

초음파 영상기반 파이프형 인체 장치의 3차원 가시화 및 네비게이션

최유주 홍헬렌 진수경 김명희
이화여자대학교 공과대학 컴퓨터학과
{choirina, hlhong, skchin, mhkim}@mm.ewha.ac.kr

3D visualization and navigation of the internal organs based on the 3D-Ultrasound Data

Yoo-Joo Choi^U Helen Hong Soo-Kyung Chin Myoung-Hee Kim
Dept. of Computer Science & Engineering, Ewha Womans University

요 약

인체 장치의 내부 벽면을 관찰하기 위하여 사용된 내시경 검사 기법은 내시경을 삽입하고, 질병 부위를 찾는 과정에서 환자에게 고통을 유발시키고, 정확한 진단을 내리기 위해서는 검사자의 오랜 경험과 숙달을 필요로 한다. 그러므로 각종 의료 영상을 기반으로 한 가상 내시경 시스템에 대한 연구와 개발이 요구된다. 본 논문에서는 초음파 영상을 기반으로 하여 병변 부위의 3차원 영상을 생성하고, 탐색하는 시스템을 제안한다. 우선 획득된 초음파 영상으로부터 장치에 대한 윤곽선 정보를 얻기 위하여, 초음파 영상에 대한 전처리 작업과 분할 작업을 수행하였고, 추출된 윤곽선 정보를 기반으로 3차원 표면 모델을 생성하였다. 3차원 표면 모델은 VRML 2.0 형식의 3차원 객체로 자동 변환되어 일반 VRML Plug-in viewer 및 자바 제어 모듈을 이용하여 3차원 장치 모델에 대한 탐색을 가능하도록 하였다.

1. 서론

내시경 수술 기법은 모든 수술 과정에 있어서 피부 절개 부위를 최소화함으로써 회복 기간을 감소시켰고, 환자의 고통과 수술 비용을 감소시켰다. 내시경 수술 기법은 인체 장치의 내부 벽면을 관찰할 수 있는 유일한 방법이기 때문에 식도, 기관지, 직장, 결장 등 파이프형 인체 내부기관의 정확한 진단 및 치료에 큰 역할을 하였다.

그러나, 내시경 검사 시술법은 내시경을 삽입하고, 내시경의 위치를 조정하면서, 질병 부위를 찾는데 오랜 경험과 숙달된 기술을 필요로 한다. 또한 내시경 시술에 대한 초기 기술의 학습 및 교육에 어려움이 따른다. 또한, 내시경 기기를 인체 내부로 삽입할 때, 환자에게 고통을 유발시키고, 수술 후와 같은 안전하지 못한 상태에서는 사용하기 어려운 단점이 있다. 따라서, 임상 의는 순차적인 일련의 2차원 영상들을 관찰함으로써, 내부 모양을 추정하여야 한다.

그러므로, 각종 의료 영상에 대하여, 컴퓨터를 이용하여 객관화, 정량화된 영상으로 재구성함으로써 보다 정확한 진단 기능을 제공하기 위한 가상 내시경 기술 개발이 필요하다.

따라서, 본 논문에서는 일련의 2차원 의료 영상에 대한 영상 전처리 및 분할, 3차원 표면 모델링, VRML2.0 객체 구성의 과정을 통하여 병변 부위에 대한 VRML 3차원 객체를 생성하고, 탐색하는 시스템을 설계 구현하였다.

본 논문에서는 식도, 기관지 등과 같은 파이프형 인체 내부 기관에 대하여 검사가 용이한 초음파 영상을 기반으로 하여 3차원 객체 생성 및 네비게이션을 시도 하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 윤곽선 추출을 위한 영상 전처리 및 분할 방법을 설명하고, 3장에서는 3차원 표면 모델링, 표면 간략화 및 평활화(smoothing)방법을 살펴본다. 또한 4장에서는 표면 모델링의 결과로 생성된 vertex와 face 정보를 기반으로 VRML 2.0 형식의 3차원 객체를 구성하고, 일반 VRML Plug-in viewer 및 자바 애플릿 기반 제어 모듈[7]을 이용하여 VRML 3차원 객체에 대한 네비게이션 결과를 살펴보고, 마지막으로 5장에서는 본 논문의 결론을 맺는다.

