

# Visible Human CT영상을 이용하여 컬러영상의 뼈 영역 분할

이 호<sup>\*</sup>, 김동성<sup>+</sup>, 강홍식<sup>\*</sup>

<sup>+</sup>숭실대학교 정보통신전자공학부, <sup>\*</sup>서울대학교 의과대학

## Bone segmentation of Color Image Using Visible Human CT Image

Ho Lee<sup>+</sup>, Dongsung Kim<sup>+</sup>, Heungsik Kang<sup>\*</sup>

<sup>+</sup>School of Electronic Engineering, Soongsil University.

<sup>\*</sup>College of Medicine, Seoul National University.

angelho@iul.ssu.ac.kr

### 요약

미국의 National Library of Medicine에서 제공하는 Visible human 컬러영상을 이용하여, 신체 장기의 3차원 모델링 및 가시화 하기 위한 영역 분할 방법 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히 다른 신체 장기 분할에 비해 뼈분할은 주위의 영역들과 모호한 경계를 지니고 있어 컬러영상만을 가지고 구분해 내기가 쉽지 않다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 본 논문에서는 Visible human CT영상을 가지고 뼈 영역을 분할하고 분할된 뼈 영역의 경계를 추출하여 그 경계를 컬러영상의 최적화된 위치로 변환해 최종적인 뼈 영역 분할을 시도한다. 제안된 방법은 Visible human 단면영상의 머리부분에 적용하여 좋은 결과를 얻음을 실험을 통해 효율성을 검증하였다.

### 1. 서론

본 연구는 1998년도 선도기술 의료공학 기술개발사업(과제번호:HMP-98-G-1-002-A)의 지원에 의하여 이루어진 것임.

2차원 의료 영상을 3차원 영상으로 재구성하기 위해서는 인체의 해부학적 구조를 분리하여 나타내는 의료 영상 데이터의 분할 과정이 필요하다. 그러나 영상에서는 비슷한 특징을 가진 다른 부위들이 같은 영역으로 잘못 분할 될 수 있다. 본 논문은 이러한 부분을 두 영상간의 정합(Registration)[1]을 통해 보완하고자 한다. 정합이란, 한 영상에서 잘 표현되어있지 않는 관심부위를 잘 나타내고 있는 다른 영상에서 그 정보를 얻고자 사용하는 방법이다. 의료영상 정합에서 주로 사용되는 보편적인 방법은 Mutual Information(MI)[1][2][3]이다. MI는 두 영상간의 명암차이가 최소일 때, 명암의 유사도는 최대가 되어 최적의 위치로 정합하는 방법이다. MI는 연산시간이 매우 길고 최적화 포인트 외의 지역 극소점들에 수렴하기도 하는 등의 약점을 가지고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 본 논문에서는 정합하기 전에 두 영상간의 동일한 영역의 분할을 먼저 수행하고자 한다. 분할된 영역의 경계를 정합하여 고정변환함수(rigid transformation)를 정의함으로써 정합의 대

략적인 위치를 찾을 수 있어 탐색공간과 연산시간을 줄일 수 있다.

본 논문에서 제안한 방법을 가지고 Visible human 컬러영상과 CT영상에 적용해 컬러영상의 뼈 영역을 분할하여 효율성을 검증하고자 한다.

## 2. 본론

그림1은 제안하는 방법의 순서도이다. 컬러영상과 CT영상에서 각각 피부영역을 임계값 기반 방법[4]을 적용해 분할하고 분할된 피부영역의 경계를 추출하여 최적화된 위치의 고정변환함수(Rigid Transformation)를 도출해낸다. 고정변환함수를 이용해 CT영상에서 분할된 뼈 영역을 컬러영상에 정합하여 최종적인 분할을 수행하게 된다.

