

# 개선된 퍼지 스트레칭 기법과 퍼지 클러스터링 기법을 이용한 초음파 영상에서의 결절종 추출

박재우 · 박지훈 · 조재훈 · 오흥민 · 김광백

신라대학교 컴퓨터공학과

## Extraction of Ganglion from Ultrasonic Images by Using Enhanced Fuzzy Stretching and Fuzzy Clustering Method

Dept. of Computer Engineering, Silla University

Jae-Woo Park · Ji-Hun Park · Jae-Hun Cho · Heung-Min Oh · Kwang Baek Kim

E-mail :er500rfv@naver.com, 94qjh1026@naver.com, crst\_@naver.com,

heliobye@naver.com, gbkim@silla.ac.kr

### 요 약

본 논문에서는 기존의 삼각형 타입의 퍼지 스트레칭을 개선한 사다리꼴 형태의 퍼지 스트레칭 기법과 FCM 기반 양자화 기법을 적용하여 결절종을 추출하는 방법을 제안한다. 제안된 결절종 추출 방법은 결절종 영역과 그 외의 영역 간의 명암 대비를 강조하기 위해 사다리꼴 형태의 퍼지 스트레칭 기법을 적용한 후에 Monotone Cubic Spline 기법을 적용하여 ROI 영역을 추출한다.

추출된 ROI 영역에 대해 FCM 기반 양자화 기법을 적용하고 양자화된 결과를 이용하여 ROI 영역을 이진화한다. 결절종이 타원 형태와 명암도가 낮은 값을 가진다는 형태학적 특징을 이용하기 위해서 이진화 ROI 영역에 팽창 기법을 적용하여 결절종의 후보 영역을 추출하고 8방향 윤곽선 추적 알고리즘을 적용하여 잡음 영역이 제거한다. 잡음이 제거된 결절종 후보 영역에서 최종 결절종 영역을 추출하기 위해 라벨링 기법을 적용한다. 제안된 결절종 추출 방법의 성능을 분석하기 위해서 20명의 환자를 대상으로 20장을 실험한 결과, 기존의 방법보다 TPR(Ture Positive Rate)이 높게 나타나는 것을 확인하였다.

### 키워드

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]. 기존의 초음파 영상에서 결절종을 추출하는 방법은 기본 스트레칭[2] 또는 삼각형 타입 퍼지 스트레칭[3]을 적용한 후, FCM 알고리즘을 적용하여 결절종 영역을 추출한다. 그러나 기본 스트레칭을 적용한 방법은 영상 전체의 평균 명암도의 값이 낮은 경우에는 명암 대비 스트레칭을 적용하는 단계에서 불필요한 영역까지 명암대비가 강조되고 결절종이 있는 영역의 명암 대비가 적게 반영되어 결

절종 영역이 부정확하게 추출되는 경우가 자주 발생한다. 그리고 삼각형 타입의 퍼지 스트레칭을 적용한 방법은 스트레칭의 하한과 상한을 설정하는데 적용되는  $\alpha\_Cut$ 을 경험적으로 설정하므로 명암 대비가 낮게 반영되어 결절종 영역을 추출하는데 비효율적이다.

## II. 제안된 결절종 추출

본 논문에서는 기존의 결절종 추출 방법들의 문제점을 개선하기 위하여 사다리꼴 형태의 퍼지 스트레칭을 적용하여 결절종이 있는 영역의 명암 대비를 효율적으로 강조한 후에 FCM을 적용하여

결절종을 추출하는 방법을 제안한다.

사다리꼴 형태의 퍼지 스트레칭 방법은 초음파 영상에서 명암도를 이용하여 평균 밝기 값을 식(1)과 같이 계산한다.

