

CT영상에서 치아 상하악 분리

채정엽*, 이철희*

*연세대학교 전기전자공학과

e-mail:jungyeob@yonsei.ac.kr

Teeth Separation in CT Images

Jung-Yeob Chae*, Chul-Hee Lee*

*School of Electric and Electronic Engineering, Yonsei University

요 약

본 논문은 촬영된 치아의 CT영상에서 치아의 상악과 하악의 분리 알고리즘을 제안한다. 촬영 기기의 노후화, metal artifact, 치아 부정합 등 외부 요인에도 강인한 성능을 보이도록 알고리즘을 설계하였다.

1. 서론

최근 치료를 위한 치아 촬영 장비들이 정밀화, 안정화가 되면서 여러 분야에서 진단과 치료에 영상을 이용하고 있다. 특히 CT(Computed Tomography) 촬영 기술이 크게 발전하면서 CT영상을 이용한 치료 계획 수립에 적극적으로 사용되고 있다[4].

특히 임플란트 매식 전, 매식 부위 평가에 주로 CT영상을 이용하며, 이를 위해 환자의 치아 구조에 CT영상을 매칭 시키는 과정이 필요하다.

하지만, 일반적으로 CT 촬영 진행 시 환자의 상하악 치아 함께 촬영되어 이를 분리 하는 과정이 필수적이다. 본 논문에서는 촬영된 CT영상에서 상하악 치아를 분리하는 방법에 대해 기술한다.

치아를 포함하는 파노라마 이미지로 변형하여 상하악 분리 경계면을 찾도록 한다.

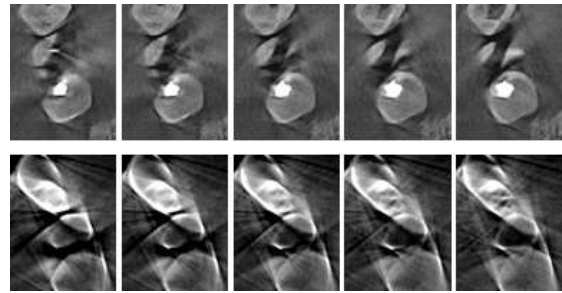


그림 2. CT영상 축에 따른 layer의 변화

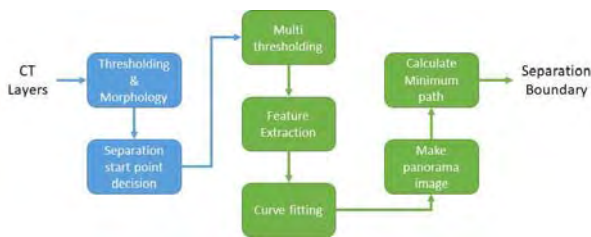


그림 1. 전체 알고리즘 흐름도

2. 상하악 분리 알고리즘

CT 촬영을 진행할 때 원 영상은 Axial 방향으로 일정 간격으로 촬영이 된다. 하지만 Axial 방향으로 촬영된 원본영상을 이용하여 상하악 분리를 진행할 시에 그림2와 같이 metal artifact 존재, 촬영 시 치아단면이 평행하지 않는 등의 문제점으로 인하여 상하악 경계가 모호성이 존재한다[3]. 그리하여 치아의 연속성, metal artifact에 강인한 속성을 반영하기 위해 본 알고리즘은 CT영상에서

2.1. 치아 영역을 활용한 분리 시작점 결정

CT영상에서 상하악 분리 경로를 결정 할 때 시작 지점 위치에 따라 결과가 상이하게 도출된다. 따라서 최적의 경로를 탐색 할 수 있도록 시작지점 후보군을 탐색하는 과정이 필요하다. 그림3와 같이 layer별로 thresholding과 개폐연산을 통해 치아 및 턱뼈 영역을 검출하고 이를 기반으로 상하악 앞니 사이의 공간을 탐색하여 이를 상하악 분리 탐색 시작 후보 점으로 결정한다.