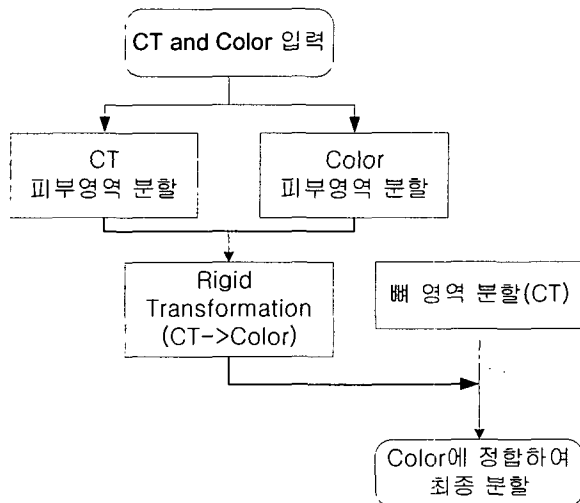


그림 1. 제안하는 방법의 순서도

### 2.1 영상특성에 따른 피부영역 분할

Visible human 컬러 단면영상에서 피부영역을 분할하기 위해 색상(Hue)과 채도(Saturation)의 정보를 이용한다. 그래서 다음의 수식에 R.G.B의 화소정보를 대입해 색상과 채도의 값으로 변환시키고 피부영역에 해당되는 임계값을 설정하여 배경영역을 제거한다.

$$H = \cos^{-1} \left\{ \frac{\frac{1}{2} [(R-G) + (R-B)]}{[(R-G)^2 + (R-B)(G-B)]^{\frac{1}{2}}} \right\}$$

$$S = 1 - \frac{3}{(R+G+B)} [\min(R, G, B)]$$

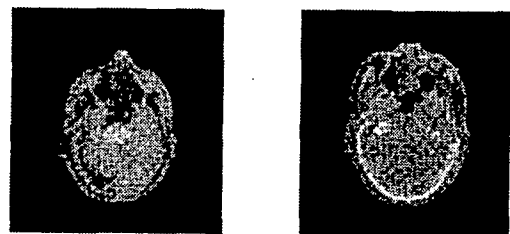
피부영역이 해당되는 임계값은 다음과 같다.

$$Skin = \{ H < 40 \cap S < 40 \cap S > 120 \}$$

배경영역에는 피부영역과 비슷한 임계값을 가진 노이즈들이 추출된다. 이런 노이즈중에 작은 노이즈들은 침식확장방법(opening operator)[5]을 이용해 제거하고, 큰 영역의 노이즈들은 연결화소군을 이용하여 각각의 영역에 레이블을 부여한다. 이때, 각 레이블로 구성된 영역중에 일정화소 이하는 제거한다. 위의 과정을 거치면서 피부영역에 hole등이 발생할 수 있는데 이런 hole들을 채워주기 위해서는 모폴로지(Morphology)방법[5]을 이용해 최종적인 피부영역을 분할한다.

Visible human CT영상에서 피부영역은 밝기값이 상대적으로 높은 값을 나타내므로 피부영역에 해당되는 임계값 설정으로 배경영역들을 제거한다. 피부영역과 같은 밝기값을 가진 배경영역들을 제거하기 위해 연결화소군을 가지고 영역들을 구분하고 구분된 영역중에 일정화소 이하의 영역은 제거하여 최종적으로 피부영역을 검출한다.

그림 2는 (a)Visible human 컬러영상과 (b)CT영상에서 피부영역을 분할한 결과이다.



(a) 컬러 영상

(b) CT영상

그림 2. 분할 결과

### 2.2 고정 변환함수(Rigid Transformation)

컬러영상과 CT영상에서 각각 분할된 피부영역에 대해 윤곽선을 추출하게 된다. 윤곽선은 분할된 영역의 윤곽선을 추출한 것으로, 관심 영역과 다른 레이블에 이웃

