

# 시간대별 동적 심장 모델의 변이 분석 가시화\*

김민정<sup>0</sup> 최유주 김명희  
이화여자대학교 공과대학 컴퓨터학과  
(kimmj<sup>0</sup>, choirina, mhkim)@ewha.ac.kr

Visualization of Variation Analysis for Multi-time Dynamic Cardiac Model

Min-Jeong Kim<sup>0</sup> Yoo-Joo Choi Myoung-Hee Kim  
Dept. of Computer Science & Engineering, Ewha Womans University

## 요약

본 논문에서는 여러 시간대에 걸쳐 획득된 영상 데이터 집합에 대하여 동적 모델을 이용한 데이터들의 동시 가시화를 수행하고, 각 모델들 간의 변이를 분석하여 객관적인 영상 분석결과를 가시화해주는 연구를 수행하였다. 먼저 동적 모델의 동시 가시화를 위하여 동적 모델 네이터의 저장 및 로딩 모듈을 설계하였고, 동적 모델들간의 변이 분석은 체적, 속도를 비교 가시화함으로써 이루어졌다. 이를 한 환자에 대하여 치료기간 중 일정 시간대별로 획득된 심장영상 집합들에 적용함으로써 기존의 영상분석의 한계점을 극복하고 심장 질환의 진단을 효율적으로 도울 수 있도록 하였다.

## 1. 서 론

의료영상은 수술이나 치치 전후에 촬영되어 비교됨으로써 환자의 질환 진단 및 진행 경과 분석에 필수적으로 이용되고 있다. 한 환자에 대하여 보통 여러 번 의료영상을 촬영하게 되는데, 현재까지도 여러 시간대에 걸쳐 획득된 의료영상 집합간의 비교는 전문가의 육안에 의하여 행해지고 있다. 이러한 기준의 비교 방법은 시간이 많이 소모된 뿐 아니라 주관적인 비교 분석이 불가피하다는 단점을 가지고 있다. 따라서 환자의 치료 전후에 획득된 의료영상의 분석을 위한 객관적인 기법의 필요성이 대두되고 있다.

본 논문에서는 심장질환 환자에 대하여 4회의 시간대에 걸쳐 획득한 의료영상 집합들로부터 각각 생성된 4개의 동적 심장 모델을 동시에 가시화를 해 줌으로써, 시간 소모 적이고 주관적인 기준의 영상 분석 방법의 한계점을 극복하고자 하였다. 또한 4개의 동적 심장 모델들간의 최대 및 최소 체적, 최대 속도를 동시에 비교, 가시화해 해 줌으로써 질환의 진단을 돋기 위한 객관적인 분석 방법을 제공하고자 하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 4개의 동적 심장 모델의 동시 로딩을 위해 설계한 저장 및 로딩 모듈을 설명하고, 3장에서는 로딩된 4개의 동적 심장 모델간의 변이 분석 방법들을 제안한다. 4장에서는 3장에서 소개한 방법들을 통한 가시화 결과를 보여주며 5장에서는 본 논문의 결론을 맺는다.

## 2. 시간대별 동적 심장 모델의 동시 로딩

### 2.1 모델 데이터

동적 심장 모델이란, 심장 부위의 2차원 단면 의료영상으로부터 물리기반 변형모델 알고리즘[1]을 이용하여 생성한, 움직임을 가지는 4차원 동적 모델로 그림1은 동적 심장 모델의 생성 과정을 보여주고 있다. 먼저 각 2차원 단면 영상 상에서 사용자의 관심영역(ROI : Region Of Interest)을 정한 후 분할(segmentation)과정을 거치게 되고, 이 과정에서 추출된 관심영역들이 합쳐져 3차원 모델을 생성할 수 있게 된다. 그리고 심장 영상 집합이 각 위치구간에 따라 여러 시간 구간의 영상들로 이루어지는 특성을 가지므로, 각 시간 구간별로 여러 개의 3차원 모델이 생성되게 되는데, 이 3차원 모델들간의 움직임을 추적하여 4차원 동적 심장 모델을 생성할 수 있다.

그림2는 단일 시간대에 획득된 영상 데이터로부터 생성된 데이터들의 계층구조이다. 단일 시간대 동적 모델에 대한 데이터의 계층 구조는 2차원 영상 데이터 집합으로부터 관심영역을 추출하여 하나의 3차원 모델을 생성하고, 이로부터 4차원 동적 모델을 생성하는 과정까지의 데이터를 모두 포함하고 있다. 여러 개의 동적 모델을 동시에 로딩하기 위해서는 이러한 데이터의 계층 구조가 동적 모델의 개수만큼 저장되어야 하며, 시스템 부하와 로딩 속도를 위하여 진하게 표시된 노드들만 저장하면 된다.

