

# DBSCAN과 FCM 기반 2-Layer 클러스터링을 이용한

## 초음파 영상에서의 결절종 추출

박태언 · 송재욱 · 김광백\*

신라대학교

### Extracting Ganglion in Ultrasound Image using DBSCAN and FCM based 2-layer Clustering

Tae-eun Park · Jae-uk Song · Kwang-baek Kim\*

Division of Computer Software Engineering, Silla University

E-mail : ase6733@naver.com / jaeuk139@gmail.com / gbkim@silla.ac.kr

#### 요 약

본 논문에서는 초음파 영상에서 DBSCAN(Density-based spatial clustering of applications with noise)과 FCM 클러스터링 기반 양자화 기법을 적용하여 결절종을 추출하는 방법을 제안한다. 본 논문에서는 초음파 영상 촬영 시 좌우 상단의 지방층 영역과 하단 영역의 명암도가 어두운 영역을 잡음 영역으로 설정한다. 그리고 초음파 영상에 퍼지스트레칭 기법을 적용하여 잡음 영역을 최대한 제거 한 후에 ROI 영역을 추출한다. 추출된 ROI 영역에서 밀도 분포를 분석하기 위하여 히스토그램을 분석한 후에 DBSCAN을 적용하여 초음파 영상에서 결절종 후보에 해당되는 명암도를 추출한다. 추출한 후보 명암도를 대상으로 FCM 클러스터링 기법을 적용한다. FCM을 적용하는 단계에서 결절종의 저에코 혹은 무에코의 특징을 이용하여 클러스터 중심 값이 가장 낮은 클러스터를 양자화 한 후에 라벨링 기법을 적용시켜 결절종의 후보 객체를 추출한다. 제안된 결절종 추출 방법의 성능을 분석하기 위해 전문의가 결절종 영역을 표기한 초음파 영상과 표기되지 않은 초음파 영상 120쌍을 대상으로 DBSCAN, FCM, 그리고 제안된 방법 간의 성능을 비교 분석하였다. 제안된 방법에서는 120개의 초음파 영상에서 106개 결절종 영역이 추출되었고 FCM 기법에서는 80개가 추출되었고 DBSCAN에서는 36개가 추출되었다. 따라서 제안된 방법이 결절종 추출에 효율적인 것을 확인하였다.

#### 키워드

DBSCAN, FCM, Ultrasound Image, Ganglion, Fuzzy Stretching

#### 1. 서 론

결절종은 섬유성 피막 내에 액체가 담긴 낭포성 종양으로 주로 손목 또는 발목에 발생한다. 결절종은 사무업무 및 운동 등과 같이 일상생활을 하면서 관절부에 발생하며, 발생 부위를 자주 사용하게 되면 커지기도 하고 쉬면 가라앉기도 한다. 결절종이 발생하는 원인은 아직까지 제대로 밝혀진 바가 없다. 결절종이 생겼을 경우에는 병원에 가서 즉시 치료하는 것이 좋지만 큰 질환이 아니라고 인식하여 방치하는 경우가 많다[1,2].

결절종의 유무는 MRI, CT, 초음파를 통하여 확인 할 수 있다. MRI와 CT의 경우에는 해상도가 우수하고 대조성이 뛰어나다는 장점이 있지만 비

용과 시간이 많이 소요되는 단점이 있다. 따라서 비용과 시간이 적게 소요되는 초음파 영상에서 결절종의 유무를 판단하는 것이 가장 효율적인 방법이다.

결절종은 액체가 담긴 낭포성 종양으로 초음파 촬영 시 무에코 혹은 저에코의 특징을 가지며, 피부조직 겉면에 들어가 있기 때문에 좌우 상단의 지방층과 하단 영역을 잡음 영역으로 설정한다. 그리고 액체를 담기 위한 막을 구성하고 있기 때문에 결절종의 외각이 내부보다 조금 더 밝은 에코를 가지고 있는 특징이 있다. 따라서 본 논문에서는 이러한 특징을 이용하여 DBSCAN과 FCM을 이용하여 초음파 영상에서 결절종을 추출하는 방법을 제안한다[3].

\* corresponding author

## II. 제안된 결절종 추출 방법

본 논문에서는 초음파 영상에 DBSCAN을 적용하여 결절종 영역의 후보 명암도를 탐색한다.

결절종은 피부조직 겉면에 드러나는 낭포성 질환으로 초음파 영상 촬영 시 좌우 상단의 지방층 영역과 하단의 명암도가 어두운 영역을 잡음 영역으로 설정하고 잡음 영역을 제거하여 ROI 영역을 추출한다. 이 때, ROI 영역을 효과적으로 추출하기 위해서 초음파 영상에 퍼지스트레칭 기법을 적용한다[4].

DBSCAN이란 클러스터링 알고리즘 중 하나로 기본적으로 데이터 간의 거리를 이용하는 클러스터링과는 달리 데이터의 밀도를 이용하여 데이터를 군집하는 클러스터링 알고리즘 중 하나이다[5].

