www.kics.or.kr

2016년도 한국통신학회
동계종합학술발표회
프로그램

일시 2016년 1월 20일(수)~1월 22일(금)
장소 하이원리조트
주최 한국통신학회
후원 강원도청, 국립강릉원주대, 삼성전자, LG전자, SKT

KICS
한 국 통 신 학 회

10A-14 White Box & Bare Metal Switch 시장 및 생태계 연구
민대홍(ETRI)

10A-15 ICT업체들의 스마트카 운영체계(OS) 전략
전황수(ETRI)

10A-16 ICT R&D 투자와 경제성장: 주성분 회귀분석을 중심으로
홍재표, 김방룡(과학기술연합대학원대학교/ETRI)

10A-17 유선 통신망에 접속되는 단말장치 기술기준 개선 연구
최문환, 조평동, 이상무(ETRI)

10A-18 케이블 방송망에서 멀티 기가급 데이터 서비스 제공을 위한 광역채널 케이블모뎀의 고속 LDPC 복호기 구현에 관한 연구
정준영, 이제원, 최동준, 허남호(ETRI)

10A-19 차량용 상용카메라를 이용한 승하차 보호 시스템 구현 및 실차 테스트 결과
김광용, 최윤원, *김정현, 박미룡(ETRI, *경창산업)

10A-20 SDN NFV 시장의 성장과 캐즘
민대홍, 신용희(ETRI)

10A-21 셰이더를 이용한 홀로그램 생성에 관한 연구
홍성희, 박주섭, 강훈종, 김영민, 홍지수(KETI)

10A-22 기가 인터넷 서비스 단말장치 기술기준 도입 연구
최문환, 조평동, 이상무, *표유선(ETRI, *국립전파연구원)

10A-23 광통신 장비 산업의 발전을 위한 전략 방향 연구
안지영, 신용희(ETRI)

10A-24 Frequency-agile load-modulated magnetic resonance wireless power transfer system for reliable near-field in-band signaling
김남윤(대덕대)

10A-25 전화선 기반 기가인터넷 기술 표준 현황
오구영, 박정식(한국정보통신기술협회)

10A-26 전도성 고무줄을 이용한 무선 손동작 분류 HCI 시스템의 기초 연구
조은일, 김현우, 허정현, 이정직, *윤영로(연세대 의공학과, *연세대 의공학부)

10A-27 상용 Walkie-Talkie에 대한 천이상태 신호 기반 Radio Frequency Fingerprinting 시스템
강주성, 최해웅, 방재원, Rohit Thakur, 김철순, 이홍노(GIST)

10A-28 HTTP 기반 네트워크 환경에 적응가능한 계층부호화된 UHD 비디오 향상계층의 세그먼트 길이 선택 기법
송슬기, 백종호(서울여대)

10A-29 소셜 미디어에서의 농축수산물 관련 키워드 언급 추이 및 향후 전망 예측
채명수, 정성관(KAIST)

10A-30 고품질 대용량 비디오 전송 서비스를 위한 MPEG-2 TS와 MMT의 전송 효율 비교 및 분석
류경아, 김대길, 백종호(서울여대)

10A-31 2016년 세계경제포럼(WEF) 기술혁신 선도기업의 트렌드 분석
신성식(ETRI)

상용 Walkie-Talkie에 대한 천이상태 신호 기반 Radio Frequency Fingerprinting 시스템

강주성, 최해웅, 방재원, Rohit Thakur, 김철순, 이흥노*

광주과학기술원 정보통신공학부

k92492@gist.ac.kr, haeung@gist.ac.kr, bjw1222@gist.ac.kr, trohit920@gist.ac.kr, csk0315@gist.ac.kr, heungno@gist.ac.kr*

Transient signal-based Radio Frequency Fingerprinting systems for commercial Walkie-Talkies

Ju Sung Kang, Haewung Choi, Jaewon Bang, Rohit Thakur, Cheolsun Kim, Heung-No Lee*