하는 화소로 정의된다. 여기에서 이러한 화소들을 추출하기 위해 3×3의 윈도우를 이용하여, 관심영역의 화소들 중, 윈도우 내에 2개이상의 서로 다른 레이블이 존재하는 화소를 윤곽선으로 추출하였다. 추출된 윤곽선을 실질적인 경계로 보고 경계를 포함하는 경계상자(bounding box)를 생성한다. 경계상자는 컬러영상과 CT영상에서 경계를 이루는 포인트중에 최대, 최소가 되는 포인트를 이용한다. 그리고 생성된 경계상자를 가지고 가로축과 세로축의 길이를 각각 계산하고 계산된 길이를 가지고 가로축 비와 세로축 비를 계산한다. 이 두 비가 최종적인 크기(Scale) 비로 결정된다. 결정된 크기 비는 추출된 CT영상의 경계 포인트에 크기 비를 곱하여 경계 포인트를 재계산해 컬러영상에 나타낸다. 이때, 컬러영상과 CT영상에서 각각 생성한 경계박스의 가로축과 세로축의 최소가 되는 좌표를 일치시킨다.

그림 3은 CT영상에서 추출된 경계 포인트들이 크기 비를 적용하여 컬러영상에 보인 결과이다.

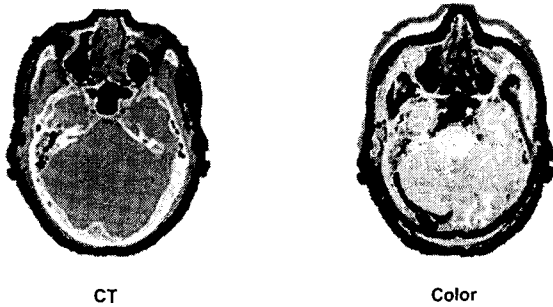


그림 3. CT영상의 경계가 컬러영상에 보인 결과

탐색창(Search window)내에서 컬러영상의 경계 포인트와 CT영상의 경계포인트들의 상호상관관계(cross-correlation)가 최대가 되는 위치를 크기(Scale)비와 이동(translation) 위치를 재귀적으로 반복하여 최적의 위치를 계산한다. 여기서 탐색창의 크기는, 가로, 세로 -50에서 +50까지 범위로 설정했고, 크기 비는 최종으로 결정된 가로축과 세로축 크기의 비로 설정한다.

그림 4는 컬러영상에 정합된 CT영상의 경계 포인트들이 컬러영상의 경계포인트들과 상호상관관계가 최대일 때의 결과이다.



그림 4. 상호상관관계가 최대일 때의 정합된 결과

다음 수식은 고정변환함수를 정의한 것이다.

$$P(X, Y) = S * P(x, y) + T(x, y)$$

S는 최적화된 크기(Scale) 비에 해당하는 파라미터이고, T(x,y)는 최적화된 이동(Translation) 파라미터이다. P(x,y)는 변환시키려고 하는 경계 포인트의 좌표이고, P(X,Y)는 최적화된 위치로 변환되어 출력되는 경계 포인트의 좌표이다.

### 2.3 뼈 영역 분할

모든 CT영상은 뼈의 밝기값에 해당하는 한 개의 동일한 임계값을 설정해 뼈의 영역에 해당되는 후보 영역들을 추출한다. 뼈는 일정이상의 크기를 가지고 있으므로 후보영역들 중에 10화소이하인 영역들은 뼈의 후보영역에서 제외시킨다. 다음은 뼈의 영역에 해당되는 임계값을 정의한다.

$$Bone = \{ Intensity > 1150 \cap Region Pixel > 10 \}$$

그림 5는 원 영상 뼈에 해당하는 임계값을 설정하여 분할된 결과가 그림(a)이고, 그림(a)에서 분할된 뼈 영역의 경계 포인트들을 나타낸 것이 그림(b)이다.