DBSCAN 알고리즘을 이용하기 위해서는 데이터들의 이웃을 판단하기 위한  $\epsilon$ (epsilon)과 클러스터로 인정되기 위한 최소 밀도 값  $Pts^{min}$ 가 필요하다.

본 논문에서는 초음파 영상의 히스토그램에서 저밀도 데이터와 고밀도 데이터를 구분하여 DBSCAN을 적용한다.

DBSCAN에서 구한 후보 명암도를 대상으로 FCM 클러스터링을 적용한다. 이 때, 무에코 혹은 저에코의 특징을 가지고 있는 결절종의 특징과 DBSCAN에 결과에 따라 FCM 클러스터링 기법에 적용할 클러스터의 개수를 식 (1)과 같이 설정한다.

$$\begin{cases} \text{if}(DBSCAN_{p_{max}} \leq \frac{\sum_x \sum_y P(x,y)}{W \times H} \text{ or } DBSCAN_{ct} \geq 4) F_{cm_{ct}} = 0 \\ \text{else if}(DBSCAN_{ct} = 1) F_{cm_{ct}} = 4 \\ \text{else } F_{cm_{ct}} = 2 \end{cases} \quad (1)$$

식 (1)에서  $DBSCAN_{p_{max}}$ 는 클러스터에 속한 명암도의 최댓값이며,  $DBSCAN_{p_{max}}$ 가 영상의 평균 명암도보다 작을 경우에는 DBSCAN으로 군집화된 명암도 값이 매우 낮고 범위가 좁은 경우이다. 따라서 이러한 경우는 DBSCAN의 과정에서 결절종의 후보 명암도를 효과적으로 양자화 한 경우이므로 FCM의 클러스터 개수인  $F_{cm_{ct}}$ 를 0개로 정의하여 FCM을 적용하지 않는다. DBSCAN의 개수인  $DBSCAN_{ct}$ 가 4개 이상일 경우에는 클러스터 중에서 중심 값이 낮은 명암도를 가진 클러스터가 결절종에 해당되는 명암도 값과 범위를 가지고 있으므로 DBSCAN만을 적용하여 양자화한다.

FCM(Fuzzy C-Means)은 하나의 클러스터에 속해져 있는 각각의 데이터 점을 소속도에 의해서 클러스터에 대한 데이터 소속정도를 일일이 열거한 클러스터링 알고리즘이다[6].

식 (1)을 적용하여 FCM의 초기 클러스터의 개수로 설정하고 DBSCAN에서의 결절종 후보 명암도 데이터를 대상으로 FCM 양자화를 적용한다.

이후 라벨링 기법을 이용하여 제안된 방법으로 나타난 영역들 중 ROI 영역에 속한 영역을 결절종 영역으로 추출한다.

## III. 실험 및 결과분석

본 논문에서는 제안된 방법의 성능을 분석하기 위하여 AMD Ryzen 3 3300X 4-Core Processor, 3.79 GHz와 16GB RAM이 장착된 PC에서 Visual Studio 2019 C#으로 제안된 방법을 구현하였다. 제안된 방법의 성능을 검증하기 위해서 120장의 초음파 영상을 대상으로 DBSCAN을 이용한 결절종 추출 방법, FCM 클러스터링 기법을 이용한 결절종 추출 방법, 제안된 방법을 이용한 결절종 추출 방법을 각각 실험하여 성능을 분석하였다.

실험은 초음파 영상의 결절종 영역의 픽셀 수와 제안된 방법을 적용하여 결절종 영역 내의 추출된 객체의 픽셀수를 비교하여 각 방법에 대한 성능을 평가하였다. 평가에 사용되는 TPR(True Positive Rate)은 식 (2)와 같다.

TPR (True Positive Rate)

$Size$  = 결절종의 픽셀 수

$x$  = 제안된 방법을 이용하여 추출한 객체의 픽셀 수

$$TPR(\%) = (1 - \frac{|Size - x|}{Size}) \times 100 \quad (2)$$

표 1은 실험에 이용된 각각의 방법의 TPR과 추출된 결절종 영역의 수를 나타내었다.

결절종 영역내의 추출된 객체의 픽셀에 대한 TPR 평균은 DBSCAN이 60.547%로 나타났고 FCM 클러스터링 기법에서는 78.493로 나타났고 제안된 방법에서는 82.490%로 나타내서 제안된 방법의 TPR이 다른 두 방법보다 높은 성능을 보였다. 그리고 DBSCAN에서는 120개의 초음파 영상에서 36개의 결절종 영역이 추출되었고 FCM 클러스터링 기법에서는 80개가 추출되었고 제안된 방법에서는 106개의 결절종 영역이 추출되었다. 따라서 제안된 방법이 결절종 추출에 효율적인 것을 확인하였다.

