

퍼지 소속 함수를 이용한 초음파 영상에서 결절종 추출

김광백*

Extracting Ganglion Cysts from Ultrasound Image with Fuzzy Membership Function

Kwang Baek Kim*

Department of Computer & Information Engineering, Silla University, Pusan 617-736, Korea

요 약

본 논문에서는 초음파 영상에서 결절종을 추출하는 방법을 제안한다. 제안된 방법은 초음파 영상에서 퍼지 스트레칭 기법을 적용하여 명암 대비를 증가시킨다. 퍼지 스트레칭 기법이 적용된 초음파 영상에서 퍼지 이진화 기법을 적용한다. 퍼지 이진화 기법이 적용된 영상에서 잡음 영역을 제거하기 위해 8방향 윤곽선 추적 기법을 적용한 후, 결절종 후보 영역을 추출한다. 추출된 결절종 후보 영역에서 침식과 팽창 기법을 적용한 후, labelling 기법을 적용하여 결절종이 형태학적으로 타원 형태를 가지는 정보를 이용하여 결절종 영역을 추출한다. 제안된 방법을 결절종 초음파 영상을 대상으로 실험한 결과, 결절종 초음파 영상에서 결절종 영역이 비교적 정확히 추출되는 것을 확인할 수 있었다.

ABSTRACT

Ganglion cysts are commonly observed cystic tumor in association with the joints and tendons of the appendicular skeleton. In this paper we propose a method to extract ganglion cysts from ultrasound images with intelligent image processing. The method consists of fuzzy stretching preprocessing to enhance the contrast between related organs and 8-directional contour tracking to model the boundaries of the cysts and labelling procedure to compute the size of cysts. In experiment, we verified that the proposed method extracts ganglion cysts accurately from ultrasound images.

키워드 : 결절종, 퍼지 스트레칭, 8방향 윤곽선 추적

Key word : Ganglion Cysts, Fuzzy Stretching, 8-directional Contour Tracking

Received 01 May 2015, Revised 30 May 2015, Accepted 08 June 2015

* Corresponding Author Kwang Baek Kim(E-mail:gbkim@silla.ac.kr, Tel:+82-51-999-5052)
Department of Computer & Information Engineering, Silla University, Pusan 617-736, Korea

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2015.19.6.1296>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서 론

결절종은 현대 사람들이 전자기기 및 업무 등 일상생활을 하면서 흔히 발생하는 질환이다[1].

결절종은 우리 몸에서 생기는 종양 중 제일 흔한 것으로 손목의 손바닥 쪽이나 손등 쪽, 혹은 손가락, 발목에도 발생하는 물혹의 일종으로 피부 밑의 덩어리처럼 만져지나 관절을 싸고 있는 막에서 발생하여 부풀어 오른 것으로 내부는 관절액으로 차 있다. 크기는 콩알만한 것로부터 작은 알밤만한 것까지 여러 가지 크기가 있다. 결절종의 확실한 발생 원인은 아직 밝혀지지 않고 있지만 결절종은 힘줄을 싸고 있는 막이나 관절을 싸고 있는 막과 같은 세포들이 퇴행변화를 일으켜 점액을 생성하고 이것이 모여 혹이 되는 것으로 알려져 있다.

손목에서는 대개 주상골, 월상골, 유두골이 만나는 부위의 흉측 방향에서 생긴다. 보통은 임상양상이나 위치 등으로 쉽게 진단될 수 있으나 합병증을 동반하거나 비호발 부위에 생겼을 경우 임상적으로 다른 종괴와 혼동을 일으킬 수 있다. 또한, 다른 질환을 검사하는 도중 우연히 발견될 수 있다. 요수근관절 근처에서 요골동맥과 인접해있는 결절종은 맥박이 전해져서 임상적으로 가성동맥류로 오인될 수도 있다[2].

손을 자주 사용하게 되면 커지기도 하고 쉬면 가라앉기도 하며, 남자보다 여자에게 많고 10대에서 30대 사이가 많이 발생한다. 결절종이 발생하는 원인은 아직까지 제대로 밝혀진 바가 없다. 대부분 사람들은 결절종이 생겼을 경우 병원에 가서 즉시 치료한다. 하지만 결절종이 큰 질환이 아니라고 인식하여 방치하는 경우가 많다. 그러나 결절종을 계속 방치하면 자연스럽게 사라지는 경우도 있지만, 결절종이 커지거나 심한 통증을 동반하는 경우로 인해 일상생활에 불편함을 느끼는 경우가 많다. 또한 결절종으로 인하여 외상과염이라는 질환이 2차적으로 발생할 수 있다.