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

식(1)에서 구한 평균 밝기 값  $X_m$ 을 기준으로 가장 어두운 영역에서의 거리 값과 가장 밝은 영역에서의 거리 값을 식(2)와 같이 계산한다.

$$D_{max} = |X_{max} - X_m| \quad D_{min} = |X_m - X_{min}| \quad (2)$$

식(2)에서 구한 거리 값들을 이용하여 밝기 조정률( $\delta$ )을 식(3)과 같이 구한다.

$$\begin{aligned} & \text{if}(X_m > 128) \text{ then } \delta = 255 - X_m \\ & \text{elseif}(X_m \leq D_{min}) \text{ then } \delta = D_{min} \\ & \text{elseif}(X_m \geq D_{max}) \text{ then } \delta = D_{max} \\ & \text{else } \delta = X_m \end{aligned} \quad (3)$$

식(3)에서 구한 밝기 조정률( $\delta$ )을 이용하여 사다리꼴 형태의 퍼지 스트레칭 기법에 적용할 소속 함수의 구간들을 구한다. 따라서 사다리꼴 형태의 소속 함수 구간을 구하기 위하여 최대 밝기 값( $I_{max}$ )과 최소 밝기 값( $I_{min}$ ) 및 중간 밝기 값( $I_{mid}$ )을 식(4)와 같이 설정한다.

$$\begin{aligned} I_{max} &= X_m + \delta \\ I_{min} &= X_m - \delta \\ I_{mid} &= \frac{I_{max} + I_{min}}{2} \end{aligned} \quad (4)$$

식(4)에서 설정한 밝기 값을 이용하여 최소 밝기 값( $I_{min}$ )과 중간 밝기 값( $I_{mid}$ )의 중간 밝기 값( $I_{mid1}$ )과 최대 밝기 값( $I_{max}$ )과 중간 밝기 값( $I_{mid}$ )의 중간 밝기 값( $I_{mid2}$ )을 식(5)와 같이 계산한다.

$$\begin{aligned} I_{mid1} &= \frac{I_{mid} \times I_{min}}{2} \\ I_{mid2} &= \frac{I_{mid} \times I_{max}}{2} \end{aligned} \quad (5)$$

따라서 식(4)와 식(5)를 이용하여 사다리꼴 형태의 소속 구간은 최대 밝기 값( $I_{max}$ )과 최소 밝기 값( $I_{min}$ )의 구간을 가지고 그림 1과 같이 나타낼 수 있다.

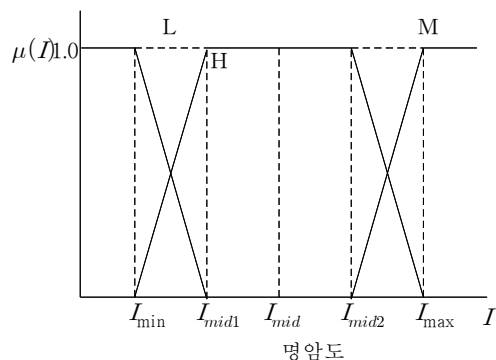
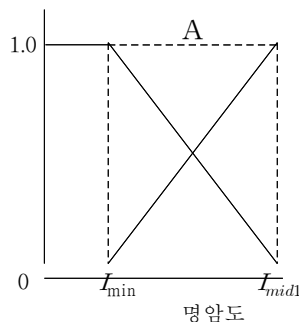
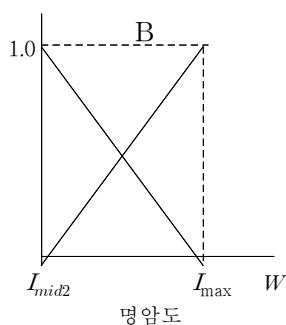


그림 1. 사다리꼴 형의 퍼지 소속 함수

그림 1과 같은 소속 함수를 이용하여 하한에 속하는 카테고리 A와 상한에 속하는 카테고리 B를  $I_{mid}$ 을 기준으로 나누어 그림 2와 같이 하한과 상한에 대한 소속 함수를 구한다.



(a) 하한의 소속 함수



(b) 상한의 소속 함수

그림 2. 하한 및 상한 소속 함수

사다리꼴 형태를 가진 소속 함수를 이용하여 퍼지 스트레칭의 하한과 상한에 대한 퍼지 추론 규칙을 if-then 형식으로 표현하면 표 1과 같다.

