

# 활성 외곽선 추출 기반의 뇌종양 분할 기법 연구

최정훈, 김보우, 서동준\*  
경북대학교

\*corresponding author

{cjh34544, kbw5913, \*dongjunsuh}@knu.ac.kr

## A Study on the Brain Tumor Segmentation Method Based on Active Contour Extraction

Jeonghoon Choi, Bowoo Kim, Dongjun Suh\*  
Kyungpook National University.

### 요 약

뇌 수술 영역에서의 의료 기술은 인공지능 기반 기술을 통해 종양의 경계 부분을 진단하는 것에 초점을 두어 연구가 진행되고 있다. 뇌종양을 초기에 탐지하지 못할 경우에는 심각한 문제를 초래할 수 있어 현재 의사들은 뇌종양을 빠르고 정확하게 식별할 수 있는 분할 기법을 필요로 한다. 본 연구에서는 활성 외곽선 추출 기반 뇌종양 분할 기법을 제안하였다. 제안하는 기법은 뇌 MRI 영상을 대상으로 영상 내에 존재하는 다중 종양을 각각 분할해내기 위해 활성 외곽선을 이용하여 각 종양의 윤곽선을 추출한 뒤 여러 보정 기법을 통해 종양 분할을 수행하였다. 제안하는 기법은 뇌 MRI 영상에서 뇌종양 분할에 뛰어난 성능을 가지는 것을 확인하였으며, 향후 뇌 질병의 정확한 진단과 치료에 활용될 것을 기대한다.

### I. 서 론

뇌종양(brain tumor)은 뇌에서 자라는 신경성 종양의 집단 이름이다. 이는 인체에 발생하는 전체 종양 중 세 번째로 많으며 약 13%를 차지한다. 몸의 가장 중요한 부위 중 하나인 뇌를 수술하기 위해서 뇌수술 영역의 의료 기술은 인공지능 기반의 기술을 통해 종양의 경계 부분을 진단하는 것에 초점을 두었다. 현재 이와 관련된 연구들 중 인공지능 기반의 연구가 활발하게 이루어지고 있다 [1].

의료 영역에서 사람이 판단하는 과정에서 오류가 발생하거나, 종양 검출이 일관적이지 못하거나, 효율성이 떨어질 수도 있다는 문제가 있다. 특히 뇌종양을 초기에 탐지하지 못할 경우에는 생존율이 평균 22~33%로 급격히 떨어진다는 특징이 있다 [2]. 따라서 현재 의사들은 뇌종양을 빠르고 정확하게 식별할 수 있는 분할 기법을 필요로 한다.

따라서 본 논문에서는 활성 외곽선 추출 기반 뇌종양 분할 기법을 제안한다. 제안하는 기법은 뇌 MRI 영상을 대상으로 영상 내에 존재하는 다중 종양을 각각 분할해내기 위해 활성 외곽선을 이용하여 각 종양의 윤곽선을 추출한 뒤 이진화하여 초기 형태를 생성하고 윤곽 내부의 결과값을 보정하기 위해 hole filling 을 거쳐 종양 분할을 수행한다. 제안하는 기법은 영상 내 잡음이 존재하는 경우와 경계 영역에 대해 정확한 분할이 이루어지지 않는 점을 보완하여 보다 정확한 객체 분할을 수행한 모습을 보였다.

### II. 본론

#### II-1. 데이터셋

본 논문에서 제안하는 뇌종양 분할 기법을 평가하기 위한 데이터셋은 Brain Tumor Detection 2020 대회에 사용된 Brain tumor 데이터셋을 사용하였다 [3]. 해당 데이터셋은 4 개의 클래스로 뇌교종(glioma), 뇌수막종(meningioma), 뇌하수체 선종(pituitary tumor), 종양 없음(non-tumor)로 나뉘어 있으며, 본 연구에서는 종양 없음 클래스를 제외하고 3 가지의 클래스를 하나로 합쳐 실험에 사용하였다. 총 학습에 사용된 영상의 총 개수는 906 장으로 그림 1 은 실험에 사용된 학습 이미지의 예시를 나타내었다.

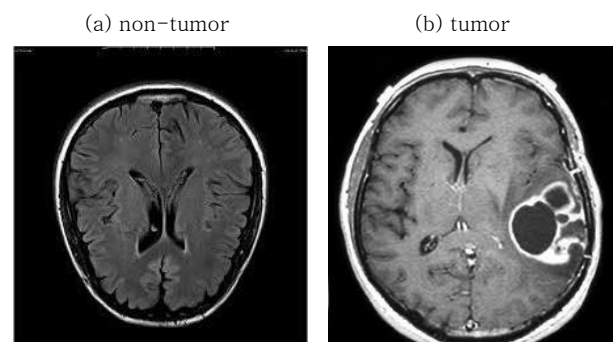


Figure 1 Example image of brain tumor dataset

## II-2. 분할 기법

활성 외곽선은 Energy 모델을 정의한 뒤 초기 윤곽을 설정하고 Energy가 최소화되는 방향으로 iterative 연산을 통해 이동하여 객체의 외곽선을 얻고 얻은 외곽선을 기반으로 영역을 분리해내는 기법이다. 활성 외곽선의 Energy 모델은 다음 식 (1)과 같이 정의하였다.