2. 윤곽선 추출을 위한 영상 전처리 및 분할

본 연구에서는 초기 시스템 구축을 위한 입력영상으로 초음파 팬텀(phantom) 영상과 기관지에 관한 단순

본 연구는 '99 정보통신부 대학 S/W센터지원사업 중 주식회사 메디슨의 연구비 지원에 의한 결과임

초음파 영상을 사용하였다. 우선, 기계적으로 획득한 3차원 초음파 볼륨 파일로부터 다수의 2차원 RAW 영상을 분리하였다.

초음파 영상은 CT나 MRI 영상과 비교해 볼 때, 일반적으로 다수의 잡음을 포함하기 때문에, 보다 정확한 초음파 영상 분석을 위해서는 효과적인 영상 전처리 작업이 요구된다.

본 논문에서는 우선 대비확장(contrast stretching) 처리를 통하여 좁은 생동폭(dynamic range)을 가진 초음파 영상의 명암도의 생동폭을 증가시키고, 초음파 영상 분석에서 그 효과가 이미 알려진 가우시안 필터링(gaussian filtering)과 중간값 필터링(median filtering)을 영상 전처리를 위하여 사용하였다[1][2][3].

영상 분할을 위해서는 영역 확장(region growing)과 임계값(threshold) 기법과 형태학적 연산(morphological operation) 기법들을 연속으로 실행하고, 실행 결과 제거되지 않고 있는 노이즈 객체는 분할 객체 크기 분석 방법을 적용하여 분할 객체의 크기가 일정 크기 보다 작은 객체는 노이즈로 간주하여 제거하였다.

영상 분할 과정을 좀더 효율적으로 실행하기 위하여 사용자가 분할 대상 영역을 지정할 수 있도록 하였다. 사용자가 영상 분할 실행 전에 초기 2차원 영상에 대하여, 분할 영역을 지정하는 경우, 나머지 2차원 영상들에 있어서도 주어진 영역내부의 영상에 대해서만 분할을 시도하게 함으로써, 좀더 효율적으로 영상 분할이 실행될 수 있도록 하였다. 또한, 이전 슬라이스 이미지의 분할 결과에 따라 원하는 분할 객체의 중심을 찾아내고 이를 다음 슬라이스의 분할에 적용하게 하였다.

그림 1은 지정된 분할영역과 이에 따른 영상 분할 결과 화면이다.

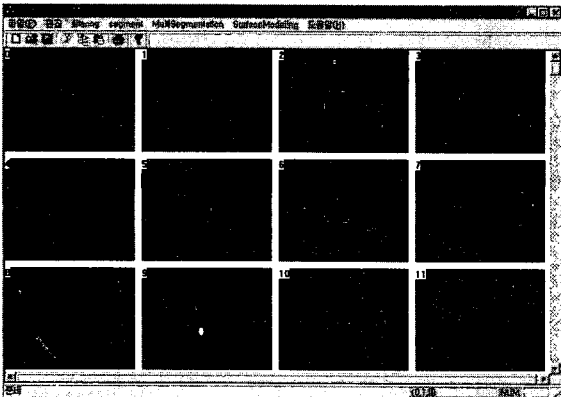


그림 1. 영상 분할 결과 화면

또한, 사용자가 분할 결과를 확인하고 좀더 미세한 부분에 대한 분할을 원하는 경우 분할결과에 따라 사

용자가 직접 마우스를 이용하여 수동으로 수정을 가하도록 하였다. 그림 2는 수동 분할을 가하는 화면이다.