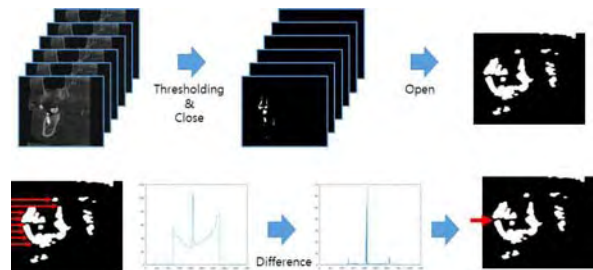


그림 3. 상하악 분리 탐색 시작지점 후보 검출 과정

2.2. 치아 곡면 탐색

CT영상 촬영시 밝기는 Hounsfield Unit(HU)값에 따라 결정되며 밀도가 높을수록 HU값이 높아지게 된다[2]. 치아는 약 1500HU 이상의 값으로 일반 구강내의 피부조직에 비해 상대적으로 높은 값을 가진다. 이러한 특징을 이용하여 치아의 대략적인 위치를 검출한다.

2.2.1 단계적 임계값 적용

치아는 바깥 부분은 특히 밀도가 높기 때문에 1500HU 이상의 값들을 단계적으로 임계값으로 적용하여 그 결과를 누적하였을 때 그림4와 같이 metal artifact와 턱뼈로 인한 영향을 최소화 하고 치아의 대략적으로 분할할 수 있다.

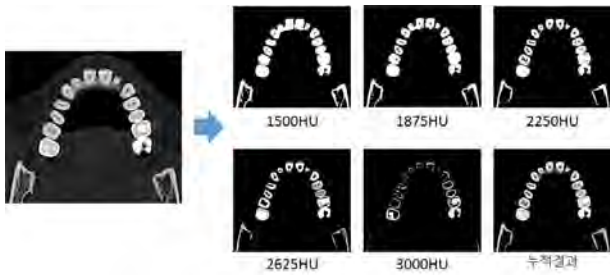


그림 4. 단계적 임계값 적용 결과

2.2.2 특징점 추출 및 curve fitting

레이어별로 분할된 치아영상에서 feature point를 추출하여 치아의 위치를 검출한다. 레이어별로 검출되는 치아 위치가 다르기 때문에 결정된 분리 시작점에서 일정 범위만큼 탐색한다. 레이어별 검출된 결과를 누적하여 전체 치아를 포함하는 치아 위치가 결정되며 해당 위치에 대한 정보를 바탕으로 curve fitting을 진행하여 최종적인 치아 곡면을 결정한다.

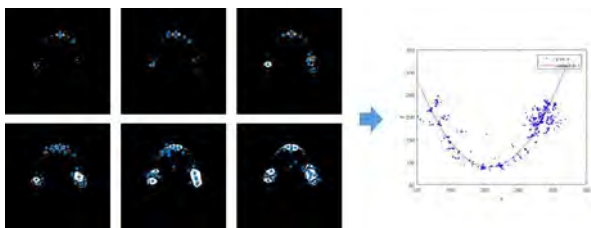


그림 5. Feature point 추출 및 curve fitting 결과

2.3. 파노라마 이미지 재구성

결정된 치아 곡면에 해당하는 CT영상의 픽셀 값을 나열하여 파노라마 이미지로 재구성한다. 치아 부정합, 환자의 움직임 등으로 인해 곡면이 치아 전체 영역을 반영하지 못하는 경우가 발생한다[5]. 이를 파노라마 이미지로 재구성하였을 때 그림6의 좌측과 같이 치아가 나타나지 않은 채 재구성 되는 경우가 있다. 이를 위해 일정 범위 내의 영역의 평균값으로 파노라마 이미지로 재구성한다.

