

치과용 CT영상의 3차원 Visualization을 위한 Segmentation에 관한 연구

민상기, *채옥삼
경희대학교 전자계산공학과
전화 : 031-201-2948 / 핸드폰 : 016-235-4041

A Study of Segmentation for 3D Visualization In Dental Computed Tomography image

Sang Ghy Min, Ok Sam Chae
Dept. of Computer Engineering, KyungHee University
E-mail : msg259@hotmail.com

Abstract

CT images are sequential images that provide medical doctors helpful information for treatment and surgical operation. It is also widely used for the 3D reconstruction of human bone and organs. In the 3D reconstruction, the quality of the reconstructed 3D model heavily depends on the segmentation results. In this paper, we propose an algorithm suitable for the segmentation of teeth and the maxillofacial bone.

I. 서론

CT (Computed-Tomography)와 MRI (Magnetic Resonance Images)는 시간의 흐름을 따라 촬영된 2차원 영상의 집합으로서 Z축에 따라 나열한 영상들은 3차원 영상 구성이 가능하고 결과 영상은 수술이나 기타 다른 치료에 있어 계획수립에 많은 도움이 된다.

그러나 3차원을 이용한 영상 재구성 기술은 3차원 재구성 이전에 2차원적으로 어떠한 분할이 이루어졌느냐에 따라 성능이 좌우되기 때문에 지금까지도 이 분야는 계속해서 개선이 이루어지고 있는 중이다. 분할(segmentation)은 전처리 단계에서 영상의 정보를 줄이기 위해 수행되는 영상처리 분야의 한 영역으로서 structure unit에 해당하는 부분을 region으로 나누거나

관심 있는 부분을 구별하는데 사용된다.

3차원 재구성에는 무엇보다도 정확한 폐곡선의 검출이 필수적인데 신체 조직이라는 것이 워낙에 다양한 형태를 갖고 있으며 크기 또한 작은 것이 많아 분할에 있어 많은 문제점을 나타내고 있다.

조직 판별을 위해 medical imaging 분야에서 사용하는 분할방법에는 형태 기반 분할 [1]이 있는데 이 방법은 자신의 외곽선 검색을 유도하기 위해 물체의 구조의 이전 지식을 사용하는 3D 형태 모델을 표현한다. 물체는 연속영상에 대하여 임의 결정된 점을 중심으로 라디안 각도를 따라 나타나는 폐곡선을 연결함으로써 생성한다. 형태 모델은 machine vision에서 몇년동안 성공적으로 채용되었던 개념이지만 이 방법은 일반적으로 고정된 형태의 물체에만 적용되기 때문에 복잡한 구조를 갖는 의료영상에 적용하기에는 문제가 있다.

메모리 기반 인식 방법[2]은 메모리 상에 기억된 많은 표현에 해당하는 물체를 비교하고 가장 근접한 형태의 물체를 검출하는 방법으로 완전히 고정된 형태의 물체에만 해당하는 방식이다.

Seed growing 분할[3] 방법은 관심 있는 layer에 seed contour를 넣은 후에 layer 단위로 생성시켜 분할된 seed contour의 포함 여부에 따라 contour 상의 점을 같은 표면이나 형태에 포함시킨다. 그러나 이 방법은 복잡한 영상일수록 많은 단계의 단순화를 위한 전

차리가 필요하고 그에 따른 계산량이 많은 것이 단점이다. Watershed[4] 방법은 화소값의 고저차를 이용하여 마치 물을 흘려 호수가 채워지는 듯한 효과를 내어 잠겨지는 부분과 잠겨지지 않는 부분을 구분하여 물체를 분리해낸다. 하지만 구현의 어려움과 작은 값에도 쉽게 물체가 분할되어버리는 과분할이라는 한계를 가지고 있는 문제를 가지고 있어 복잡한 형태의 의료 영상에서는 많은 개선이 요구되고 있다. 이러한 분할방법들은 촬영부위나 촬영기기(modality)의 상태에 따라 같은 환자라 하더라도 전혀 다른 결과를 보여주는 경우가 많아 이에 대한 해결책 역시 요구되고 있다.

본 논문에서는 일반적인 CT, MRI 영상보다 조직적인 특수성과 차이를 갖는 치아의 CT영상에 특화, 개선된 분할 방법을 적용하고 3차원으로 재구성하는 연구를 수행한다. 이를 위해서 여러 장의 CT 영상과 사용자와의 상호작용을 통해 일괄적이고 획일적인 영상 추출방법이 아닌 탄력적이면서도 개선된 영상을 얻을 수 있는 방법을 제시하고, 이렇게 획득한 영상을 3차원의 시스템을 통해 재구성하여 임상가들에게 도움을 줄 수 있도록 구현한다.

