

ART2 기반 양자화를 이용한 초음파 영상에서의 근육 영역 추출 및 분석

김진호* · 이해정** · 김광백***

*신라대학교 컴퓨터공학과

**신라대학교 물리치료학과

***신라대학교 컴퓨터정보공학부

Extraction and Analysis of Muscular Area from Ultrasound Images Using ART2-based Quantization

Jin-ho Kim^{*} · Hae-jung Lee^{**} · Kwang-baek Kim^{***}

^{*}Dept. of Computer Engineering, Silla University

^{**}Dept. of Physical Therapy, Silla University

^{***}Division of Computer and Information Engineering, Silla University

요 약

초음파 영상은 미세한 명암도 차이 등에 의해 분석 과정에서 근육 영역의 위치와 크기를 판단하는데 어려움이 발생하고 이로 인해 근육 영역을 파악하는데 주관성이 개입된다. 본 논문에서는 근육 영역을 객관적으로 분석하기 위해 ART2 신경망을 적용하여 양자화를 수행한 후, 국부적 영역에서 근육 영역을 추출한다. 초음파 영상에서 히스토그램 평활화와 엔드인 탐색 알고리즘을 적용하여 명암도의 분포와 밝기 값을 보정 한 후, ART2 신경망을 이용하여 유사한 영역을 클러스터링 한다. 그리고 클러스터링 된 각 영역의 크기, 위치 및 명암도 정보를 분석하여 피하지방, 근육 막, 기타 배경 영역으로 분류한다. 최종적인 근육 영역을 찾기 위해 근육 막 내부 객체들 간의 거리, 각도를 이용하여 근육 막 영역에 둘러싸인 근육 영역을 추출한다. 실제 초음파 영상을 대상으로 실험한 결과, 일반적인 클러스터링 기법을 적용한 방법 보다 ART2 기반 양자화와 제안된 영역 확장 기법으로 근육 영역을 추출하고 분석하는 것이 효율적임을 확인하였다.

키워드

ART2 신경망, 양자화, 초음파 영상, 근육, 엔드인 탐색

1. 서 론

인체를 검사하는 방법들은 매우 다양하며 그 중 가장 쉽게 접근 할 수 있는 방법 중의 하나가 초음파 검사이다. 특정부위를 제외한 인체 거의 모든 부분을 검사 할 수 있는 것이 큰 장점이며,

검사를 위해 피부를 뚫거나 약물 투약 없이 사용이 간편하다[1,2]. 또한 다른 진단 장비에 비해 비교적 저렴하다. 특히 근골격계 검사를 위한 초음파 영상은 인대, 건, 근육의 손상에 대한 의료진단에 사용 될 뿐 아니라, 치료 후 변화에 대한 평가와 치료시 환자에게 치료에 대한 인지를 높

이기 위하여 바이오 피드백으로도 사용된다[3]. 하지만 육안으로 영상을 판단해야하며 측정자마다 주관이 개입될 수 있기 때문에 오차가 발생한다. 또한 초음파 진단장치는 초음파 펄스를 인체의 장기에 발사하여 반사체로부터 반사되어 돌아오는 반사 수신된 신호가 약해 질 경우, 잡음이 발생하게 된다[4]. 이에 컴퓨터를 통해 잡음 제거 및 객관적으로 측정 할 수 있는 연구를 필요로 한다. 따라서 본 논문에서는 영상 처리 기법을 적용 하여 영상의 잡음과 밝기를 보정한 후, ART2 신경망을 기반으로 유사 클러스터링을 한 후, 초음파 영상의 영역 크기, 위치 및 명암도 정보를 이용한 영상 처리 기법을 적용하여 근육 영역을 추출한다.

II. 초음파 영상의 분석

초음파 영상은 회색조(gray scale)이라 불리며 0~255의 다른 휘도 레벨로 구성된다. 고형성 영역은 밝게, 액체는 어두운 레벨로 그림 1과 같이 형성 되어 있다[2].