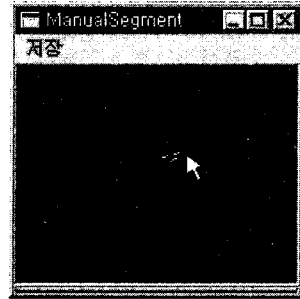


그림 2. 수동분할 결과 화면

분할된 결과 영상은 각각 2D image 파일로 저장되어 3차원 표면 모델 생성을 위한 입력으로 사용된다.

3. 3차원 표면모델 생성, 표면간략화 및 표면평활화

본 논문에서는 파이프형 인체 내부 기관에 대한 가시화 및 네비게이션을 효율적으로 표현하기 위하여, 체적 공간내의 전체 내용을 보여줌으로써 많은 양의 자료 처리 및 시간을 소모하는 체적 자료 모델링 방법보다 자료 공간이 비교적 적은 표면 자료 모델링 방법 중 표면-추적 방법을 채택하였다.

표면-추적 방법에 해당되는 알고리즘은 opaque cube 알고리즘, marching cube 알고리즘, marching tetrahedra 알고리즘과 divide cube 알고리즘이 있다. 이 중 본 연구에서는 일련의 2차원 영상으로부터 얻은 슬라이스간 연결성, 표면위치 및 기울기를 사용하는 마칭큐브(marching cube) 방법[4]을 사용하였다.

2차원 초음파 렌틸영상 250장에 대한 분할결과 영상을 입력으로 하여 마칭큐브를 수행한 결과 297,750개의 정점(vertex)와 99,250개 삼각형 정보를 얻었다. 3차원 객체의 가시화 및 네비게이션을 효과적으로 수행하기 위해서는, 객체를 표현하는 삼각형의 수를 최적화하는 표면간략화 작업이 필요하다. 본 연구에서는 표면간략화를 위하여 점진적 메쉬(Progressive Mesh)[5][6] 알고리즘을 적용하였다.



(a) 표면평활화전

(b) 표면평활화후

그림 4. 표면평활화 결과

표면평활화(smoothing) 표현을 위하여 각 정점을 위한 인접 정점 정보를 유지하고, 각 정점으로부터 인접 정점간의 거리를 각각 계산하였다. 계산된 거리가 주어진 가중치(weight)보다 작은 정점들을 추출하여 그들과의 평균 위치를 새로운 정점 위치로 지정하였다. 그림 4는 표면평활화 처리 결과화면이다.

4. VRML 2.0 형식의 3차원 객체 구성 및 VRML viewer를 이용한 네비게이션

3차원 표면 모델 생성 및 표면 간략화 과정의 결과로 생성된 vertex와 삼각형 정보를 VRML 2.0의 IndexedFaceSet 노드를 이용하여 VRML 형식의 3차원 객체로 표현하였다.

보다 편리한 네비게이션을 위하여 네비게이션 제어를 위한 자바 애플릿 제어 모듈 및 자바 사용자 인터페이스를 제공하였다. 또한, 네비게이션의 현재 위치를 표현해 주는 맵을 제공하여 네비게이션 대상 객체의 내벽과 외벽을 동시에 파악할 수 있도록 하였다.

그림 5는 생성된 3차원 객체의 내벽 및 외벽 기관을 관찰하기 위한 네비게이션을 수행하고 있는 화면이다.