결절종의 유무는 MRI, CT, 초음파로 확인할 수 있다. MRI, CT의 경우에는 해상도가 우수하고 대조성이 뛰어나다는 장점이 있으나, 비용과 시간이 많이 소요되는 단점이 있다. 따라서 비용과 시간이 적게 소요되는 초음파를 이용하는 방법이 가장 효율적인 방법이다. 초음파영상에서, 결절종은 보통 무에코 혹은 저에코를 보이는 낭종형태로 보이며 둥글거나 소엽성의 모양을 보인다. 경계는 분명하며 흔히, 후방 증강 효과를 동반한

다. 내부에 약간의 선 모양의 격막들이 보일 수 있으며 오래 지속되면 크기가 상당히 커질 수 있고 만약, 출혈이나 염증 등이 동반될 경우 두껍고 불규칙한 외벽을 보이며 격막이 더 뚜렷해지고 내부에는 찌꺼기(debris) 들로 인해 다양하게 보일 수 있다

본 논문에서는 초음파 영상에서 퍼지 스트레칭 기법을 적용하여 결절종을 추출하는 방법을 제안한다.

II. 초음파 영상 전처리

결절종 초음파 영상에서 퍼지 스트레칭을 적용하여 초음파 영상의 명암 대비를 명확하게 구분한다. 퍼지 스트레칭 기법을 적용하여 명암 대비가 강조된 초음파 영상에서 후보 결절종 영역을 추출하기 위한 전단계로 퍼지 이진화 기법을 적용한다.

퍼지 스트레칭 기법[3]은 영상에서 삼각형 타입의 소속 함수를 설계하고 상한과 하한을 동적으로 설정하여 스트레칭을 하는 기법이다. 영상의 평균 밝기 값은 식(1)과 같이 설정한다.

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

식(1)에서 구한 평균 밝기 값을 기준으로 가장 어두운 픽셀 값과 가장 밝은 픽셀 값의 거리를 식(2)와 같이 계산한다.

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

식(2)에서 구한 값을 이용해 밝기의 조정률을 식(3)과 같이 결정하고 밝기 조정률을 이용하여 최소 밝기 값과 최대 밝기 값을 식(4)와 같이 설정한 후, 삼각형 소속 함수에 적용한다.

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

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

소속 함수는 그림 1과 같다. 소속 함수에서 구해진 소속도에 α_cut 을 적용하여 하한(α)과 상한(β)을 구한다.

$$\begin{aligned} \text{if}(I_{min} < 0) \alpha_cut &= I_{min}/I_{max} \\ \text{else } \alpha_cut &= 0.5 \end{aligned} \quad (5)$$

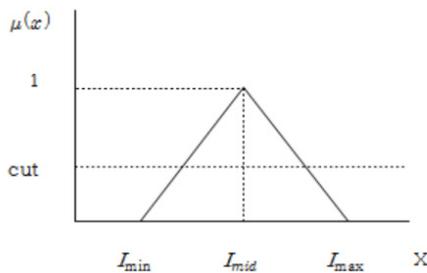


그림 1. 퍼지 소속 함수
Fig. 1 Fuzzy membership function

α_cut 이상인 X 픽셀 값 중에서 가장 높은 값을 상한(β)으로 설정하고 가장 낮은 값을 하한(α)으로 설정한 후, 식(6)과 같은 수식에 적용하여 스트레칭 한다. 퍼지 스트레칭 기법을 적용한 결과는 그림 2와 같다.

$$X_{new} = \frac{X - \alpha}{\beta - \alpha} \times 255 \quad (6)$$

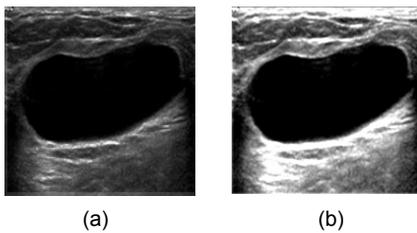


그림 2. 퍼지 스트레칭 결과 (a) 원 영상 (b) 퍼지 스트레칭
Fig. 2 Result of fuzzy stretching (a) Original (b) Fuzzy stretching

