

## ART2 알고리즘을 이용한 초음파 영상에서의 충수 추출

김광백\*

### Appendix Extraction from Ultrasound Image using ART2

Kwang Baek Kim\*

Department of Computer Engineering, Silla University, Busan 617-736, Korea

#### 요 약

본 논문에서는 복부 초음파 영상에서 충수를 추출하는 방법을 제안한다. 제안된 충수 추출 방법은 복부 초음파 영상에서 명암 대비를 강조하기 위해 Ends\_in Search Stretching 기법을 적용하고, Max-Min 이진화, 영역 레이블링, 잡음제거, Cubic Spline 보간법을 적용하여 복부 근육의 하단 근막 부분을 추출한다. 그리고 초음파 영상에서 추출된 근막 영역을 제거한 후, ART2 알고리즘을 적용하여 충수를 추출한다. 제안된 방법을 초음파 영상에 적용한 결과, 제안된 충수 추출 방법이 효율적으로 충수가 추출되는 것을 영상의학과 전문의를 통하여 확인하였다.

#### ABSTRACT

In this paper, we propose a novel method to extract appendix from ultrasound image automatically to avoid such subjectivity issue. In the process, we apply a series of image processing algorithms such as Ends\_in search stretching for emphasizing brightness contrast and binarization, region labelling, and cubic spline interpolation for extracting lower bound fascia line that is the base of extracting the appendix. Knowing that the appendix is located at the lower organ area below the bottom fascia line, we conduct a series of image processing techniques to find the fascia line correctly. And then we apply ART2 algorithm to the organ area in order to extract appendix accurately. Through experiment, the effectiveness of the proposed method is verified based on the field experts' evaluations.

**키워드** : 충수, 초음파 영상, Ends\_in Search Stretching, 근막, ART2 알고리즘

**Key word** : Appendix, Ultrasound Image, Ends\_in Search Stretching, Fascia, ART2 algorithm

Received 02 October 2015, Revised 30 October 2015, Accepted 09 November 2015

\* Corresponding Author Kwang Baek Kim(E-mail:gbkim@silla.ac.kr, Tel:+82-51-999-5052)

Department of Computer Engineering, Silla University, Busan 617-736, Korea

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2015.19.11.2540>

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

충수는 6~9cm 길이의 근육질의 좁은 관으로 충양돌기, 막창자꼬리라고도 하는 맹장 아래 끝에 위치한 가느다란 관모양의 돌기이다[1].

충수 돌기염의 원인으로는 충수 점막하의 림프절 증식과 잔류분석으로 인한 충수돌기의 폐쇄, 세균이나 바이러스, 기생충, 이물질 등이 있으며, 대부분은 잔류분석으로 인한 충수돌기의 폐쇄가 주요 원인이다[2]. 충수 돌기염을 의심할 수 있는 몇 가지 증상은 배꼽 주위의 통증과 눌렀을 때 나타나는 우측 하복부의 통증, 우측 하복부 특정 부위에 나타나는 압통, 구토와 설사 그리고 백혈구 수의 증가와 미열 등의 발생이다. 이를 진단하기 위한 대표적인 검사는 단순 복부 X-ray 검사와 복부 초음파 검사, 복부 전산화 단층 촬영술이 있다. 이 중에서 복부 초음파 검사는 비교적 검사 비용이 저렴하고 짧은 시간 내에 환자의 고통을 최소화하여 충수 돌기염을 진단할 수 있어 널리 사용되고 있다. 그러나 전형적인 증상이나 특이한 신체의 소견 등이 보이지 않는 경우, 초음파 검사의 지연 등으로 진단의 모호성이 존재하므로 충수 돌기 절제술의 시행 시간에 영향을 주기 때문에 장천공이나 기타 합병증을 유발하는 위험성이 발생한다[3].

이러한 문제점을 보완하고 초음파 영상을 이용하는 의료 분야에 적용하기 위해 의료 영상 진단에 필요한 두께, 염증의 변화량 등의 자료를 객관적으로 측정할 수 있는 전단계로 복부 초음파 영상에서 충수를 추출하는 방법을 제안한다.