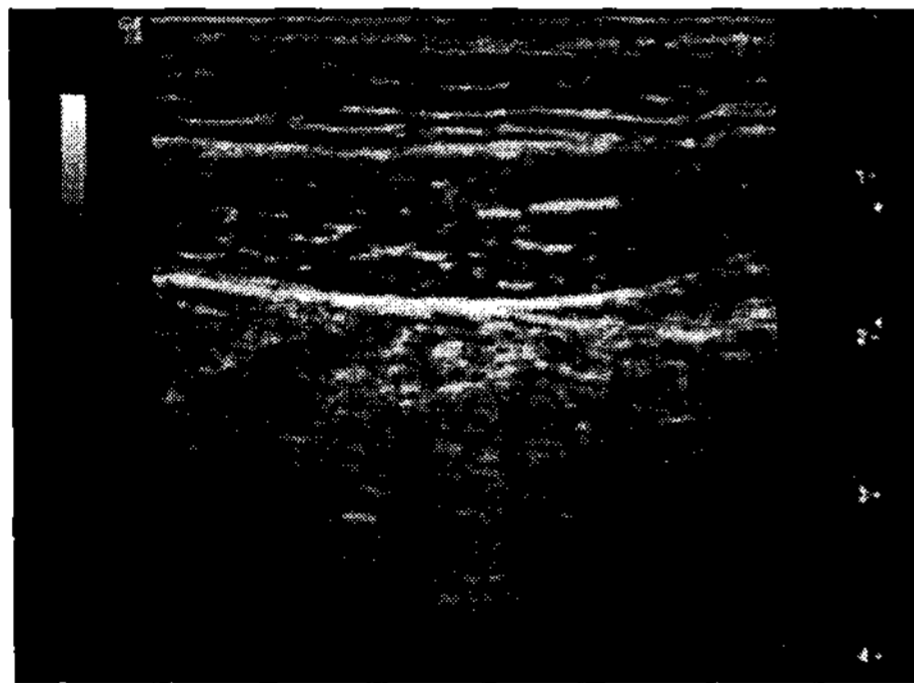


그림 1. 초음파 영상

초음파 진단장치는 초음파 펄스를 인체의 장기에 발사하여 반사체로부터 반사되어 돌아오는 반사파를 수신하여 진단에 필요한 영상을 구성한다. 이때 수신된 신호는 매질에 의한 수신 신호와 초음파 탄촉자에 의한 변환을 등에 의해 초음파 신호의 강도는 약해지며 또한 잡음이 발생하게 된다. 발생한 잡음은 초음파 영상을 분석하고 진단하는데 어려움을 준다.

III. 제안된 근육 영역 추출 및 분석

3.1 근육 추출 흐름도

본 논문에서 초음파 영상에서 근육 영역을 추출하기 위한 전체 처리 과정은 그림 2와 같다.

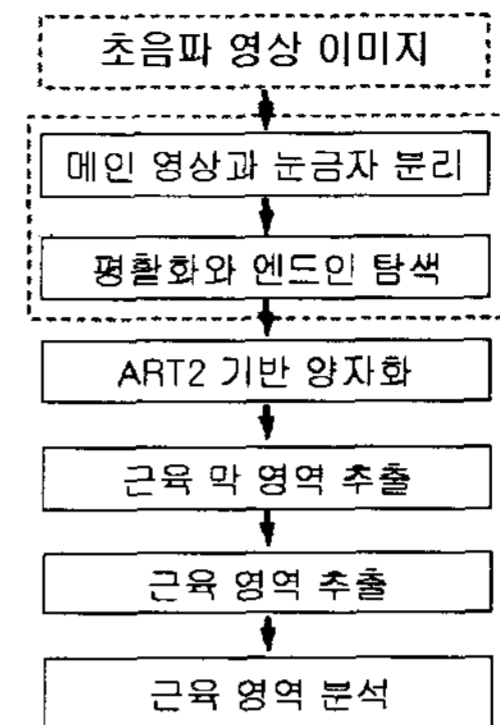
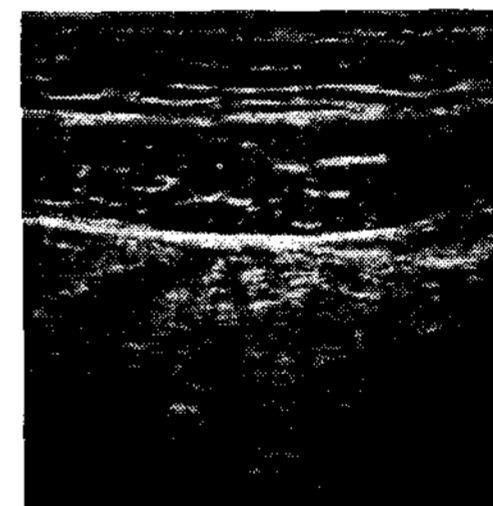