퍼지 스트레칭 기법이 적용된 초음파 영상에서 퍼지 이진화 기법[4]을 개선하여 적용한다. 기존의 퍼지 이진화 기법을 적용할 경우에는 결절종 영역과 잡음 영역의 명암도 값이 초음파 영상마다 다른 경우가 발생하거나 명암도 값이 거의 차이가 나지 않는 경우가 발생하기

때문에 α_cut 을 정적으로 설정할 경우에는 결절종 영역이 잡음 영역과 구분되지 않은 상태로 이진화되어 결절종 영역을 추출할 수 없는 경우가 발생한다. 따라서 본 논문에서는 퍼지 이진화 기법을 개선하여 적용한다. 개선된 퍼지 이진화 기법은 퍼지 스트레칭 기법과 마찬가지로 영상에서 삼각형 타입의 소속 함수를 설계하고 상한과 하한을 동적으로 설정하여 이진화 한다. 소속 함수에서 구해진 소속도에 α_cut 을 적용하여 영상을 이진화 한다. 여기서 α_cut 값을 $I_{mid}/255$ 로 설정한다. 따라서 소속도가 $I_{mid}/255$ 이상이 되면 픽셀 값을 0으로 정의하고 $I_{mid}/255$ 미만이면 픽셀 값을 255로 설정하여 영상을 그림 3과 같이 이진화 한다.

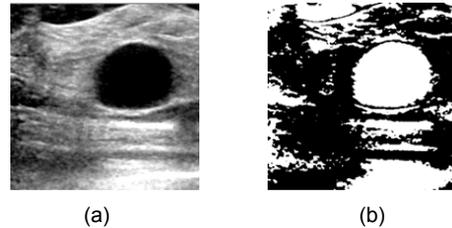


그림 3. 개선된 퍼지 이진화 결과 (a) 퍼지 스트레칭 (b) 개선된 퍼지 이진화
Fig. 3 Result of enhanced fuzzy binarization (a) Fuzzy Stretching (b) Enhanced fuzzy binarization

III. 결절종 추출

개선된 퍼지 이진화를 적용한 영상에서 결절종 영역을 추출하고 잡음영역을 제거하기 위해 8방향 윤곽선 추적 알고리즘 기법을 적용한다. 8방향 윤곽선 추적 알고리즘[5]은 마스크를 이용하여 영상을 위에서 아래로, 왼쪽에서 오른쪽으로 스캔하면서 픽셀 값이 255인 픽셀을 찾으면 현재 픽셀 좌표를 시작으로 8방향으로 오른쪽 픽셀부터 시계방향으로 탐색을 시작한다. 시계방향으로 탐색 중 픽셀 값이 255인 픽셀을 찾으면 마스크를 이동시킨다. 마스크가 윤곽선을 타고 실행하면서 이동한 좌표의 상하좌우 4방향 각각의 최대값을 저장한다. 탐색이 종료되면 객체 크기 값이 0이거나 영상의 1/4보다 작은 크기의 객체들을 제거하여 결절종의 후보 영역을 그림 4와 같이 추출한다.



그림 4. 8방향 윤곽선 추적에 의한 결절종 후보 영역 추출 결과 (a) 개선된 퍼지 이진화 (b) 8 방향 윤곽선 추적
Fig. 4 Ganglion cysts candidate extraction by 8-directional contour tracking (a) Enhanced fuzzy binarization (b) 8-directional contour tracking

8방향 윤곽선 추적 기법이 적용된 영상에서 결절종의 경계선을 추출하기 위해서 침식 기법[6]을 적용한다. 이진 영상에서의 침식 기법을 이용하여 흰색(255,White) 객체의 값은 줄이고 검은색(0,Black) 배경의 값은 확장한다. 결절종의 경계선을 검출한 후, 팽창 기법[6]을 적용하여 픽셀 값이 흰색(255,white)인 픽셀들은 팽창시키고 검은색(0,Black)인 픽셀들은 축소시킨다. 위 기법을 이용하여 객체 내부의 빈 공간을 메우거나 인접한 영역을 연결하여 결절종 후보 영역의 형태를 선명하게 한다.

