

## FCM 알고리즘을 이용한 요부 근육 양자화

김 광 백\*

### Quantization of Lumbar Muscle using FCM Algorithm

Kwang-Baek Kim\*

#### 요 약

본 논문에서는 요부 초음파 영상에서 퍼지 C-Means 클러스터링을 이용한 양자화 기법을 제안한다. 제안된 방법은 초음파 영상에서 나타난 명암도를 이용하여 n개의 그룹으로 클러스터링한다. 그리고 각 클러스터의 중심 값을 기준으로 정렬한 뒤, 각 그룹에 지정된 색상을 요부 초음파 영상에 나타낸다. 본 논문에서 제안하는 기법과 히스토그램 기반 양자화 기법에 대해 15장의 요부 초음파 영상에 적용한 결과, 본 논문에서 제안된 양자화 방법이 효과적인 것을 확인할 수 있었다.

▶ Keywords : 요부 초음파 영상, 퍼지 C-Means 클러스터링, 양자화, 히스토그램

#### Abstract

In this paper, we propose a new quantization method using fuzzy C-means clustering(FCM) for lumbar ultrasound image recognition. Unlike usual histogram based quantization, our method first classifies regions into 10 clusters and sorts them by the central value of each cluster. Those clusters are represented with different colors. This method is efficient to handle lumbar ultrasound image since in this part of human body, the brightness values are distributed to doubly skewed histogram in general thus the usual histogram based quantization is not strong to extract different areas. Experiment conducted with 15 real lumbar images verified the efficacy of proposed method.

▶ Keywords : Lumbar ultrasound image, Fuzzy C-means clustering, Quantization, Histogram

---

•제1저자, 교신저자 : 김광백  
•투고일 : 2013. 5. 22, 심사일 : 2013. 6. 25, 게재확정일 : 2013. 8. 2.  
\* 신라대학교 컴퓨터공학과(Dept. of Computer Science, Silla University)

## I. 서 론

초음파 검사는 사람이 들을 수 없는 높은 대역의 음파를 이용하여 인체의 혈관 및 장기 형태를 확인하여 검사하는 방법으로 촬영이 간편하고, 검사 시 환자가 편안하며, 인체에 해가 없다는 장점이 있다. 또한 우리 몸의 표면에 위치한 구조를 쉽고 정확하게 분석하고, 실제 움직이는 구조물을 볼 수 있어서 중환자나 수술 직후 환자의 중재적 시술에도 유리한 장점이 있다. 그러나 초음파 영상은 측정하는 전문의의 장비 조작의 숙련된 기술과 전문성에 따라 얻어지는 영상의 질과 결과가 달라지며, 육안으로 판단하기 때문에 측정자의 주관이 개입될 수 있어 오차가 발생한다[1]. 초음파 영상 처리를 통해 의학적인 분석에 적용하는 경우가 많다. 그 중에서 초음파 영상에서 복횡근을 추출[2]하거나 다열근을 측정[3]하는 등과 같이 근육을 추출한 후, 추출된 근육을 이용하여 근육을 측정하는데 널리 적용되고 있다. 초음파 영상에서 특징 정보를 얻기 위해서는 초음파 영상에서 나타난 근육들의 위치와 근육의 특성을 분석하는 것이 매우 중요하다. 특히 요부 근육들의 조절 및 협응에 대한 분석은 매우 도전적이며, 환자의 기능회복과 밀접한 연관성이 있다. 전통적으로 우리의 일상생활 동작에서 이루어지는 기능적인 활동에서 근육이 어떻게 사용되는지는 근력과 근지구력을 측정하는 간접적인 방법을 택하고 있다. 이러한 문제점의 보완으로 실질적인 근육들을 분석하고 측정을 할 수 있는 초음파 영상이 이용되기 시작하였으며 최근 외국에서 재활 초음파 영상으로서 그 사용이 급속히 보편화 되고 있는 추세이다.

