

딥러닝 FPGA 가속기를 사용한 마스크 착용 시 개인 휴대기기를 위한 얼굴 인식 성능 향상 알고리즘

이선율¹, 김태영², *이성주¹

¹정보통신공학과 및 지능형 융합드론학과, 세종대학교

²전자정보통신공학과, 세종대학교

melody@itsoc.sejong.ac.kr, taeyoung@itsoc.sejong.ac.kr, seongjoo@sejong.ac.kr*

Masked face recognition algorithm for personal portable devices using deep learning FPGA accelerator

Seonyul Lee¹, Taeyoung Kim², Seongjoo Lee^{1*}

¹Dept. of Information and Comm. Eng. and Convergence Engineering for Intelligent Drone, Sejong Univ.

²Dept. of Electrical Eng, Sejong Univ

요 약

얼굴 인식 기술은 출입관리, 개인정보보안, 무인이동체 등 다양한 분야와 관련되어 연구가 진행되고 있다. 하지만, 마스크와 같이 얼굴이 가려지게 되면 인식률이 하락하는 문제가 발생한다. 본 논문에서는 마스크를 착용한 상태에서 마스크 영역을 검출하고 해당 부분을 정답 이미지로 바꾸어, 마스크를 착용하지 않았을 때의 이미지와 유사하게 만들어 얼굴 인식률을 향상시키는 알고리즘을 제안한다. 제안하는 알고리즘을 적용하였을 때, 마스크를 착용한 경우보다 22.85% 향상된 인식률을 보인다. 알고리즘 처리 속도 향상을 위해 ZC706 FPGA board를 사용하였고 그 결과, 처리 속도가 약 7.5배 빨라졌다.

I. 서 론

정보화 시대가 진행됨에 따라 얼굴 인식은 출입관리, 개인정보보안, 무인이동체 등 다양한 분야와 관련하여 연구가 진행되고 있다[1-2]. 마스크가 생활필수품으로 자리잡게 된 현재, 마스크 착용 시 얼굴 인식 가능 여부는 중요한 문제이다. 일반적으로 마스크를 착용하게 되면 얼굴에서 많은 부분이 가려지게 되어 마스크를 착용하지 않았을 때보다 인식률이 확연히 떨어지게 된다[3]. 마스크를 착용한 상태에서 얼굴 인식률을 향상시키기 위해서는 마스크를 착용한 이미지를 학습 데이터에 추가해야 한다.

본 논문에서는 마스크를 착용한 이미지를 제외한 기존 얼굴 이미지 데이터만을 딥러닝하여 휴대폰과 같은 개인 장비에서 마스크를 착용한 상태에서도 사용자의 얼굴을 인식률을 향상시키는 알고리즘을 제안한다. 알고리즘의 처리 속도 향상을 위해 Xilinx ZC706 FPGA board를 사용하였다.

II. 본론

가. 마스크 영역 검출 및 정답 이미지와 매칭

본 챕터에서는 마스크를 착용하고 있는 이미지에서 얼굴 하단 부분을 검출하고 정답 이미지와 연결하는 방법을 설명하겠다. 먼저, 마스크 및 눈 부분을 검출하기 위해 YOLOv5를 사용하였고 anaconda, CUDA, cuDNN, PyTorch를 설치하였다.

그림 1과 같이 눈과 마스크를 labeling 해준다. 1000장의 데이터를 사용하였고 바운딩 박스에 대한 정보는 txt 파일로 저장된다.

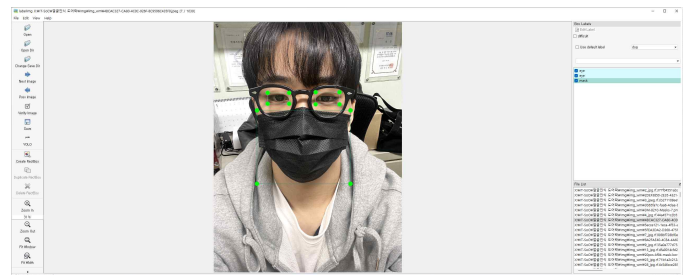


그림 1. 눈과 마스크 영역 labeling

그림 2는 labeling 한 데이터를 학습시킨 결과이다. 정면에서 나온 사진의 경우, 눈과 마스크에 바운딩 박스가 잘 나타나고 마스크가 없는 경우에도 눈 영역에 바운딩 박스가 잘 나타난다.