II. 치아용 CT의 재구성

2.1 치과용 3D 재구성 시스템의 개요

의료 분야에서 2차원 영상의 3차원의 구현에 대한 연구는 많은 방향제시가 이뤄져 왔다. 그러나 3차원의 특성상 세밀한 조직의 표현이 어렵다는 문제점 때문에 아직까지 실제 운영에 있어서는 진로나 수술의 결정적인 도움이 되기보다는 참고 수준의 것으로만 다루어지는 정도이다. CT 영상이나 MRI 영상의 경우 촬영 시 특정 부위를 집중적으로 세밀한 간격으로 촬영하기보다 넓은 간격으로 적은 수의 촬영을 하기 때문에 이러한 중간 중간의 정보유실은 3차원 구현에 있어 많은 문제를 내포하게 된다.

본 연구에서는 그림 1과 같은 구조를 갖는 치과에 특화된 Visualization system을 구현한다. 이 시스템은 일반 CT영상과는 다른 특성을 갖는 치아 CT영상을 위한 변형된 분할 방법을 적용함으로써 다른 알고리즘들보다 유연성을 강화시킴으로써 원하는 물체 추출이 쉽도록 한다.

우선 입력을 통해 얻은 CT영상 중 하나의 기준이 되는 영상을 선택한다. 이 영상에 대하여 가장 최적의 분할을 수행한다. 여기서 사용된 수치는 다른 프레임의 분할에 입력으로 사용된다. 점진적인 값의 변화를

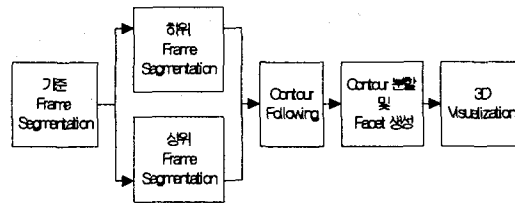


그림 1. Visualization system의 작업 수행 개념도

이용해 나머지 프레임들에 대한 분할을 그림 2처럼 반복작업을 통해 수행하며 결과는 바로 Contour Following을 통해 폐곡선으로 추출된다. 생성된 contour 영상들은 2개 slice단위로 facet생성을 통해 하나의 면으로 생성된다. 최종적인 단계에서 만들어진 면들은 라이팅과 셰이딩을 통해 3D object로 생성된다.

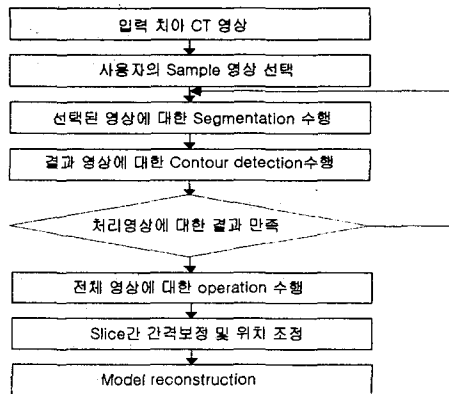


그림 2 Visualization system의 흐름도

2.2 치아 CT image의 분할

치아에 대한 CT영상은 그림 3처럼 일반 뼈의 CT영상과는 달리 입력영상에 있어 치아 조직의 화소값이 뼈 조직이 갖는 값의 범위 내에 존재하지 않기 때문에 기존의 분할방법으로는 원하는 조직을 정확히 추출하기 어렵다는 문제를 갖고 있다[5]. 이는 의료 분야에 종사하는 이가 아닌 이상 조직 분석의 결과를 위한 기준이 부족하기 때문에 발생할 수 있는 판단 오류와 함께 정보 재구성에 있어 중요한 문제가 되고 있다.



그림 3. 치아의 CT영상

치아와 관련된 조직은 다음과 같이 분류할 수 있다.

- SINUS(공간)
- ESPONGIOSA(골수 같은 연골)
- CORTICAL(뼈)
- TOOTH(치아와 임플란트)

기존의 분할방법들은 알고리즘이 가진 자체의 성능 이외에 또 하나의 문제점을 가지고 있다. 3D reconstruction을 위해 각 slice로부터 contour를 추출해 낼 때 확실적인 분할을 수행한다는 점이다.

이 방법은 일반적인 CT영상에서 원하는 부분을 추출해 낼 때는 문제를 발생하지 않지만 치아 영상의 경우 치아를 추출해 낼 때 각 slice마다 같은 치아임에도 불구하고 다른 화소값을 갖는 경우가 있어 기존의 방법 적용은 치아영상에 있어서는 부적합하다.