만성 요통 환자들의 경우, 요부의 통증으로 인해 신체는 방어 기전을 발휘하게 되어 신체의 움직임을 최소화하기 때문에, 이로 인해 요부근력의 저하가 심화되는 악순환이 발생한다[4,5]. 다양한 원인으로 발생하는 요통은 요부에 안정성을 향상 시켜주는 것이 요통의 치료와 재발 방지에 효과적이다[6]. 요부 안정화 운동은 현재 요통에 대한 가장 과학적인 치료적 운동법으로 받아들여지고 있고, 특히 복횡근과 다열근이 요부의 안정성에 영향을 주는 가장 중요한 근육이라는 것이 과학적인 연구에 의해 보고되었다[6]. 따라서 검사자의 경험과 판단에 의해 평가되었던 요부 근육 초음파에 객관적으로 초음파 영상을 분석할 수 있는 전 단계로서 퍼지 C-Means 클러스터링 기법을 이용한 양자화 기법을 제안한다.

## II. FCM 알고리즘을 이용한 요부 초음파 영상 양자화

초음파 영상은 초음파 장비를 이용하여 초음파를 인체에 발사한 후, 반사되어 돌아오는 신호를 통해 구성된다. 또한, 초음파 영상은 회색톤(Gray Scale)으로 표현되며, 0-255 사이의 명암도로 구성된다. 초음파 영상에서 고체는 밝게 나타나며, 액체는 어둡게 나타난다. 초음파 검사에 사용되는 초음파 영상의 촬영 형태는 탐촉자(Probe)의 형태에 따라 크게 Linear와 Convex로 구분된다. Linear 형태는 두경부나 팔목 등의 좁은 신체 부위를 검사할 때 사용하며, Convex 형태는 복부나 요부 등의 비교적 넓은 신체부위를 검사할 때 사용된다[7]. 본 논문에서는 요부 근육의 특징이 잘 나타나는 Convex 형태로 촬영한 초음파 영상을 이용한다. 그림 1은 요부의 초음파 영상이다.

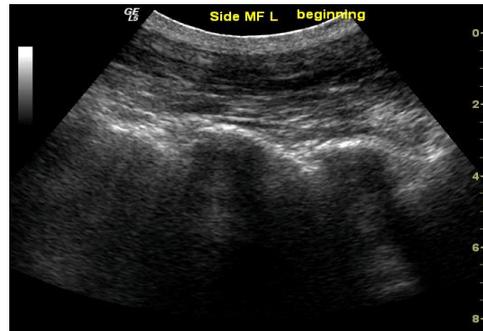


그림 1. 요부 초음파 Convex 영상  
Fig 1. Lumbar ultrasound convex image



그림 2. 요부 초음파 영상 구조  
Fig 2. The structure of lumbar ultrasound image

그림 2는 요부 초음파 영상의 구조이다. 초음파 영상의 구조는 밝은 명암도가 나타나는 피하지방 영역과 근육 및 등뼈 경계 영역, 그리고 피하지방 영역과 근육 및 등뼈 경계 영역에 둘러싸인 어두운 명암도를 가진 근육 영역으로 구성된다. 또한 영상의 우측에는 근육의 두께 측정에 쓰이는 눈금이 존재한다.

클러스터링은 주어진 데이터 집합  $X = \{x_1, \dots, x_n\}$ 를  $K$ 개의 균일한 부분집합으로 나누는 대표적인 비교사 학습 방법으로 다양한 분야에서 다양한 형태의 클러스터링 알고리즘이 사용되고 있다(8). 현재 사용되고 있는 클러스터링 기법들은 크게 계층적 클러스터링 (hierarchical clustering)과 분할 기반 클러스터링 (partition clustering)으로 나누어볼 수 있다. 계층적 클러스터링은 클러스터의 계층 구조를 구성하는 방식으로 하나의 클러스터에서 시작해서 연속적으로 클러스터를 나누어 가는 하향식 방법과 하나의 데이터 포인트로 구성되는  $n$ 개의 클러스터에서 시작해서 클러스터를 포함해가는 상향식 방법이 있다. 이에 비해 분할 기반 클러스터링은  $K$ 개의 원형(prototype)을 설정하고 각 데이터 포인트를 가장 가까이에 위치한 원형에 할당하는 과정을 반복함으로써  $K$ 개 원형을 찾아내는 방식이다(9).