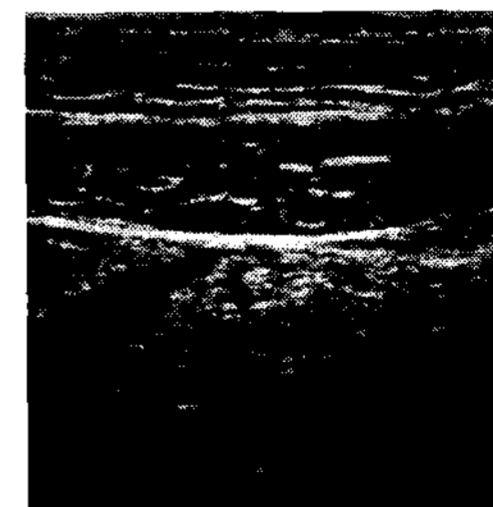
그림 2. 근육 추출 처리 과정

3.2 초음파 영상 전처리

전처리 과정에서는 실제 영상 처리에 사용 될 주 영역과 근육 영역에 대한 크기 정보를 구하기 위해 눈금자 영역으로 분리하며 근육 영역에 대한 실제 크기를 계산하기 위한 눈금 길이 정보를 저장한다. 또한 명암도 분포와 밝기 보정을 통해 영상의 경계를 부각시켜 특징 정보를 얻기 쉽게 전처리한다.



(a) 추출된 주 영역



(b)엔드인 탐색 기법을 적용한 주 영역

그림 3. 추출된 주 영역

그림3의 (b)는 엔드인 탐색 기법[5]을 적용한 주 영역이고 엔드인 탐색의 수식은 식 1과 같다.

$$S = \begin{cases} 0 & \text{For } P \leq \text{LOW} \\ 255 * (P - \text{LOW}) / (\text{HIGH} - \text{LOW}) & \text{For } \text{LOW} < P < \text{HIGH} \\ 255 & \text{For } \text{HIGH} \leq P \end{cases} \quad (1)$$

식 1에서 P는 명암도를 의미하고 S는 영상에 적용 될 새로운 명암도이다.

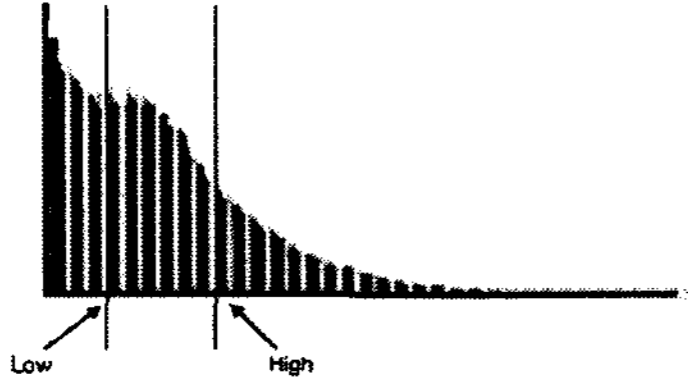


그림 4. 초음파 영상의 히스토그램

그림 4는 주 영역의 히스토그램을 나타낸 것이다. 수식 1에 적용될 Low 값과 High 값을 설정하기 위하여 본 논문에서는 Low값을 전체 명암도의 10%로 High 값은 최고 명암도 값으로 설정한다. 최종적으로 엔드인 탐색 기법을 적용한 주 영역에 평활화 기법을 적용하여 클러스터링 될 영역의 분포를 고르게 한다.

3.3 ART2 신경망을 이용한 주 영역 양자화

초음파 영상에서 유사 객체들을 정적으로 분류하는 것은 매우 어렵다. 각 영상 마다 같은 부위라 하더라도 명암도 차이가 존재하기 때문이다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 개선하기 위해 동적으로 유사 영역을 클러스터링 하는 ART2 알고리즘[6]을 적용하여 양자화 한다. 영상에 존재하는 피하지방, 근육 막, 기타 배경 영역을 구분하기 위해 주 영역의 명암도를 ART2 알고리즘을 적용하여 양자화 한다. ART2 알고리즘을 적용하여 양자화 하는 과정은 그림 5와 같다. 그림 5에서 출력값은 식2와 같이 계산하고 연결 가중치 조정은 식3과 같이 계산한다.

$$O_j = \sqrt{\sum_{i=0}^{n-1} (x_i - w_{ji}^{-1})^2} \quad (2)$$

$$w_{j^*}^{t+1} = \frac{x_i + w_{j^*}^t \times n_{j^*}}{n_{j^*} + 1} \quad (3)$$

수식 2와 3에서 x_i 는 입력 패턴을 의미하고 $w_{j^*}^t$ 는 승자 노드의 연결 가중치이다. n_{j^*} 는 승자 노드에 갱신된 패턴의 수이다.