본 연구에서는 그러한 확실적인 영상의 분할로 인한 문제를 해결하기 위해 변형된 방법을 수행한다.

1차적으로 그림 4처럼 임계치 처리(thresholding)를 이용한 영상의 단순화를 수행한다. 이 단계에서 사용자는 자신이 원하는 조직에 대한 최대한의 영역을 결정하게 된다. 다음으로 수행된 영상에 대하여 사용자는 자신이 추출하고자 하는 영역에 대한 선택을 하고 선택 즉시 해당 영역에 대하여 방향성을 계산하여 폐곡선을 추출해 내는 turtle's 알고리즘[6]을 사용하여 contour를 생성한다.

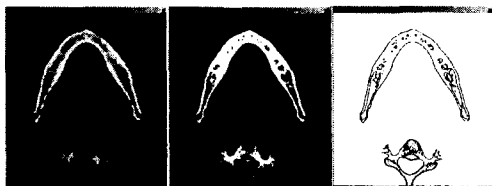


그림 4. 기준영상에 대한 분할

사용된 수치는 그림 5와 같이 이전 프레임과 다음 프레임에 전달된다. 다음 영상에서는 이전 영상들 보다 앞뒤로 10화소 정도의 오차를 두고 임계치를 변형시켜 임계치 처리를 수행하고 해당 결과를 contour 검출을 한 후에 저장한다. 이 방법은 기초 프레임 영상을 토대로 앞, 뒤 영상간의 상호관계를 이용하여 선택된 기준 영상에 적용한 분할 정보를 그대로 전달하면서 다음 영상의 점진적 확장이나 축소에 따른 변화를 병합하기 때문에 다른 분할 방법들 보다 정확한 영상을 추출할 수 있다는 데 그 장점이 있다. 이 때 넘겨지는 정보는 턱뼈와 구분되는 치근이나 치아 자체의 화소값, 3차원 구성시 필요한 contour곡선 생성을 위한 임계치, 사용자의 선택에 의해 지정된 영역 값이 되며

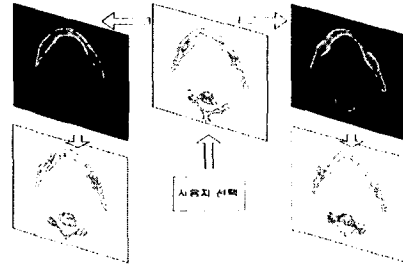


그림 5. 개선된 분할의 개념도

이 값을 토대로 임계치처리와 contour 검출을 이용한 분할이 수행된다.

2.3 경계추출 및 모델 생성

치과진료에 있어 관심의 대상은 치아 하나 하나이기 때문에 모든 치아에 대한 개별적인 모델링 및 정보 추출이 가능해야 한다.

개별 모델링을 위해 본 연구에서는 선정된 영상에 수행한 분할에서는 영역 내 존재하는 모든 화소값에 대하여 임계치처리를 통해 폐곡선 검출을 수행하고 그림 6처럼 이전에 검출된 폐곡선이 갖는 영역 내에 비슷한 형태의 폐곡선이 존재하면 같은 인덱스를 갖는 폐곡선으로 분류하여 저장한다.

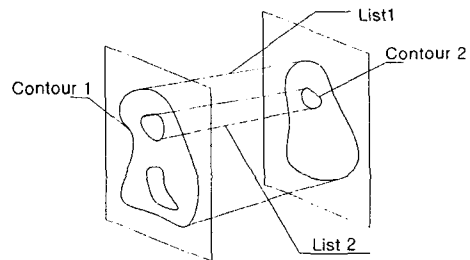


그림 6. contour 분류 개념도

분할을 통해 저장된 폐곡선은 모든 slice에 대한 검출이 끝난 후에 리스트의 순서대로 3차원 공간상에 2개의 slice단위로 출력되기 시작한다. 두 slice를 하나의 모델로 만들기 위해 픽셀의 수가 적은 쪽을 기준으로 양쪽에서 2개씩의 점을 추출하여 하나의 polygon을 생성하는 방식을 사용하여 그림 7처럼 모델을 생성한다. 최대한 물체로서의 형태를 갖출 수 있게 되면 추가적인 사항으로 텍스처나 물체자체의 질감을 변경하는 방법도 사용한다.