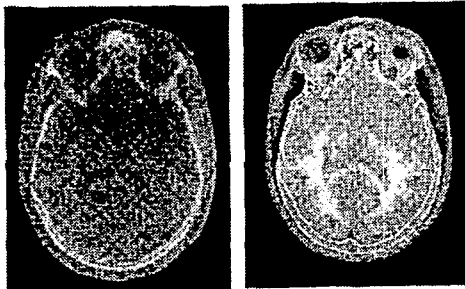
(a) 뼈 분할 (b) 뼈 경계

그림 5. CT영상에서 분할된 뼈 영역 경계 추출

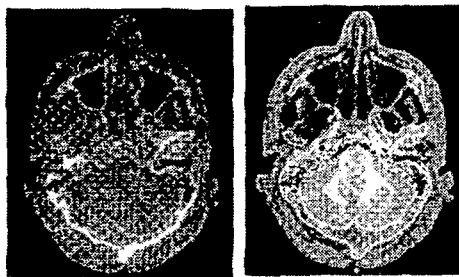
정의한 임계값 설정으로 CT영상에서 뼈 영역을 분할하고 분할된 뼈 영역의 윤곽선을 추출하여 윤곽선을 이루고 있는 경계 포인트들을 고정변환함수를 통해 컬러영상에 정합해 최종적인 뼈 분할 결과를 얻는다.

### 3. 실험 및 결과

본 논문에서 제안한 방법을 기반으로 분할을 수행하였다. 실험은 PentiumIII-500에서 Visual C++ 6.0으로 수행하였으며 실험에서 사용된 영상은 Visible Human 영상의 머리에 해당되는 부분으로서 2048×1216 크기의 컬러단면영상과 512×512 크기의 CT영상이다. 그림 6은 머리에 해당되는 영상으로 CT 원 영상 (a)에서 추출된 경계 포인트들을 고정변환함수를 통해 컬러영상에 정합해 뼈 영역을 분할한 결과가 그림(b)이다.



(a) CT 원영상 (b) 뼈 분할



(a) CT 원영상 (b) 뼈 분할

그림 6. 최종으로 분할된 뼈 영역 결과

그림 6에서 보이는 것과 같이 컬러영상에 정합된 CT영상의 뼈 영역 경계가 비교적 정확하게 분할됨을 볼 수 있다.

### 4. 결론

본 논문은 주위의 영역들과 모호한 경계를 지닌 뼈 영역을 분할하기 위해 컬러영상과 CT영상에서 피부영역을 분할하고 분할된 CT영상의 피부영역 경계를 컬러영상의 피부영역 경계에 정합하여 고정변환함수를 도출한다. CT영상에서 임계값을 적용해 분할된 뼈 영역의 경계포인트들을 도출된 고정변환함수를 통해 최적의 위치로 변환해 최종적인 뼈 영역 분할 방법을 제안하였다.

제안한 방법은 컬러영상중 뼈에 해당되는 영역을 비교적 정확하게 분할할 수 있으므로 초기 뼈 분할방법으로 사용하기에 적합하다. 또한 기존 정합 알고리즘에 적용해 탐색공간을 줄일 수 있으므로 선처리 과정으로 적합하다.

현재 칼라영상에 분할된 뼈 영역 경계를 가지고 그 경계를 초기 곡선으로 주어 active contour나 Mutual Information정합 알고리즘에 적용하여 보다 정확한 경계를 찾는 방법에 대한 연구를 수행중이다.

### 참고문헌

- [1] J. B. Antoine Maintz and Max A. Viergever, "A survey of medical image registration," *Medical Image Analysis*, volume 2, number 1, pp 1-36, 1998
- [2] F. Maes, A. Collignon, G. Marchal, P. Suetens "Multimodality Image Registration by maximization of Mutual Information," *IEEE Transaction on Medical Imaging*, Vol.16, No.2, april 1997.
- [3] J. P. W. Pluim, J. B. A. Maintz, M. A. Viergever, "Mutual information matching in multiresolution contexts," *Image and Vision Computing* 19, pp. 45-52, 2001.
- [4] W. Lie, "Automatic Target Segmentation by Locally Adaptive Image Thresholding," *IEEE Transaction on Image Processing*, Vol. 4, No.7, pp. 1036-1041, 1995
- [5] Rafael G. Gonzalez, Richard E. Woods, "Digital Image Processing," pp. 518-560, Addison Welsey, 1993