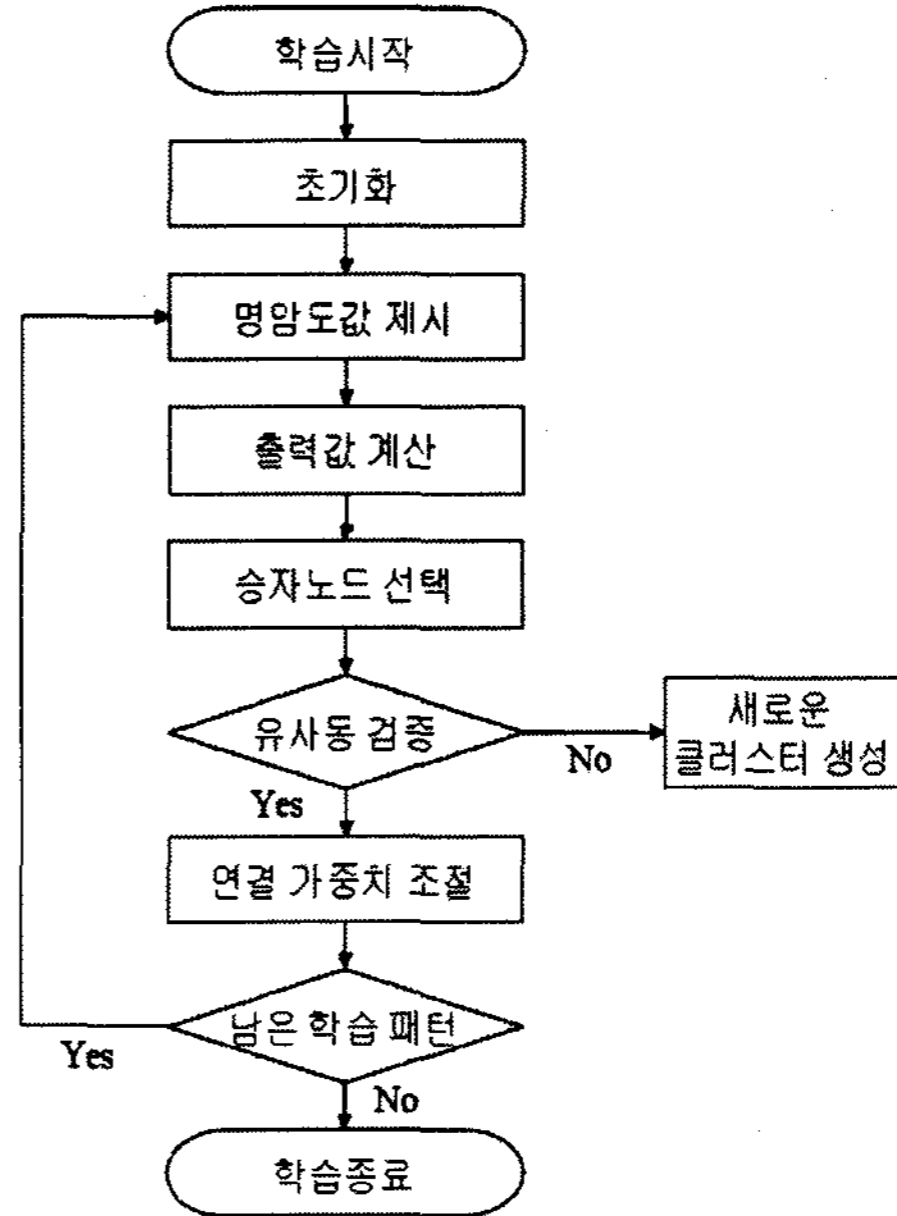


그림 5. 양자화를 위한 ART2 알고리즘

ART2 알고리즘을 적용하여 생성된 클러스터를 양자화 레벨로 설정한다. 그림 6은 초음파 영상에서 주 영역을 ART2 알고리즘을 적용하여 양자화된 영상이다.

