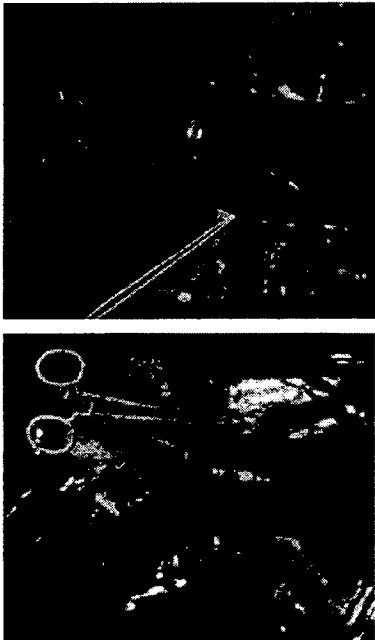


그림 6. 가상 시술 시뮬레이터

3) 가상내시경

최근 가장 활발히 가상현실 기술이 적용되는 부분 중에 하나가 가상내시경이다. 가상내시경이란 수술기구를 환자의 기관(식도, 위, 내장 등)에 직접 삽입하여 진단하는 대신 CT(Computed Tomography)나 MRI(Magnetic Resonance imaging) 영상으로부터 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. 실제 적으로 미국의 Mayo Clinic 병원에서는 가상 내시경을 이용하여 진단에 사용하고 있다 [그림 7][3].

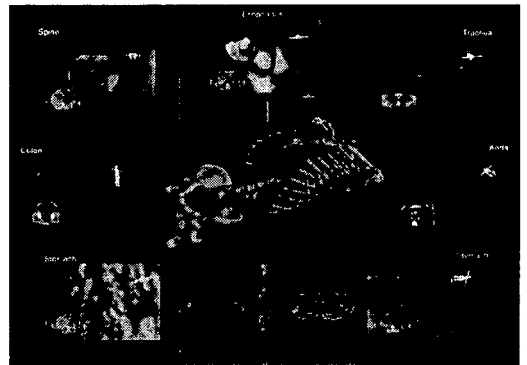


그림 7. Mayo Clinic에서의 Visible Human Data를 이용한 가상 내시경(<http://www.mayo.edu/bir>)

4) 증강현실(Augmented Reality)

증강현실이란 실제 현실과 가상공간을 결합하는 것을 말한다. 이는 현재 산업분야 뿐만 아니라 의학분야에도 적용되고 있다. 증강현실의 구현은 실제 환자의 비디오 영상과 CT나 MRI로부터 만들어진 모델을 하나로 보여줌으로써 현실에 가상을 복합하는 형식으로 이루어 진다. 이렇게 하기 위해서는 카메라 좌표계와 모델 좌표계를 일치시키는 작업(Registration or Calibration)이 필요하

다. 좌표계의 일치에 의해 두 개의 다른 공간이 합쳐지게 된다. 예로써 미국의 하버드대 SPL (Surgical Planning Laboratory) 연구소에서는 증강현실을 이용하여 뇌수술을 시도하고 있다[그림 8][4].

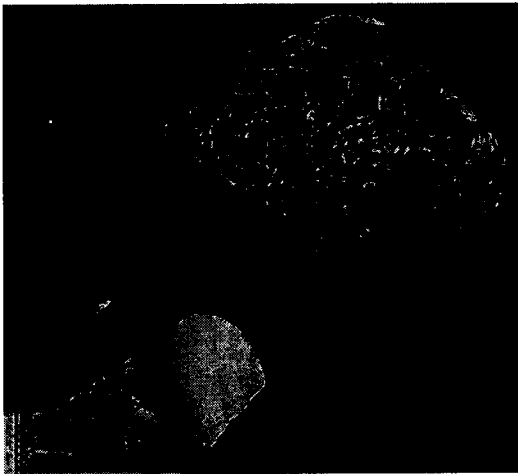


그림 8. 하버드 대학에서 시도한 증강현실(Augmented Reality)을 이용한 수술(<http://splweb.bwh.harvard.edu:8000/index.html>)

5) 로봇 수술 장치

미래에 각광받을 분야로서 미국과 일본을 위시한 선진국에서 활발히 진행되고 있는 분야이다. 로봇 수술 장치란 가상의 공간에서 의사가 행하는 대로 로봇이 똑같이 움직여 수술을 대신 하는 장치를 말한다. 이는 정교한 로봇제어와 가상공간의 실제 공간과의 일치성을 통해 가능하며, 현재 미국에서는 이 로봇 수술장치를 통해 실제 환자에 대해 수술을 시도하고 있다. 만약 이것이 실현된다면 아주 먼 곳에 있는 유명한 의사에게 그 곳까지 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.

