

심장 CT 영상에서 적응적 기울기 프로파일을 이용한 좌심실 내외벽 경계 자동 분할

이민진^o 홍헬렌

서울여자대학교 대학원 컴퓨터학과

mjlee@vcmi.swu.ac.kr, hlhong@swu.ac.kr

Epi- and Endocardial Segmentation of the Left Ventricle using Adaptive Gradient Profile in CT Cardiac Dataset

Minjin Lee^o Helen Hong

Division of Multimedia Engineering, Seoul Women's University

심장질환의 진단을 위해서는 좌심실 심근 부피 변화를 측정하는 것이 필요하다. 좌심실은 수축과 이완을 통해 신체의 모든 부분에 산소가 포함된 혈액을 보내주는 역할을 한다. 이러한 수축과 이완을 반복되면서 심근의 부피가 변화하게 된다. 심근의 부피 변화에 따라 심장의 운동성을 측정할 수 있고, 이러한 결과로 심장 질환을 진단하는데 중요한 요소가 된다. 이를 위하여, 좌심실의 내외벽을 정확하게 분할하는 것이 선행적으로 수행 되어져야 한다. 심장 전산화단층촬영영상(Computed Tomography, CT)에서 좌심실의 내외벽을 분할하는 기존 연구에는 먼저, 밝기값 정보 기반 분할 기존 연구로 Georg Muhlenbruch 등[1]은 영역확장(region growing) 방법과 J. Fleureau 등[2]은 사용자와의 상호작용을 통하여 밝기값의 동질성과 좌심실의 구조적 위치를 고려하여 분할한 방법이 있으며, 기울기 정보 기반 분할 기존 연구로 Martin Urschler 등[3]은 Livewire방식을 이용한 방법, Marie-pierre Jolly는[4] 임계값과 Dijkstra 알고리즘을 이용한 방법, Carmen Muller Karger 등[5]은 level set 방법을 이용하여 분할하였다. 여러가지 방식을 통합적으로 이용하는 분할방식은 M. Lapp등[6]은 Active Appearance Model을 이용하여 더 정확하게 분할하는 방식을 이용하였으나, 계산시간이 오래 걸리는 단점이 있다. 따라서, 본 논문에서는 CT 영상에서 획득한 좌심실의 내외벽을 영상의 밝기값과 기울기 정보 뿐 아니라 단위 법선벡터를 이용한 보정 작업을 수행하여 정확성을 높이는 자동 분할 방법을 제안하였다.

본 제안 방법은 다음과 같은 세 단계로 구성된다. 첫째, 일반적으로 CT영상에서 각 부분별로 서로 다른 Housefield Unit 분포를 나타내므로, 근육이나 혈관의 밝기값 중 실험을 통하여, 150HU ~ 260HU 정도의 밝기값 임계 범위를 이용하고, 사용자로부터 심근 내벽에 위치한 한 픽셀을 입력으로 받는다. 입력 받은 픽셀 주변에 임계범위 내에 속하는 픽셀들을 이용하여 좌심실 중심의 위치를 계산한다. 좌심실의 형태 특성상 타원이나 원과 같은 둥근 모양을 가지므로 좌심실의 중심에서부터 5도씩 방사형의 프로파일을 만들면서 가장 바깥의 경계 위치를 심근 내벽의 경계점으로 선택하고, B-스플라인 보간함으로써 심근의 내벽 경계를 추출한다. 둘째, 중심에서부터 방사형으로 프로파일을 생성하는데, 이때 프로파일의 길이는 밝기값을 이용하여 어떤 임계 범위 안에 있을 때에만 프로파일의 길이를 늘려 나가게 된다. 프로파일에서 각 점들 간의 central difference 방법을 이용하여 기울기를 계산하고 기울기 값을 기준으로 큰 순서대로 프로파일 상의 후보픽셀들을 정렬한다. 정렬된 순서에 따라 최대 기울기와 일정한 밝기값 범위 내의 분포를 확인하여 심근의 외벽 후보군 경계부위로 탐색한다. 셋째, 좌심실 형태 특성상 타원이나 원과 같은 둥근 모양을 나타내므로 심근의 외벽 후보군 경계점들을 계산한 단위 법선벡터와 중심에서 방사형으로 나아가는 방향의 단위벡터 차이가 계산하여 신뢰 임계값 내에 있는 경계점을 선별한다. 이때, 실험을 통하여 신뢰 임계값은 0.3 으로 설정하였다. 이렇게 구한 경계점들로 B-스플라인으로 보간함으로써 심근의 외벽 경계를 추출한다.

추출된 내외벽 분할 결과의 정확성을 평가하기 위해 제안 방법을 적용하여 육안평가와 정확성 평

가인 평균거리차이측정과 중복지역비율 측정을 수행한다. 평균거리차이는 제안방법으로 자동 분할한 각 경계선의 좌표에서 수동분할을 기준으로 가장 가까운 자동 분할상의 좌표를 찾아 거리를 구하는 RMSE(Root Mean Squared Error)를 사용한다. 실험결과 평균 0.93mm의 거리차이가 발생했으며, 평균 표준편차는 ± 0.19 mm로 측정되었다. 중복지역비율 계산 수식으로 제안방법을 통해 분할한 내외벽의 심근부분과 수동분할을 통해 분할한 내외벽의 심근부분의 중복 지역을 비율로 나타낸 것으로 두 지역이 모두 겹치는 부분이 많을수록 1에 가까운 수치가 나오게 되고, 정확하게 분할되었다는 것을 알 수 있다. 제안된 방식으로 측정한 중복지역비율은 0.812로 81%정도로 측정되었다.

참 고 문 헌

- [1] Georg Nuhlenbruch, Marco Das, et al., Global Left Ventricular Function in Cardiac CT. Evaluation of an automated 3D region-growing segmentation algorithm, *European Radiology* (2006) 16: 1117-1123.
- [2] Julien Fleureau, M. Garreau, D. Boulmier and A. Hernandez, A new 3D Multi-Object Segmentation Method in Cardiac MSCT Imaging using a Multi-Agent Approach, Muller-Karger C., Wong S., La Cruz A. (Eds.) *IV Latin American Congress on Biomedical Engineering 2007, Bioengineering Solutions for Latin America Health*. Springer, pp. 249-253
- [3] Martin Urschler, Heinz Mayer, Regine Bolter, Franz Leberl "The LiveWire Approach for the Segmentation of Left Ventricle Electron-Beam CT Images" *Proc. 26th Workshop of the Austrian Association for Pattern Recognition: Vision with Non-traditional Sensors, OCG Vol. 160*, pp. 319-326
- [4] Kai Uwe Juergens, Roman Fischbach, Left ventricular function studied with MDCT, *Eur Radiol* (2006) 16: 342357
- [5] Carmen Muller-Karger, Sara Wong and Alexandra La Cruz, Arnolfo Marciales, Ruben Medina and Mireille Garreau, A Level-set Segmentation Approach for 4-D Cardiac Images, *IFMBE Proceedings IV Latin American Congress on Biomedical Engineering 2007*
- [6] Robert M. Lapp, Maria Lorenzo-Valdes, Daniel Rueckert, 3D/4D Cardiac Segmentation using Active Appearance Models, Nonrigid Registration, and the Insight Toolkit, *MICCAI 2004, LNCS 3216*, pp. 419-426, 2004