## II. 근막 영역 제거

복부 초음파 영상에서 근막 영역을 추출하기 위해 Ends\_in Search Stretching 기법을 적용하여 명암도 대비를 강조한다. Ends\_in Search Stretching 기법은 명암도 값의 분포를 펼치는 방법이다. Ends\_in Search Stretching 기법은 다음과 같다[4].

$$S_{(x,y)} = \begin{cases} 0 & P_{(x,y)} \leq Min \\ 255 \times \frac{P_{(x,y)} - Min}{Max - Min} & Min < P_{(x,y)} < Max \\ 255 & P_{(x,y)} \geq Max \end{cases} \quad (1)$$

여기서 Min과 Max는 복부 초음파 영상에서 가장 어두운 명암도와 가장 밝은 명암도에서 각각의 30%를 인계값으로 설정한 값이고  $P_{(x,y)}$ 는 원 영상의 명암도이고,  $S_{(x,y)}$ 는 스트레칭 기법이 적용된 명암도이다. 그림 1(a)는 복부 초음파 영상이며 그림 1(b)는 Ends\_in Search Stretching 기법이 적용된 결과 영상이다.

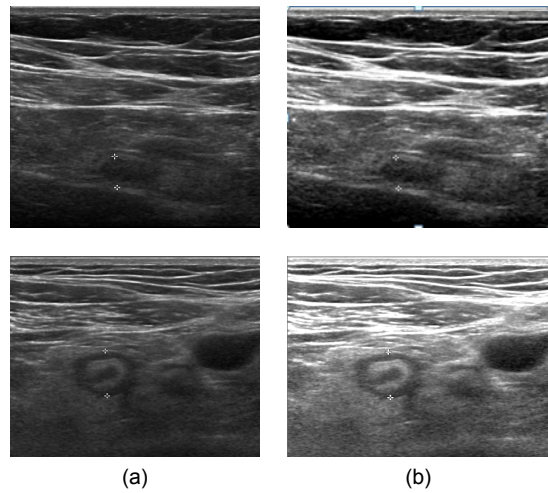
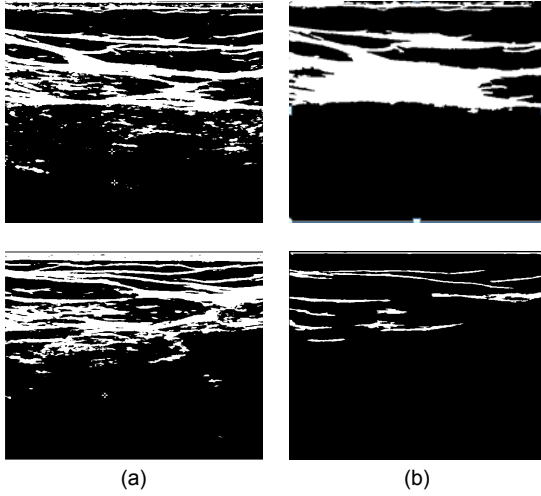


Fig. 1 The Effect of Ends\_in Search Stretching (a) Abdomen Ultrasonography (b) Ends-in Search Stretching

그림 1(b)와 같이 스트레칭 기법이 적용된 영상에서 Max-Min 이진화, 영역 레이블링 기법을 적용하여 객체의 크기가 1500이하인 영역을 잡음으로 간주하여 제거한 후, 근막 영역을 추출한다. 영역 레이블링 기법은 픽셀들이 서로 다른 픽셀들과 연결되어 있는 픽셀들의 집합을 설정하는 방법으로 본 논문에서는 반복적 알고리즘을 적용한다[5]. 이진화 기법이 적용된 영상에서 영역 레이블링을 적용하여 잡음을 제거한 결과 영상은 그림 2(b)와 같다.