그림 2. Labeling 한 데이터 학습 결과

마스크를 착용하고 있는 입력 이미지의 마스크 하단 부분을 정답 이미지로 교체하기 위해 마스크를 착용한 입력 이미지와 착용하지 않은 정답 이

* 교신 저자

미지를 학습시킨 모델에 입력하여 각각 눈과 마스크를 감지한다. Python으로 그림 3과 같이 이미지의 눈 좌표의 중심점, 간격, 각도를 찾아낸다. 눈이 틀어진 각도를 이용하여 이미지를 회전시켜 얼굴을 수평으로 만들어 준다. 눈 사이의 거리 값을 이용해 입력 이미지와 정답 이미지의 얼굴 크기를 같게 만든다. 이후, 입력 이미지의 마스크 바운딩 박스 윗변을 기준으로 아랫부분을 잘라내고 정답 이미지도 동일한 위치에서 윗부분을 잘라낸 다음 두 이미지를 합친다. 그림 4는 마스크를 착용한 입력 이미지, 마스크를 착용하지 않은 정답 이미지, 입력 이미지에 제안하는 알고리즘을 적용한 이미지이다.



그림 3. 입력(좌), 정답(우) 이미지의 눈 좌표의 중심점(①), 간격(②), 각도(③) 표시

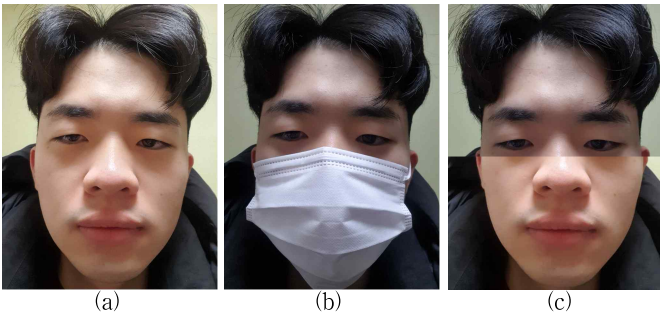


그림 4. (a) 마스크를 착용하지 않은 정답 이미지 (b) 마스크를 착용한 입력 이미지 (c) 제안하는 알고리즘을 적용한 이미지

나. 실험 결과

Deep Learning 학습을 위해 정답 얼굴 이미지 150개, 정답이 아닌 얼굴 이미지 500개로 총 650개의 얼굴 이미지 데이터를 학습시켰다. 학습 모델은 Darknet-53을 사용하였고 MATLAB을 사용하여 학습을 진행하였다. 학습 데이터 중 70%는 training set, 30%는 validation set으로 사용하였다. 마스크를 착용하지 않은 경우(A), 마스크를 착용한 경우(B), 마스크를 착용한 사용자 이미지에 제안하는 알고리즘을 적용한 경우(C)의 이미지를 각각 30개씩 테스트하여 성능을 검증하였다. 표 1은 A, B, C에 대한 인식률을 나타낸 표이다. 마스크를 착용한 경우보다 제안하는 알고리즘을 적용하였을 때 인식률이 22.85% 향상된다.

표 1. 제안하는 알고리즘의 인식률

	마스크 미 착용(A)	마스크 착용(B)	제안하는 알고리즘(C)
인식률	92.35%	59.69%	82.54%

개인 휴대기기를 타겟으로 하기 때문에 알고리즘 처리 속도 향상을 위해 Xilinx사의 ZC706 FPGA board를 사용하였다. MATLAB으로 훈련된 신경망을 보드에 컴파일하고 FPGA에 Bitstream 프로그래밍 및 신경망 가중치를 다운로드했다[4]. 표 2는 예시 이미지를 불리워 예측 성능을 출력한 결과이다. MATLAB과 같은 결과가 나왔음을 확인할 수 있다.