Gwanju Institute of Science and Technology

요 약

본 논문에서는 상용 Walkie-Talkie로부터 송출된 RF 신호의 천이상태 신호를 측정하여 개별 통신기를 식별하는 Radio Frequency (RF) Fingerprinting 시스템을 제안한다. RF Fingerprinting은 수신된 RF 신호 속에 존재하는 개별 통신기 고유의 특징을 찾고 이를 식별하는 기술이다. 수신된 RF 신호에 대하여 Hilbert Transform을 이용한 포락선 검파를 수행하였으며, 채널의 확률적 특성 및 정상상태 신호의 에너지 기반 역치값을 정의하여 천이상태 신호를 추출하였다. 인위적인 채널 잡음을 인가하는 환경 하에서 추출된 천이상태 신호의 포락선을 특징 벡터로 삼고 Support Vector Machine (SVM) 분류기를 이용하여 개별통신기를 식별 하였다. 실험 결과, 실험실 환경에서 최대 97.3%의 분류 정확도를 보여주었으며, 이를 통해 상용 Walkie-Talkie에도 RF Fingerprinting 기술을 적용 가능함을 확인하였다.

Ⅰ. 서 론

현대의 전자전(Electric Warfare) 환경에서는 뛰어난 전자전 지원(Electronic Support) 능력을 통한 정보적 우위를 갖는 것이 중요하다. 이를 위해 전자전 지원 장비는 수집된 RF 신호를 정확히 분석하여 개별 통신기까지도 분류할 수 있는 능력이 필요하지만, 현재 사용되고 있는 신호 분석방법들로는 통신기 종류에 대한 식별만 가능할 뿐, 동종 모델의 개별 통신기까지는 식별하지 못하고 있는 실정이다.

이러한 개별 통신기 식별 문제를 풀기 위해 RF 신호 속에 존재하는 개별 통신기 고유의 아날로그적 특징을 찾아 식별하는 RF Fingerprinting 기술이 활발히 연구되고 있다. [1]에서는 28개의 Wi-Fi 통신기에 대해 천이상태 신호를 추출하여 95%의 정확도로 식별하였으며, [2]에서는 41종류의 UMTS 장비에 대해 preamble 신호를 추출하고 스펙트럼 분석하여 99.8% 정확도로 식별 하였다. [3]에서는 138개의 802.11 네트워크 카드에 대해 I/Q domain 신호를 분석하여 99% 정확도로 식별하였다.

본 논문에서는 상기 연구 결과들이 디지털 통신 방식의 전파 송신기들에 대해 연구한 것과는 달리, 아날로그 통신 방식의 전파 송신기에 대해 고려하고자 한다. 이는 전자전 환경에서의 RF Fingerprinting 기술이 응용 가능할지 확인하기 위함인데, 현재 쓰이고 있는 주요 군 통신 방식들이 AM, FM과 같은 아날로그 방식이라는 점에서 중요하다 할 수 있다.

이를 위해 본 논문에서는 FM 방식의 Walkie-Talkie에 대해 고려한다. 동종의 개별 Walkie-Talkie로부터 송출된 RF 신호에 Hilbert Transfrom을 사용하여 포락선 검파를 수행하고, 채널 잡음의 확률적 특성 및 정상상태 신호의 에너지 값을 이용하여 천이상태 신호를 추출하였다. 추출된 천이상태 신호의 상승곡선에 SVM 분류기를 이용해 분류 실험을 수행하였으며, 제안하는 시스템의 성능을 분석하고, 상용 Walkie-Talkie에 대한 RF Fingerprinting 기술의 적용 가능성을 확인하였다.

Ⅱ. 본론

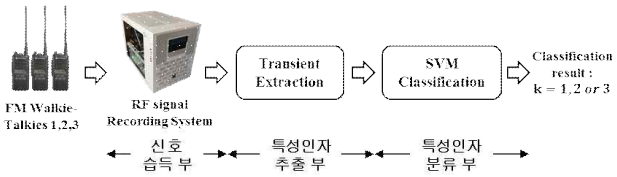

그림 1. 상용 Walkie-Talkie RF Fingerprinting 시스템

본 논문에서 고려하는 상용 Walkie-Talkie에 대한 RF Fingerprinting 시스템은 그림 1과 같다. 먼저 동종의 개별 Walkie-Talkie로부터 RF 신호를 획득한다. 다음으로 포락선 검파 및 신호 추출 과정을 통해 천이상태 신호를 특성인자로서 추출한다. 마지막으로 추출된 신호에 대한 SVM 분류 실험을 통해 수신된 RF 신호가 어느 개별 Walkie-Talkie 로부터 송출되었는지를 최종 결정한다.