퍼지 C-Means(FCM)는 대표적인 분할 기반 클러스터링 기법으로 1970년대 처음 소개된 이후 원형 그대로 또는 주어진 문제에 맞게 변형된 형태로 많은 문제에 성공적으로 적용된다. 따라서 본 논문에서는 요부 초음파 영상을 양자화하기 위해 FCM을 적용한다. 요부 초음파 영상을 양자화하기 위한 FCM 알고리즘은 그림 3과 같다.

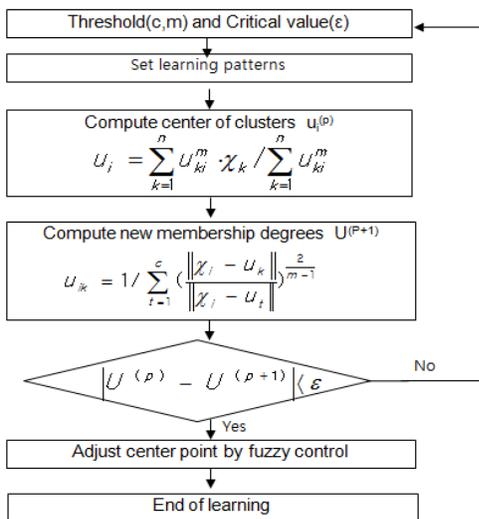


그림 3. FCM 알고리즘  
Fig. 3. FCM algorithm

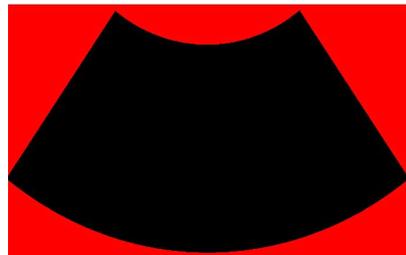
퍼지 C-Means 클러스터링 기법을 적용하기 위해 요부 초음파 영상에서 촬영 정보, 눈금자를 제거한다. 그리고 요부 초음파 영상에 퍼지 C-Means 클러스터링 기법을 적용한다. 요부 초음파 영상의 픽셀 군을 퍼지 C-Means 클러스터링의 입력 데이터로 이용한다. 그 외의 소속 행렬의 크기나 클러스터 개수를 설정하고 픽셀의 명암 값을 기준으로 클러스터링을 수행한다. 퍼지 C-Means 클러스터링의 학습이 끝난 후엔 클러스터들을 구분하기 위해 각 클러스터의 중심 값을 기준으로 정렬한 후 번호를 설정한다. 그 후에 미리 설정된 색상을 각 클러스터에 소속된 픽셀에 갱신한다.

### III. 실험 및 결과 분석

요부 초음파 영상에서 근육 영역을 분석하기 위해 본 논문에서 제안된 방법을 Intel(R) Core(TM) i7-2600 CPU @ 3.40GHz 와 4GB RAM이 장착된 PC에서 Visual Studio 2010 으로 구현하였으며, 초음파 동영상에서 추출한 676×380 크기의 DICOM 형식으로 저장된 영상 15장을 대상으로 실험하였다. 그림 4는 촬영 정보와 눈금자를 제거한 초음파 영상이다.



(a) 원 영상  
(a) Original image



(b) 추출된 초음파 영역  
(b) Ultrasound area

그림 4. 원 영상과 추출된 초음파 영역

Fig. 4 Original image and extracted ultrasound area

본 논문에서는 10개의 클러스터 수로 설정하여 요부 초음파 영상에 퍼지 C-Means 클러스터링 기법을 적용하였다. 그림 5는 양자화의 그룹 색상이며 좌측에 가까울수록 중심 값이 작은 경우이고 우측에 가까울수록 중심 값이 큰 경우이다. 중심 값이 작을수록 클러스터에 소속된 픽셀의 명암도가 낮고 중심 값이 클수록 클러스터에 소속된 픽셀의 명암도가 높다. 그림 6은 요부 초음파 영상에 본 논문에서 제안하는 기법을 적용한 결과 영상이다.



