CAVE™-like 시스템을 이용한 수술실 시뮬레이션 프로토타입

박성원* · 김명희* **

A Prototype of Operation Room Simulation in CAVE™-like System

Seong-Won Park · Myoung-Hee Kim

Abstract

가상현실을 응용한 의료 시뮬레이션은 가상의 3차원 인체모델을 대상으로 위험부담 없이 정확하고 반복적인 훈련 및 교육을 할 수 있는 환경을 제공하기 때문에 의료 시뮬레이션 분야에 도입되어 효과적으로 활용될 수 있다. 본 논문에서는, 사용자와의 상호작용이 가능하고, 기존의 데스크탑 기반 모니터와 테이블 형태의 가상환경 보다 몰입된 가상공간을 체험할 수 있도록 해주는 CAVE™-like 시스템에서의 수술실 환경 프로토타입을 구현하였다. 이를 위하여, 인체의 주요 장기와 뼈를 삼차원 모델로 생성하고, 이 삼차원 모델과 동시에 이에 대한 이차원 단면 영상과 각각의 명칭 및 구조를 설명하는 해부도를 제공하도록 하였다. 또한 실제 수술실과 유사한 환경을 제공해 줌으로써 몰입감을 향상시켰다. 이에 덧붙여 VRML의 센서와 자바 스크립트를 사용하여 인터렉션을 제공하며 보다 현실감 있는 환경을 제공한다.

Key Words: Medical Simulation, Virtual Reality, Immersive VR, CAVE

1. 서론

1.1 연구목적 및 내용

본 논문은 수술실 환경의 전반을 실사를 기반으로 구현함으로써 완전 몰입형 가상현실환경인 CAVE™-like 시스템에서 전체적인 수술실 환경 시뮬레이션이 가능하다.

지금까지 대부분의 시뮬레이션은 데스크탑 기반 모니터 형태의 시뮬레이션으로 이루어져왔으며[2][3], ImmersaDesk™, Barco BARON Virtual Table과 같은 반몰입형 가상환경을 사용한 연구가 있으나 인체의 국부적인 부분만을 다루고 있다[4][5][6].

본 논문은 기존 HMD, 데스크탑 기반의 모니터, 워크벤치 형태의 가상환경과 비교해 볼 때 입체적인 영상, 사용자 시점의 시각, 넓은 시야각, 상호작용성 면에서 향상된 시각화를 제공해 주며, 가상현실에서 가장 중요한 완전 몰입감이 두드러진다. 또한 본 논문에서는 미래의 수술실 환경에서 사용되어 질 수 있는 영상정보를 제시한다. 인체의 장기와 뼈 부분의 3차원 데이터와 동시에 2차원 평면상에서도 상세정보를 보여주고, MRI · CT · X-ray 영상정보를 제공해주며, 애니메이션 되는 심장을 홀로그램 형식으로 보여주고 실제 수술 장면 또한 확대하여 보여주는

* 이화여자대학교 컴퓨터학과
** 이화여자대학교 컴퓨터그래픽스 및 가상현실 연구센터

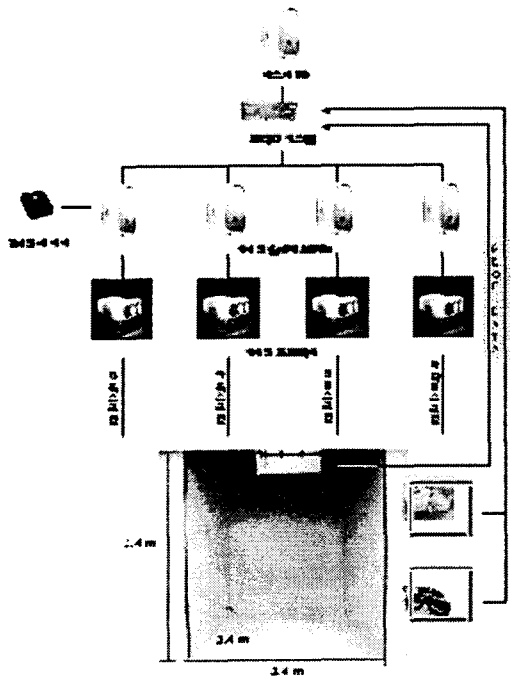
것을 포함한다.

