

One versus All 분류기 기반 전파 신호 송출원 식별 시스템에 관한 연구

*강주성, *김철순, **신영학, *이흥노[†]

*광주과학기술원 전자전기컴퓨터공학부

**목포대학교 컴퓨터공학과

e-mail : k92492@gist.ac.kr, csk0315@gist.ac.kr, younghak@mokpo.ac.kr, Heungno@gist.ac.kr[†]

One versus All classifier based identification system for Radio Frequency signal emitters

*Jusung Kang, *Cheolsun Kim, **Younghak Shin and *Heung-No Lee[†]

*School of Electrical Engineering and Computer Science,

Gwangju Institute of Science and Technology (GIST)

**Dept. of Computer Engineering, Mokpo National University

Abstract

In this paper, an identification system based on One versus All (OvA) classifier for Radio Frequency (RF) signal emitters is proposed. It has been trained to return a probability that received RF signal will be emitted from target class. From experiments, it was able to classify the 8 emitters with 98.1% accuracy. These result confirm that the performance of OvA approach can fully follow the performance of multi-class approach.

I. 서론

수많은 데이터로부터 유의미한 결과를 도출하는 인공지능 기술의 발전에 따라, IoT 환경 기반의 데이터 확보 기술에 대한 중요성이 부각되고 있다. IoT 환경에서는 목적에 맞는 다양한 센서 장비를 배치한 뒤, 원하는 측정 데이터를 전파 신호를 통해 수집할 수 있다. 이렇게 수집된 빅 데이터로부터의 분석을 통해 음성인식, 객체 인식 혹은 고장 진단과 같은 다양한 형태의 인공지능 기술이 연구되고 있다.

올바른 인공지능 개발을 위해서는 학습 데이터 셋의 무결성이 중요하다. 다양한 센서 장비로부터 데이터를 수집하는 IoT 환경에서는, 악의적 사용자가 잘못된 정보를 제공하여 오염된 데이터 셋을 구성하게 할 수 있으며, 이로부터 잘못된 편의 기능 제공 및 사용자의

목숨까지도 위협할 수 있다[1].

이러한 필요성에 근거하여, 최근 IoT 환경에서의 전파 신호 송출원 분석을 통한 복제 불가능한 보안 시스템에 대한 연구가 수행되고 있다[2~3]. 본 연구팀 역시 이러한 필요성에 맞춰, OvA 분류기 기반의 전파 신호 송출원 식별 기술을 제안하고, 이를 multi-class 분류기 기반 식별 기술과 비교함으로써 그 가능성에 대해 알아보았다.

II. 본론

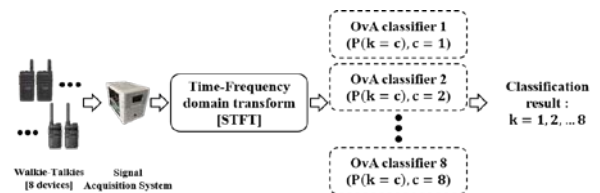


그림 1. OvA 기반 전파 신호 송출원 식별 시스템

본 논문에서 제안하는 신호 송출원 식별 시스템은 그림 1과 같다. 본 연구의 목적이 OvA 분류기 기반 시스템 제안 및 그 가능성 확인이기에, 신호 습득 및 특성인자 추출 과정은 최대한 간단하게 구성하였으며, 특성인자 분류 과정에서의 OvA 및 multi-class 기반 접근 방법을 통해, 그 성능을 비교하였다.

세부적인 방법은 다음과 같다. 먼저 미리 준비된 동종의 Walkie-Talkie로부터의 전파 신호를 신호 습득 장비를 통해 수집 하였으며, 사용자 설정에 따라

쉽게 변환 수 있는 carrier frequency offset 영향을 최소화 하기 위해 baseband로의 down-converting 을 수행 하였다. 다음으로 신호에 대한 시간-주파수 영역에서의 정밀 분석 방법 중 하나인 Short Time Fourier Transform (STFT) 를 적용함으로써 입력된 전파신호에 대한 spectrogram을 계산하였다 [4].

본 연구팀은 계산된 spectrogram에 대한 식별을 위해 OvA 기반 분류기를 사용 하였다. OvA 분류기는 목표하는 class에 대한 이진 식별을 수행하는 방법으로, 수신 신호가 목표하는 class로부터 송출 되었을 확률을 학습하였다. 개별 학습된 OvA 분류기로부터의 목표하는 class일 확률 값을 이용하여, 가장 높은 확률의 class를 최종 선정할 수 있으며, 이를 multi-class 분류기 결과와 비교하였다.

