

다중 체적 가시 기법을 이용한 완전인공심장의 가상 수술

○ 이동혁, **김종효, ***김남국, *민병구
서울대학교 대학원 협동과정 의용생체공학전공, *의과대학 의공학교실,
서울대학교 의과대학 방사선학교실, *비트컴퓨터 기술연구소

TAH(Total Artificial Heart) Virtual Surgery Using Multi-Volume Visualizing Technique

°D.H.Lee, **J. H. Kim, ***N.K.Kim, *B.G.Min

Interdisciplinary Program in Medical and Biomedical Engineering Major, Seoul Nat'l Univ.

*Department of Biomedical Engineering, College of Medicine, Seoul National University

**Department of Radiology, College of Medicine, Seoul National University

***BIT Co., Ltd. Technical Institute, Korea

Abstract

The virtual surgical trial of TAH is very important in some points as follows. The chests of patients who is under heart-disease are various types of undefine form. It is hard to say that there exist the standard shape of TAH and the position to surgern. So, the virtual surgery system is very impotant in realizing TAH sugery of human. We have implemented virtual surgery system of TAH that supporting multi volume fitting trial. We have acquired CT images of patients with DICOM format. Each organ of patients was segmented in 2-dimensional CT images. 3-dimensional objects were made with marching cube algorithm and save as file in VRML format. Virtual fitting trial was performed on Cosmo-World; a VRML editor. The collision points of TAH with other organs were well observed. And the best position and angles were determined and saved for each case. We believed that this virtual sugery will be helpful in TAH surgery and TAH customizing.

목 적

인공심장 시술에 있어서 가상 시술은 중요한 의미를 갖는다. 심장의 크기, 혈관의 위치, 흉곽의 용적 등이 환자마다 다르기 때문에 인공심장 시술과 인공심장 설계 보안을 위해서는 가상수술이 많이 수행되어야 한다.

3차원 구성 및 모의 수술 시스템이 최근 많이 연구되고 있다. 본 연구는 이러한 구성 기법을 적용하여 최적의 시술 위치를 찾는 방법을 구현하였다. 컴퓨터 상에서 가상적으로 최적 위치를 찾는 방법은 크게 다음과 같은 3가지 방법이 있을 수 있다.

첫째는 2차원 단면 영상간의 비교이다. 환자 CT 영상과 심장 단면 영상을 비교하여 만나는 점들을 확인하는 방법이다.

두번째는 reformed 2차원 환자 영상과 3차원 심장 객체를 맞추는 방법이다.

세번째 방법은 3차원으로 구성된 심장 객체와 3차

원으로 구성된 환자의 장기 객체들간의 위치관계를 3차원 공간상에서 평행 또는 회전이동을 하여 맞추어 보는 방법이다.

첫째 방법은 인공심장 설계에 한국인의 표준 체형을 알아내는 방법으로 연구된바 있고, 두번째 방법도 선행 연구가 된 바가 있다. 그러나, 이들 방법만으로는 3차원 공간 상에 배열된 각 장기와의 위치관계를 정확하게 파악하기 어려운 점들이 있었다.

방 법

1) 3차원 객체 구성의 흐름

가상 수술을 위한 3차원 객체는 환자의 전산화 단층촬영상(CT)을 가지고 구성하였다. 환자의 CT 단면상을 DICOM 형식으로 획득하여 PACS를 통해 전송을 받는다. 전송된 2차원 단면 영상은 영역 구분(Segmenation) 기법을 이용하여 각 장기별로 구분된다. 영역구분된 영상들은 각 장기별로 3차원 객체화 된다. 3차원 객체화는 Marching Qube 방식으로 표면 가시정보를 얻어낸 후 이를 VRML 형식으로 저장하는 기법을 사용하였다. 인공심장 모형의 CT 2차원 단면상도 동일한 방법으로 3차원 객체로 구성된다. 구성된 3차원 객체들은 Cosmo-World라는 VRML 편집 프로그램 내에서 회전 또는 평행이동을 통해 가상 시술을 한다.

2) 영역 구분 (Segmentation)

영역 구분은 화소값의 임계점을 기준으로 한 구획나눔을 기본으로 하되 사용자가 객체 설정, 구획 구분 그리고 편집을 덧붙일 수 있는 반자동 기법을 채택하였다. 흉부 CT 영상에서의 구분되어야 장기들은 폐, 심장, 뼈, 간장 그리고 위장 등이다. 본 연구에서 이들 장기의 영역 구분은 다음과 같은 세가지 방법으로 이루어졌다.