본 논문에서 사용된 세부적인 신호처리 과정은 다음과 같다. 먼저 본 시스템에서는 천이상태 신호를 추출하기에 앞서 신호의 포락선을 계산하였다. 일반적인 포락선 검파 방법에는 신호를 제곱하여 Lowpass Filtering (LPF)을 수행하여 검출하는 방법과, Hilbert transform을 통해 신호의 실수부가 원 신호이고, 허수부가 원 신호의 Hilbert transform된 신호인 복소 신호를 만들어 신호의 크기를 구함으로써 검출하는 방법이 있다. 여기서는 구현의 편의성으로 인해 Hilbert transform을 이용한 포락선 검파를 수행하였다[4].

다음으로 포락선 검파된 신호로부터 천이상태 신호를 올바르게 추출해야 한다. 본 논문에서는 천이상태 신호의 시작 시각을 정의하기 위해 채널 잡음의 확률적 특성을 이용하였다. 실험실과 같은 좋은 무선 환경에서의 채널 잡음은 정규분포를 따른다는 점을 이용해 측정된 채널 잡음의 평균

및 표준편차를 이용한 역치값을 $m+3\sigma$로서 정의하였으며, 이를 통해 채널 잡음의 99.73%가 역치값보다 작게 측정되도록 설정하였다. 이러한 방법을 통해 신호의 포락선이 역치값보다 커질 경우 채널 잡음이 아닌 RF 신호가 수신되기 시작한다고 판단하였다. 천이상태 신호의 종료 시각의 경우 천이상태 신호의 종료 시각이 정상적인 통신이 이뤄지는 정상상태 신호의 시작점과 동일하다는 점을 이용하였다. 때문에 정상상태 신호의 포락선을 계산하고 최대값의 95%를 역치값으로 주었으며, 신호가 해당 역치값을 넘을 때 천이상태 신호가 종료된다고 판단하였다. 마지막으로 추출된 포락선에 남아있는 주기 성분을 완화하기 위해 5-Tap Moving Average를 사용하였다.

이렇게 추출된 천이상태 신호의 상승 곡선에 대해 본 논문에서는 3 class SVM 분류 실험을 수행하였다. SVM은 패턴인식 분야에 자주 쓰이는 기계학습 알고리즘으로써 고차원의 특징 공간을 분류 할 수 있는 차원으로 투영시키고, 클래스 간의 여백이 최대가 되는 초평면을 정의하여 분류하는 것이 특징이다. 본 논문에서는 선형 투영함수 $\Phi(x)=x$ 를 사용하였으며 이에 따른 분류함수는 $f(x)=sign(w \bullet x+b)$ 를 사용하였다. 다음으로 두 개의 클래스만을 분류할 수 있는 SVM에 대한 Multiclass 분류기 구현을 위해 하나의 클래스와 나머지 모두의 클래스를 비교하는 One vs All (OVA) 방법을 사용하였다.

Ⅲ. 실험 환경 및 결과

본 논문에서 사용된 실험 환경은 다음과 같다. FM 통신방식의 상용 Walkie-Talkie에 대한 고려를 위해 A사의 특정 UHF 대역 CP1300 무전기 3대를 고려하였으며, 신호 측정을 위해 B사의 PX14400D digitizer가 포함된 IF signal recording system을 사용하였다. 고려 무전기의 Push-to-Talk 버튼을 이용하여 RF 신호를 송출 하였으며, 수신된 신호를 10MHz IF 대역으로 down-converting 하여 100M samples/sec 의 속도로 1초 동안 측정하였다. 약 20ms 정도의 pre-trigger가 설정되었으며, Test 및 Training 신호 구성을 위해 개별 무전기별로 50번씩 신호를 측정하였다.