그림 5. 양자화 그룹 색상  
Fig. 5 Color for quantized groups

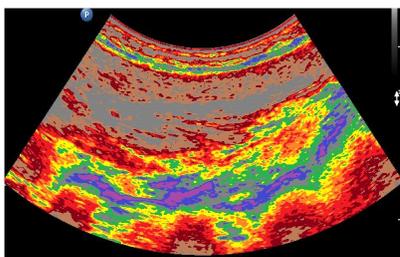
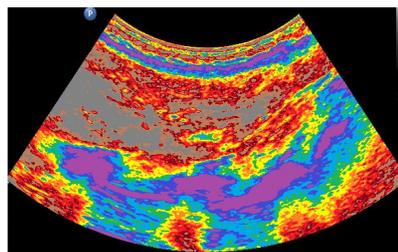
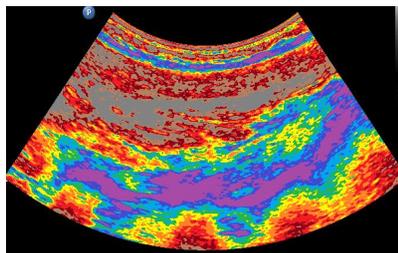
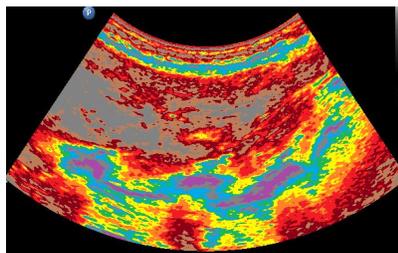
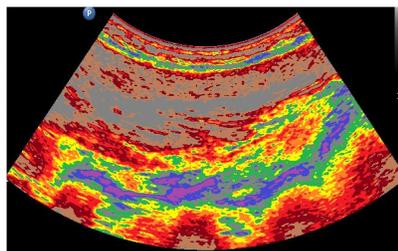


그림 6. FCM 기반 양자화 결과  
Fig. 6 Result of FCM Quantization

본 논문에서 제안하는 퍼지 C-Means 클러스터링 기법을 적용한 양자화 영상과 일반적으로 사용되는 히스토그램을 이용한 양자화 기법을 적용한 영상을 비교한 결과, 퍼지 C-Means 클러스터링 기법을 적용하여 양자화 하는 것이 히스토그램 기반 양자화 방법보다 요부 근육 내의 명암도를 정밀하게 분류하여 지방과 등뼈 영역의 특징을 명확히 분류하는 것을 확인하였다. 히스토그램 기반 양자화 기법을 적용한 영상에서는 가장 작은 명암 값과 가장 큰 명암 값 그룹에 많은 픽셀이 집중되어 요부 근육 내의 지방이 등뼈와 같은 특징으로 분류되어 지방을 분석하는데 비효율적인 것을 확인할 수 있었다. 요부 초음파 영상에서 지방이나 근막 등은 대체적으로 높은 명암도를 갖고 있으나 등뼈의 명암도 보다 낮기 때문에 퍼지 C-Means 클러스터링 기법을 적용하여 요부 근육 내의 지방을 분석하는 것이 효율적인 것을 실험을 통하여 알 수 있었다. 그림 7의 (a)는 히스토그램 기반 양자화 기법을 적용한 결과 영상이고 그림 7의 (b)는 퍼지 C-Means 클러스터링 기법을 적용한 결과 영상이다.



