

다중 모달리티 뇌 영상의 해부학적 분석 및 진단 시뮬레이션을 위한 영상분할 시스템

윤현주*, 이정민**, 김명희**

The segmentation system for the anatomical analysis and diagnosis simulation of multi-modality brain image

Hyun-Joo Yun*, Joung-Min Lee**, Myoung-Hee Kim**

Abstract

본 논문에서는 인체의 머리 부분을 촬영한 의료 영상에서 뇌 영역만을 분할하는 방법에 대해 제시하고자 한다. 뇌의 해부학적 구조 및 기능적 이상 부위를 파악할 경우에 영상 내에 함께 보여지는 두개골과 뇌척수액 등을 제외한 대뇌피질 영역을 분할하면 보다 효과적인 정보 분석 및 진단이 가능하게 된다.

본 시스템에서는 3단계 알고리즘을 제시한다. 첫 번째 단계에서는 영상 내에 존재하는 잡음을 제거하기 위한 필터링이고, 두 번째 단계에서는 필터링된 결과에 대한 영상분할을 수행하는 것이다. 이 때 정확한 결과 도출을 위하여 사용자의 인터랙션이 들어가게 된다. 세 번째 단계에서는 형태학적 방법을 이용하여 분할 결과를 보완한다. 본 연구를 위한 실험에는 자기 공명 촬영 영상(MRI: Magnetic Resonance Imaging), 단일 광전자 방출 단층 촬영 영상(SPECT: Single Photon Emission Computed Tomography), 양전자 방출 단층 촬영 영상(PET: Positron Emission Tomography) 등을 사용하였다.

본 시스템에서는 다양한 모달리티의 뇌 영상에서 대뇌피질 부분을 정확하게 영상분할함으로써 뇌의 구조적 이상을 판단하기 위한 해부학적 정보 분석을 가능케하고 있다. 뿐만 아니라 뇌 질환에 대한 정확한 진단 시뮬레이션도 가능하게 하고자 한다.

Key Words: 의료영상, MRI, SPECT, PET, 뇌 영상분할, 이미지 필터링

* 이화여자대학교 컴퓨터 그래픽스 및 가상현실 연구센터

** 이화여자대학교 컴퓨터학과

본 연구는 부분적으로 과학기술부 지정 국가지정연구실 (NRL) 사업, 정보통신부 대학정보통신연구센터 (ITRC) 지원사업에 의해 부분적으로 지원66 받았음.

1. 서론

한국인에게 많이 발생하는 뇌 질환으로는 뇌졸중, 치매, 간질 등 여러 가지가 있으며, 그 중에서 뇌졸중과 치매는 4대 사인에 속할 만큼 국내에서 많이 발생하고 있다. 이러한 뇌 관련 질병에 대한 진단 및 시술을 위해서는 질환을 일으키는 병소의 위치를 정확히 파악하는 것이 중요하다.

정확한 뇌 질환 부위 판별을 위하여서 해부학 형태적 정보를 제공하는 자기 공명 촬영 영상(MRI: Magnetic Resonance Imaging)와 기능적 정보를 제공하는 단일광전자 방출단층 영상(SPECT: Single Photon Emission Computed Tomography), 양전자 방출단층 영상(PET: Positron Emission Tomography)의 영상들을 정합하여 분석해 보는 것이 필요하다. 자기 공명 영상에서는 뇌의 구조적인 이상을 찾아내어 병소를 확인할 수 있으며, 단일 광전자 방출단층 촬영 영상과 양전자 방출단층영상에서는 뇌의 국소 뇌 포도당대사 및 뇌혈류 변화를 찾아내어 뇌의 기능적 이상 부위를 진단할 수 있다. 따라서 이러한 뇌 영상에서 대뇌피질 부분들만을 분할할 수 있다면 정확한 해부학적인 위치에서의 기능적 이상을 관찰하고 분석할 수 있는 시물레이션 시스템에 효과적으로 사용될 수 있다.

본 논문에서는 다양한 모달리티를 갖는 뇌 영상에서의 영상분할을 위한 시스템에 대하여 발표하고자 한다. 2장에서는 시스템 설계를 위한 알고리즘이 제시되고 있다. 시스템의 구성은 영상의 잡음을 제거하는 필터링과 임계값을 이용하여 수행되는 영상분할, 그리고 분할 결과에 대한 사용자의 보정 단계로 이루어져 있다[1,2,4,5,7]. 형태학적 기법은 자기 공명 촬영 영상에 한하여 수행되고, 단일 광전자 방출 단층 영상이나 양전자 방출단층 영상에는 사용하지 않는다. 이는 MRI와 모달리티가 다른 SPECT과 PET에 대해서는 임계값 기반의 영상분할만을 수행하여도 만족할만한 결과가 도출될 수 있기 때문이었다.

