

비선형 퍼지 스트레칭 기법과 퍼지 클러스터링 기법을 이용한 초음파 영상에서의 결절종 추출

조재훈 · 이재민 · 김광백

신라대학교 컴퓨터공학과

Extraction of Ganglion from Ultrasonic Images Using Nonlinear Fuzzy Stretching and Fuzzy Clustering Method

Dept. of Computer Engineering, Silla University

Jae-Hun Cho · Jae-Min Lee · Kwang Baek Kim

E-mail : crst_@naver.com, woals2274@naver.com, gbkim@silla.ac.kr

요 약

본 논문에서는 결절종을 추출하는 과정에서 비선형 퍼지 스트레칭 기법과 FCM 기반 양자화 기법을 적용하여 결절종을 추출하는 방법을 제안한다. 제안된 결절종 추출 방법은 비선형 형태의 퍼지 스트레칭 기법을 적용하여 명암 대비를 강조한 ROI 영역에 Monotone Cubic Spline 기법과 FCM 기반 양자화 기법을 적용하여 Monotone Cubic Spline 기법이 적용된 상단 부분을 분리한다. 분리된 상단 영역들에서 결절종이 명암도가 낮고 타원 형태를 가진다는 형태학적 특징을 이용하기 위해서 침식 기법을 적용하여 결절종의 후보 영역을 추출하고 8 방향 윤곽선 추적 알고리즘을 적용하여 잡음 영역을 제거한다. 잡음이 제거된 결절종 후보 영역에서 최종 결절종 영역을 추출하기 위해 라벨링 기법을 적용한다. 제안된 결절종 추출 방법의 성능을 분석하기 위해서 필립스 초음파 장비를 이용하여 20명 환자에서 획득한 20장의 영상을 대상으로 실험한 결과 기존의 방법보다 TPR(True Positive Rate)이 높게 나타나는 것을 확인하였다.

키워드

비선형 퍼지 스트레칭, FCM, 결절종, TPR, FN

I. 서 론

결절종은 섬유성 피막 내에 액체가 담긴 낭포성 종양으로 주로 손목 또는 발목에 발생한다. 결절종은 업무 및 운동 등과 같이 일상생활을 하면서 관절부에 발생하며, 결절종이 발생하는 원인은 아직까지 정확히 알려지지 않았다[1]. 결절종은 주로 CT, MRI, 초음파 총 3가지 검사로 확인할 수 있으며, CT와 MRI 검사의 경우에는 해상도가 우수하여 대조성이 뛰어나다는 장점이 있으나, 시간과 비용이 많이 소요되는 단점이 있다. 그러나 초음파는 시간과 비용이 적게 소요되는 장점이 있다. 따라서 본 논문에서는 시간과 비용이 적게 소요되는 초음파 검사에 적용되는 결절종 초음파 영상에서 결절종을 추출한다.

본 논문에서는 초음파 영상에 비선형 퍼지 스트레칭 기법을 적용하여 명암 대비를 효율적으로 강조 한 후, FCM 알고리즘을 적용하여 결절종을 추출하는 방법을 제안한다.

II. 제안된 결절종 추출 방법

본 논문에서는 기존의 결절종 추출 방법들의 문제점을 개선하기 위하여 비선형 퍼지 스트레칭을 적용하여 결절종이 있는 영역의 명암 대비를 효율적으로 강조한 후에 FCM을 적용하여 결절종을 추출한다.

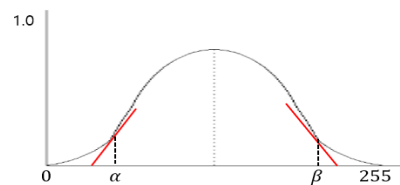


그림 1. 종형 형태의 퍼지 소속 함수

그림 1과 같은 종형 형태의 퍼지 소속 함수에

서 소속도의 기울기가 감소에서 증가하는 변화폭이 큰 부분을 α , 기울기가 증가에서 감소하는 변화폭이 큰 부분을 β 로 설정한다. 소속도의 변화폭이 작은 $0\sim\alpha$ 까지의 구간과 $\beta\sim 255$ 까지의 구간은 식(1)과 같이 계산하여 선형 스트레칭을 적용하고 소속도의 변화폭이 큰 $\alpha\sim\beta$ 까지의 구간은 식(2)와 같이 계산하여 비선형 퍼지 스트레칭을 적용한다.