(a) 히스토그램 기반 양자화  
(a) Histogram based quantization



(b) FCM 기반 양자화  
(b) FCM based quantization  
그림 7. 양자화 비교  
Fig. 7 Comparison of quantization

#### IV. 결론

본 논문에서는 요부 초음파 영상에서 퍼지 C-Means 클러스터링 기법을 이용하여 양자화한 후에 요부 근육 내의 특성을 분석하는 기법을 제안하였다. 그러나 요부 초음파 영상에서 요부 근육내의 지방을 세밀하게 분석하기 위해서는 FCM 알고리즘의 단점인 초기 원형 설정 문제를 해결하는 것이 중

요하다. 즉, 초기 원형의 설정에 따라 수렴하는 국부 최적해가 달라지며 전역 최적해에 수렴하는 초기 원형의 설정 문제는 NP-hard임이 증명되었으므로 적절한 초기화를 통해 보다 나은 국부 최적 해에 수렴하도록 하는 것이 중요하다(9).

따라서 향후에는 영상의학과 전문가가 요부 내의 지방을 효과적으로 분석하기 할 수 있도록 FCM 알고리즘에서 커널 밀도 추정을 이용한 초기 원형 선택 방법을 연구할 것이고 실제 영상의학과 전문가가 양자화된 요부 근육 내의 명암도 그룹을 이용하여 요부 근육내의 지방을 분석한 후, 요통과의 연관 관계를 도출할 수 있도록 확장할 것이다.

## 참고문헌

- [1] S. L. Koppenhaver, J. J. Hebert, J. M. Fritz, E. C. Parent, D. S. Teyhen, J. S. Magel JS, "Reliability of rehabilitative ultrasound imaging of the transverses abdominis and lumbar multifidus muscles," Arch Phys Med Rehabil, pp.87-94, Vol.90, No.1 Jan., 2009.
- [2] K. B. Kim, S. H. Shin, "Extraction of Lumbar Multifidus Muscle using Ultrasound Images," Journal of Korea Institute of Intelligent Systems, Vol.16, No.2, pp.55-59, Feb., 2011.
- [3] K. B. Kim, "Extraction of Muscle Areas form Ultrasonographic Images using Thoracic Vertebra and Subcutaneous Fat Areas," Journal of Korea Institute of Intelligent Systems, Vol.17, No.5, pp.29-32, May., 2011.
- [4] M. T. V. Holsbeeck, J. H. Introcaso, "Musculoskeletal Ultrasound", 2nd edn, Philadelphia, Mosby Press, 2001
- [5] R. K. Chhem., P. A. Kaplan, and R. G. Dussault, "Ultrasonography of the musculoskeletal system," Radiol. Clin.. North Am.. Vol.32, pp.275-289, 1994.
- [6] F. M. R. Jesus, P. H. Ferreira, M. L. Ferreira, "Ultrasonographic Measurement of Neck Muscle Recruitment: A Preliminary Investigation", Journal Manual & Manipulative Therapy, Vol.16, pp.89-92, 2009.
- [7] K. B. Kim, "Extraction of Muscle Areas form Ultrasonographic Images using Subcutaneous Fat Areas and Thoracic Vertebra," Journal of The Korea Society of Computer and Information, Vol.17, No.5, pp.29-32, 2012.
- [8] J. C. Bezdek, Pattern Recognition with Fuzzy Objective Function Algorithms, Springer, 1981.
- [9] D. Q. Zhanga, S. C. Chen, "A novel kernelized fuzzy C-means algorithm with application in medical image segmentation," Artificial Intelligence in Medicine, Vol. 32, Issue 1, pp.37-50, 2004.

## 저자 소개



### 김 광 백

1999 : 부산대학교

전자계산학과 이학박사.

현 재 : 신라대학교 컴퓨터공학과 교수.

현 재 : 한국정보통신학회 총무부회장.

현 재 : The Open Artificial Intelligence Journal (USA), Editor.

관심분야 : 퍼지 논리, 영상 처리,

유전자 알고리즘,

의료정보시스템, 생물정보학.

Email : gbkim@silla.ac.kr