3장에서는 본 시스템으로 구현된 결과들에 대해 Mayo clinic에서 개발된 영상 분할 소

프트웨어인 Analyze로 실험된 결과들과 비교함으로써 시스템의 성능을 평가하고 있다.

마지막 4장에서는 연구에 대한 결론 및 향후에 진행될 연구 방향에 대해 소개한다.

2. 영상분할 시스템의 설계

본 시스템에서는 다중 모달리티의 MRI, PET, SPECT 등의 의료영상 데이터에 대하여 필터링을 하고, 사용자가 적절한 임계값을 제시하면 그에 따라 영상분할이 이루어지도록 설계되었다. 마지막엔 결과에 대한 보정으로 형태학적 방법이 사용된다. 본 시스템은 CPU 2.4, 512 RAM, NVIDIA GeForce4 MX440의 개인용 컴퓨터에서 Visual C++ 6.0을 이용하여 제작되었다.

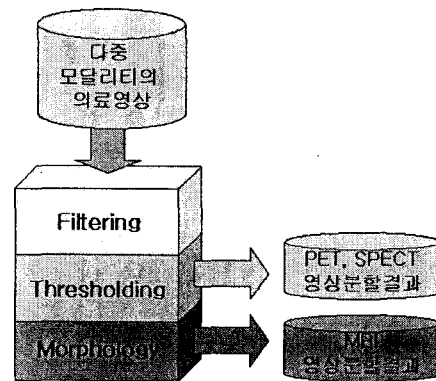


그림1. 시스템의 구조

2.1. SRAD를 이용한 영상 필터링

필터링 단계에서는 일반적으로 사용되고 있는 Perona & Malik의 Anisotropic diffusion [3]에서 발전된 Yu&Acton의 SRAD(Speckle reducing anisotropic diffusion)가 이용되었다[7]. SRAD는 실제로 초음파 이미지의 스펙클들을 고려하기 위하여 개발되었으나 계수를 달리할 경우 여러 의료영상에서 효과적인 필터링 결과를 보여준다.

이 방법은 영상 내의 잡음의 특성을 계수화하는 것으로 영상 내 물체의 형태를 잘 보존하고, 경계선 부분도 강화할 수 있다. 이는 경계선 부근의 잡음들을 필터링할 수 없는 Anisotropic diffusion의 단점을 보완한 것이다.

SRAD에 적용되는 부분 미분 방정식은 다음의 식 (1),(2)와 같고, 계수 방정식은 식(3), (4), (5)이다.

$$\frac{\partial I(x, y, ;t)}{\partial t} = \text{div}[c(q)\nabla I(x, y, ;t)] \quad (1)$$

$$I(x, y, ;0) = I_0(x, y) \quad (2)$$

$$c(q) = \exp\left\{-\frac{|q^2(x, y, ;t) - q_0^2(t)|}{q_0^2(t)(1 + q_0^2(t))}\right\} \quad (3)$$

$$q(x, y, ;t) = \sqrt{\frac{\frac{1}{2}\left(\frac{|\nabla I|}{I}\right)^2 - \frac{1}{4^2}\left(\frac{\nabla^2 I}{I}\right)^2}{\left[1 + \frac{1}{4}\left(\frac{\nabla^2 I}{I}\right)\right]}} \quad (4)$$

$$q_0(t) = q_0 e^{-\rho t} \quad (5)$$

이 SRAD를 영상에 적용한 결과는 다음의 그림 2와 같다.

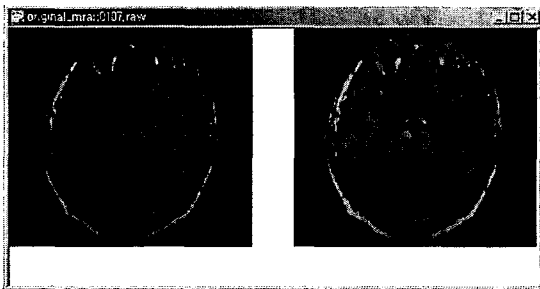


그림2. MRI 원영상과 SRAD 결과 영상

2.2. 임계값 기반의 영상분할

SRAD 필터링 후 이 결과에 대해 임계값을 기반으로 하는 영상분할을 적용하게 되면 뇌 영역에 대한 분할이 용이해진다.