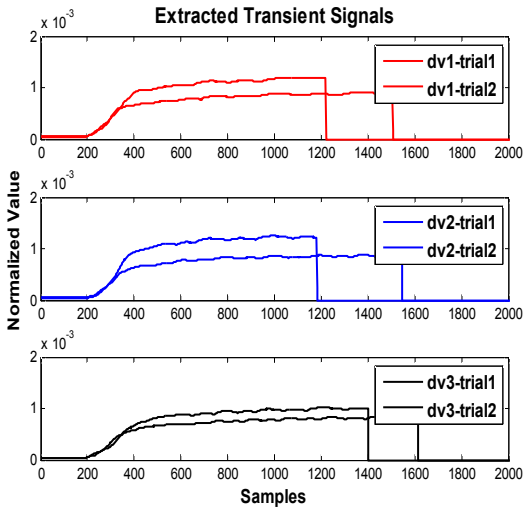

그림 2. 추출된 천이상태 신호의 포락선

그림 2는 추출된 천이상태 신호의 포락선을 나타낸다. 실험 결과, 동종의 무전기 일지라도 개별 무전기별로 조금씩 다른 상승 곡선을 보여주는 것을 확인하였으며, 이러한 차이에 대해 SVM 분류 실험 결과 91.3%의 분류 정확도를 보여주었다. 이러한 분류 결과는 동종의 개별 무전기간에 구별할 수 있는 차이가 존재한다는 것을 의미한다.

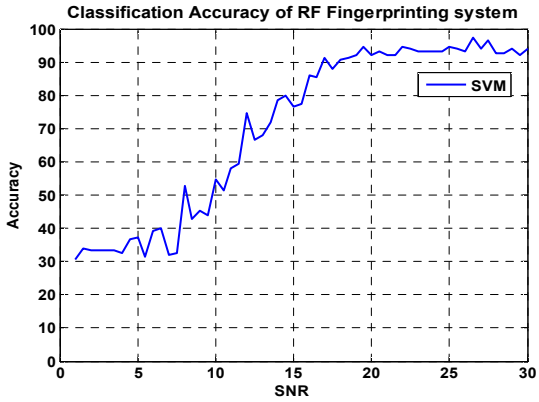

그림 3. SNR 대비 개별 무전기 분류 성공률

그림 3은 SNR 대비 개별 무전기 분류 성공률을 보여준다. Matlab 실험을 통해 인위적인 AWGN 신호를 인가하여 신호의 SNR을 변화 시켰다. 실험결과 최대 97.3%의 분류 정확도를 보여주었으며, 18dB SNR 이상의 환경에서는 90% 이상의 좋은 성능을 보여주다가 SNR이 낮아짐에 따라 성능이 급격히 나빠짐을 확인하였다. 향후 해당 결과에 대한 분석을 통해 향후 낮은 SNR 환경에서의 분류 및 더 많은 수의 개별 무전기 분류를 위한 시스템 개발을 수행할 예정이다.

Ⅳ. 결론

본 논문에서는 상용 Walkie-Talkie에 대한 RF Fingerprinting 기술의 적용 가능성에 대해 알아보았다. 실제 판매중인 특정 Walkie-Talkie에 대해 천이상태 신호 기반 개별 무전기 분류 실험을 수행했으며, 좋은 환경에서 최대 97.3%의 분류 성능을 보여주다가 18dB SNR 이하의 환경에서는 성능이 급격히 나빠짐을 확인하였다.

해당 실험 결과를 통해 상용 Walkie-Talkie에 대해서도 충분히 RF Fingerprinting 기술이 적용 가능함을 확인하였다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 광주과학기술원 전자전연구센터를 통한 방위사업청과 국방과학연구소 연구비 지원으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

[1] P. Padilla, J.L. Padilla, J.F Valenzuela-Valdes, "Radiofrequency identification of wireless devices based on RF fingerprinting", Electronics Letters, 2013.

[2] P. Scanlon, Irwin O. Kennedy, Y. Liu., "Feature Extraction Approaches to RF Fingerprinting for Device Identification in Femtocells", Bell Labs Tech. Journal 2010

[3] V. Brik, S. Banerjee, M. Gruteser, S. Oh, "Wireless device identification with radiometric signatures", MobiCom, 2008

[4] Matlab documentation, "Envelope Detection". (http://kr.mathworks.com/help/dsp/examples/envelope-detection.html?refresh=true)