

U-Net 및 U-Net++ 기반 MRI 뇌종양 탐지

김효신*, 정현구*, 강현수**

MRI brain tumor detection based on U-Net and U-Net++

Kim Hyo Sin*, Jung Hyun Gu*, and Kang Hyun Soo**

요 약

본 논문에서는 U-Net과 U-Net++ 모델을 활용하여 MRI 영상에서 뇌종양을 자동으로 탐지하고 분할하는 방법을 제안하였다. 두 모델은 모두 다단계 컨볼루션 신경망(CNN) 구조를 기반으로 설계되었으며, 공개된 MRI 데이터셋을 사용해 학습되었다. 실험 결과, 두 모델 모두 높은 정확도와 민감도로 뇌종양을 성공적으로 탐지했으며, U-Net++은 U-Net에 비해 더 세밀한 예측 성능을 보여주었다. 이는 MRI 기반 뇌종양 탐지의 자동화 가능성을 입증하였으며, 이러한 모델들이 향후 자동화된 진단 도구로서 의료 영상 분석 분야에 기여할 것으로 기대된다.

Abstract

This paper presents a method for automatic detection and segmentation of brain tumors in MRI images using U-Net and U-Net++ models. Both models are based on a multi-stage convolutional neural network (CNN) architecture and were trained using publicly available MRI datasets. Experimental results demonstrate that both models achieved high accuracy and sensitivity in detecting brain tumors, with U-Net++ showing superior performance in more precise prediction compared to U-Net. This study confirms the potential for automating brain tumor detection in MRI images, and these models are expected to contribute to automated diagnostic tools in medical image analysis in the future.

Key words

U-Net, U-Net++, Brain Tumor Detection, Deep Learning, Convolutional Neural Networks, Diagnostic Imaging

1. 서 론

뇌종양은 환자의 생명에 중대한 영향을 미치는 질환으로, 조기 발견과 정확한 진단이 생존율을 높이는 데 매우 중요하다. MRI는 뇌종양 진단에 널리 사용되는 비침습적 기법으로, 종양 부위를 상세하게

시각화할 수 있지만, 수작업으로 진행되는 종양 분할은 시간과 노력이 많이 들고, 일관된 결과를 내기 어렵다.

딥러닝 기술의 발전으로 의료 영상 분석에서 자동화된 진단 도구의 가능성이 열리고 있다. 특히, U-Net과 같은 컨볼루션 신경망(CNN) 기반 모델은

*충북대학교 정보통신공학부 학부생, gimhyoshin@gmail.com, wjdgusrn951@naver.com

**충북대학교 정보통신공학부 교수, hskang@cbnu.ac.kr

※ 이 논문은 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 SW중심대학사업(2019-0-01183)의 지원을 받아 작성되었음

이미지 분할 작업에서 탁월한 성능을 보여, 종양과 같은 구조를 정확하게 탐지하는 데 유용하다. 최근 U-Net++ 모델은 U-Net을 개선한 구조로, 개선된 스킵 연결을 통해 분할 경계의 정밀도를 높였으며, 복잡한 종양 구조에서 더 우수한 성능을 보인다.

본 연구에서는 U-Net과 U-Net++을 비교하여 MRI 영상에서 뇌종양을 자동으로 탐지하고 분할하는 프로그램을 개발하였다. 두 모델 모두 공개된 MRI 데이터셋을 활용해 학습되었으며, 각각의 성능을 비교 분석한 결과, U-Net++은 U-Net에 비해 더 세밀한 예측 성능을 보여주었다. 이를 통해 수작업 분할의 비효율성을 개선하고, 자동화된 진단 도구로서의 실현 가능성을 평가하고자 한다. 이 연구는 뇌종양 탐지의 자동화를 위한 새로운 접근법을 제시하며, 향후 의료 영상 분석 분야에서 실질적인 기여를 할 수 있을 것으로 기대된다.

II. 본 론

본 연구에서는 LGG Segmentation Dataset을 활용하여 뇌종양을 자동으로 탐지하고 분할하는 두 가지 딥러닝 모델인 U-Net과 U-Net++을 비교하였다. 이 데이터셋은 The Cancer Imaging Archive (TCIA)에서 제공된 MRI 영상과 저등급 글리오마(LGG) 환자의 FLAIR 이상 마스크 이미지를 포함하고 있으며, The Cancer Genome Atlas (TCGA)에 속한 110명의 환자 데이터를 기반으로 한다. 이를 통해 두 모델이 종양 부위를 학습할 수 있도록 데이터를 구성하였다.

U-Net과 U-Net++은 모두 컨볼루션 신경망(CNN) 기반의 이미지 분할 모델로, 다중샘플링과 업샘플링 단계를 통해 이미지에서 종양 영역을 예측한다. U-Net은 간단한 구조로 높은 성능을 보이지만, U-Net++은 개선된 스킵 연결 구조를 통해 종양 경계를 더욱 정밀하게 예측할 수 있다 [그림 1].

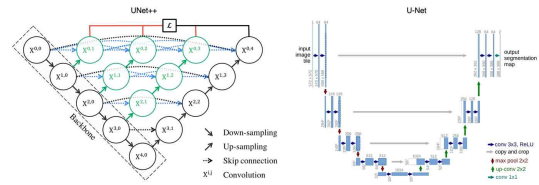


그림 1. U-Net 및 U-Net++ 모델 구조 비교
Fig. 1. Comparison of U-Net and U-Net++ Model Architectures

MRI 이미지를 입력받고, 3x3 필터와 ReLU 활성화 함수로 주요 특징을 추출한다. 그 다음, 맥스풀링을 통해 해상도를 줄여 중요한 정보를 요약한 후, 업샘플링 단계를 거쳐 종양 영역을 예측한다.