$$E(a_1, a_2, \phi) = \mu \int \delta(\phi(x, y)) |\nabla \phi(x, y)| dx dy \quad (1)$$

$$+ \nu \int H(\phi(x, y)) dx dy$$

$$+ \lambda_1 \int |u_0(x - y) - a_1|^2 H(\phi(x, y)) dx dy$$

$$+ \lambda_2 \int |u_0(x - y) - a_2|^2 (1 - H(\phi(x, y))) dx dy$$

$$H(z) = \begin{cases} 1, & \text{if } z \geq 0 \\ 0, & \text{if } z < 0 \end{cases} \quad (2)$$

$$\delta_0(z) = \frac{d}{dz} H(z) \quad (3)$$

여기서  $a_1, a_2$ 는 각 영역의 밝기를 추정하는 값이고  $\phi$ 는 레벨 집합 함수이다.  $H$ 는 Heaviside 계단 함수로써 식 (2)와 같이 나타낼 수 있으며 1차원의 Dirac 델타 함수  $\delta$ 는 식 (3)과 같이 나타낼 수 있다.  $u_0(x - y)$ 는  $x, y$  좌표에서의 주변 영역 밝기의 평균을 나타낸다.

$$r = \max(X, Y) / 2R \quad (4)$$

$$M = ((2k - 1)r + 1, (2e - 1)r + 1) \quad (5)$$

$$(k = 1, 2, 3, \dots, \frac{X}{(R)}, e = 1, 2, 3, \dots, \frac{Y}{(R)})$$

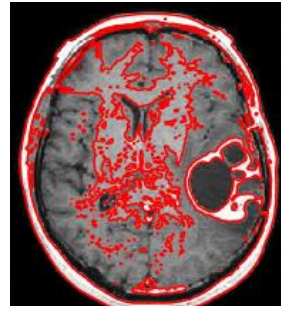
식 (4)는 다중 객체를 추출하기 위한 외곽선의 모델을 나타내었다. 영상의 폭  $X$ 와 높이  $Y$ , 마스크 분할 계수  $R$ , 반지름  $r$ , 중심 점  $M$ 을 갖는 마스크를 영상 전체에 배열하고 Energy가 최소화 되는 방향으로 수렴하도록 하여 식(5)와 같이 나타낼 수 있다 [4].

초기 외곽선 모델을 이용하여 객체의 윤곽을 추출하기 위해 원본 영상을 수치화 하여 활성 외곽선 과정을 수행하였다. 수행된 활성 외곽선의 윤곽선 분할 결과를 기반으로 영상에 생길 수 있는 홀 영역을 채우는 hole filling 과정을 수행함으로써 객체의 형태를 유지할 수 있도록 하였다. 마지막으로 hole filling을 수행하여 보정된 결과를 기반으로 각 영역에 라벨링을 수행하여 최종 영역별 분할 결과를 나타낸다.

## II-3. 실험 및 고찰

본 논문에서 제안한 활성 외곽선 기반 뇌종양 분할 기법의 성능을 검증하기 위해 제안된 기법과 딥 러닝 기반의 분할 방법인 Mask R-CNN 모델과 비교하여 뇌종양 분할 이미지 결과를 그림 2에 나타내었다. 딥 러닝 기반의 분할 방법은 주변 영역의 변화에 민감하거나 종양 내부를 분할하거나 종양의 경계에서 정확한 분할이 이루어지지 않기 때문에 상대적인 정확도가 떨어지는 문제점이 존재하였다. 제안된 기법은 객체의 윤곽선을 기준으로 종양을 분리해내고 객체 내부의 윤곽선이 검출되는 경우에는 hole filling 과정을 통해 보정함으로써 뛰어난 종양 분할 결과를 나타내었다. 추가로 그림 3은 ground truth와 제안된 기법의 이진(binary) segmentation mask를 나타내었다. 이를 통해 제안된 기법은 초기 형태에서 높은 정확도로 초기 객체 영역을 분할 해낸 것이 검증되었다.

(a)Mask R-CNN



(b)Active contour model

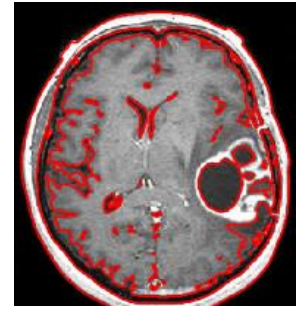


Figure 2 The comparison image of tumor segmentation

(a)Ground truth



(b)Segmentation mask



Figure 3 The comparison of binary segmentation mask

## III. 결론

본 논문에서는 보다 정확한 뇌종양 분할을 위해 활성 외곽선 기반의 분할 기법을 제안하였다. 제안된 기법은 여러 보정 기법을 통해 뇌 MRI 영상에서 뇌종양 분할에 뛰어난 성능을 가지는 것을 확인하였다. 향후 연구에서는 제안된 기법의 연산량과 객체 분할 정확도 간의 trade-off를 고려한 비교 분석 연구를 수행할 예정이다.

## ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 정부(과학기술정보통신부, 교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행되었음 (과제번호: 2021R1A5A8033165, 2021R111A3049503)

## 참 고 문 헌

- [1] I. Ali, et al. "Review of MRI-based brain tumor image segmentation using deep learning methods." *Procedia Computer Science*, 102, pp. 317-324, Oct, 2016.
- [2] F. Sherry, et al. "The brain tumor experience and quality of life: a qualitative study." *Journal of neuroscience nursing*, 30, pp. 245-251, Aug, 1998.
- [3] Brain Tumor Detection 2020 dataset, <https://www.kaggle.com/datasets/ahmedhamada0/brain-tumor-detection>.
- [4] Chan, et al. "Active contours without edges." *IEEE Transactions on image processing*, 10, pp. 266-277, Feb, 2001.