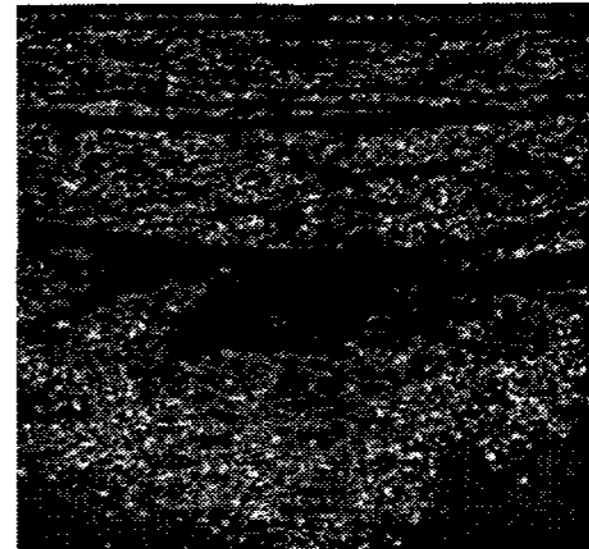
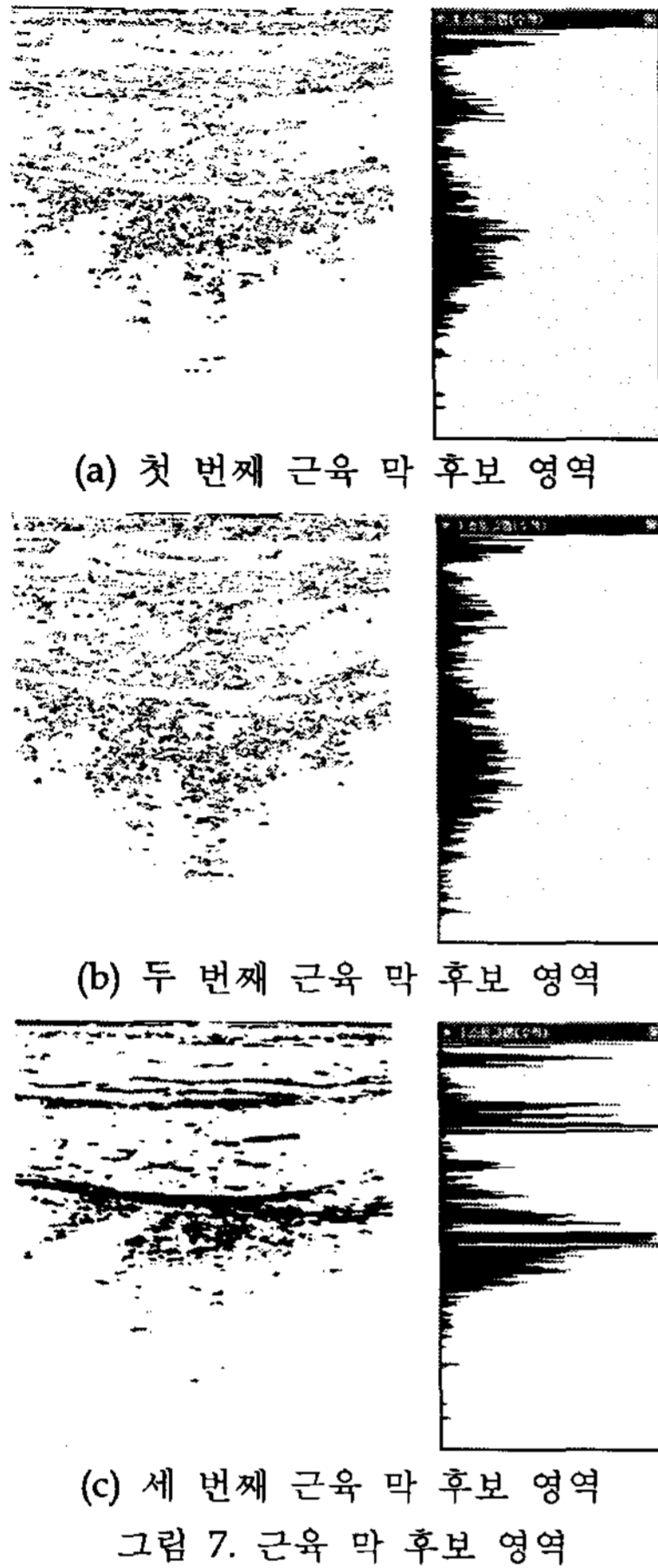


그림6. 양자화된 주 영역의 영상

3.4 근육 막 영역 및 근육 영역 추출

근육 영역은 근육 막 영역으로 둘러 싸여있다. 근육 영역을 추출하기 위해 영상에서 비교적 특징이 두드러지며 밝은 명암도 분포를 가지는 근육 막 영역을 우선 탐색한다. 클러스터 중 근육 막 영역의 후보 영역을 선정하기 위해 각 클러스터의 평균 밝기를 구하고 가장 밝은 3개의 클러스터를 후보 영역으로 선정한다. 그림 7은 선정된 근육막 후보 영역을 나타내었다



선정된 근육 막 후보 영역의 히스토그램 특징을 분석하여 최종적인 근육 막 영역을 찾는다. 근육 막 영역의 범위를 구하기 위해 각 객체를 연결한다. 객체들을 연결하기 위한 조건은 표 1과 같이 거리 및 각도를 이용한다.

표 1. 주 객체 연결 정보 테이블

방향	객체 번호	N
	수평	
	수직	거리, 각도

각 객체들을 연결하기 위한 거리 및 각도는 식 4와 5와 같이 계산한다.

$$d = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \quad (4)$$

$$\angle A = \frac{180}{\pi} \times \tan^{-1} \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \quad (5)$$

식4와 5에서 x_i 와 y_i 는 근육막 영역 내에 존재하는 객체들의 좌표를 의미한다. 그림 8의 (a)는 최종적으로 얻어진 근육 막 영역에서 미세 잡음을 제거한 영상이고 그림 8의 (b)는 (a)영상에서 연결 정보를 이용하여 연결한 영상이다.