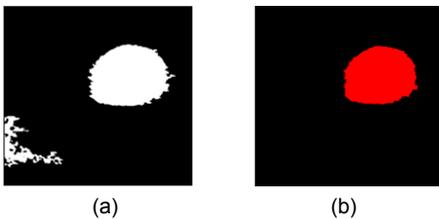


그림 5. 결절종 영역 추출 (a) 8 방향 윤곽선 추적 (b) 라벨링에 의한 결절종 추출
Fig. 5 Ganglion cysts extraction (a) 8-directional contour tracking (b) Ganglion cysts extraction by labeling

최종적으로 결절종 후보 영역에서 결절종 영역을 추출하기 위해 labeling 기법을 적용한다. labeling 기법[7]은 검출 영역까지 차례로 탐색한 후, 픽셀 값이 흰색(255,White)인 픽셀을 찾으면 그 픽셀을 시작으로 인접 화소에 각각 Label을 붙여 그룹 단위로 분할하는 기법이다. 따라서 본 논문에서는 그룹 단위로 라벨링한 후, 객체의 크기가 타원 형태이거나 가장 큰 객체가 결절종 영역이므로 이 정보를 이용하여 최종적으로 결절종 영역을 그림 5(b)와 같이 추출한다.

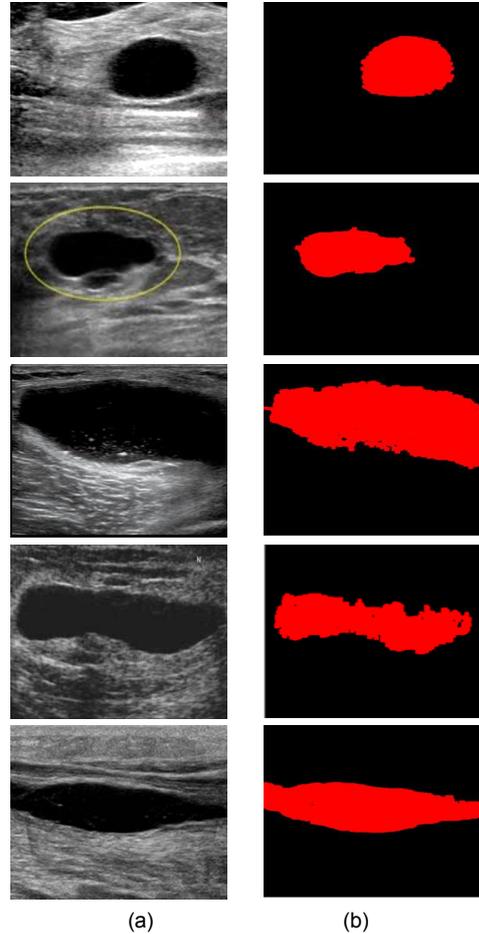


그림 6. 결절종 추출 결과 (a) 원 영상 (b) 추출 결과
Fig. 6 Results of ganglion cysts extraction (a) Original (b) Extraction result

IV. 실험 및 결과 분석

본 논문에서는 제안한 방법을 Intel(R) Core(TM) i5 CPU @ 2.80GHz 와 3.00GB RAM이 장착된 PC에서 Visual Studio 2010 C#으로 구현하여 실험하였다. 그림 7은 결절종 초음파 영상에서 제안된 방법으로 결절종 영역을 추출한 결과를 나타내었다. 제안된 방법의 효율성을 확인하기 위하여 제안된 결절종 추출 방법과 기존 영상 처리 기법에 의한 결절종 추출 방법과 비교한 것을 그림 8로 나타내었다. 그림 8에서 알 수 있듯이 일반적인 결절종 추출 방법에서는 결절종 영역의 경계가 명

확하지 않고 결절종 영역 내부에 홀이 발생하였다. 그러나 제안된 방법에서는 비교적 정확히 결절종 영역이 추출된 것을 확인할 수 있다.

