

적응적 개미군집 퍼지 클러스터링 기반 의료 영상분할

유정민*, 전문구*
 *광주과학기술원 정보통신공학부
 e-mail : estevan119@gist.ac.kr

An ACA-based fuzzy clustering for medical image segmentation

Jeong-Min Yu*, Moon-Gu Jeon*
 *School of Information and Communications, Gwangju Institute of Science and Technology

요 약

Possibilistic c-means (PCM) 알고리즘은 fuzzy c-means (FCM) 의 노이즈 민감성을 극복하기 위해 제안 되었다. 하지만, PCM 은 사용되는 시스템 파라미터들의 초기화와 coincident 클러스터링 문제로 인하여 그 성능이 민감하다. 본 논문에서는 이러한 문제점들을 극복하기 위해 개미군집 알고리즘 (Ant colony algorithm)을 이용한 퍼지 클러스터링(fuzzy clustering) 알고리즘을 제안한다. 먼저, 개미군집 알고리즘을 통해 PCM 의 클러스터 개수 및 중심 값 파라미터를 최적화 하고, 미리 분류된 화소 정보를 이용하여 PCM 의 coincident 클러스터링 문제를 해결하였다. 제안된 알고리즘의 효율성을 의료 영상 분할 문제에 적용하여 확인하였다.

1. 서론

의료 영상 분석에서 영상 분할(image segmentation)은 전처리 과정으로 중요한 비중을 가지는 연구분야이다. 의료 영상은 종종 의료 영상 장비들에 의해 노이즈가 생성되어서, 영상 분할에 많은 어려움을 가지고 있다.

최근 의료 영상 분할을 위해 많은 방법론들이 제시되었다. 그 중에서, 클러스터링 알고리즘을 통한 방법이 많은 관심을 받고 있다. 특히, possibilistic c-means (PCM) [4] 은 fuzzy c-means (FCM) 알고리즘의 노이즈에 취약한 단점을 보완하기 위해 제안되었는데, 노이즈 의료 영상 분할에 많이 적용되고 있다. PCM 은 FCM 의 fuzzy membership matrix 의 column sum 조건을 완화시킴으로써 노이즈 데이터 영상을 적절하게 제거한다. 하지만, PCM 알고리즘의 성능은 초기 시스템 파라미터들, 즉 클러스터 개수와 각 클러스터의 중심 값에 영향을 많이 받는다. 또한, PCM 알고리즘이 FCM 의 column sum 조건을 완화함으로써, 다른 클러스터들을 같은 클러스터로 묶는 coincident 클러스터링 문제를 가지고 있다.

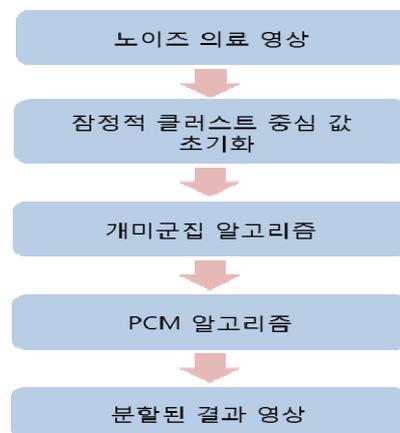
최근, 이러한 PCM 알고리즘의 단점들을 보완하기 위해 swarm-based 휴리스틱 알고리즘들과 연계한 혼합 방법론이[3] 많이 제안되었다. Swarm-based 알고리즘들은 최적화된 클러스터 개수와 각 클러스터의 중심 값을 PCM 의 시스템 파라미터 값으로 자동적으로 제공한다. 하지만, 이러한 혼합 알고리즘은 여전히 PCM 의 coincident 클러스터링 문제를 극복하지 못하였다.

본 논문에서는 PCM 의 파라미터 초기화 문제와 coincident 클러스터링 문제를 동시에 해결하는 개미군

집(Ant colony) 퍼지 클러스터링 알고리즘을 제안한다. 전역 최적화 값을 찾는데 좋은 성능을 지닌 개미군집 알고리즘을 [2] 통하여 최적화된 클러스터 개수와 중심 값을 자동적으로 PCM 에 제공한다. 또한, 개미군집 알고리즘을 통해 미리 분류(pre-classified) 된 화소 값을 바탕으로 PCM 의 coincident 클러스터링 문제를 해결하였다.

2. 제안한 개미군집 퍼지 클러스터링 알고리즘

아래의 그림 1. 은 제안한 개미군집 퍼지 클러스터링 알고리즘의 흐름도이다.



(그림 1) 제안한 개미군집 퍼지 클러스터링 흐름도

다음은 제안한 개미군집 퍼지 클러스터링 알고리즘의 구체적 내용을 기술하였다.

먼저, 영상 분할을 위해 노이즈 의료 영상을 입력 받는다. 기존의 개미 군집 알고리즘은 많은 계산 복잡도를 가지는 문제를 가지고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 잠정적 클러스터 개수와 그들의 중심값을 통계적으로 결정한다. 우선, 입력 회색(gray) 스케일 영상 화소(pixel)들을 M 구역으로 나눈다. 각 구역에 포함 된 화소의 개수가 적정 한계치(threshold)를 넘는 구역을 계산하여 잠정적 클러스터 개수로 선정하고 그들의 평균값을 취하여 클러스터 중심 값으로 할당한다.

