

IVUS 영상에서 퍼지 이진화를 이용한 내막과 외막 추출

조재훈 · 김광백

신라대학교 컴퓨터공학과

Extraction of Intima and Adventitia using Fuzzy Binarization on IVUS Image

Jae-Hun Cho · Kwang-Baek Kim

Dept. of Computer Engineering, Silla University

E-mail : crst_@naver.com, gbkim@silla.ac.kr

요 약

혈관내 초음파(Intravascular Ultrasound, IVUS)는 혈관 내벽의 단면을 보여주는 검사 방법으로 관상 동맥 내의 내강, 죽상 경화반, 그리고 혈관벽의 변화에 관한 직접적이고 구체적인 정보를 제공한다. 본 논문에서는 IVUS 영상에서 내막과 외막을 추출하고 각 막의 지름을 자동적으로 추출하는 방법을 제안한다. 제안된 방법은 IVUS 영상에 Histogram Equalization 기법을 적용하여 명암 대비를 강조한 후에 퍼지 이진화 기법과 평균 이진화 기법을 각각 적용하여 내막과 외막을 추출하기 위해 이진화한다. 이진화된 내막과 외막의 각 영역 중에서 혈관내 초음파 영상 중심에서 가장 큰 영역의 정보를 이용하여 라벨링 기법을 적용하여 내막과 외막 영역을 추출하고 각 막의 지름을 계산한다.

제안된 방법을 IVUS 영상을 대상으로 실험한 결과, 내막과 외막의 지름이 비교적 정확히 추출되는 것을 실험을 통하여 확인하였다.

키워드

IVUS, Intima, Adventitia, Histogram Equalization, Fuzzy Binarization, Avg Binarization, Labelling

I. 서 론

관상 동맥질환은 관상동맥이 좁아져서 심장근육의 일부에 혈액 공급이 부족하여 발생하며 대표적으로 동맥 경화증으로 일어나는 협심증과 심장 근육의 허혈이 지속되어 심근이 손상되는 심근경색증을 포함하는 질환이다[1].

관상동맥질환의 유무는 심 초음파검사, 핵의학 영상, 관상동맥 CT 조영술, 혈관내 초음파(intravascular ultrasound, IVUS)로 확인할 수 있다[2].

혈관내 초음파 영상에서 내막을 추출하고 내막의 지름을 구하는 방법으로는 Histogram Equalization 기법을 적용하여 명암 대비를 강조한 후, Possibilistic C-Means와 같은 클러스터링 기법을 사용하여 내막의 후보 영역을 추출하는데 적용할 수 있다. 그러나 내막 경계선과 외막 경계선 주위의 픽셀들의 차이가 매우 미세하여 클러스터링 기법으로 양자화할 경우에는 내막과 외막을 정확히 추출할 수 없어 각 막의 지름을 구하는 과정에서 큰 오차가 발생한다.

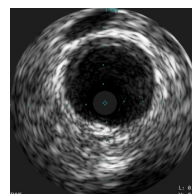
따라서 본 논문에서는 IVUS 영상에서 내막과 외막을 추출하고 각 막의 지름을 자동적으로 추출하는 방법을 제안한다.

II. 내막과 외막 추출을 위한 이진화

본 논문에서 제안된 내막과 외막 추출 과정은 그림 1과 같다. 제안된 방법은 내막의 후보 영역 추출은 IVUS 영상에서 Histogram Equalization 기법을 적용하여 IVUS 영상의 히스토그램 분포를 균등하게 하기 위해 명암 대비를 강조한다.

Histogram Equalization 기법이 적용된 영상에서 퍼지 이진화 기법을 적용한다. 퍼지 이진화[3]를 적용한 결과는 그림 1과 같다.

퍼지 이진화된 외막의 영역은 IVUS 영상에서 평균 이진화 기법을 적용하여 외막의 영역을 추출한다.



(a) 원 영상



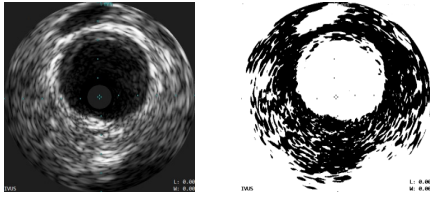
(b) 퍼지 이진화

그림 1. 퍼지 이진화 결과.

Avg Binarization 기법은 영상에서 그레이 값을 이용하여 평균 밝기 값을 식 (1)과 같이 설정한다.

$$AVG = \sum_{i=0}^{255} X_i \times \frac{1}{M \times N} \quad (1)$$

식 (1)에서 계산된 AVG 보다 큰 픽셀 값을 0으로 설정하고 AVG 보다 작은 픽셀 값을 255로 설정하여 이진화 한다. 평균 이진화를 적용한 결과는 그림 2와 같다.