영역 레이블링을 적용하여 잡음이 제거된 영상에서는 복부 근막의 하단 경계선 사이가 연결되지 않는 부분이 발생한다. 이러한 문제점을 보완하기 위해 Cubic Spline 보간법을 적용한다. Cubic Spline 기법은 특정 좌표를 이용하여 Spline 함수가 각각의 특정 좌표를 직접 탐색한 후에 해당 좌표들 사이의 값을 구하고 연결시키는 방식이다. Cubic Spline 보간법의 식은 다음과 같다.



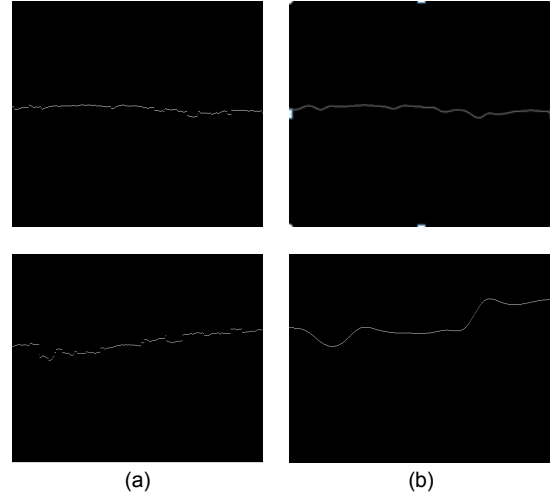
**Fig. 2** The Effect of Region Labelling and Noise Removal (a) Max-Min Binarization (b) Noise Removal

$$\begin{cases} S''_{n-1}(x_n) = S''_0(x_0) = 0 \\ S''_{i-1}(x_i) = S''_i(x_i) & i = 1, 2, 3, \dots, n-1 \\ S'_{i-1}(x_i) = S'_i(x_i) & i = 1, 2, 3, \dots, n-1 \\ S_{i-1}(x_i) = S_i(x_i) = y_i & i = 1, 2, 3, \dots, n-1 \end{cases} \quad (2)$$

식 (2)에서 첫 번째 조건은 각 점에서 원래의 데이터의 값  $x_j$ 의 곡선이 지나가야 하며, 두 번째 조건은 각 점  $x_j$ 에서 두 곡선의 함수 값이 같아야 하며 세 번째 조건은 각 점  $x_j$ 에서 두 곡선의 미분 값을 같게 한다. 마지막으로 각 점  $x_j$ 에서 두 곡선의 이차 미분값을 같게 한다 [6]. 첫 번째와 두 번째 조건은 만족해야하며, 세 번째와 마지막 조건은 경계선을 부드럽게 연결하기 위해 사용하는 조건이다. 근막의 하단 경계선 영상에서 Cubic Spline 보간법을 적용한 결과는 그림 3(b)와 같다.

### III. 충수 추출

충수 후보 영역을 추출하기 위해 복부 근막을 제거한 하단 영역에 ART2 알고리즘을 적용하여 충수의 후보 영역을 추출한다. ART2 신경망은 임의의 입력 패턴에 대해 이미 학습된 패턴을 잊지 않고 새로운 학습 패턴을 학습할 수 있는 안정성과 적응성을 가지면서 실시간



**Fig. 3** The Effect of Cubic Spline Interpolation (a) Candidate Line of the Fascia (b) Cubic Spline Interpolation

학습이 가능하여 저속 및 고속 학습이 가능한 알고리즘으로, ART2 알고리즘은 다음과 같다[7].

단계 1.  $i$ 번째 입력 패턴을  $x_i$ , 신경망의  $j$  번째 클러스터의 가중치를  $w_{ji}$ 라고 한다.

$$\text{입력패턴 집합 } X = \{x_1, x_2, \dots, x_N\}$$

$$\text{클러스터 집합 } O = \{o_1, o_2, \dots, o_C\}$$

$N$  : 입력 패턴 수

$C$  : 클러스터 수

단계 2. 승자 클러스터를 선정한다. 새로운 입력 패턴  $x_i$ 에 대해 최소거리를 가지는 클러스터  $j^*$ 을 승자 클러스터로 선택한다. 승자 클러스터의 출력값은 다음과 같이 계산한다.

$$o_j = \left( \text{Min} \left( \sqrt{\sum_{i=1}^N (x_i - w_{ji})^2} \right) \right)$$