표 1. 그림 6의 하한 및 상한에 대한 퍼지 추론 규칙

R1	if $I$ is L and $I$ is L Then $W$ is A
R2	if $I$ is L and $I$ is M Then $W$ is B
R3	if $I$ is M and $I$ is L Then $W$ is A
R4	if $I$ is M and $I$ is M Then $W$ is B
R5	if $I$ is M and $I$ is H Then $W$ is C
R6	if $I$ is H and $I$ is M Then $W$ is B
R7	if $I$ is H and $I$ is H Then $W$ is C

표 1과 같은 상한 및 하한의 규칙에 Max-Min 추론 방식을 적용하여 소속도를 구한다. 하한과 상한의 최종 소속도 값은 무게중심법을 적용하여 비퍼지화 한다. 무게중심법을 이용하여 구한 하한의 비퍼지화 값  $\alpha$ 와 상한의 비퍼지화 값  $\beta$ 를 퍼지 스트레칭에 적용한다.

사다리꼴 형태 기반 퍼지 스트레칭 기법이 적용된 영상에서 ROI 영역을 추출하기 위해 Monotone Cubic Spline 보간법[4]을 적용한다. Monotone Cubic Spline이 적용된 결과는 그림 3과 같다.

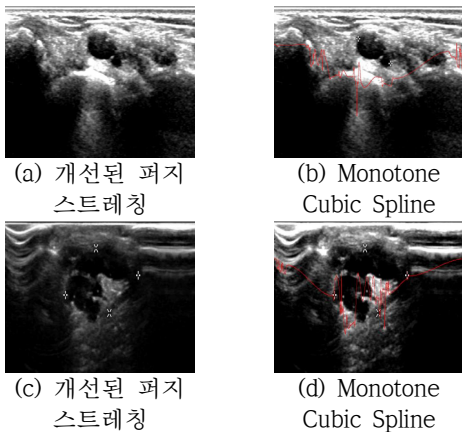


그림 3. Monotone Cubic Spline 보간법 결과

Monotone Cubic Spline 보간법을 적용하여 그림 3(d)와 같은 곡선을 구하고 구한 곡선의 아래에 있는 어두운 하단 부위를 제거한 ROI 영역에 FCM 알고리즘[5]을 적용하여 양자화한다. FCM 알고리즘을 적용하여 양자화된 ROI 영역에서 곡선의 하단 영역을 불필요한 영역으로 간주한다. 그리고 ROI 영역에서 곡선 하단 영역을 제외한 영역에 대해서 양자화가 적용된 배경 영역은 검은색으로 대체하고 그 외의 영역들은 흰색으로 대체한다. 결절종이 타원 형태와 명암도가 낮은 값을 가진다는 형태학적 특징을 이용하기 위해서 이진화 된 영역에 대해 팽창 기법을 적용하여 결절종의 후보 영역을 추출한다. 팽창 기법이 적용된 결과는 그림 4와 같다.

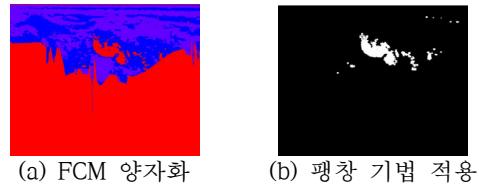


그림 4. 팽창 기법 적용 결과

팽창 기법이 적용된 결절종 후보 영역에서 잡음 영역을 제거하기 위해 8방향 윤곽선 추적 알고리즘[6]을 적용한다. 8방향 윤곽선 추적 알고리즘[6]이 적용된 결절종 후보 영역 중에서 전체 초음파 영상의 1/10보다 작은 영역을 잡음 영역으로 간주하여 제거한다.

8방향 윤곽선 추적 알고리즘을 적용하여 잡음 영역이 제거된 결절종 후보 영역에서 최종 결절종 영역을 추출하기 위해 라벨링 기법[7]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 CPU @ 2.80GHz 와 8.00GB RAM이 장착된 PC 상에서 Visual Studio 2013 C#으로 구현하여 실험하였다. 20개의 결절종 초음파 영상을 대상으로 각각의 스트레칭 기법들을 비교한 결과는 그림 5와 같다.