$$f(X_i) = \frac{X_i - \alpha}{\beta - \alpha} \times 255 \quad (1)$$

$$f(X_i) = e^{-\frac{(X_i - X_m)^2}{2\sigma^2}} \times 255 \quad (2)$$

식(1)에서 X_i 는 원 영상의 명암도 값이고 $f(X_i)$ 는 식(1)을 적용하여 스트레칭 된 값이다.

비선형 퍼지 스트레칭을 적용한 결과는 그림 2과 같다.

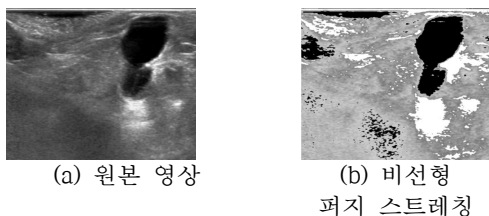


그림 2. 비선형 타입 퍼지 스트레칭 결과

비선형 퍼지 스트레칭이 적용된 영상에서 ROI 영역을 추출하기 위해 Monotone Cubic Spline 보간법[3]을 적용한다. Monotone Cubic Spline 보간법을 적용하여 초음파 영상에서 어두운 하단 부위가 제거된 ROI 영역에 FCM 기반 양자화 기법을 적용한다. 추출된 ROI 영역에 FCM 알고리즘을 적용하여 양자화한 결과는 그림 3과 같다.

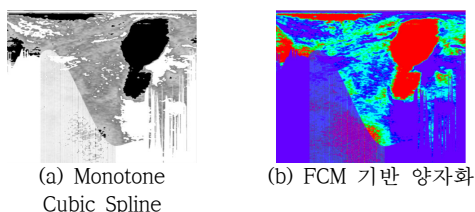


그림 3. FCM 기반 양자화 결과

Monotone Cubic Spline이 적용된 하단 영역을 불필요한 영역으로 간주하여 제거한다. 그리고 FCM 알고리즘을 적용하여 양자화된 ROI 영역에 타원 형태의 형태학적 특징을 적용하여 결절종의 후보 영역을 추출한다. 추출된 결절종 후보 영역은 그림 4와 같다.

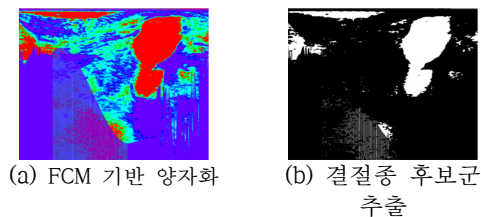


그림 4. 결절종 후보군 추출 결과

추출된 결절종 후보 영역에서 잡음 영역을 제거하기 위해 8방향 윤곽선 추적 알고리즘[4]을 적용한다. 상하좌우의 값이 0이거나 탐색된 객체가 전체 영상 크기의 1/10보다 작은 영역은 잡음 영역으로 간주하여 제거한다. 8방향 윤곽선 추적 알고리즘을 적용하여 잡음 영역이 제거된 결절종의 후보 영역에서 최종 결절종 영역을 추출하기 위해 라벨링 기법[5]을 적용한다. 라벨링 기법은 결절종 후보 영역의 객체들을 탐색을 하면서 픽셀의 값이 255인 픽셀을 찾으면 그 픽셀을 기준으로 하여 연결되어 있는 모든 픽셀에 라벨을 붙여 각각의 객체마다 그룹 단위 영역으로 표시하는 기법이다. 본 논문에서는 결절종의 후보 영역을 그룹 단위로 라벨링 한 후, 결절종 후보 영역 중에서 타원 형태이거나 가장 큰 객체를 가진 영역을 결절종 영역으로 추출한다.

