

CNN을 활용한 실내화재 이미지 분석 알고리즘 개발

유수빈, 서승현, 유지나*, 김재현

아주대학교 전자공학과, *아주대학교 AI융합네트워크학과

{s990302, ssheon777, *jinal114, jkim}@ajou.ac.kr

Development of Indoor Fire Image Analysis Algorithm using CNN

Subin Yoo, Seung-Hyeon Seo, Jina Yu*, Jae-Hyun Kim

Department of Electrical and Computer Engineering, Ajou University,

*Department of Artificial Intelligence Convergence Network, Ajou University

요약

딥러닝을 이용한 화재 판단 연구가 활발히 진행 중이나 대부분의 연구는 화재, 비화재 분류에 있어 서로 유사한 상황을 고려하지 않는다. 본 논문은 convolutional neural network (CNN)을 활용하여 실내 이미지에 대해 화재를 분석하는 알고리즘을 제안한다. 발화 초기의 화재를 포함한 화재 상황과 조리 중 발생하는 연기, 가스레인지 불, 촛불과 같은 비화재 상황에 대한 데이터 셋을 총 6,946개 수집하여 학습한다. 학습한 모델은 92.84%의 정확도를 가지며, 160개 이미지에 대한 테스트에서 88.13%의 정확도를 보인다.

I. 서론

국가 화재 정보 시스템의 화재 통계연감에 따르면 최근 10년간 발생한 화재 415,709건 중 주거시설에서 110,762건 (26.6%)로 가장 많이 발생했고, 산업시설, 차량, 생활서비스시설 순으로 화재 발생률이 높은 것으로 나타났다 [1]. 이처럼 실내 환경에서 화재가 자주 발생한다. 현재, 딥러닝을 이용한 화재 판단 연구가 활발히 진행 중이다. 기존 연구에서 사용한 알고리즘은 이미지 내 화염이나 연기를 검출하여 화재 발생을 판단한다 [2 - 4]. 이때, 대부분 연구는 비화재의 다양한 상황에 대해 고려하지 않는다. 그러나 실내에는 조명, 요리 연기 및 가스레인지 불과 같이 화재와 유사한 상황이 많다. 따라서 화재 검출 기술을 실내 환경에 적용하기 위해서는 화재와 유사한 경우에 대해 고려가 필요하다.

본 논문은 convolutional neural network (CNN)을 기반으로 실내 이미지에서 화재를 분석하는 알고리즘을 제안한다. 제안하는 알고리즘은 분류 모델을 활용하여 화재와 비화재를 구별한다. 특히, 발화 초기 시점이거나 먼 곳에서 발생하는 등 이미지 상 규모가 작은 화재인 경우와 가스레인지 불과 같이 비화재인 경우를 구분할 수 있다.

II. 본론

가. 데이터 셋 구성

화재와 비화재 이미지를 kaggle, 공공 데이터 포털 등을 통해 수집하여 데이터 셋으로 활용한다. 그림 1, 2는 각각 화재와 비화재 이미지의 수집 기준 예시이다. 화재 이미지는 일반적인 화재뿐만 아니라 화재 초기의 작은 화염, 연기, 스파크 등의 이미지도 포함한다. 비화재 이미지로는 일반적인 비화재 상황뿐만 아니라 화재라고 잘못 판단할 수 있는 상황을 포함한다. 이와 같은 상황으로는 가스레인지 불과 촛불, 붉은 조명, 연기 및 연무와 유사한 실내 이미지, 빨간색 음식, 조리하면서 발생하는 연기 등이 있다. 이 외에도 붉은 계열의 색상이거나 화염 및 연기와 비슷한 모양의 사물 이미지를 사용한다.

데이터 증가를 위해 ImageDataGenerator 함수를 이용한다. 또한, 화재



그림 1. 화재 이미지



그림 2. 비화재 이미지

와 비화재 이미지 개수를 동일하게 맞추기 위해 flip, rotation, zoom을 활용하여 데이터를 증강한다. 증강 이후의 총 6,946개 이미지를 학습, 검증, 테스트 데이터로 8.5 : 0.75 : 0.75의 비율로 나누어 설정한다.