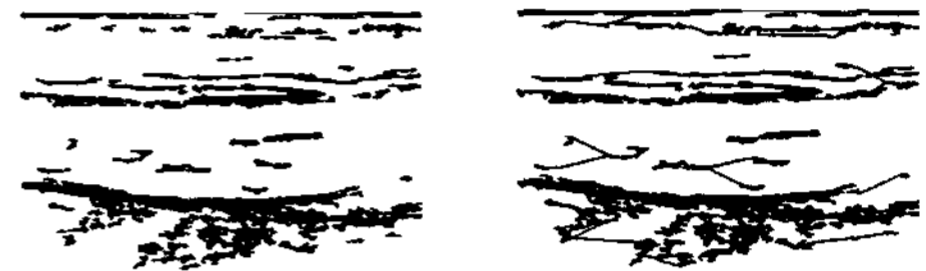


그림 8. 근육 막 영상

그림 9는 그림 8(b)의 근육 막 내부 영역에서 근육 영역을 추출한 부분을 노란색으로 표기한 영상이다.



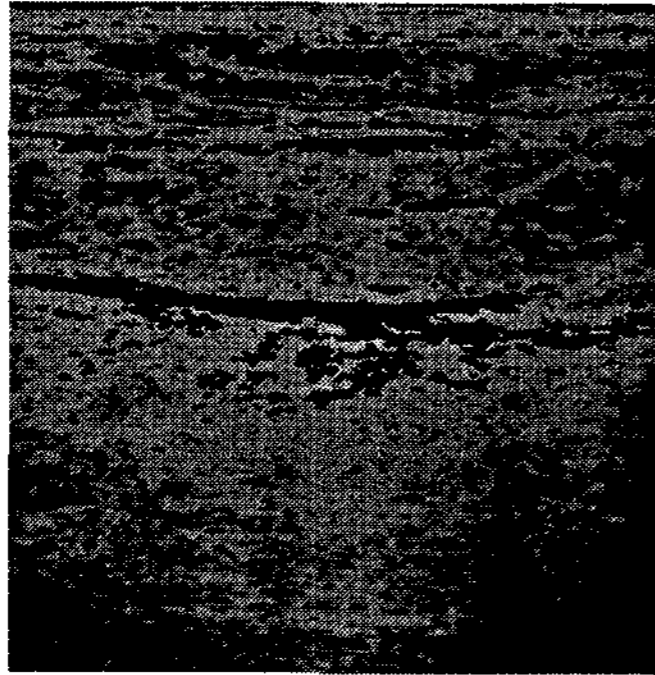
그림 9. 근육 영역 추출 영상

IV. 실험 및 결과 분석

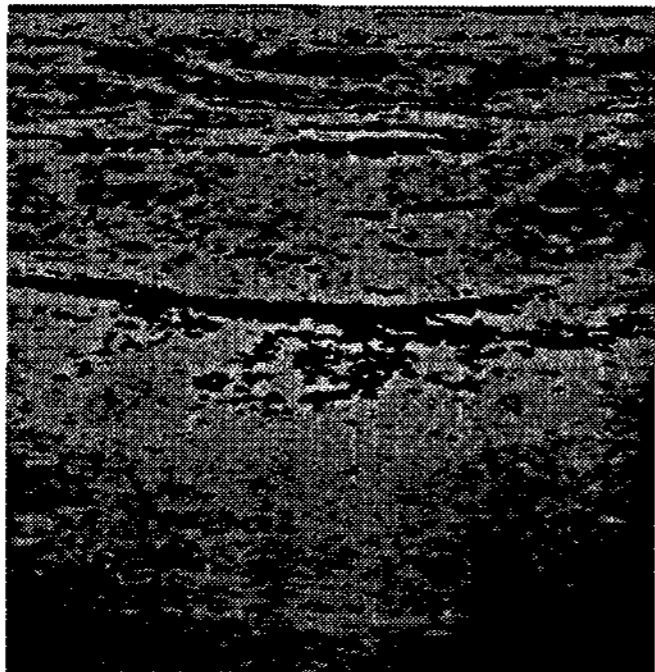
실험 환경은 Intel Pentium-IV 2GHz CPU와 256MB RAM이 장착된 IBM 호환 PC상에서 VC++ 6.0로 실험하였다. 실험 영상은 사람의 복부를 이동식 초음파 기계로 횡단 촬영한 총 5장의 영상을 실험에 적용하였다.