2.4 시스템 구현

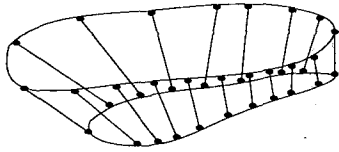


그림 7. 기본 모델 생성의 개념도

그림 8은 시스템을 구성하고 있는 데이터 구성과 작업 수행 단계를 보여주고 있다. 실제 데이터 처리는 초기 데이터를 재처리한 2차원 버퍼를 통해 수행되며 임계치처리와 contour 검출 처리를 통해 얻어진 결과는 1차원 형태의 화소값 리스트에 저장되어 3차원 공간에

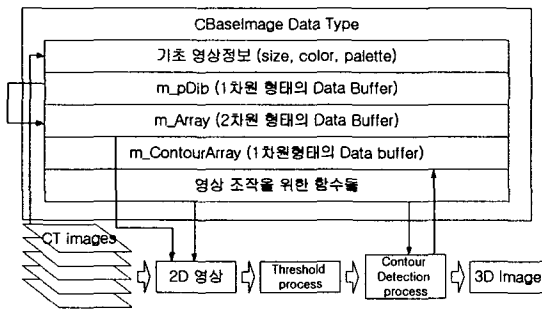


그림 8. 구현을 위한 시스템의 데이터 구성 및 단계 출력된다.

III. 결과 및 분석

치아를 위한 CT영상은 2mm단위의 매우 조밀한 간격을 두고 임의 촬영된 톱뼈를 사용하였다. 그림 9는 아래턱에 대한 분할 및 contour검출을 수행한 결과이다. 영상의 일부만을 가지고 원하는 정보 추출이 가능하고 분할에 있어 다른 시스템에 비해 유연성을 가지기 때문에 폐곡선 추출에 좋은 결과를 얻을 수 있다. 앞으로는 3차원 물체 생성을 위한 고성능의 알고리즘 채용을 통해 시스템으로서의 신뢰도를 높여야 하며 입력 영상인 CT영상이 매우 적은 경우에는 원하는 결과를 얻어내기 어렵다는 문제점이 있어 이에 대한 연구가 더욱 필요하다.

IV. 결론

정확성과 속도를 사이에 두고 다양한 방법의 분할이 존재하는 만큼 본 연구에서는 일반적인 것보다는 치아 CT영상에 맞도록 차별화 된 분할 방법을 모색했다.

3차원 재구성의 경우 다른 것보다는 속도와 정보 유실의 문제가 크게 대두되는 만큼 존재하는 여러 방법 중에서 가장 효율적인 것이 어느 것인가를 판단하는

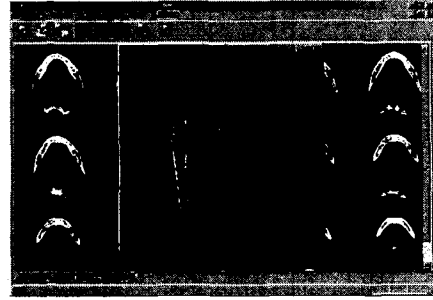


그림 9 wire프레임 확대도
것이 중요하리라 본다.

향후 의료 영상 분야의 추이가 3차원으로 가는 만큼 속도와 질적인 면에서 치아 쪽에 특화된 정확한 정보를 전달할 수 있는 그러한 시스템을 개발하는 것이 이 연구에서 추후 수행해야 할 과제이다.

참고문헌

- [1] Kevin P.Hinshaw and James F. Brinkley. "Shape-Based Interactive Three-Dimensional Medical Image segmentation" Dept. of Computer Science and Engineering, Box 352350
- [2] Randal C.Nelson "Memory-Based Recognition for 3-D Objects" Department of Computer Science University of Rochester Rochester, NY 14627 nelson@cs.rochester.edu
- [3] S.Liu, W.MA* "Seed - growing segmentation of 3D surfaces from CT contour data" Department of Manufacturing Engineering and Engineering Management, City University of Hong Kong, 83 Tat Chee Avenue, Kowloon, Hong Kong
- [4] Andre Bleau and L. Joshua Leon "Watershed-Based segmentation and Region Merging" Institut de genie biomedical ecole polytechnique et faculte de medecine universite de montreal
- [5] Gunter Bohm, Christian Knoll, Vincent Grau Colomer, Mariano Alcaiz-Raya, Salvador Albalat. "Three-dimensional segmentation of bone structure in CT images". Universidad Politecnica de Valencia, E-46002 Valencia, Spain
- [6] Joannis Pitas. "DIGITAL IMAGE PROCESSING ALGORITHMS" Prentice Hall, 1993
- [7] Edward Angel. "Interactive Computer Graphics - A top-down approach with OpenGL". Addison Wesley