그 후, 계산된 잠정적 클러스터 개수와 중심 값은 개미군집 알고리즘을 통하여 최적화한다. 최적화 된 클러스터 개수와 중심 값을 통해 PCM 의 초기 파라미터 값에 민감한 부분을 해결한다. 또한, 개미 군집 알고리즘을 통하여 분류된 화소 집합과 분류되지 않은 화소 집합 정보를 얻게된다. 분류된 화소 집합은 각 클러스터와 그들의 멤버 화소들로 나누어져 있는데, 각 클러스터 중심 값을 그들의 멤버 화소들에게 할당하여 PCM 의 coincident 클러스터링 문제를 미연에 방지한다.

마지막으로, 개미 군집 알고리즘을 통하여 최적화된 클러스터 개수 및 중심 값을 PCM 의 초기 파라미터 들에 할당한다. 그리고, 분류되지 못한 집합의 화소들은 PCM 을 통하여 분류한다.

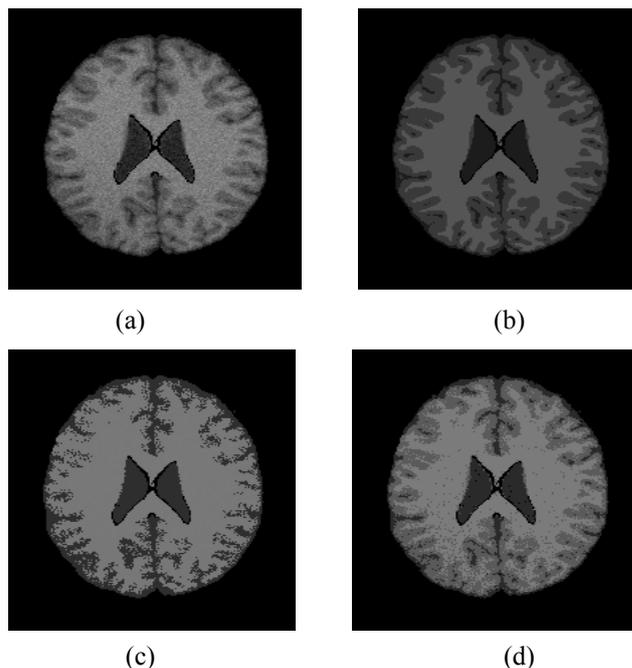
3. 실험 결과

제안된 알고리즘은 McConnel Brain Imaging Centre (BIC) [1] 에서 제공하는 합성된 뇌 MR 영상에 적용하여 성능을 평가하였다. 특히, 본 실험에서는 다양한 노이즈 레벨과 명도 불균등성이(bias-fied) 포함된 96 번째 합성 뇌 영상을 사용하였다.

그림 2(a) 는 원본 뇌 영상에서 9% 가우시안 노이즈가 첨가되었다. 이 뇌 영상은 white matter(WM), gray matter(GM), cerebrospinal fluid(CSF) 물질로 이루어져있다. 그림 2(b) 는 영상 분할의 ground true 정보를 보여 준다. 그림 2(c) 는 PCM 알고리즘을 이용한 영상분할의 결과이다. 뇌 영상이 3 개의 클러스터로 구성되어 있는데, PCM 의 coincident 클러스터링 문제로 2 개의 클러스터로 영상 분할이 된 것을 확인할 수 있다. 그림 2(d) 는 제안한 개미군집 퍼지 클러스터링을 이용한 영상 분할 결과이다. 3 개의 클러스터를 이루면서 분할이 잘된 것을 확인할 수 있다. 제안한 알고리즘의 정량적 수치를 평가하기 위해서, Jaccard similarity index(SI) 를 사용하였다. SI 인덱스가 1 의 값에 가까울수록 ground true 값에 가깝다. 표 1 에서는 기존 알고리즘과 비교한 영상 분할 결과 값을 보여주었다.

4. 결론 및 향후 계획

본 논문에서는 PCM 의 파라미터들의 초기화 및 coincident 클러스터링 문제를 개미군집 알고리즘을 적용하여 효율적으로 극복하였다. 제안한 알고리즘을 노이즈가 포함된 뇌 영상에 적용하여 그 성능의 뛰어난을 확인하였다.



(그림 2) (a) 9% 가우시안 노이즈가 포함된 원본 영상 (b) Ground true (c) PCM 의 영상 분할 결과 (d) 제안한 알고리즘의 영상 분할 결과

<표 1> 합성 뇌 영상 분할 결과

Methods	Bias-field	5% (Noise-level)	
		0%	20%
PCM [4]	WM	0.9248	0.919
	GM	0.864	0.8553
	CSF	0.8967	0.8907
ACA [2]	WM	0.9303	0.9318
	GM	0.8385	0.8301
	CSF	0.85	0.8249
제안한 알고리즘 (ACA+PCM)	WM	0.9296	0.9244
	GM	0.8728	0.86
	CSF	0.9049	0.8907

5. 감사의 글

본 논문은 한국연구재단(NRF Grant No. 2012-000-2420)의 지원을 받아 연구된 것입니다.

참고문헌

[1] <http://www.bic.mni.mcgill.ca/brainweb/>.
 [2] Y. Han and P. Shi. "An improved ant colony algorithm for fuzzy clustering image segmentation". Neurocomputing, 70:655-671, 2007.
 [3] W. Liu, E. McGrath, C.-C. Hung, and B.-C. Kuo. "Hybridization of particle swarm optimization with unsupervised clustering algorithms for image segmentation" International Journal of Fuzzy Systems,10(3):217-230, 2008.
 [4] K. R. and K. J. M. A possibilistic approach to clustering. IEEE Trans Fuzzy Syst., 1(2):98-110, 1993.