일반적인 방법으로 양자화를 수행하는 경우에는 정적으로 명암도를 그룹화 하여 모든 영상에 대해 똑같이 나뉜 명암도 범위를 적용하기 때문에 근육 영역을 추출할 수 없는 경우가 발생한다. 또한 나뉜 범위가 유사 영역이 아닌 경우 서로 다른 영역으로 클러스터가 되어 그 특징을 분류하기 어렵다. 그림 10은 일반적인 양자화를 수행한 영상이다. 그림 6의 ART2 신경망을 이용한 양자화 방법과 비교하면 일반적인 양자화 방법이 유사 영역에 대해 세부적으로 클러스터링

되지 않음을 확인 할 수 있다.



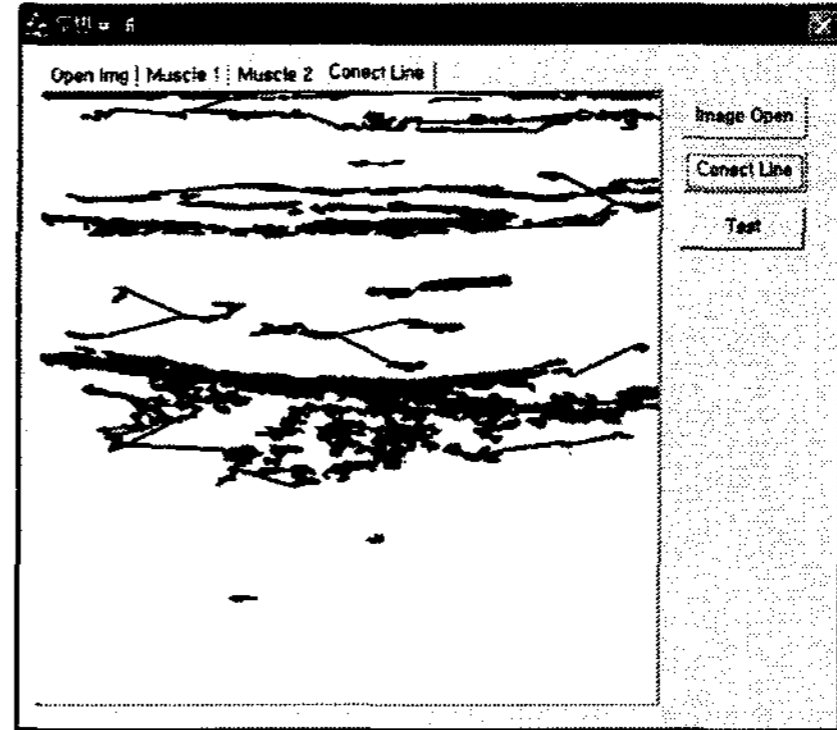
(a) 일반 양자화 레벨 5단계



(b) 일반 양자화 레벨 10단계

그림 10. 일반적인 양자화 기법 결과 영상

그림 11은 근육 영역을 추출하는 과정을 나타낸 화면이다. 엔드인 탐색 기법과 ART2 기반 양자화를 이용하여 각 클러스터별 특징을 통해 근육을 추출한 영상은 그림 12와 같다. 그림 12에서 왼쪽 영상은 초음파 영상에서 주 영역을 추출한 결과 영상이고 오른쪽 영상은 주 영역에서 근육 영역을 추출한 결과 영상이다. 그림 12의 오른쪽 영상에서 추출한 근육 영역은 흰색으로 나타내었다.