III. 실험 및 결과

본 연구에서 사용된 실험 환경은 다음과 같다. IoT 환경에서의 다양한 전파 송출원을 반영하기 위해, Motorola사 및 Hytera사의 Digital Walkie-Talkie 각 4대씩, 총 8대를 준비 하였다. 해당 무전기는 423.1875MHz 대역에서 신호 송·수신이 이뤄지며 아날로그 믹서 및 동축케이블을 이용해 10MHz에서의 IF signal을 96MHz의 속도로 획득하였다. 개별 송출원에 대한 전파 신호를 각 50회씩 수집 하였으며, Matlab 기반의 전처리 과정을 통해 baseband 신호를 최종 습득하였다.

이후 과정은 python 및 PyTorch를 기준으로 실험하였다. 수집한 데이터셋을 6:4로 나누어 학습용 신호 240개 및 테스트용 신호 160개를 구성하였으며, torchvision 0.6에서 제공되는 ResNet50 모델을 fine-tuning 하여 OvA 분류기로 사용하였다.

	1	2	3	4	5	6	7	8
Multi class / One versus All [0.9563 / 0.9812]								
1	20/20	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
2	0/0	16/18	0/1	4/1	0/0	0/0	0/0	0/0
3	0/0	0/0	20/20	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
4	0/0	1/1	1/0	18/19	0/0	0/0	0/0	0/0
5	0/0	0/0	0/0	0/0	20/20	0/0	0/0	0/0
6	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	20/20	0/0	0/0
7	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	1/0	19/20	0/0
8	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	20/20

표 1. 분류 정확도 및 Confusion matrix 결과

제안하는 시스템에 대한 분류 정확도 및 Confusion matrix는 표 1과 같다. 실험 결과 OvA 방식을 통해 98.1%의 분류 정확도를 확인할 수 있었으며, multi-class 방식의 95.6% 보다 결과가 향상될 수 있음을 확인하였다. 추가로 이종 통신기 간 식별 오류는 발생하지 않았음을 확인하였으며 (i.e. class 1~4 vs 5~8), 보다 어려운 분류 문제로 고려되는 동종 통신기 간에서는 식별 오류가 존재함을 확인하였다.

OvA Classifier [Target Class]	Precision [TP/(TP+FP)]	Recall [TP/(TP+FN)]	Specificity [TN/(TN+FP)]
Class 1	1.0	1.0	1.0
Class 2	0.70	0.875	0.958
Class 3	1.0	0.909	1.0
Class 4	1.0	1.0	1.0
Class 5	1.0	1.0	1.0
Class 6	1.0	1.0	1.0
Class 7	1.0	1.0	1.0
Class 8	0.10	1.0	0.886

표 2. 개별 OvA 분류기 성능

제안하는 시스템의 상세 분석을 위해 개별 OvA 분류기에 대한 Precision, Recall 및 Specificity 성능을 확인하였다. 실험 결과, 대부분의 OvA 분류기들이 입력되는 전파 신호에 대한 송출원 식별을 잘 수행하고 있음을 확인할 수 있었다. 일부 분류기에 대한 과적합 현상도 확인할 수 있었으나 (i.e. class 2,3 and 8), 그럼에도 불구하고 최종 분류에서는 98.1% 라는 높은 성능을 달성함으로써 제안하는 시스템이 부정적 신호 검출에 충분히 효율적임을 확인할 수 있었다.

IV. 결론 및 향후 연구 방향

IoT 환경에서의 올바른 데이터 수집을 위해서는, 데이터가 악의적 사용자로부터 오염되지 않았는지를 확인하는 작업이 필요하다. 이를 위해 본 논문에서는 OvA 분류기 기반의 전파 신호 송출원 식별 기술을 제안하였으며, 그 결과가 Multi-class 기반 방식보다 더 좋을 수 있음을 확인하였다. 더불어 개별 OvA 분류기에 대한 Precision, Recall 및 Specificity 성능을 확인함으로써, 제안하는 시스템이 부정적 신호 검출에 활용할 수 있음을 확인하였다.

Acknowledgements

This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korean government (MSIP) [NRF-2018R1A2A1A19018665].

참고문헌

- [1] 김혜진 외 4인, '스마트 IT 융합 플랫폼을 위한 지능형 센서 기술 동향', 한국전자통신연구원 기술 보고서, 2019.
- [2] K. Merchant, et.al., 'Deep learning for RF device fingerprinting in cognitive communication networks', IEEE J. Sel. Topics Signal Process., Feb. 2018.
- [3] 이창윤 외 2인, 'CNN을 이용한 주파수 도약 신호 기반 RF Fingerprinting 시스템', 대한전자공학회 하계 종합 학술대회, 2019.
- [4] P. Flandrin, 'Wavelet Analysis and its Applications', Academic Press, San Diego, 1999.