나. 딥러닝 모델

본 논문에서 제안하는 알고리즘은 은닉층과 fully connected (FC) 층으로 구성되어 입력된 컬러 이미지의 특징을 추출한다. Convolution 층에서 3x3 크기의 필터를 1x1 간격으로 이동시키며 연산한다. 층마다 필터 개수는 32, 64, 64, 128, 128, 128로 증가하며 마지막 두 층은 묶어서 pooling을 한 번만 진행한다. 이때, batch normalization 층을 이용해 local optimum 문제를 방지한다. Max pooling 층에서는 pool size를 2x2, stride를 2로 설정한다. 이때 사용하는 활성화 함수는 rectified linear unit (ReLU)이다. Flatten 층에서 데이터를 1차원으로 변환하고, 두 개의 dense 층에서 출력 크기를 순서대로 128, 1로 줄인다. Dense 층의 활성화 함수로, 첫 번째 층에서는 ReLU를 사용하고, 마지막 층에서는 이진 분류를 위해 sigmoid를 사용한다. 이를 통해 이미지의 특징을 추출하여 1,754,881개 파라미터를 얻고, 최종적으로 non-trainable 파라미터 1,088개를 제외한 1,753,793개 파라미터를 학습한다. 또한, dropout을 은닉층의 각 max pooling 층 뒤에 0.2, FC 층의 첫 번째 dense 층 뒤에 0.5로 설정하여 과적합을 방지한다.

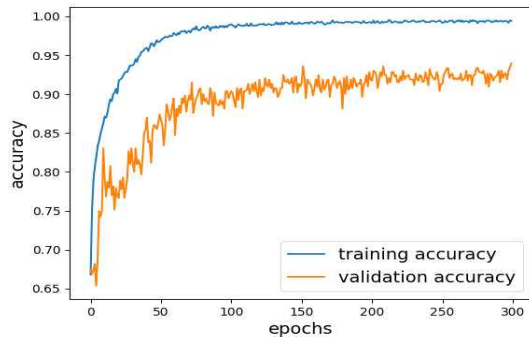


그림 3. 실내화재 분류모델의 학습 정확도

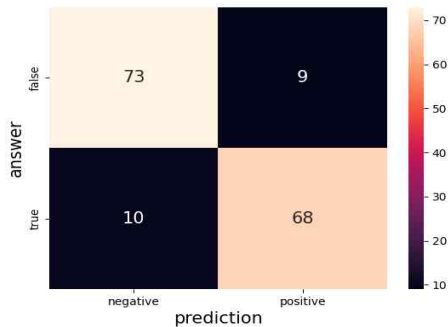


그림 4. 추가 테스트 결과 히트맵

다. 성능 평가

개발한 모델을 손실함수 binary cross entropy와 최적화 함수 nesterov adaptive moment estimation (Nadam)을 사용하여 learning rate 0.00005로 300번 반복 학습을 진행한다. 그림 3은 제안한 모델의 학습 횟수에 따른 정확도 그래프이며, 300번째 학습에서의 훈련과 검증 정확도는 각각 99.42%와 93.97%로 나타난다.

모델의 성능 평가의 척도로 정확도, 정밀도, 재현율을 사용한다. 테스트 결과를 오차 행렬로 나타내어 실제 화재 데이터를 true (t), 실제 비화재 데이터를 false (f), 화재로 추론한 데이터를 positive (p), 비화재로 추론한 데이터를 negative (n)이라 할 때, 정확도와 정밀도, 재현율의 식은 각각 수식 (1), (2), (3)과 같다 [5].

$$\frac{tp+tn}{tp+fp+tn+fn}, \quad (1)$$

$$\frac{tp}{tp+fp}, \quad (2)$$

$$\frac{tp}{tp+fn}, \quad (3)$$

이때, 화재로 판단한 데이터 중 실제로 화재인 데이터 개수는 tp , 실제로 비화재인 개수는 fp 이고, 비화재로 판단한 데이터 중 실제로 비화재인 데이터 개수는 tn , 실제로 화재인 개수는 fn 이다. 계산 결과, 모델의 정확도는 92.84%이고, 정밀도는 92.11%, 재현율은 97.72%이다.