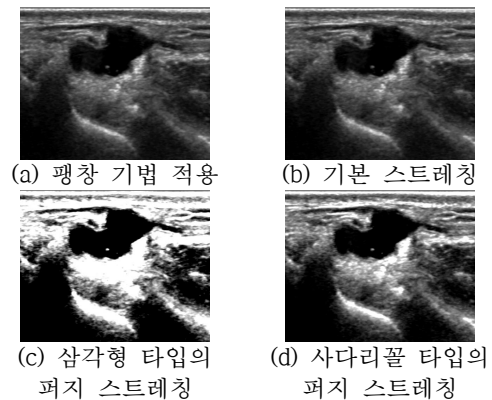


그림 5. 명암 대비 적용 결과

그림 5(b)는 기본 스트레칭 기법을 적용한 결과로서 결절종의 경계선 영역이 명확하지 않은 것을 확인할 수 있다. 따라서 FCM 기반 양자화 기법을 적용할 경우에 결절종 이외의 많은 영역이 함께 추출되는 문제점이 있다. 그림 5(c)는 삼각형 타입의 퍼지 스트레칭 기법을 적용한 결과이다. 그림 5(c)에서와 같이 대체적으로 결절종과 배경 영역의 명암 대비가 강조된 것을 확인할 수 있다. 그러나 결절종 영역과 명암도가 낮게 나타나는 일부 근막 영역간의 명암도 차이가 매우 적은 것을 확인할 수 있다. 따라서 FCM 기반 양자화 기법을 적용하여 결절종을 추출하는 과정에서 명암도가 낮은 일부 근막 영역이 결절종 영역으로 함께 군집화 되는 경우가 발생한다. 그러나 본 논문에서는 ROI 영역의 명암 대비를 강조하기 위해 사다리꼴 형태의 퍼지 스트레칭을 적용하므로 그림 5(d)와 같이 결절종 영역이 다른 영역과의 명암 대비가 높게 나타나서 FCM으로 양자화할 경우에 다른 영역이 결절종 영역으로 군집화되는 것을 최소화할 수 있었다.

[5] [https://en.wikipedia.org/wiki/Fuzzy\\_clustering](https://en.wikipedia.org/wiki/Fuzzy_clustering)  
 [6] 김광백 “손의 형태학적 정보와 8 방향 윤곽선 추출 기법을 이용한 손금 추출 및 분석,” 한국전자통신학회 논문지, 제6권, 제2호, pp.243-248, 2011.  
 [7] <http://dic1224.blog.me/80183494157>

#### IV. 결론 및 향후 개선 방향

본 논문에서는 기존의 결절종 추출 방법의 추출 성능을 개선하기 위하여 배경 영역과 결절종 영역 간의 명암 대비를 효과적으로 강조한 후에 FCM 기반 양자화 기법을 적용하여 결절종을 추출하는 방법을 제안하였다.

향후 연구 방향은 결절종 영역의 경계선을 효과적으로 추출할 수 있는 유전자 알고리즘 기반 결절종 경계선 추출 방법과 결절종 영역이 분할되어 군집화되는 문제점을 개선하기 위해 퍼지 클러스터링 기반 Fuzzy Deep Unsupervised Learning 알고리즘을 개발하여 결절종의 TPR을 높이도록 할 것이다.

#### 참고문헌

[1] 김지형, 일차진료의를 정형외과, 대학의학서적, 2009.  
 [2] [www1.suwon.ac.kr/~cslee/ip\(under\)/2-2.pdf](http://www1.suwon.ac.kr/~cslee/ip(under)/2-2.pdf)  
 [3] 김광백, “퍼지 소속 함수를 이용한 초음파 영상에서 결절종 추출,” 한국정보통신학회논문지, 제19권, 제6호, pp.1296-1300, 2015.  
 [4] K. B. Kim, H. J. Park, D. H. Song and S -S Han, “Developing an Intelligent Automatic Appendix Extraction Method from Ultrasonography Based on Fuzzy ART and Image Processing,” Computational and Mathematical Methods in Medicine, pp.1-10, 2013.