III. 실험 및 결과 분석

본 논문에서 제안한 방법을 Intel(R) Core(TM) i5-3337U CPU 8.00GB RAM이 장착된 PC상에서 Visual Studio 2015 C#으로 구현하여 실험하였다. 본 논문에서 제안한 방법으로 결절종 영역을 검출한 결과는 그림 5와 같다.

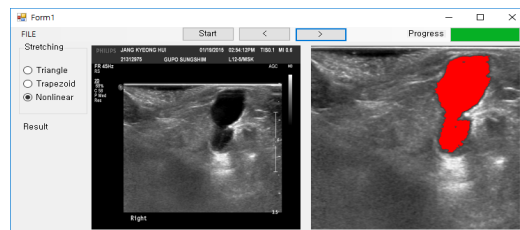


그림 5. 제안된 결절종 영역 검출 화면

제안된 비선형 퍼지 스트레칭 기법과 FCM 기반 양자화 방법에서는 20개의 영상 중에서 18개의 영상에서 결절종이 비교적 정확히 추출되었고 2개의 영상에서는 결절종이 추출되지 못하였다.

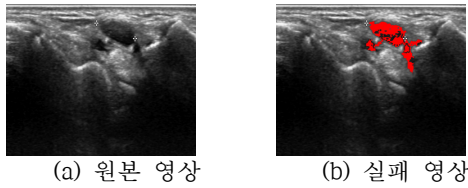


그림 6. 제안된 방법의 결절종 추출 실패 결과

그림 6은 제안된 결절종 추출 방법을 적용하여도 결절종 영역 이외의 영역도 함께 추출되는 결과를 나타내었다. 그림 6과 같이 일부 결절종 영상에서 결절종 영역과 비결절종 영역 간의 명암도 차이가 매우 적어서 비선형 퍼지 스트레칭을 적용하여도 명암 대비가 낮게 나타났고 FCM 알고리즘을 적용하는 과정에서도 실제 결절종 영역이 아닌 다른 영역이 결절종 영역과 같은 클러스터로 양자화 되어 결절종 영역 뿐만 아니라 다른 명암도가 낮은 영역도 결절종 영역으로 함께 추출되는 문제점이 발생하였다.

IV. 결론 및 향후 개선 방향

본 논문에서는 초음파 영상에서 결절종을 추출하는 방법을 제안하였다. 제안된 결절종 추출 방법은 비선형 퍼지 스트레칭 기법을 적용하여 영상의 명암 대비를 강조한 후, Monotone Cubic Spline 기법을 적용하여 어두운 하단 영역을 제거하였고 FCM 알고리즘과 8방향 윤곽선 추적 알고리즘을 적용하여 결절종의 후보 영역을 추출하였다. 후보 영역에 Labeling 기법을 적용하여 최종적으로 결절종 영역을 추출하였다.

향후 연구 방향은 새로운 비지도 학습 기반 Deep Neural Networks 알고리즘을 연구하여 결절종의 다양한 특징을 학습을 통해 다양한 특징을 분류한 후에 명암도 낮은 다른 영역이 결절종 영역으로 추출되는 것을 개선할 것이다.

참고문헌

- [1] J. -W. Chung, “Intratendinous Ganglion of the Long Head of the Biceps Tendon,” Clinical Ultrasound Vol. 1, No. 1, pp.68-70, May 2016.
- [2] K. B. Kim, “The Lines Extraction and Analysis of The Palm using Morphological Information of The Hand and Contour Tracking Method,” The Journal of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences, Vol.6, No.2, pp.243-248, 2011.
- [3] https://en.wikipedia.org/wiki/Fuzzy_clustering
- [4] https://ko.wikipedia.org/wiki/%EC%A0%95%EB%B0%80%EB%8F%84%EC%99%80_%EC%9E%AC%

ED%98%84%EC%9C%A8
 [5] <http://dic1224.blog.me/80183494157>

본 논문은 부산광역시 재원으로 부산SW인재사 관학교의 지원을 받아 연구되었음.