표 2. ZC706 FPGA board porting 후 인식률

	마스크 미 착용(A)	마스크 착용(B)	제안하는 알고리즘(C)
인식률	92.35%	59.69%	82.54%

그림 5와 그림 6은 ZC706 board를 사용하지 않았을 때와 사용하였을 때의 실행 시간을 측정한 그림이다. ZC706 board를 사용하지 않았을 때의

실행 시간은 0.38초, 사용하였을 때의 실행 시간은 0.051초로 ZC706 board를 사용하였을 때의 실행 시간이 사용하지 않았을 때보다 약 7.5배 빨라져 처리 속도가 향상되었다.

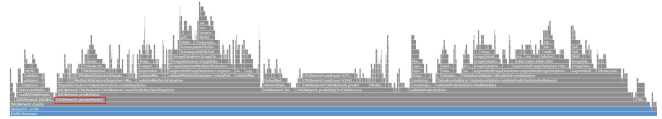


그림 5. ZC706 board를 사용하지 않았을 때의 실행 시간

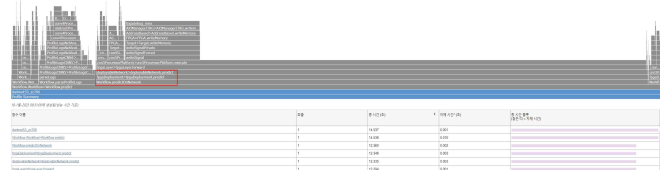


그림 6. ZC706 board를 사용했을 때의 실행 시간

III. 결론

본 논문에서는 마스크를 착용하였을 때의 얼굴 인식을 하락 문제를 해결하기 위해 마스크 영역을 검출하고 마스크 영역을 정답 이미지로 바꾸어 얼굴 인식률을 향상시키는 알고리즘을 제안하였다. 기존 마스크를 착용하였을 때의 정확도는 59.69%로 마스크를 착용하지 않았을 때인 92.35%보다 인식률이 많이 하락하였다. 제안하는 알고리즘을 적용하면 인식률이 82.54%로 마스크를 착용하였을 때보다 인식률이 22.85% 향상된 효과를 확인할 수 있다. 마스크 영역 검출 및 이미지 매칭은 YOLOv5와 python을 사용하였으며 딥러닝은 MATLAB을 사용하여 학습하였다. 알고리즘 처리 속도 향상을 위해 ZC706 FPGA board에 porting하였으며 처리 속도가 약 7.5배 빨라짐을 확인하였다. 향후 공용 장비를 위한 얼굴 인식을 향상에 관련된 추가 연구를 진행할 예정이다.

ACKNOWLEDGMENT

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원(No. 2020R1A2C1007546) 및 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 이공분야 대학중점연구소지원사업의 지원(No. 2020R1A6A1A03038540)을 받아 수행된 연구이며, 검증을 위한 EDA관련 툴은 IDEC의 지원을 받았다.

참 고 문 헌

- [1] Adjabi, I.; Ouahabi, A.; Benzaoui, A.; Taleb-Ahmed, A. Past, Present, and Future of Face Recognition: A Review. *Electronics* 2020, 9, 1188. <https://doi.org/10.3390/electronics9081188>
- [2] Song, Z.; Nguyen, K.; Nguyen, T.; Cho, C.; Gao, J. Spartan Face Mask Detection and Facial Recognition System. *Healthcare* 2022, 10, 87. <https://doi.org/10.3390/healthcare10010087>
- [3] N. Damer, J. H. Grebe, C. Chen, F. Boutros, F. Kirchbuchner and A. Kuijper, "The Effect of Wearing a Mask on Face Recognition Performance: an Exploratory Study," 2020 International Conference of the Biometrics Special Interest Group (BIOSIG), Darmstadt, Germany, 2020, pp. 1-6.
- [4] The Math Works, Inc. (2022). MATLAB (Version 2022b) [Computer software]. <https://kr.mathworks.com/help/supportpkg/xilinxdeeplearning/ug/get-started-with-deep-learning-on-fpga-on-xilinx-zc706.html>