\* 본 논문은 부분적으로 정보통신부 대학정보통신연구센터(ITRC) 육성 지원 사업과 한국과학재단 가상현실 연구센터 지원사업, 과학기술부 국가지정연구실 사업의 지원에 의해 수행되었음.

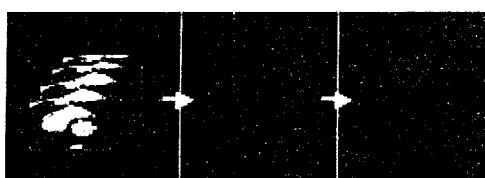


그림 1. 동적 심장 모델의 생성 과정

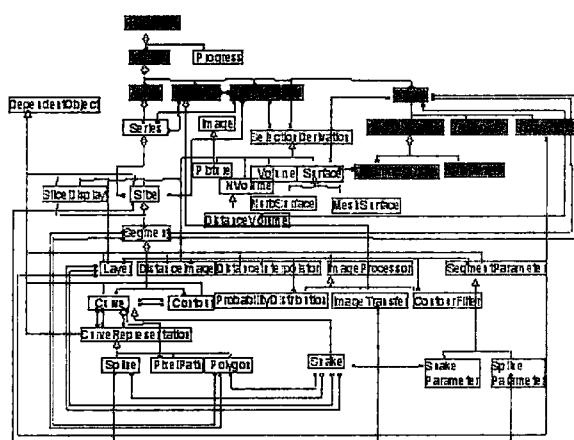


그림 2. 동적 심장 모델 데이터의 계층 구조

## 2.2 데이터의 저장 및 로딩

본 논문의 영상 데이터의 계층 구조로부터 데이터를 저장하는데 있어서 XML(eXtensible Markup Language) 파일 형식을 이용하였다. XML은 HTML이 정의된 문서 표현 단위의 단순한 집합을 이용하여 나타낼 수 있는 텍스트를 표현하는데 사용되는 중간 마크업(meta-markup) 언어로써, 하나의 구조화된 문서파일을 이용하여 각기 다른 어플리케이션으로 문서를 볼 수 있도록 해준다. XML을 이용하여 단일 시간대의 동적 심장 모델 데이터를 저장한 이유는 동적 심장 모델 데이터가 높아가 깊은 계층 구조를 갖는데, 이러한 노드들간의 상관관계를 표현하는데 태그 형식의 파일이 적합하기 때문이다. 또한 XML이 텍스트와 이미지, 비디오, 사운드 등의 데이터가 같이 존재하는 복합 문서의 표현에 적합한 언어로, 데이터 교환 시나 웹상에서 3차원/4차원 심장 모델의 절파 표면 데이터 집합과 색 등의 속성을 가지는 이미지 파일로의 직접적인 접근이 가능하도록 해주기 때문이다. 각 동적 모델에 대하여 XML 파일 형식으로 저장된 파일을 로딩해 줌으로써 시간대별 동적 심장 모델의 동시 로딩이 가능하게 된다.

## 3. 동적 심장 모델간의 변이 분석 방법

본 논문에서는 여러 시간대에 걸쳐 획득한 영상들로부터 생성한 동적 심장 모델간의 각 시간 구간별 최대 및 최소 체적과 최대 속도를 비교함으로써 동적 모델들의 시간대에 따른 변이를 분석하였다. 또한 최대 및 최소 체적 값으로부터 심박출계수(Ejection Fraction)를 계산함으로써 심장질환 진단에 중요한 파라미터를 제공해 줄 수 있도록 하였다.

### • 최대, 최소 체적 및 심박출계수

최대, 최소 체적은 동적 심장 모델이 가지는 시간구간별로 정지한 상태에서의 체적 중 최대, 최소값을 의미한다. 심장 모델의 체적은 매쉬 형태의 3차원 모델로부터의 점, 면 집합의 정보를 이용하여 단위 체적이 될 때까지 3차원 모델을 나눈 후 그 개수를 합산하여 단위 체적의 값을 곱해 줌으로써 구할 수 있다. 심박출계수는 최대 체적에 대한 최대, 최소 체적 차이의 비율로서 계산될 수 있으며 식은 다음과 같다.

$$EF(\text{심박출계수}) = (\max V - \min V) / \max V$$

*max V : 최대부피, min V : 최소부피*

### • 최대 속도

최대속도는 물리기반 변형모델 알고리즘[1]을 이용한 심벽의 움직임을 복원하는 라이브러리 함수를 이용하여 계산하였다. 각 시간구간별 3차원 심장 모델을 세로축으로 7등분하고 각 세로축 단면에 대하여 24등분한 세그먼트별로 함수를 호출함으로써 심벽의 움직임을 추적하였으며, 이 중 최대값을 계산함으로써 최대 속도를 구하였다.