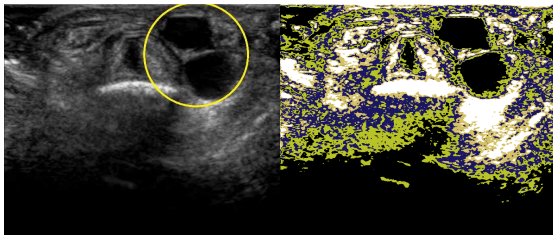
표 1. 이용된 방법간의 TPR 차이

	DBSCAN	FCM 클러스터링	제안된 방법
추출된 결절종의 수	36	80	106
추출된 결절종의 TPR 평균	60.547%	78.493%	82.490%

그림 1은 그림 1(a)와 같은 원본 영상에 제안된 방법을 이용한 결절종 추출 과정을 나타낸 것이다. 43번째 영상의 경우 밀도기준이 1609px로 DBSCAN을 적용시킨 결과 명암도 값 0~89를 가진 1개의 클러스터가 생성되었다. 식 (1)에 따라 FCM의 클러스터 개수를 4개로 설정하여 FCM 클러스터링 기법을 적용시키고 클러스터의 중심값 중 가

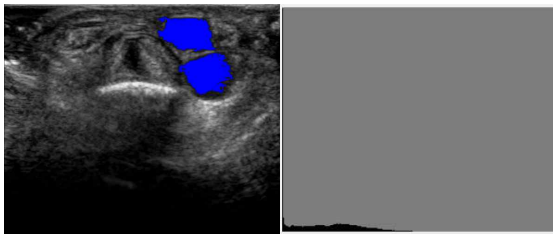
장 낮은 중심 값을 가진 클러스터를 검정색, 외의 클러스터를 임의의 색상으로 양자화를 적용시켜 그림 1(b)로 나타내었다. 그리고 43번째 영상의 경우 DBSCAN에서 군집된 0~89의 명암도를 4개의 클러스터로 FCM 클러스터링을 적용한 결과 결절종의 명암도 범위가 효과적으로 군집화 되어 결절종 영역의 추출에 효과적인 것을 그림 1에서 확인할 수 있다.

그림 1(e)는 전문의가 진단한 결절종 영역을 빨간색으로 나타내었고, DBSCAN을 이용하여 결절종을 추출한 영역을 파란색, 두 영역이 겹치는 부분을 보라색으로 나타낸 결과이다.



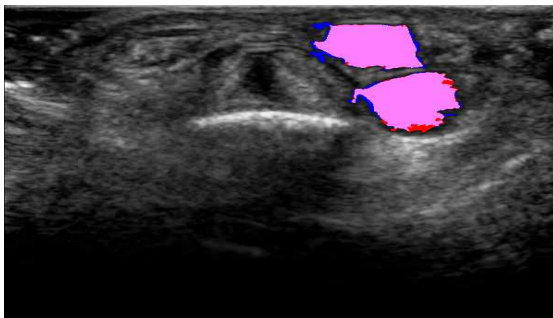
(a) 43번째 영상  
결절종 초음파 원본 영상

(b) 43번째 영상  
FCM 양자화



(c) 43번째 영상  
제안된 방법을 이용한  
결절종 추출 결과

(d) 43번째 영상  
히스토그램



(e) 43번째 영상  
데이터 모델과 추출결과를 비교한 영상

그림 1. 제안된 방법이 효과적인 대표 영상

#### IV. 결 론

결절종은 섬유성 피막 내에 액체가 담긴 낭포성 종양으로 현대 사회에 사무 업무 및 운동과 같이 일상생활 중 발생하는 질환이다.

본 논문에서는 초음파 영상에서 결절종을 추출하기 위하여 DBSCAN과 FCM의 2-layer 클러스터링 기법을 적용하여 결절종 영역의 명암도를 양자화하고 추출하는 방법을 제안하였다.

제안된 결절종 추출 방법의 성능을 분석하기 위해 전문의가 결절종 영역을 표기한 초음파 영상과 표기되지 않은 초음파 영상 120쌍을 대상으로 DBSCAN, FCM 그리고 제안된 방법 간의 성능을 각각 비교 분석하였다. 초음파 영상 120개 중 결절종 영역이 추출된 개수는 DBSCAN이 36개로 나타났고 FCM이 80개로 나타났으며 제안된 방법은 106개 나타냈다. 따라서 제안된 방법이 결절종을 추출하는 데에 효과적인 것을 확인 하였다.

향 후 연구과제로는 제안된 방법의 DBSCAN의 밀도기준과 FCM의 클러스터 개수를 동적으로 설정하기 위하여 ART2와 Fuzzy ART의 무게 중심과 가중치를 적용하여 밀도 기준과 클러스터의 개수를 동적으로 조정하는 방법을 연구할 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] <http://www.snuh.org/health/nMedInfo/nView.do?category=DIS&medid=AA000753>
- [3] J. Y. Kim, K. B. Kim, "Extraction from Ultrasound Image using Deep Outlier rejection Fuzzy C\_Means," *Journal of The Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol.23, no.2, pp.315-317, 2019
- [4] 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
- [5] <https://bcho.tistory.com/1205>
- [6] K. B. Kim, "Nucleus Recognition of Uterine Cervical Pap-Smears using FCM Clustering Algorithm," *International Journal of Maritime Information and Communication Sciences*, vol.6, no.1, pp.94-99, 2008.