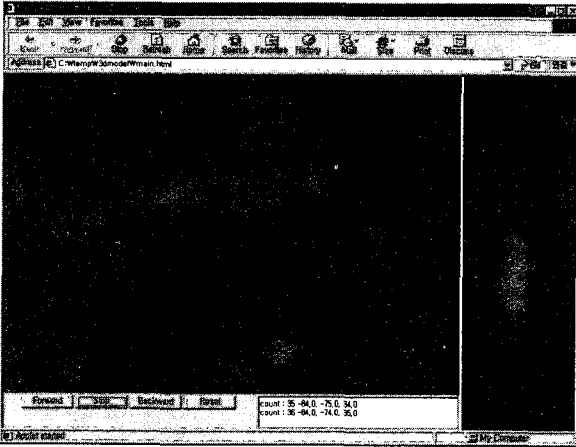


그림 5. 자바 제어기반 VRML 3차원 객체에 대한 네비게이션 화면

본 시스템은 Visual C++ 6.0으로 전처리, 분할, 표면 모델링등 주요 클래스와 사용자 인터페이스가 구축되었고, 네비게이션 제어를 위한 자바 제어 모듈은 JDK 2.0 환경에서 애플릿으로 구현되었다. 또한, VRML 객체 가시화를 위하여 Cosmo Player VRML Plug-in Viewer를 사용하였다.

5. 결론 및 향후 연구방향

본 논문에서는 파이프형 인체 내부 기관의 내부 벽면을 안전하고, 환자에게 고통을 유발시키지 않는 방법

으로 관찰할 수 있도록 하기 위하여, 검사 대상 내부 기관에 대한 초음파 영상을 기반으로 하여, 영상전처리 및 분할, 3차원 표면 모델 생성 및 VRML 객체 구성 단계를 통하여 VRML viewer를 통한 네비게이션 지원 방법을 제시하였다.

제시한 방법이 기반으로 하고 있는 초음파 영상은 다른 의료 영상과 비교해 볼 때 많은 잡음을 포함하고 있기 때문에 초음파 영상으로부터 관심 부위를 분리해 내는 영상 분할 작업의 결과가 본 논문이 제시한 방법에 있어서 무엇보다 중요하다. 정확한 영상 분할의 결과를 얻기 위하여, 초음파 영상 특성에 맞는 효과적인 전처리 필터 및 분할 기법에 대한 연구가 진행되어야 하며, 분할 및 모델링의 결과 또는 탐색 경로에 대한 사용자의 상호작용이 보다 손쉽게 이루어질 수 있도록 하기 위한 연구가 요구된다.

또한, 효과적인 네비게이션을 지원하기 위해서는 영상 보전 표면 간략화에 대한 연구가 필요하다. 그러나 대부분의 표면 간략화 알고리즘들이 많은 수행 시간을 요구하고 있기 때문에, 영상 보전 표면 간략화 알고리즘에 대한 수행 성능 향상에 대한 방법이 연구되어야 한다.

참고문헌

- [1] Gonzalez, R. C., Wintz, P.: Digital Image Processing, Second Edition, Addison Wesley Publishing Company, 1987
- [2] Georgios Sakas, Lars-Arne Schreyer, and Marcus Grimm: Preprocessing and Volume Rendering of 3D ultrasonic Data, IEEE Computer and Applications, Special Issue, Vol.15, No.4, July 1995
- [3] Georgios Sakas, Stefan Walter: Extracting Surfaces from Fuzzy 3D-Ultrasound Data, Proceedings of the 22nd annual ACM conference on Computer Graphics, 1995, pp 465-474
- [4] Lorensen, W., Cline, H.: Marching Cubes: A High Resolution 3D Surface Construction Algorithm, ACM Computer Graphics, SIGGRAPH-87, Vol. 21, No.4, pp. 163-169, July 1987
- [5] Hugues Hoppe: Progressive Meshes, Proceedings of the 23rd annual conference on Computer graphics, 1996, pp99-108
- [6] A Simple, Fast, and Effective Polygon Reduction Algorithm, Game Developer, November 1998, pp44-49(<http://www.cs.ualberta.ca/~melax>)
- [7] Web3d(<http://www.web3d.co.kr>)
- [8] Milan Sonka, Vaclav Hlavac, Roger Boyle: Image Processing, Analysis, and Machine Vision, Second Edition, PWS Publishing