## 4. 실험 결과

본 논문에서의 구현은 Pentium-III(1GHz, 1024MB, SUSE Linux 7.0)상에서 C++ 언어를 이용하였으며, OpenGL, glut, STL, QT 등을 라이브러리를 추가로 사용하였다. 그림 3은 4개의 시간대별로 저장된 동적 심장 모델의 정보를 동시에 로딩해 준 결과 인터페이스로, 각 시간대 동적 모델의 체적 그래프와 속도 히스토그램을 동시에 가시화 해주고 있다. 그림 4의 좌측 뷰는 4개의 단일 시간대에서의 체적 그래프를 한 체적-시간 좌표상에 나타내줌으로써 4개 시간대간 동적 심장 모델의 체적 변화를 가시화 해 주고 있다. 오른쪽 뷰는 4개의 단일 시간대에서의 속도의 변화를 하나의 히스토그램으로 나타낸 결과로써 4개 시간대간 동적 심장 모델들의 최대 속도를 동시에 비교 가시화 해주고 있다. 표1은 한 환자의 데이터에 대하여 각 시간대에서의 최대, 최소 체적과 심박출계수의 계산 결과를 보여주고 있다.

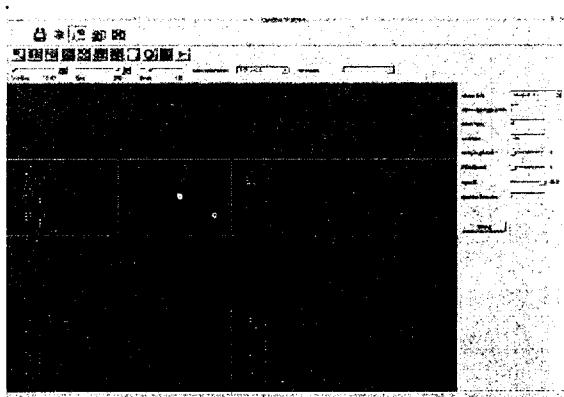


그림 3. 시간대별 동적 심장 모델의 비교 가시화

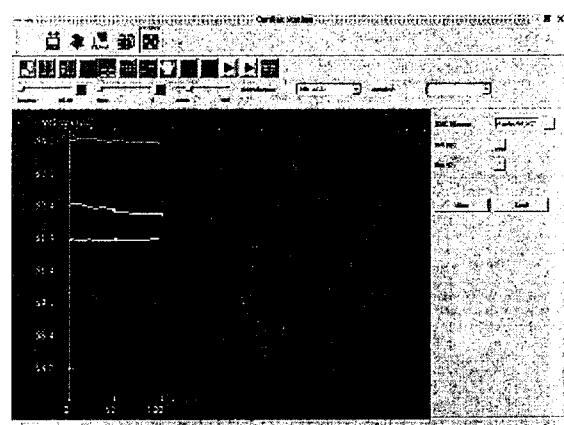


그림 4. 시간대별 동적심장모델의 체적및속도 다중가시화

## 5. 결 론

본 논문에서는 정형화되어 있지 않은 움직임을 가지는 객체의 특성을 가지는 동적 심장 모델을 대상으로 하여 4시간대의 모델을 동시에 비교 가시화 해주고 모델간의 변이 분석 결과를 가시화하는 연구를 수행하였다. 이로써 대량의 2차원 영상 집합들을 육안으로 판별하는 기존의 영상분석방법이 갖는 시간 소모적이고 주관적인 한계점을 극복하고자 하였으며, 나아가 심장질환 환자영상에 적용하여 객관적인 영상분석 결과를 도출하여 줌으로써 심장질환의 진단을 객관적이고 효과적인 방법을 통하여 보조할 수 있도록 하였다.

## 참 고 문 헌

- [1] 최수미, “비강체 움직임과 형상 복원을 위한 효율적인 물리기반 변형 모델,” 이화여자대학교 과학기술대학원 박사학위 논문, 2001.
- [2] John v. Carlis and Joseph A. Konstan, “Interactive Visualization of Serial Periodic Data,” UIST 98, san Francisco, CA.
- [3] R.Ford, R.Thomson, D.Thomson, “Supporting Heterogeneous Data Import for Data Visualization,” Proceedings of the ACM Symposium on Applied Computing, Univ. of Montana, 1995
- [4] MRI 영상 자료실 <http://www.ansan.ac.kr/radi/MRI>  
영상자료/MRI%20영상자료실.htm
- [5] Marian G. Williams and Peter D. Varhol, “Graphical Data Visualization-implementing an interactive GUI,” Dr.Drobb’s journal, DEC 1991
- [6] O’ Reilly XML <http://www.xml.com/>
- [7] Infobiogen  
<http://www.infobiogen.fr/services/zomit/bioinformatics1998/index.htm>

표1. 시간대별 최대, 최소 체적과 심박출계수

최대체적 (ml)	105.04	106.30	93.66	105.89
최소체적 (ml)	46.40	47.63	42.94	46.1
심박출계수 (%)	55.82	55.19	54.16	56.46