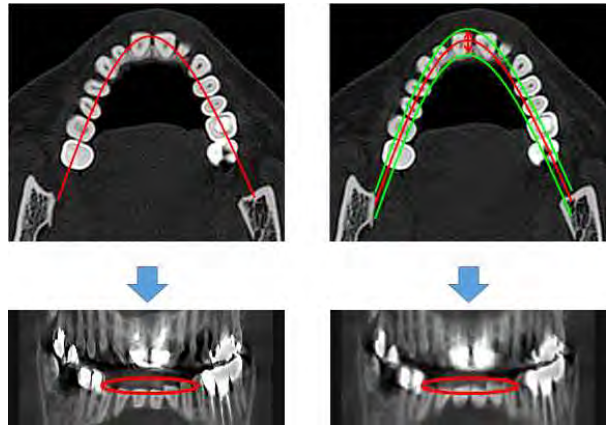


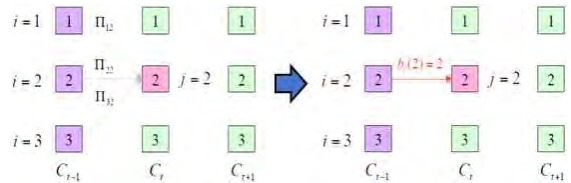
그림 6. CT영상의 파노라마 이미지 재구성

2.4. 상하악 분리 경계면 탐색

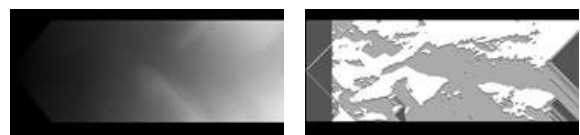
파노라마 이미지로 재구성된 영상에서 결정된 상하악 분리 시작점으로부터 우측 끝까지 누적 픽셀값을 계산하여 최소비용경로를 찾는다. 전역 최소비용 경로를 찾기 위해서는 최솟값을 갖는 주변 픽셀만을 탐색하는 방법으로는 어렵다. 그러므로 그림5와 같이 모든 진행 방향을 계산하여 cost와 경로를 기록하며 탐색 한 후 최종적으로 최소비용을 갖는 경로를 선택한다[1].

$$C_t(i) = \min_i(\Pi_{ij} + C_{t-1}(i))$$

$$b_t(i) = \operatorname{argmin}_i(\Pi_{ij} + C_{t-1}(i))$$



(a) 최소비용경로 탐색 알고리즘



(b) 경로별 cost

(c) 기록된 경로

그림 7. 최소비용경로 탐색 방법

3. 실험 결과

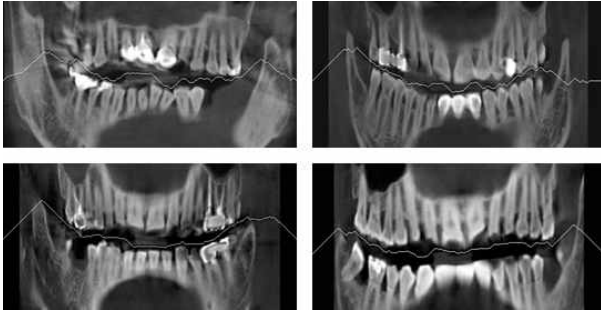
실험에 사용한 데이터베이스는 임플란트 매식 시술 환자 103명에 대한 CT영상을 사용하였다. 알고리즘 적용 결과, 그림 8과 같이 파노라마 이미지에 상하악 분리 경로를 표시하여 상악과 하악을 구분하는지 판단하였다.

본 논문의 알고리즘은 전체 103명의 데이터에서 약 95.1%인 98명의 CT데이터의 상하악 분리가 가능하였다. 분리가 불가능한 데이터는 5개이며, 그림8과 같이 그 중 1개 데이터는 육안으로 확인하였을 때 상하악 치아가 불

어 있는 경우이고, 1개 데이터는 CT촬영 기기의 노후로 인하여 낮은 대조를 가진 경우이다. 연산속도 또한 CT영상의 크기에 따라 차이가 발생하지만 평균 2.32초의 성능을 나타내었다.

3.3-4 (2008): 257-265.

[5] Mattes, David, et al. "PET-CT image registration in the chest using free-form deformations." IEEE transactions on medical imaging 22.1 (2003): 120-128.



(a) 상하악 분리가 성공한 예시



(b) 상하악 분리가 실패한 예시

그림 8. 상하악 분리 적용 결과 예시

4. 결론

본 논문에서는 CT영상에서 상하악 분리가 가능한 후보점을 찾고, 치아 위치를 검출하여 파노라마 이미지로 재구성 한 후, 이를 기반으로 치아사이 빈 공간의 낮은 HU값을 활용하여 상하악 분리경로를 찾아가는 방법을 적용하였다. 임의의 CT데이터에서 95.1%의 데이터에 대하여 상하악 분리가 가능하였고 평균 2.32초의 성능을 나타내었다.

참고문헌

- [1] Ohta, Yuichi, and Takeo Kanade. "Stereo by intra-and inter-scanline search using dynamic programming." IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence 2 (1985): 139-154.
- [2] Schneider, Uwe, Eros Pedroni, and Antony Lomax. "The calibration of CT Hounsfield units for radiotherapy treatment planning." Physics in Medicine & Biology 41.1 (1996): 111.
- [3] Cody, Dianna D. "AAPM/RSNA physics tutorial for residents: topics in CT: image processing in CT." Radiographics 22.5 (2002): 1255-1268.
- [4] Hosntalab, Mohammad, et al. "Segmentation of teeth in CT volumetric dataset by panoramic projection and variational level set." International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery