

암시야 현미경 영상에서 혈액 내 박테리아 검출 방법

박현준

청주대학교

Detection of Bacteria in Blood in Darkfield Microscopy Image

Hyun-jun Park

Cheongju University

E-mail : hyunjun@cju.ac.kr

요 약

혈액에서 박테리아를 검출하는 것은 의학 및 컴퓨터비전 영역에서 중요한 연구가 될 수 있다. 본 논문에서는 캐글에서 획득한 366장의 암시야 현미경 영상에서 혈액 내 박테리아를 검출하는 방법을 제안한다. 영상처리 기법을 이용한 전처리작업 및 데이터 증강을 통해 학습 데이터셋을 구축하고, 이를 학습하기 위한 딥러닝 모델을 정의한다. 실험 결과 제안된 딥러닝 모델은 암시야 현미경 영상에서 적혈구와 박테리아를 효과적으로 검출하는 것을 확인하였다. 본 논문에서는 비교적 간단한 모델을 사용하여 학습하였으나, 보다 깊은 모델을 활용하면 더 정확한 결과를 얻을 수 있을 것으로 보인다.

ABSTRACT

Detecting bacteria in blood could be an important research area in medicine and computer vision. In this paper, we propose a method for detecting bacteria in blood from 366 darkfield microscopy images acquired at Kaggle. Generate a training dataset through preprocessing and data augmentation using image processing techniques, and define a deep learning model for learning it. As a result of the experiment, it was confirmed that the proposed deep learning model effectively detects red blood cells and bacteria in darkfield microscopy images. In this paper, we learned using a relatively simple model, but it seems that more accurate results can be obtained by using a deeper model.

키워드

Bacteria detection, Darkfield microscopy, Image processing, Computer vision, Deep learning

1. 서 론

혈액에서 박테리아를 검출하는 것은 의학 및 컴퓨터 과학 분야에서 큰 의미를 가질 수 있다. 간단하게 혈액 내 박테리아와 바이러스 등 미생물 분석만으로도 암 여부 및 유형까지 식별할 수 있는 것으로 알려졌다[1].

이를 위해 혈액 내의 박테리아, 적혈구 등을 가시적으로 표현할 수 있는 영상 획득 방법이 필요하고, 그 중 하나가 암시야 현미경(darkfield microscope)을 이용하는 방법이다[2].

암시야 현미경은 특수한 조명법인 암시야 조명을 사용하여 보통의 현미경으로는 볼 수 없는 미립자를 분별할 수 있는 현미경이다.

암시야 조명은 어두운 방에 빛이 들면 먼지가 빛나 보이는 것과 같은 틴들 현상을 이용한다. 이

를 위해 표본을 직접 통과하거나 표본 주변을 통과하는 대다수 광선을 차단하여 경사 광선만이 표본과 상호 작용하도록 하면, 미생물의 측면에만 빛이 통과하게 된다는 현상을 이용한다. 타 광학 현미경에 비해 높은 해상도를 보이며, 위상차 현미경으로 관찰이 어려운 실험체도 관찰할 수 있다. 일반적으로 0.25~0.04 마이크로미터(μm)의 미립자까지 확인할 수 있다.

암시야 현미경을 이용하는 방법에는 다양한 이점이 있다. 배경이 어둡고 대비가 높아 보통의 현미경을 이용하기에 난해한 배경에서도 쉽게 샘플을 촬영할 수 있다. 그리고 명시야 현미경을 암시야 조명에 맞게 구성할 수 있어서 기존 장비를 이용할 수 있다. 또, 타 현미경을 이용하는 경우 세포나 미생물을 염색하는 과정이 필요한데, 암시야 현미경은 염색과정을 거치지 않아도 되므로 살아

있는 미생물이나 혈액 등을 관찰하기에 적합하다. 따라서 본 논문에서는 암시야 현미경을 이용하여 촬영된 혈액 영상을 자동으로 분석하여 적혈구와 박테리아를 검출하는 방법을 제안한다.

II. 암시야 현미경 혈액 영상 데이터

본 논문에서 사용하는 암시야 현미경 혈액 영상을 캐글에서 획득한 것이다[3]. 이 혈액 영상에는 적혈구와 함께 Spirochaeta라는 박테리아가 존재한다. Spirochaeta는 Spirochaetes 문으로 분류되는 박테리아 속이다.

이 데이터 세트에는 366개의 암시야 현미경 이미지와 분류 및 분할 목적으로 사용할 수 있는 수동 주석 마스크가 포함되어 있다. 그림 1은 원본 데이터 세트 중 일부를 보여준다. 다양한 크기와 형태로 촬영된 적혈구와 박테리아가 존재함을 확인할 수 있다.

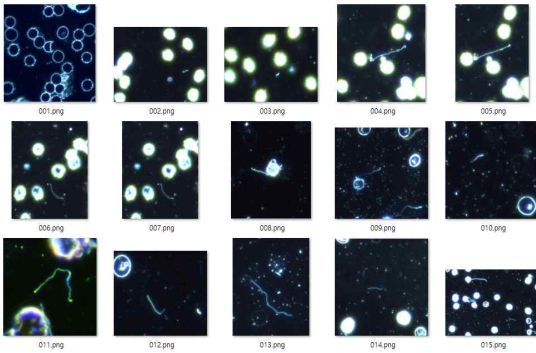


그림 1. 원본 데이터 세트

366장의 영상은 딥러닝 학습을 수행하기에는 부족하므로 정확한 결과를 얻기 위해서는 데이터 증강(data augmentation)[4]이 필요하다.

본 논문에서는 다음과 같은 방법으로 데이터 증강을 수행한다.

1. 원본 영상을 30~360°까지 30도씩 회전
2. 좌우 대칭, 상하 대칭, 상하좌우 대칭
3. 밝기값 -20% ~ +20%, 10%씩 변경

이와 같이 데이터 증강을 통해 원본 영상 1장을 240장으로 늘릴 수 있다. 따라서 366장의 원본 영상을 이용하면 총 87,840장의 영상을 획득할 수 있다.

그림 2는 증강된 데이터의 일부 예시를 보여준다. 원본 영상이 회전, 대칭 이동, 밝기가 변경된 유사한 이미지로 증강된 것을 확인할 수 있다.

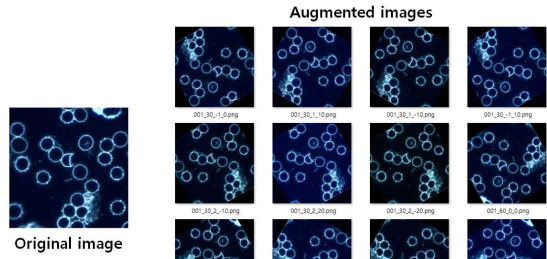


그림 2. 데이터 증강 결과 예시

마지막으로 증강된 이미지를 180×180 크기로 해상도를 통일하고, 배경은 (0, 0, 0), 적혈구는 (255, 0, 0), 박테리아는 (0, 0, 255)으로 레이블을 붙여 학습 데이터셋을 생성한다.

III. 박테리아 검출을 위한 학습 모델

그림 3은 본 논문에서 사용한 박테리아 검출을 위한 딥러닝 모델을 보여준다. 총 10층 구조로, Conv2D 계층과 Conv2DTranspose 계층을 반복하는 단순한 구조를 가지고, 각 층은 활성화 함수로 ReLU를 사용한다. 컨볼루션 마스크의 크기는 5×5~15×15, 필터는 32~256개로 정의한다.

Conv2D 계층 뒤에는 배치 정규화(batch normalization)를 수행하여 가중치 값이 적절하게 분포할 수 있도록 유도하였다.

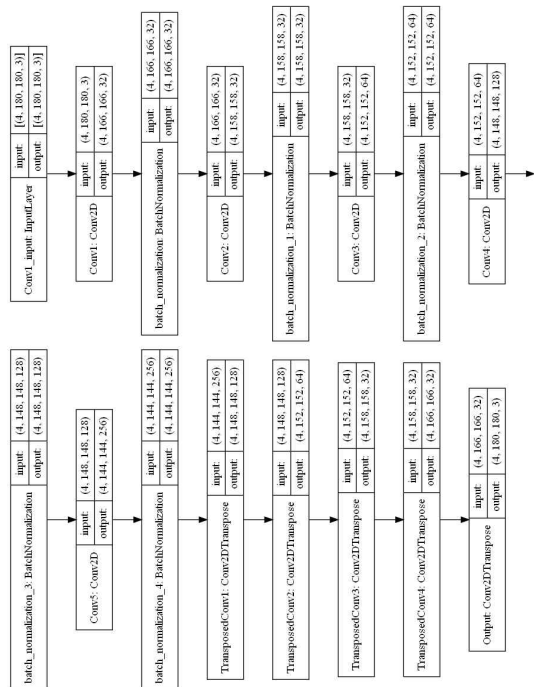


그림 3. 사용된 모델 구조

IV. 실험 및 결과 분석

논문에서 설명하는 방법은 Intel i9-10900K @ 3.70GHz CPU, 128.0 GB RAM, NVIDIA GeForce RTX 3090 사양의 데스크톱에서 Microsoft Visual Studio Community 2022 Preview 환경에서 구현하였다. 딥러닝 구현은 Tensorflow v2.6, 데이터 증강 및 영상처리는 OpenCV v4.5.3, 데이터 관리를 위해 Pandas, sklearn 라이브러리를 활용하였다.