단계 3. 입력 패턴에 대한 유사성 검증을 수행한다. 만약 입력 패턴이 승자 클러스터의 중심반경 이내에 있고 입력 패턴이 승자 클러스터에 속하는 경우에는 클러스터의 중심 벡터를 조정하기 위해 다음과 같이 가중치를 조정한다.

$$w_{ji} = \frac{x_i + w_{ji}^{old} \cdot \| Cluster_{ji}^{old} \|}{\| Cluster_{ji}^{old} \| + 1}$$

여기서,  $\| Cluster_{ji}^{old} \|$  는 j번째 클러스터에 갱신된 입력 패턴의 수이다. 만약 입력벡터와 승자 클러스터의 중심 벡터 사이의 거리가 반경 이내에 포함되지 않으면 이 입력 패턴은 기존의 클러스터와는 상이한 패턴임을 의미하며 이 입력 벡터에 대한 새로운 클러스터를 생성한다.

단계 4. 모든 입력이 제시될 때까지 단계 1에서 단계 3의 과정을 반복 수행한다.

단계 5. 신경망의 클러스터의 중심 벡터가 각각 변함이 없으면 학습을 종료 한다.

기존의 충수 추출 방법 [8]은 K-means Clustering 기법을 적용하여 충수의 후보 영역을 추출하였다. K-means Clustering 기법은 임의의 명암도 값으로 클러스터링 되어, 소장 객체의 명암도와 충수에 물이 찬 경우의 명암도를 분류할 수 없는 문제점이 있다. 따라서 이러한 문제점을 개선하기 위하여 본 논문에서는 ART2 알고리즘을 적용하여 승자 클러스터를 설정하고 경계 변수와 비교하면서 소장의 객체의 명암도와 충수에 물이 찬 경우의 명암도를 구분한 후, 충수의 후보 객

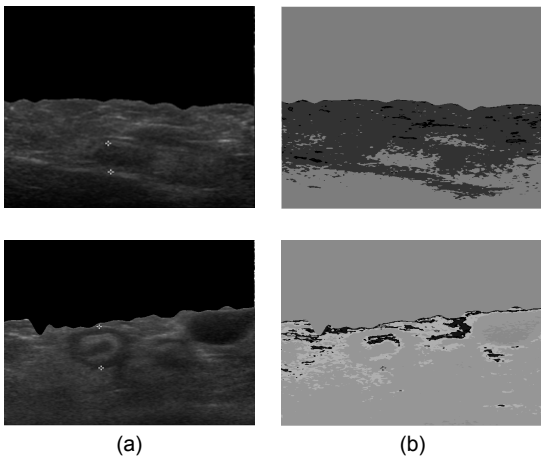


Fig. 4 The Effect of ART2 Algorithm (a) Area below Fascia (b) After Applying ART2

체를 추출한다. 충수의 후보 영역을 추출하기 위해 ART2 알고리즘 기법을 적용한 결과 영상은 그림 4 (b)와 같다.

복부 초음파 영상에서 충수는 명암도가 낮은 원형 또는 타원형의 객체이다. 따라서 충수 객체를 추출하기 위해 낮은 명암도로 분류된 영역에 침식 연산 기법을 적용하여 미세한 잡음을 제거한 후에 영역 레이블링 기법을 적용한다. 평균 환자들의 충수 객체 크기는 일반적으로 3000이하의 크기를 가진다. 따라서 영역 레이블링을 수행하여 객체가 타원 형태를 가지고 객체 크기가 3000이하인 객체를 충수 객체로 추출한다.

#### IV. 실험 및 결과 분석

복부 초음파 영상에서 충수를 추출하기 위해 본 논문에서 제안한 방법을 Intel(R) Core(TM) i7-2600 CPU @ 3.40GHz 와 4GB RAM이 장착된 PC에서 Visual Studio 2010 C#으로 구현하여 실험하였고 구현한 화면은 그림 5와 같다.