(b) 근육막 내부 영역을 연결하는 화면
그림 11. 근육 영역 추출 화면

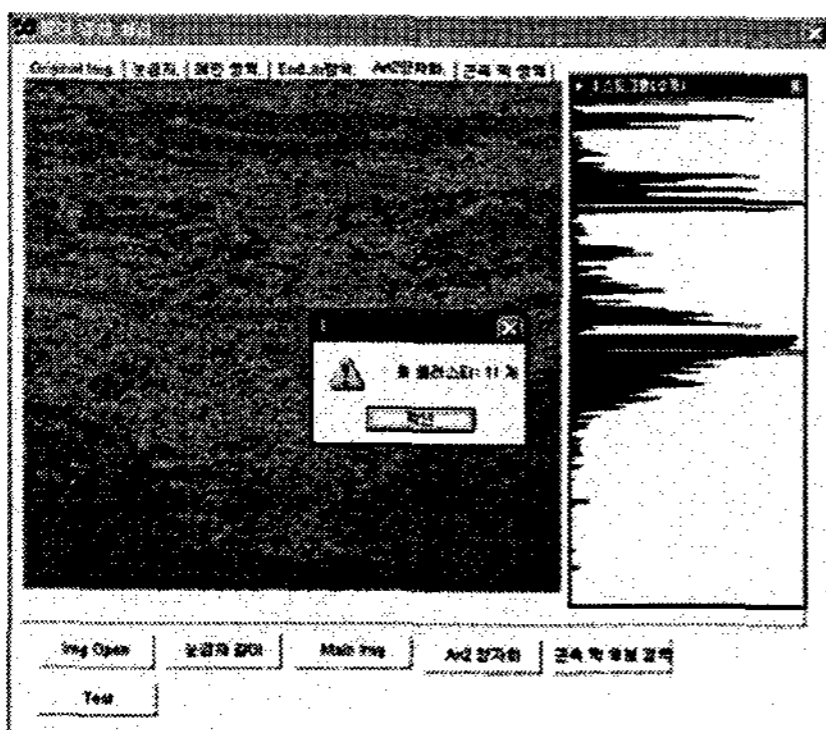
영상 번호	주 영역	근육 영역
1		
2		
3		
4		
5		

그림 12. 추출된 근육 영상

그림 12에서와 같이 5개의 초음파 영상에서 추출한 근육 영역에 대해 근육의 두께를 구한 결과를 표2로 나타내었다. 표2에서 근육 막 영역의 특징이 현저히 낮은 4번째 영상을 제외하고는 모든 영상에서 근육 영역을 정확히 추출되었다.

표2. 근육 영역 두께

영상 번호	1	2	3	4	5
근육 두께					
최대 (cm)	1.21	1.12	1.02	0.6	0.92
평균 (cm)	0.9	0.61	0.52	0.44	0.55



(a) ART2 기반 양자화 결과 화면

V. 결 론

본 논문에서는 초음파 영상에서 근육 영역을 추출하기 위해 근육 영역이 근육 막 영역 내부에 둘러싸여 있다는 특징을 이용하였다. 따라서 본 논문에서는 근육 영역을 추출하기 위해 ART2 신경망을 적용하여 양자화를 수행한 후, 국부적 영역에서 근육 영역을 추출하였다. 초음파 영상에서 히스토그램 평활화와 엔드인 탐색 알고리즘을 적용하여 명암도의 분포와 밝기 값을 보정 한 후, ART2 신경망을 이용하여 유사한 영역을 클러스터링 하였다. 그리고 클러스터링 된 각 영역의 크기, 위치 및 명암도 정보를 분석하여 피하지방, 근육 막, 기타 배경 영역으로 분류하였다. 최종적인 근육 영역을 찾기 위해 근육 막 내부 객체들 간의 거리, 각도를 이용하여 근육 막 영역에 둘러싸인 근육 영역을 추출하였다.

실제 초음파 영상을 대상으로 실험한 결과, 일반적인 방법으로 양자화를 수행하는 경우에는 정적으로 명암도를 그룹화 하여 모든 영상에 대해 똑같이 나눠진 명암도 범위를 적용하기 때문에 근육 영역을 추출할 수 없었으나 제안된 ART2 기반 양자화 기법을 적용한 경우에는 대체적으로 근육 영역이 정확히 추출되었다. 그러나 실험에서 알 수 있듯이 초음파 영상에서 근육막 영역의 경계가 잘 나타나지 않는 경우에는 근육 영역이 정확히 추출되지 않았다.

향후 연구 과제로는 단순히 근육 막 영역 뿐 아니라 근육 영역의 움직임, 모양 특징을 고려하여 더 세분화된 근육 영역을 추출할 수 있도록 개선할 것이다.

참고문헌

- [1] Kremkau FW, "Diagnostic Ultrasound: Principles and Instruments", Philadelphia, PA: Saunders, 2002.
- [2] Van Holsbeda MT & Introcas JH, "Musculoskeletal Ultrasound", Philadelphia, PA: Mosby Press, 2001.
- [3] Hides JA, Miokovic T, Belavy DL, Staqnton WR, & Richardson CA, "Ultrasound Imaging Assessment of Abdominal Muscle Function During Drawing-in of the Abdominal Wall: An Intrarater Reliability Study", Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy, Vol.37, No.8, 480-486, 2007.
- [4] 심현선, 초음파 영상학, 정문각, 2007.
- [5] Harley R. Myler, Arthur R. Weeks, Computer Imaging Recipes in C, PTR Prentice-Hall. Inc, 1993.
- [6] K. B. Kim, M. Kim, Y. W. Woo, "Recognition

of Shipping container Identifiers Using ART2-Based Quantization and a Refined RBF Network, Lecture Notes in Computer Science, LNCS 4432, pp.572-581, 2007.