2. 본론

2.1 설계 및 구현

2.1.1 하드웨어의 구성

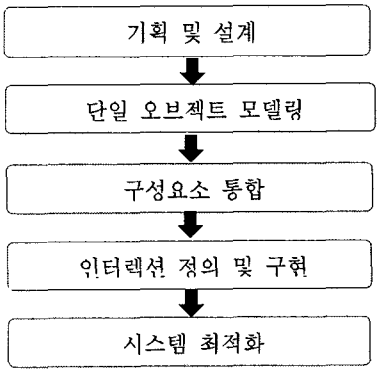
그림 1는 CAVE™-like 시스템의 하드웨어 구성을 보여주고 있다. 스크린은 총 4면이며 각 스크린에 영상을 투사하기 위한 4대의 슬레이브 PC 및 프로젝터, 트랙킹 시스템과 연결되어 사용자의 움직임에 따른 가상세계의 변화를 반영하도록 해주고 슬레이브 PC의 제어를 해 주는 1대의 마스터 PC와 트랙킹시스템, 인터렉션도구, 에미터, 셔터 글래스로 구성되었다.



〈그림 1〉 시스템의 하드웨어 구성

2.1.2 구현 과정

수술실 프로토타입 구현과정은 그림 1과 같다. 기획 및 설계 단계에서는 가장 초기의 단계로서 시나리오를 구성하고 제작될 단일 오브젝트 대상을 설정하고, 인터렉션의 종류 및 형태, 통합 장면의 구성 설계를 수행한다.



〈그림 2〉 구현과정

단일 오브젝트 모델링 단계에서는 개별적인 오브젝트들을 3DS MAX를 사용하여 모델링하고 제작된 모델에 맵핑될 맵핑소스를 포토샵을 통해 제작하고 완성된 모델에 텍스춰링 및 맵핑을 한다.

구성요소 통합 단계에서는 사전에 제작된 단일 오브젝트들을 VRML파일로 변환한 후 Como-world를 사용하여 배치를 하고 조명과 그림자를 삽입하게 된다. 이때 이후에 지역에 따라 속도차이가 없는 균등한 네비게이션을 할 수 있도록 하기위해 폴리건수와 파일용량을 우선적으로 고려하여 배치하였다.

인터렉션 정의 및 구현 단계에서는 VRML의 센서 노드와 VRML에서의 Java Script를 사용하여 사용자의 조작에 따른 인터렉션을 구현하였다.

마지막으로 시스템 최적화 단계에서는 실제구동시 주어진 제약 속에서 시각적 효과를 극대화하기 위하여 적정한 초당 프레임수 생성을 위한 폴리건 수 감소, 보이지 않는 면들과 겹쳐진 면들 삭제, 조명과 맵핑 소스의 수정을 하였다. 이 단계가 따로 분리되어 하나의 단계로서 필요한 이유는 가상환경에서 실시간 렌더링이 중요할 뿐만 아니라 프로젝터와 PC 모니터 환경의 디스

플레이 장비의 차이로 인해 실제 구동시에 작업시와는 다른 시각적인 결과가 나오기 때문이다.

2.1.3 구현내용

□ 오브젝트 모델링

본 논문에서 오브젝트 모델링은 3ds max 와 Cosmoworld를 사용 하였으며 수술대, 수술시크, 인체, 뼈, 장기, 홀로그램, 의료영상 디스플레이 장비가 있다.

모델링 단계에서는 자세한 모델을 만들기 보다는 간략화되고 적은 폴리건 수를 가지는 모델을 만드는 것이 중요하므로 물체의 겹침이나 배치에 의해 보이지 않는 면들은 모두 제거하고, 보다 상세한 구조를 필요로 하는 것은 맵핑소스를 사용하여 현실감을 높였다. 그러나 이러한 모델링의 최적화 작업으로 용량줄이기를 하다보면 원하는 시각적 결과를 얻지 못하는 경우가 있다. 인체의 뼈 부분처럼 복잡하고 정밀한 3차원 모델 상태 그대로 유지가 필요한 경우에는 Inline으로 연결 함으로서 시스템의 부하를 줄일 수 있었다.

□ 인터렉션 정의 및 구현

인터렉션의 구현은 VRML을 사용하였으며 디바이스들을 끄고 켜거나, 의료영상정보의 정보를 변경하는 스위칭 역할을 한다. 본 논문에서는 VRML의 센서노드[7]중 Environmental Sensor인 ProximitiveSensor와 TimeSensor, Pointing-Divice Sensor인 TouchSensor, DragSensor인 CylinderSensor, SphereSensor, PlaneSensor를 사용하였다. 또한 VRML의 센서노드로 부족한 표현들은 자바스크립트를 사용함으로서 기능적인 확장을 하였다. 스크립트를 사용함으로서 노드와 객체의 제어, 복잡한 형태의 움직이는 표현을 하였다.

본 논문의 인터렉션 부분은 크게 첫째, 수술대 부분, 둘째, 애니메이션 되는 심장을 홀로그램 형식으로 보여주고, 실제 수술장면을 보여주는 대형 모니터 부분, 셋째, MRI · CT · X-ray 영상정보를 디스플레이 해 주는 부분 이렇게 세부분으로 구성된다.