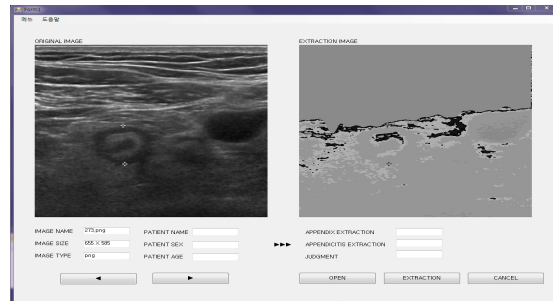


Fig. 5 The Snapshot of Appendix Extraction

그림 6은 복부 초음파 영상과 충수 객체를 추출한 결과이다. 그림 6(a)와 같은 복부 초음파 영상에서 본 논문에서 제안된 방법을 적용하여 충수를 추출한 결과는 그림 6(b)와 같다.

그림 7은 기존의 충수 추출 방법과 제안된 방법으로 충수를 추출한 결과를 나타낸 것이다. 기존의 충수 추출 방법은 K-means Clustering 기법을 적용하였다. K-means Clustering 기법은 초기 명암도 값에 따라 클러스터링 결과가 변하기 때문에 여러 방면에서 사용하기 힘들고, 군집에 포함되지 않은 적은 수의 데이터로

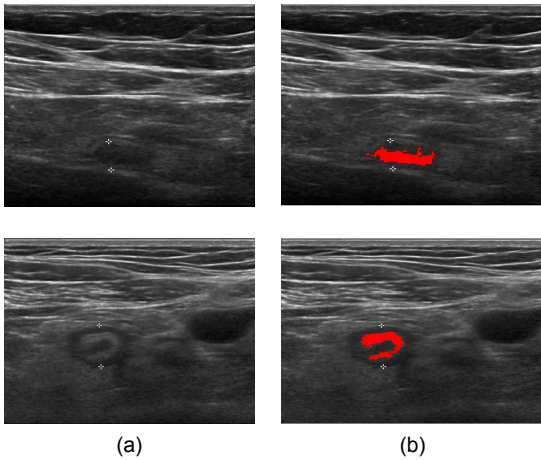


Fig. 6 Appendix Extraction Result (a) Area below Fascia (b) Extracting the Appendix

평균 명암도를 계산하는 경우에는 잡음이나 이상치 데이터에 민감하게 반응하므로 그림 7(a)와 같이 소장 객체가 추출되는 문제점이 발생하였다.

이를 개선하기 위해서 제안된 방법에서는 유클리드 안 식으로 승자 클러스터를 선정 한 후, 경계 변수와 비교하는 ART2 알고리즘을 적용하여 그림 7(b)와 같이 충수를 추출하였다.

ART2 알고리즘을 적용하여 복부 초음파 영상을 양자화한 후, 충수 객체의 후보 영역을 추출하고 후보 영역에서 충수를 추출하는데 적용된 ART2 알고리즘의 경계 변수(vigilance parameter)는 0.1로 설정하였다.

기존의 충수 추출 방법과 제안된 충수 추출 방법에 대해 영상의학과 전문의를 통해 받은 20장의 복부 초음파 영상을 대상으로 추출한 개수는 표 1과 같다.

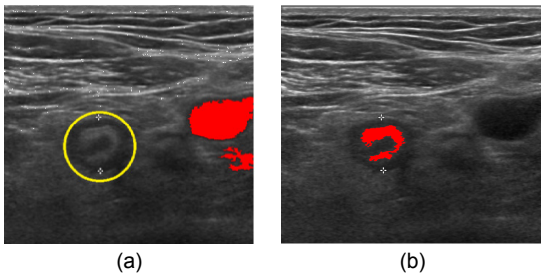


Fig. 7 The Comparison of Appendix Extraction Results (a) Extraction via Previous Approach (b) Extraction via Proposed Method

Table. 1 The Comparison of Extraction Success Rate

	Previous Approach[8]	Proposed Method
Appendix Extraction	13 / 20	17 / 20

### V. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 복부 초음파 검사자가 객관적이고 효율적으로 충수를 진단할 수 있는 진단계로 초음파 영상에서 충수를 추출하는 방법을 제안하였다. 충수를 추출하는 과정은 복부 초음파 영상에서 근막 영역의 명암도를 강조하기 위해 Ends\_in Search Stretching 기법을 적용한 후, Max-Min 이진화, 영역 레이블링, 잡음 제거, Cubic Spline 보간법을 적용하여 근막의 하단 영역을 추출하였다. 복부 초음파 영상에서 근막 하단 영역을 추출한 후, ART2 알고리즘과 침식 연산, 영역 레이블링 기법을 적용하여 충수를 추출하였다.