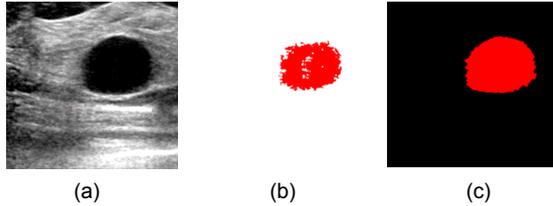


그림 7. 기존 방법과의 비교 (a) 원 영상 (b) 기존 방법 (c) 제안된 방법
Fig. 7 Comparison with existing method (a) Original (b) Existing (c) Proposed

V. 결론 및 향후 연구 방향

현대 시대의 사람들은 일상생활에서 흔히 발생하는 결절종을 큰 질환이 아니라고 인식하는 경우가 많아 방치해 두는 경우가 있다. 그러나 결절종을 계속 방치해 두면 자연스럽게 사라지는 경우도 있지만, 결절종이 커지거나 2차적 질환이 발생할 수도 있다. 따라서 본 논문에서는 결절종을 효과적으로 추출하는 방법을 제안하였다.

제안된 방법은 초음파의 영상에서 퍼지 스트레칭 기법을 적용하여 명암 대비를 증가시킨 후, 8 방향 윤곽선 추적 방법을 적용하여 결절종 후보 영역을 추출하였다. 결절종이 형태학적으로 타원 형태를 가지는 정보를 이용하여 추출된 결절종 후보 영역에 침식과 팽창 기법을 적용하여 최종적으로 결절종 영역을 추출하였다.

향후 연구 방향은 타원 형태가 아닌 다양한 형태의 결절종을 추출할 수 있도록 확장할 것이고 결절종 영역의 경계가 배경 영역과 명암도 차이가 없는 경우에 대해서는 퍼지 추론 기반 윤곽선 추출 방법을 연구하여 현재의 제안된 방법을 개선할 것이다.

REFERENCES

- [1] F. S. S. Leijten, W. F. Arts, J. B. C. M. Puylaert, "Ultrasound diagnosis of an intraneural ganglion cyst of the peroneal nerve Case report," *Journal of Neurosurgery*, Vol.76, No.3, pp. 538-540, 1992.
- [2] S. H. Kwon, K. N. Ryu, Y. K. Park, Y. M. Jeong, "Soft Tissue Masses: Ultrasonographic Findings," *Journal of Korean Society of Ultrasound in Medicine*, Vol.20, pp.349-355, 2001.
- [3] K. B. Kim, "Fuzzy Stretching Method of Color Image," *Journal of The Korea Society of Computer and Information*, Vol.18, No.5, pp.19-23, 2013.
- [4] K. B. Kim, Y. J. Kim, "Enhanced Binarization Method using Fuzzy Membership Function," *Journal of The Korea Society of Computer and Information*, Vol.10, No.1, pp.67-72, 2005.
- [5] K. B. Kim, M. H. Kim, Y. U. Lho, "Character Extraction of Car License Plates Using RGB Color Information and Fuzzy Binarization," *The Korean Institute of Maritime Information & Communication Sciences*, Vol.8, No.1, pp.80-86, 2004.
- [6] H. R. Myler, A. R. Weeks, *Computer Imaging Recipes in C*, PTR Prentice-Hall, Inc., 1993.
- [7] S. E. Umbaugh *Computer Vision and Image Processing: A Practical Approach Using CVIP tools*, Prentice Hall PTR, 1998.



김광백(Kwang-baek Kim)

1999년 부산대학교 전자계산학과 졸업(이학박사)
 1997년 ~ 현재 : 신라대학교 컴퓨터정보공학부 교수
 1999년 ~ 2000년 : Biomedical Fuzzy Systems Association, Editor(Japan)
 2009년 : Journal of Digital Imaging (Springer: SCI), Guest Editor
 2013년 : International Journal of Computational Vision and Robotics(SCOPUS), Guest Editor
 2013년 : International Journal of Information and Communication Technology(SCOPUS), Guest Editor
 2013년 ~ 현재 : 한국정보통신학회 수석부회장
 2014년 ~ 현재 : Open Computer Science Journal, Editor.
 2012년 ~ 현재 : 한국지능정보시스템학회 편집위원
 2013년 ~ 현재 : International Journal of Intelligent Information Processing(SCOPUS), Editor
 ※ 관심분야 : 퍼지 논리, 영상 처리, 유전자 알고리즘, 의료정보시스템, 생물정보학