뇌 영역이 아닌 부분을 제거하기 위해서 낮은 임계값보다 낮은 픽셀들을 제외시키고, 높은 임계값보다 높은 픽셀들을 제외시키는 Double Thresholding을 수행하였다. 이때 사용하는 임계값은 50~70사이와 90~110사이의 값으로 한다. 이 영역 부분을 단순 이진화하여 뇌마스크로 정의한다[2]. 이렇게 정의된 뇌마스크를 원영상에 대비시켜 영상분할 결과를 추출한다. PET과 SPECT의 경우에는 이 단계에서 영상분할을 종료하고, MRI의 경우에는 마지막 후처리 과정을 수행한다.

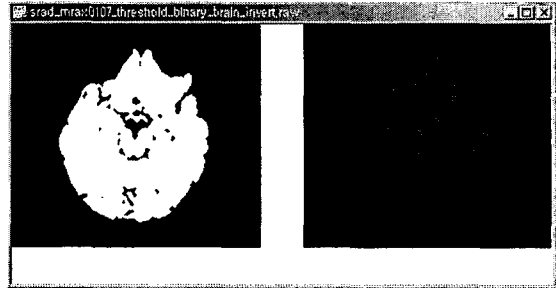


그림3. 임계값 기반으로 분할하여 추출한 뇌 마스크와 뇌 마스크를 이용한 영상분할 결과

2.3. 형태학적 방법을 이용한 후처리

전단계에서 얻어진 뇌 마스크에 대해 형태학적 방법인 침식(Erosion)과 팽창(Dilation) 방법을 수행하여 마스크 정련(refinement)을 시킨다. 또한 형태학적 방법까지 수행한 결과에서 생기는 부분적인 틈새들은 채워주도록 한다. 다음의 식(9)는 팽창에 사용되는 것이고, 식(10)은 침식에 사용되는 것이다.

$$A \oplus B = \{x | (\hat{B})_x \cap A \neq \emptyset\} \quad (9)$$

$$A \ominus B = \{x | (\hat{B})_x \subseteq A\} \quad (10)$$

다음의 그림 4는 후처리로 얻어진 뇌마스크와 그 뇌마스크를 이용하여 얻게되는 영상분할의 결과이다.

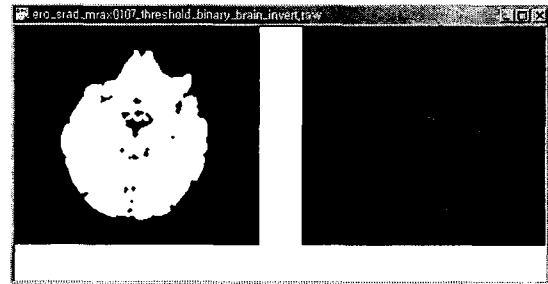


그림4. 형태학적 처리 후의 뇌 마스크와 뇌 마스크를 이용한 영상분할 결과

3. 실험 결과

다음의 그림5는 인체의 머리부분을 찍은 MRI와 SPECT, PET에 대하여 Mayo clinic의 Analyze로 실험된 결과들과 본 논문의 알고리즘으로 실험된 영상 분할의 결과들을 비교하는 시스템의 영상이다.

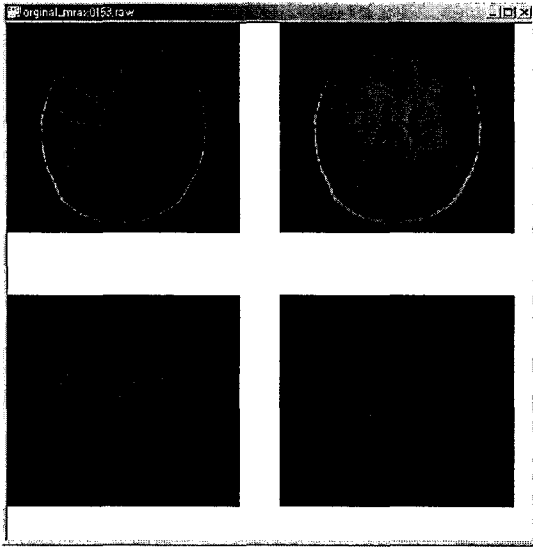


그림5. MRI 원영상(왼쪽 위)과 SRAD 필터링 결과(오른쪽 위), analyze로 분할한 결과(왼쪽 아래), 본 시스템의 최종 결과(오른쪽 아래)를 비교해주는 시스템 화면

여 진단 및 처치 시뮬레이션 시스템에 보다 효과적으로 사용될 것이다.