기존의 충수 추출 방법은 복부 초음파 영상에서 근막 영역을 제거한 후, K-means Clustering 기법을 적용하였다. K-means Clustering 기법을 적용하여 충수 후보 영역을 추출한 경우에는 임의의 명암도의 값으로 클러스터링 되어 소장 객체의 명암도와 충수 객체의 명암도를 분류할 수 없는 경우가 발생하였다. 이러한 문제점을 개선하기 위해, 근막 하단 영역에서 ART2 알고리즘을 적용하여 승자 클러스터를 설정하고 경계변수와 비교하면서 소장의 객체 명암도와 충수 명암도를 구분하여 충수를 추출할 수 있도록 개선하였다.

제안한 방법을 복부 초음파 영상을 대상으로 실험한 결과, 충수를 분석하기에 효율적으로 충수가 추출되는 것을 영상의학과 전문의를 통해 확인하였다.

향후 연구 방향에서는 다양한 환자의 복부 초음파 영상을 대상으로 다양한 형태의 충수 객체를 추출하고 분석할 수 있도록 확장할 것이다.

### REFERENCES

[1] J. Y. Yoon, D. H. Ryu, S. G. Lee, J. G. Jeong, O. G. Jeong, "Acute appendicitis diagnostic usefulness using abdomen ultrasonic wave", *Journal of the Korean Surgical Society*,

- Vol.66, No.6, pp.503-507, 2004.
- [2] J. H. Lee, P. C. Choi, M. S. Shim, K. J. Song, Y. K. Jeong, "Comparison of Computer Tomography and Sonography in Patients Suspected of Having Appendicitis," *Journal of the Korean Society of Emergency Medicine*, Vol.12, No.3, pp.290-297, 2001.
- [3] H. -H. Do, J. -C. Kim, J. -H. Kim, S. -C. Kim, T. -Y. Shin, Y. -S. Kim, Y. -R. Ha, "Accuracy of Emergency Physician's Ultrasonography in the Diagnosis of Acute Appendicitis," *Journal of the Korean Society of Emergency Medicine*, Vol.16, No.5, pp.547-554, 2005.
- [4] K. -B. Kim, D. H. Yu, Y. -S. Hong, "Extraction of Muscle from Ultrasound Images of Cervical Regions," *Information-An International Interdisciplinary Journal*, Vol.16, No.4, pp.2669-2678, 2013.
- [5] S. E. Umbaugh *Computer Vision and Image Processing: A Practical Approach Using CVIP tools*, Prentice Hall PTR, 1998.
- [6] K. B. Kim, "Panoramic Image Reconstruction using SURF Algorithm", *Journal of The Korean Society of Computer and Information*, Vol.18, No.4, pp.13-18, 2013.
- [7] K. B. Kim, D. H. Song, "Extraction of Appendix from Ultrasonographic Images with Fuzzy Binarization Technique," *International Journal of Software Engineering and Its Applications*, Vol.8, No.9, pp.29-38, 2014.
- [8] S. I. Park, K. B. Kim, "Appendix Analysis from Ultrasonography with Cubic Spline Interpolation and K-Means Clustering," *International Journal of Bio-Science and Bio-Technology*, Vol.5, No.4, pp.1-10, 2013.



**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  
 2015년~현재 : Computational Intelligence and Neuroscience(SCIE), Lead Guest Editor  
 ※ 관심분야 : 퍼지 신경망, 기계 학습, 의료 영상 처리, 유전자 알고리즘, 생물정보학