실내화재 분류모델의 구체적인 평가를 위해 160개 이미지에 대해 추가 테스트를 진행한 결과, 정확도는 88.13%, 정밀도는 88.31%, 재현율은 87.17%이다. 이때, 그림 4는 테스트 결과를 오차 행렬로 나타낸 히트맵이며, 행은 정답 레이블, 열은 모델의 추론 결과를 나타낸다.

표 1은 화재 탐지의 대표적인 오픈 소스 모델과 제안하는 알고리즘 모델의 테스트 결과를 비교한 것이다 [6]. 추론 결과가 출력되며, 잘못 판단한 경우 빨간색으로 표시한다. 오픈 소스 모델은 화재와 유사한 상황이나 규모가 작은 화재에 대해 판별하지 못하고, 주방에서 일어난 화재와 일반적으로 요리하는 상황을 구분하지 못한다. 제안한 알고리즘은 화염과 연기

표 1. 오픈소스 모델과 제안한 모델의 테스트 결과

오픈 소스 모델 [6]	 no	 no	 no
	 fire	 fire	 fire
제안한 모델	 fire	 fire	 fire
	 no	 no	 no

가 존재하는 요리 이미지와 주방화재 이미지에 대해 구분하고, 빨간 조명과 음식, 난로, 촛불, 케이크 초, 하얀 배경에 대해 모두 비화재라고 분류할 수 있다.

III. 결론

본 논문에서는 CNN을 활용하여 실내에서 발생한 화재 이미지를 분석하는 알고리즘을 개발하였다. 해당 알고리즘은 convolution, BN, max pooling 층이 반복된 은닉층으로 구성되었다. 실내화재 발생 여부를 정확히 구별하기 위해, 실내 환경의 물체 및 상황에 대해 화재와 유사한 이미지를 중심으로 비화재 데이터 셋을 수집하였다. 이를 통해 학습한 모델은 92.84%의 정확도를 보였고, 추가로 진행한 160개 이미지의 테스트 정확도는 88.13%로 나타났다. 개발한 알고리즘은 음식 조리 상황과 주방화재의 구분이 가능하고, 화재와 유사한 실내 상황에서의 화재 여부를 판단할 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] 이홍교, “2021년도 화재통계연감,” 서울 : 소방청, Jun. 2022. p.43. 발간 등록번호 11-1661000-000011-10.
- [2] 김영진, 김은경, “CNN을 활용한 영상 기반의 화재 감지,” 한국정보통신학회논문지, Vol. 20, No. 9, pp. 1649-1656, Sep. 2016.
- [3] 김정수, 이찬우, 박승화, 이중현, 홍창희, “딥러닝 기반 지하공동구 화재 탐지 모델 개발 : 학습데이터 보강 및 편향 최적화,” 한국건설기술연구원 국가 BIM 연구센터, 스핀어웹, Vol. 21, No. 12, pp. 320-330, Dec. 2020.
- [4] 류진규, 광동걸, “딥러닝 인공지능 기법을 이용한 화재 인식 알고리즘에 관한 연구,” 전력전자 학술대회 논문지, pp. 275-277, Jul. 2018.
- [5] 정성혁, 이상희, 최용, 김태형, 신소영, “딥러닝을 활용한 감자 수확량 모니터링 시스템 설계,” 한국산학기술학회논문지, Vol. 23, No. 5, pp. 217-224, May. 2022.
- [6] Fire Detection by Agnishwar Bagchi [Internet]. Available: <https://www.kaggle.com/code/agnishwarbagchi/fire-detection/notebook>.