첫째는 임계점 기준으로 이진화한 후 이진화된 심

(island)들 중 구분하고자하는 장기에 해당되는 섬들을 등록시키는 방법이다. 이는 등록하고자 하는 섬들이 한 단면상 내에서 비교적 적은 경우에 적용되기 쉬운 방법으로 본 연구에서는 폐와 기관지의 영역 구분에 적용하였다.

둘째로 일정 범위내의 화소값을 갖는 모든 영역들을 구분하는 방법이다. 이진화 되었을 때 등록되어야 할 섬의 개수가 많고 각 섬들의 크기가 작은 경우에는 사용자가 이들을 일일이 등록해 주기가 어렵다. 반면에 해당 객체에 해당되지 않는 잡음들은 적으면 해당 객체를 등록하는 것이 아니라 잡음들을 편집기를 통해 지우고 나머지 영역을 모두 등록시키는 방법을 사용하는 것이 더 효율적이다. 본 연구에서는 뼈 영역을 구분하는데 이 방법을 사용하였다.

셋째로 사용자가 장기의 외곽 영역을 편집기로 그려줌으로써서 영역을 구분하는 방법이다. 이 방법은 한 단면 영상에서 구분해주어야 할 단일하고 화소값으로 그 영역이 주위 장기와 구분이 잘 되지 않을 때 사용하는 방법이다. 본 연구에서는 심장, 간 그리고 위의 영역 구분에 사용하였다.

3) 3 차원 객체화

3 차원 객체화는 먼저 Marching Cuber 알고리즘을 이용하여 삼각형 메쉬를 만든 다음 데이터를 양을 줄이기 위한 Decimation 을 수행하고 이를 VRML 형식의 파일로 저장하는 방법을 사용하였다.

Marching Cube 접근 방법은 3 차원 볼륨 데이터의 단위인 복셀(Voxel)들 각각을 독립적으로 간주하고, 이들을 나누어 공략(Divide & Conquer)하는 방법을 사용한다. 이 방법은 모델 외곽이 복셀들로 이루어진 6면체(Cube)와 교차하는 유형이 유한하다는 가정에서 출발한다. 그러면 가능한 모든 경우의 6면체 위상 상태를 나열하는 Case 테이블을 만들 수 있고, 이를 이용하여 모델표면 외곽을 근사하여 생성한다. 3 차원 볼륨 데이터는 2 차원 CT 데이터를 차례대로 쌓아 올려서 만들게 된다. 인접한 2 개의 슬라이스를 선택하여 6면체를 만든다. 6면체는 8 개의 꼭지점을 가지므로 하나의 6면체의 대칭성 때문에 15 가지의 Case 로 줄어든다. 어떤 경우의 6면체도 회전, 대칭을 이용하여 위상적으로 같은 Case 테이블에 있는 15 가지 6면체 중의 하나가 된다.

Marching Cube 를 이용해 VRML 로 바꾸기 위해서는 이를 다면체(Indexed Face Set)으로 만들어야 한다. 다면체는 점들의 집합(Coordinate 3 point), 법선 벡터(Normal Vector)의 집합과 이들을 이용하여 다각형을 정의하는 인덱스 집합(coorIndex, normalIndex)들로 구성되어 있다.

4) 가상 수술

가상수술은 Cosmo-World 라는 상용 VRML 편집 프로그램을 사용하여 실리콘그래픽스의 O2 워크스테이션에서 수행되었다. 가상 수술에 사용된 사용자 인터페이스는 다음과 같다.

첫째, 객체 선택 - 사용자가 마우스로 해당 객체 위에 놓고 누르면 선택된다.

둘째, 회전 이동 - 마우스로 해당 객체의 회전점을 누르면 객체에 정해진 육면체의 두 방향에 대한 회전을 할 수 있다. 임의의 회전은 이 두방향의 회전을 조합하여 수행할 수 있다.

셋째, 평행 이동 - 마우스로 해당 객체를 육면체의 임의의 면을 누르면 선택된 면에 수직방향으로 객체를 회전이동시킬 수 있다. 2면씩 조합하여 3 방향으로 평행이동 시킬 수 있다.

결 과

위의 방법으로 가상 수술을 해본 결과, 인공심장과 다른 장기간의 위치관계를 용이하게 찾을 수 있었다. 특히, 다른 장기와의 만나는 부분의 위치를 쉽게 찾을 수 있었고 최적의 위치를 직감적으로 잡기에 유용했다. 시술자가 판단되는 3 차원 공간상의 최적 위치와 방향은 다시 저장되어 직접 시술에 정량적으로 이용될 수 있도록 하였다.