모델 학습에는 Adam 옵티마이저와 Dice 손실 함수를 사용하여 성능을 최적화하였으며, 두 모델 모두 총 100에포크(epoch) 동안 학습되었다. 모델 성능 평가는 검증 데이터셋을 기반으로 Dice 계수와 같은 주요 성능 지표를 사용하여 이루어졌다. 학습 과정에서는 데이터 증강 기법(회전, 확대, 축소 등)을 적용하여 데이터셋의 다양성을 높였다. [그림 3]은 학습 중 손실과 Dice 계수의 변화를 시각적으로 보여준다.

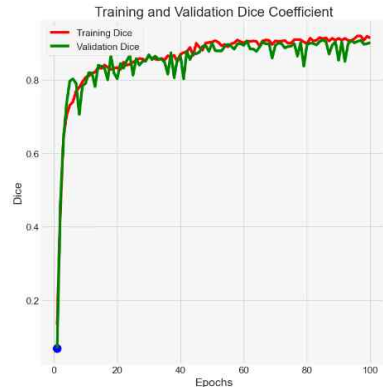


그림 2. epoch에 따른 U-Net 모델의 Dice 계수 변화
Figure 2. Changes in the Dice coefficient of the U-Net model over epochs

[그림 2]에서 U-Net 모델은 Dice 계수 0.84를 달성하여, 예측된 분할 영역이 실제 마스크와 높은 일치도를 보였다.

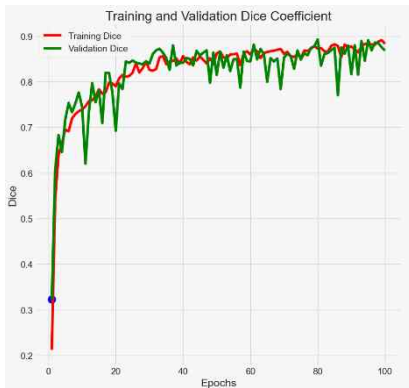


그림 3. epoch에 따른 U-Net++ 모델의 Dice 계수 변화
Figure 3. Changes in the Dice coefficient of the U-Net++ model over epochs

반면, [그림 3]에서 U-Net++ 모델은 Dice 계수 0.90를 달성하며 U-Net보다 더 나은 성능을 보여주었다. U-Net++은 더욱 복잡한 종양 경계에서도 우수한 성능을 발휘하여, 기존 U-Net 모델에 비해 향상된 분할 능력을 입증하였다.

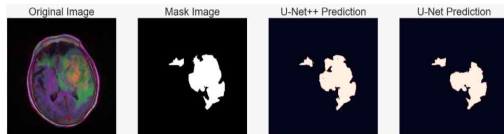


그림 4. MRI 원본 이미지, 실제 마스크 이미지, U-Net++ 및 U-Net 모델의 뇌종양 분할 결과 비교
Fig. 4. Comparison of Brain Tumor Segmentation Results in MRI: Original Image, Ground Truth Mask, U-Net++, and U-Net Predictions

[그림 4]는 실제 MRI 영상과 함께 U-Net 및 U-Net++ 모델이 예측한 종양 분할 결과를 보여준다. 두 모델 모두 종양 부위를 일관되게 탐지하고 분할하였으며, U-Net++ 모델은 U-Net 모델에 비해 종양 경계를 조금 더 세밀하게 예측한 것을 확인할 수 있다. 이를 통해 제안된 모델들의 성능을 시각적으로 비교할 수 있다.

III. 결 론

본 논문에서는 U-Net과 U-Net++ 기반의 딥러닝

모델을 활용하여 MRI 영상에서 뇌종양을 자동으로 탐지하고 분할하는 방법을 제안하였다. U-Net 모델은 다단계 컨볼루션 신경망(CNN) 구조를 통해 종양 부위를 정확하게 분할하도록 설계되었으며, 실험 결과 높은 정확도와 민감도를 바탕으로 우수한 성능을 입증하였다. 특히, U-Net++ 모델은 Dice 계수 0.90를 달성하며 U-Net보다 더 나은 결과를 도출하였다.

이번 연구는 딥러닝 모델을 활용한 뇌종양 탐지 및 분할의 자동화 가능성을 확인하였으며, 이러한 모델들이 향후 의료 영상 분석에서 자동화된 진단 도구로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] Fernando Daniel Hernandez-Gutierrez, Eli Gabriel Avina-Bravom, Daniel F. Zambrano-Gutierrez, Oscar Almanza-Conejo, Mario Alberto Ibarra-Manzano, Jose Ruiz-Pinales, Emmanuel Ovalle-Magallanes, Juan Gabriel Avina-Cervantes, "Brain Tumor Segmentation from Optimal MRI Slices Using a Lightweight U-Net", SCI, vol 12(10) Oct 2024.
- [2] Jiajun Zhu, Rui Zhang, Haifei Zhang, "An MRI brain tumor segmentation method based on improved U-Net", SCIE vol 21 (1), Dec 2023.
- [3] Walsh, J.; Othmani, A.; Jain, M.; Dev, S. Using U-Net network for efficient brain tumor segmentation in MRI images. Healthc. Anal. Feb 2022
- [4] Sourodir Ghosh, Aunkit Chaki & KC Santosh, "Improved U-Net architecture with VGG-16 for brain tumor segmentation". vol 44, pages 703-712, May 2021.
- [5] Zongwei Zhou, Md Mahfuzur Rahman Siddiquee, Nima Tajbakhsh, Jianming Liang, "UNet++: A Nested U-Net Architecture for Medical Image Segmentation", SCI, pages 3-11, Jul 2018