본 논문에서는 전체 데이터를 6:4의 비율로 학습 데이터(52,704장)와 실험데이터(35,136장)로 랜덤하게 나누어 실험하였다.

최적화 방법은 Adam 방법[5]을 사용하였으며, 학습률은 0.0001, 손실함수는 'binary_crossentropy'를 사용하였다. 가중치 초기화 방법은 He 방법[6]을 사용하였다.

학습 결과, 학습데이터에 대해 95~96%의 정확도를 보였고, 그림 4는 제안하는 방법을 통해 검출된 박테리아와 적혈구를 보여준다.

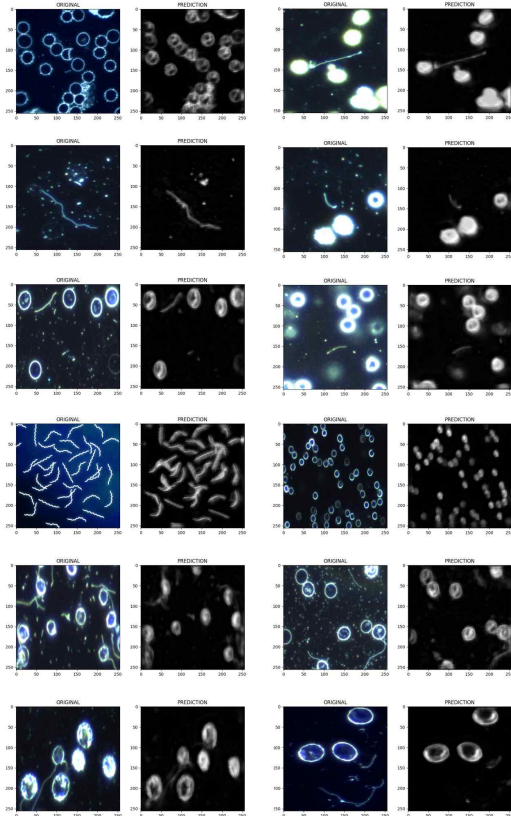


그림 4. 박테리아 및 적혈구 검출 결과

실험 결과, 적혈구는 정확하게 검출하는 것을 확인할 수 있었다. 하지만 박테리아의 경우, 박테리아의 길이가 짧거나 뭉쳐있을 때는 노이즈와 구분이 되지 않아 정확하게 검출되지 않는 경우도 발생하였다. 이는 비교적 단순한 모델을 사용하여 학습한 결과로 보인다.

V. 결 론

암시야 현미경은 혈액 내의 박테리아와 적혈구를 촬영하기 적절한 방법으로, 이를 자동으로 분석할 수 있는 기술이 필요하다. 본 논문에서는 이를 위해 개글에서 획득한 366장의 암시야 현미경 영상을 이용하여 혈액 내 박테리아와 적혈구를 검출하는 방법을 제안하였다. 먼저 딥러닝 학습을 위해 366장의 원본 영상을 총 87,840장의 영상으로 데이터를 증강하고, 이를 학습하기 위한 모델을 제안하였다. 실험 결과, 제안하는 모델을 이용하여 적절하게 혈액 내 박테리아와 적혈구를 검출할 수 있음을 확인하였다. 제안한 모델은 비교적 단순한 모델로, 향후 더 깊은 모델을 사용하거나 전이학습을 활용하면 보다 좋은 결과를 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

Acknowledgement

“2020~2021학년도에 청주대학교 산업과학연구소가 지원한 학술연구조성비(특별연구과제)에 의해 연구되었음.”

References

- [1] G. D. Poore et al., "Microbiome analyses of blood and tissues suggest cancer diagnostic approach," *Nature*, 2020; DOI: 10.1038/s41586-020-2095-1
- [2] S. B. Han, Y. S. Jang, H. J. Kim, J. H. Oh, J. M. Jung, "Development of affordable commercial camera-based cell monitoring microscope with autofocus and dark field," *INFORMATION AND CONTROL SYMPOSIUM*, pp. 135-16, Apr. 2019.
- [3] Kaggle, Bacteria detection with darkfield microscopy, [Internet]. Available : <https://www.kaggle.com/longnguyen2306/bacteria-detection-with-darkfield-microscopy>
- [4] C. Shorten and T. M. Khoshgoftaar, "A survey on image data augmentation for deep learning," *Journal of Big Data*, Vol. 6, No. 1, pp. 1-48, 2019; DOI: 10.1186/s40537-019-0197-0
- [5] D. P. Kingma and J. Ba, "Adam: A method for stochastic optimization," arXiv preprint arXiv:1412.6980, 2014.
- [6] K. He, X. Zhang, S. Ren, and J. Sun, "Delving deep into rectifiers: Surpassing human-level performance on imagenet classification," In *Proceedings of the IEEE international conference on computer vision*, pp. 1026-1034, 2015; DOI: 10.1109/iccv.2015.123