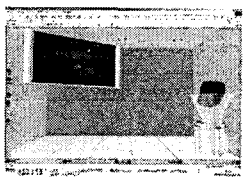
수술대부분에서는 Swiching을 위한 Script와 TouchSensor를 사용하여 사용자가 물체를 터치할 경우 수술대가 놓여있는 모습에서 수술시트가 덮인 수술대, 인체모델과 뼈와 장기, 수술부위만 드러나도록 절개된 수술시트 사이로 보이는 장기와 뼈가 차례대로 보여진다. 이 때 동시에 2차원의 8가지의 장기 해부도, 5가지의 뼈 해부도가 차례로 보여지는데 이는 Script와 TimeSensor를 사용하여 표현하였다.

홀로그램이 영사되는 기구에서 애니메이션 되는 심장이 홀로그램 형식으로 보여지고, 이 홀로그램을 터치할 경우 실제 수술장면을 보여주는 대형 모니터가 차례대로 생성되는 인터렉션 그리고 MRI · CT · X-ray 영상정보를 디스플레이 해 주는 인터렉션 또한 Switching 위한 Scipt와 TouchSensor를 사용하였다.

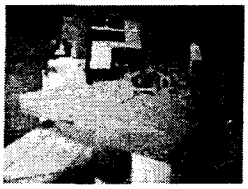
3. 구현결과

본 논문에서는 입체적인 영상, 사용자 시점의 시각, 넓은 시야각을 가진 CAVETM-like 시스템에서 상호작용성, 현실감, 완전 몰입감이 뛰어나며 향상된 시각화를 제공해 주는 의료 시뮬레이션 프로토타입을 구현하였다.

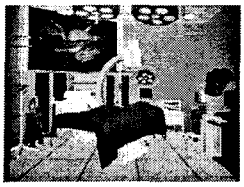
〈그림 3〉 인체모델



〈그림 4〉
홀로그램되는 심장과
수술장면 디스플레이



〈그림 5〉 뼈와 장기



〈그림 6〉 수술실 전경

그림 3번에서 그림 6은 CAVE™-like 시스템에서의 수술 시뮬레이션 프로토타입 수행결과를 보여준다. 그림 3과 그림 5는 앞서 말한 수술대 부분에 해당한다. 그림 3은 수술대에 인체가 나타난 화면이고 그림 5는 수술대에 뼈와 장기가 나타난 화면이다. 또한 그림 3과 그림 5에서는 뒤쪽에 환자의 X-ray 영상정보가 디스플레이 되고 있다. 그림 4는 홀로그램 형식으로 보여지는 애니메이션 되고 있는 심장과 실제 수술장면을 보여주는 대형 모니터를 보여준다. 그림 6은 CAVE™-like 시스템 상에서 수술실 전경을 보여주고 있다.

4. 결론 및 향후연구

본 논문에서는 CAVE™-like 시스템에서 적합한 의료 시뮬레이션 프로토타입을 구현하였다. 기존의 HMD, 데스크탑 기반의 모니터, 워크벤치 형태의 가상환경과 비교해 볼 때, 뛰어난 몰입감을 가지며, 전체적인 수술실환경을 실사를 기반으로 제작함으로써 더욱 현실감 있는 의료 시뮬레이션이 가능하였다.

향후에는 보다 다양한 직관적인 시술동작을 설계 구현하고, 3차원 인체기관의 정확성을 확대할 예정이다.

참고문헌

[1] Carolina Cruz-Neira, Daniel J. Sandin, Thomas A. DeFanti, "Surround-Screen Projection-based Virtual Reality : The Design and Implementation of the CAVE," Proceedings of ACM SIGGRAPH, 1993

[2] Sarah Gibson, Joseph Samosky, Andrew Mor, 외 9인 "Simulating Arthroscopic Knee Surgery using Volumetric Object Representations, Real-Time Volume Rendering and Haptic Feedback" CVRMed, pp.369-378, 1997

[3] Çakmak H. K., Kühnapfel U., "Animation and Simulation Techniques for VR-Training Systems in Endoscopic Surgery", EGCAS '2000, pp. 173-185, 2000

[4] http://www.evl.uic.edu/art/template_art_project.
php3?indi=163 "ImmersaDesk"

[5] http://www.uic.edu/ahs/sbhis/vrml/Research/TemporalBone/researchTB.htm
"Virtual Temporal Bone"

[6] http://www.uic.edu/ahs/sbhis/vrml/Research/PelvicFloor/PelvicFloor.htm
"Virtual Pelvic Floor"

[7] http://www.web3d.org/technicalinfo/specifications/vrml97/index.htm "VRML 규약"