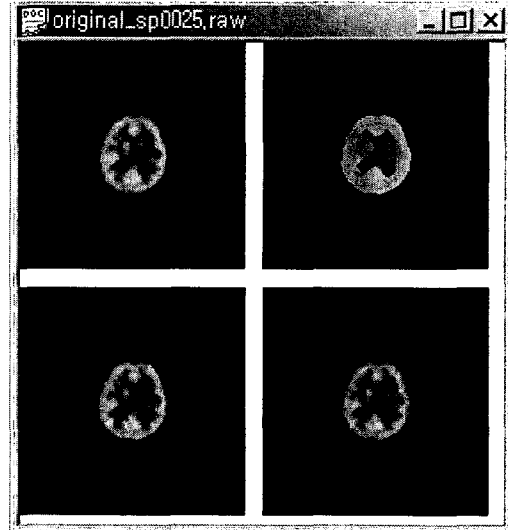


그림7. SPECT 원영상(왼쪽 위)과 SRAD 필터링 결과(오른쪽 위), analyze로 분할한 결과(왼쪽 아래), 본 시스템의 최종 결과(오른쪽 아래)를 비교해주는 시스템 화면

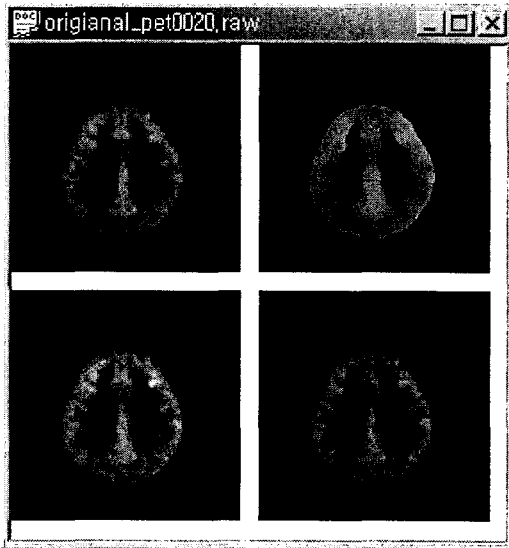


그림6. PET 원영상(왼쪽 위)과 SRAD 필터링 결과(오른쪽 위), analyze로 분할한 결과(왼쪽 아래), 본 시스템의 최종 결과(오른쪽 아래)를 비교해주는 시스템 화면

본 논문에서는 2차원적인 뇌 영상에 대한 영상분할을 연구하였으나 추후에는 3차원 볼륨 영상에 대한 필터링과 영상분할을 연구할 예정이다. 이는 다각도로 영상의 정보를 습득할 수 있게 할 것이며, 질환에 대하여 보다 효과적인 진단과 처치를 가능하게 할 것으로 기대하고 있다.

4. 결론 및 향후 연구

이상과 같이 본 논문에서는 뇌질환의 진단에 효율적으로 사용될 수 있는 뇌 영상 프로세싱을 위한 영상분할 시스템을 제시하였다. 이 논문에서 제시된 시스템은 MRI와 SPECT, PET등의 다양한 모달리티의 뇌 영상을 분석하기 위한 영상 분할에 사용될 것이며, 이는 뇌 질환에 대한 해부학적 분석을 용이하게 하

참고문헌

- [1] J.R. Parker, " Algorithms for Image Processing and Computer Vision " , Wiley, 1997
- [2] M.S. Atkins, B. Mackiewich. "Fully automatic segmentation of the brain in MRI", IEEE Transactions on Medical Imaging, Vol. 17 pp.98-107, 1998
- [3] P. Perona, J. Malik, "Scale-space and edge detection using anisotropic diffusion ", IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 12, pp.629-639, 1990
- [4] Reginal Pohle, Klaus D. Toennies, "A new approach for model-based adaptive

region growing in medical image analysis",
Lecture Notes in Computer Science, vol
2124, 2001

[5] R. Jain, R. Kasturi, B. G. Schunck, "
Machine vision ", McGraw-Hill, Inc, 1995

[6]T. Kapur, W. Eric L. Grimson, William
M. Well, R. Kikinis, "Segmentation of brain
tissue from magnetic resonance images",
Medical Image Analysis volume 1,number
2, pp 109-127, Oxford University Press,
1996

[7]Yongjian Yu, Scott T. Acton, "Speckle
Reducing Anisotropic Diffusion", IEEE
Transactions On Image Processing, Vol.
11,no11, pp.1260-1270, 2002