결 론

본 방법은 인공심장의 가상 시술을 미리해 봄으로써 수술의 성공도를 높이고 환자에 가장 적합한 형태로 인공심장을 Customize 하는데 유용한 도구로 활용될 것이라고 사료된다.

참고 문헌

- [1] 이동혁, 김종효, 민병구, " 볼륨 가시화 기법을 이용한 인공심장의 가상 Fitting Trial", 대한의용생체공학회 춘계 학술대회, 1997년
- [2] 김남국, 김영호, 강석호, 조현정, 웹상에서의 CT/MRI 볼륨데이터를 이용한 상호적이고 협동적인 3D 그래픽 원격 진료 환경, 대한의료정보학회지, vol3, 1, 1997.
- [3] ISO/IEC CD 14772, The Virtual Reality Modeling Language Specification Version 2.0, "<http://webspacesgi.com/moving-worlds/spec/>", 1996

다중 체적 가시 기법을 이용한 완전인공심장의 가상 수술

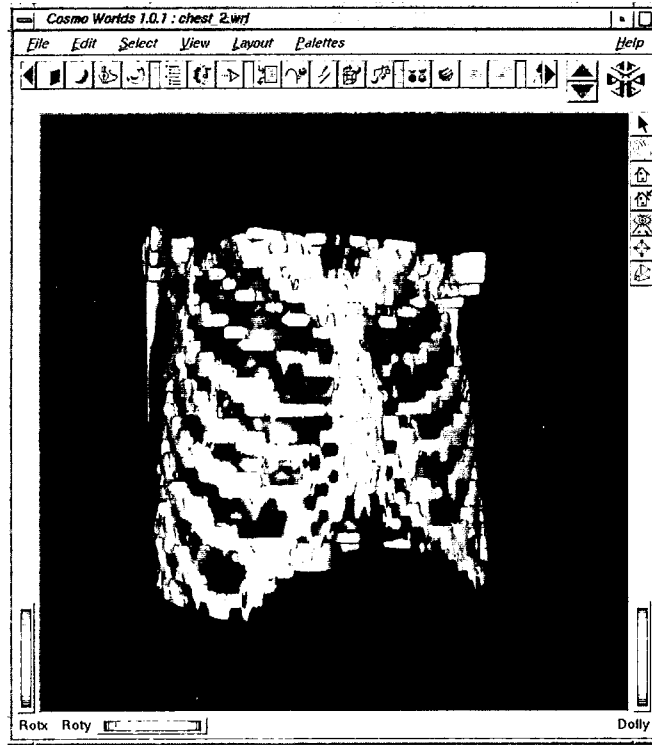


그림 1 장기별로 객체화된 다중 체적들을 동시에 가시화시켜 제어하는 모습

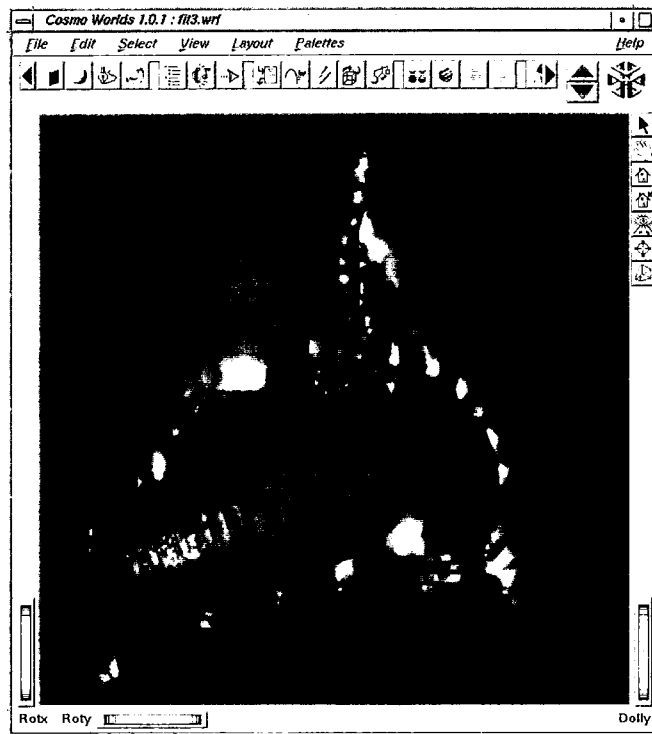


그림 2 인공심장을 원 심장이 있는 자리에 넣고 맞추어 보는 화면