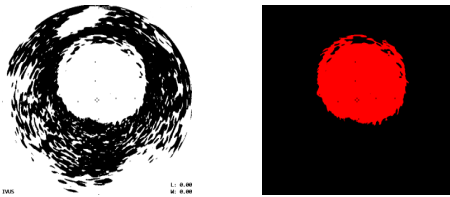
(a) 원 영상 (b) 평균 이진화
그림 2. 평균 이진화 결과.

III. 내막과 외막 추출

내막과 외막이 각각 이진화된 영상에서 최종적으로 내막과 외막 영역을 추출하기 위해 라벨링 기법을 적용한다.

본 논문에서는 객체를 그룹 단위로 라벨링 한 후, 중앙에서 가장 큰 객체가 내막과 외막 영역이라는 형태학적 정보를 이용하여 내막과 외막 영역을 그림 3과 같이 추출한다.

라벨링 기법이 적용된 영상에서 50픽셀이 1mm인 정보를 이용하여 수평과 수직의 길이 중에서 가장 긴 것을 지름으로 설정하여 내막과 외막의 지름을 계산한다.



(a) 이진화된 외막 영역 (b) Labeling에 의한 외막 추출



(a) 이진화된 내막영역 (b) Labeling에 의한 내막 추출
그림 3. Labeling 결과.

IV. 실험 및 결과 분석

본 논문에서는 제안한 방법을 Intel(R) Core(TM) i5-3210M CPU @ 2.50GHz 와 8.00GB RAM이 장착된 PC상에서 Visual Studio 2017 C#으로 구현하여 실험하였다. 제안된 방법을 혈관내 초음파 영상을 대상으로 실험하여 내막과 외막 영역을 추출하고 각 막의 지름을 계산한 결과 화면은 4와 같다.

그림 4와 같이 퍼지 이진화 기법과 평균 이진화 기법을 적용하여 내막과 외막의 영역을 이진화하고 Labeling 기법을 적용하여 내막과 외막 영역을 추출하였다. 그림 4에서 알 수 있듯이 제안된 방법으로 내막과 외막이 정확히 추출되어 내막과 외막 영역에서 지름을 구한 결과가 비교적 정확하게 나타난 것을 확인할 수 있었다.

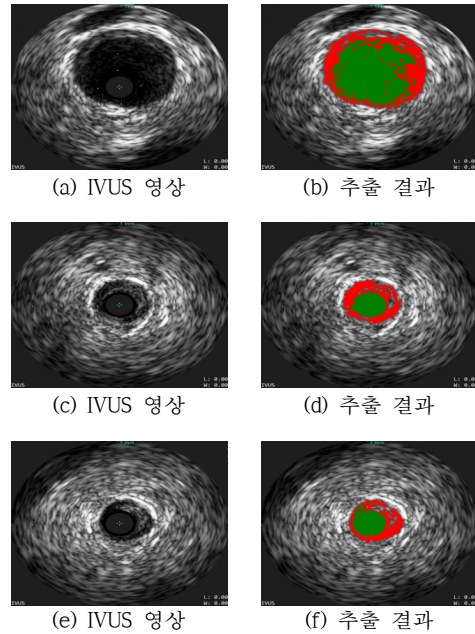


그림 4. 본 논문 내막과 외막 추출 결과.

V. 결론 및 향후 연구 방향

IVUS 영상에서 내막과 외막의 지름을 추출하는 방법에는 IVUS 영상에서 Histogram Equalization 기법과 Possibilistic C-Means 클러스터링 기법을 사용하여 영상에서 내막과 외막의 지름을 구하는 방법이 있지만 본 논문에서는 IVUS 영상에서 내막과 외막 추출하는 방법을 제안하였다. 제안된 내막과 외막의 추출 방법은 IVUS 영상에 Histogram Equalization 기법을 적용하여 영상의 명암대비를 강조한 후, 퍼지 이진화 기법을 적용하여 내막의 영역을 추출하고 평균 이진화 기법을 사용하여 외막의 영역을 추출하여 내막과 외

막의 영역에 라벨링 기법을 적용하여 최종적으로 내막과 외막의 지름을 추출하였다.

향후 연구 방향은 제안된 방법으로 외막과 내막을 추출하여 지름을 계산하였다. 그러나 외막의 지름을 계산한 결과와 전문의 간의 오차가 발생하므로 외막의 추출에 대한 정확성을 높이기 위하여 색소 지수(IHb index of hemoglobin)와 비선형 퍼지 소속 함수를 적용하는 방법에 대해 연구할 것이다.

참고문헌

- [1] <http://goo.gl/BpyRCb>
- [2] N. Y. Lee, G. Y. Kim, "Extraction of Coronary Arteries Wall based on Wavelet in IVUS Image," Proceedings of KOREA INFORMATION SCIENCE SOCIETY, Vol.32., No.2, pp.940-942, 2005.11.
- [3] H. -K. Yum, J. -H. Lee, K. -B. Kim, "A Study on Fuzzy Binarization Method," Proceedings of Korea Intelligent Information System Society, Vol.2, pp.510-513, 2002, 11.