4. 미래 가상현실에 의한 의학

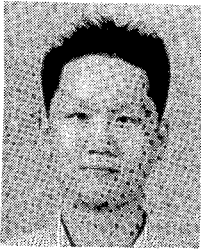
미래에 가상현실 기술이 의학에 적용되어 일어날 수 있는 것을 현재 연구되고 있는 방향을 연결하여 상상을 하면 다음과 같을 것이다. 진료를 받고자 온 환자는 많은 영상 촬영 기계(CT, MRI, 초음파, 적외선장치 등)가 설치된 출입문을 지나 내과 의사가 있는 사무실로 들어간다. 이 촬영기는 해부도뿐만 아니라 물리적이고 생체학적인 자료를 얻을 수 있는 장치로 구성되어 있다. 환자가 의사 앞에 앉았을 때 조금 전에 촬영기(scanner)에서 얻은 정보를 시각적으로 집대성한 3-D 홀로그래픽 영상이 의사의 책상 위로 떠오른다. 환자가 오른쪽 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 건강 자료를 보여 줌으로써 의사가 정확한 진단을 내리도록 도와 준다. 질병이 발견된다면, 의사는 환자에게 그 영상을 이용하여 즉석으로 병을 설명하는데 사용할 수 있고, 수술적으로 어려운 문제가 발견되면 그 영상으로 사전 수술 계획을 세우게 된다. 또한 모의 시술기를 들여와서 내일 아침 환자에게 행할 수 있는 다른 수술적 방법을 통한 다양한 접근을 연습함으로써 만약에 발생될 문제를 줄인다. 수술 시에는 진단 영상과 환자의 비디오

의 영상이 합쳐져 입체적으로 수술을 할 수 있게 되며, 너무 위험한 부분인 경우에는 로봇을 이용하여 대신 수술을 한다. 외과 수술 후 왕진을 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 만드는 데 있다. 가상현실의 의학에의 적용은 이러한 맥락에서 발전되고, 진행되어야 할 것이다.

참 고 논 문

- [1] 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.
- [2] 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
- [3] 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
- [4] San-Lik Tang, Chee-Keong Kwoh, etc, Augmented Reality Systems for Medical Applications, IEEE Engineering In Med. and Bio, pp. 49-58, May , 1998
- [5] H. Hoffman, M. Murray, Anatomic VisualizeR: Realizing the Vision of a VR-based Learning Environment, MMVR, IOS Press, pp 134-140, 1999
- [6] J. Berkley, S. Weghorst, Fast Finite Element Modeling for Surgical Simulation, MMVR, IOS Press, pp 44-61, 1999
- [7] Ferenc A. Jolesz, Interactive Virtual Endoscopy, AJR 169 (1997) 1229-1235
- [8] 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



장 동 표

- 1996년 한양대학교 전자공학과 학사
- 1998년 한양대학교 대학원 전자공학과 석사
- 1998년~현재 한양대학교 대학원 의용생체공학 박사과정
- 관심분야 : 3차원 영상, 가상현실, 의용생체공학



김 선 일

- 1976년 서울대학교 전기공학과 학사
- 1978년 서울대학교 대학원 전기공학과 석사
- 1987년 DREXEL Univ. 의공학 박사
- 1979년~1982년 서울대학병원 의공학학과 연구부장
- 1982년~1987년 DREXEL Univ. Research Fellow
- 1987년~1988년 MAYO Clinic Research Associative
- 1988년~현재 한양대학교 의과대학 부교수
- 관심분야 : 3차원 영상, 가상현실, 의용생체공학