



2025년도 한국통신학회 동계종합학술발표회 프로그램



“Shaping the 6G Era with AI-RAN”

일자 2025년 2월 5일(수)~7일(금)

장소 용평리조트

주최  **KICS** 한국통신학회
The Korean Institute of Communications and Information Sciences

후원 

 **GWTO**
강원관광재단



SAMSUNG



 **Pasqal** Defining the quantum reality

 **HUAWEI**

GL associates

 **LG Electronics**

 **한화시스템**



 **KEYSIGHT**



NUBICOM


VIAVI Solutions

 **QSIM+**

LIG넥스원

 | 



포스터발표 세션 - 2월 6일(목)

- 19A-P-51 5G 네트워크에서 다중 NF 모방을 통한 구조적 취약성 분석
이우인, 김민혁, 김유미, 고한열(경희대학교)
- 19A-P-52 최적화 AI 알고리즘을 활용한 장애인 이동 편의 증진을 위한 셔틀버스 노선 최적화 방안 연구: 서울시 강서구 사례를 중심으로
최유정, 김예은, 김지연, 임아정(아주대학교)
- 19A-P-53 재무 데이터와 텍스트 마이닝을 활용한 감사의견 판별 시나리오 구축
이윤경, 전현경, 최지우, 이종태(서울여자대학교)
- 19A-P-54 오토인코더와 CNN을 활용한 스펙트럼 센싱 기반 저피탐 통신 탐지 기술 개발**
조성환, 최범영, 한예린, 정의림(한밭대학교)
- 19A-P-55 이더넷 기반 차량 브레이크 시스템
정성진, 박창균, 류세형, 이은창, 민지현, 박영일(국민대학교)
- 19A-P-56 V2X를 이용한 차량 충돌 방지 시스템
류세형, 정성진, 박창균, 이은창, 민지현, 박영일(국민대학교)
- 19A-P-57 OFDM 레이더 시스템에서 딥러닝 기반 동적 윈도우 설계
최영, 조선민, 이성욱(중앙대학교)
- 19A-P-58 스포츠 구단의 데이터 기반 의사결정을 위한 머신러닝 모델의 적용과 평가: 프로야구 구단의 선수 성과 예측을 중심으로
김윤, 김수정, 정민영, 이종태(서울여자대학교)
- 19A-P-59 검색 증강 생성의 정확도 향상을 위한 DBSCAN 기반 외래어 표기 변형 클러스터링 연구
김혜진, 강다현, 양인서, 이주연, 정예빈, 박승현(한성대학교)
- 19A-P-60 특징 압축 토큰 벡터를 활용한 비지도 학습 네트워크 이상 탐지 방법
조정윤, 최다영, 박형곤(이화여자대학교)
- 19A-P-61 다중 사용자 물리 계층 보안을 위한 유전 알고리즘 기반 송신 안테나 할당 기법
문경덕, 이강훈, *오한울, 김재홍, 정진곤(중앙대학교, *한밭대학교)
- 19A-P-62 수신 신호 세기 보간을 통한 이동형 안테나 최적 포트 탐색 방법
이중협, 윤동규, *오한울, 김재홍, 정진곤(중앙대학교, *한밭대학교)
- 19A-P-63 딥러닝 기반 신발 스케치를 활용한 2차원 이미지 및 3차원 모델 생성 연구
조수빈, *이정우, 서정일(동아대학교, *디자인노블)
- 19A-P-65 머신러닝을 활용한 은행 고객 이탈 예측: LTV(고객 생애 가치)와 주요 변수의 역할
오유진, 박수지, 이종태(서울여자대학교)
- 19A-P-66 전압 데이터 실시간 모니터링 및 위험 감지 시스템
강민교, 양유진, 조용진, 이상희, 이재욱(부경대학교)
- 19A-P-67 딥러닝 기반 RSSI 데이터 분석을 활용한 지하철 환경에서 실내 위치 측위 시스템
조용진, 강민교, 양유진, 정창현, 이상희, 이재욱(부경대학교)
- 19A-P-68 한반도 월별 기상 정보 기반 대기 감쇠를 고려한 저궤도 위성 신호 세기 분석
이재영, 문태한, 추현우, 이종태, 김재현(아주대학교)

오토인코더와 CNN 을 활용한 스펙트럼 센싱 기반

저피탐 통신 탐지 기술 개발

조성환, 최범영, 한예린, 정의림*
국립한밭대학교

josseong1227@gmail.com, zerotiger0930@gmail.com, hyrin1116@gmail.com,
*erjeong@hanbat.ac.kr

Spectrum Sensing Based LPI Communication Detection Technique Using Autoencoder and CNN

Seong-Hwan Jo, Bum-Young Choi, Ye-Rin Han,
Eui-Rim Jeong*(*Corresponding author)
Hanbat National University

요 약

본 논문은 전시상황에서 저피탐 통신 신호 탐지를 위해 스펙트로그램(Spectrogram)을 인공지능 기법으로 처리하여, 낮은 SNR(Signal-to-Noise Ratio) 환경에서도 효과적으로 신호 존재 여부를 판별하기 위한 방법을 제안한다. 이를 위해 오토인코더(AutoEncoder)와 CNN(Convolutional Neural Network)을 연결한 파이프라인을 설계하고, 오토인코더 내부에 다단 인코더-디코더 블록을 도입하여 노이즈 제거 과정에서 신호 정보가 크게 손실되지 않도록 하며, 오토인코더의 최종 출력과 중간 출력 및 원본 입력을 CNN의 입력 채널에 병합하므로 정보 손실을 최소화한다. 모의실험을 통해 학습 및 평가를 수행한 결과, 제안된 모델은 SNR -4dB 에서 약 2.3%의 오류율을 보이며, 이는 동일한 SNR 환경에서 에너지 탐지 기법의 오류율 약 6%보다 절반 이상 감소를 확인할 수 있다.

I. 서 론

전시 상황에서는 국가 안보와 국민의 보호를 위해 적군의 존재를 탐지하는 것이 필수적이다. 특히 군함, 유무인 비행체 등의 적 군사 기기의 탐지가 중요한데, 이러한 기기는 스텔스 기술과 같이 레이더 탐지를 회피하는 기술을 활용하여 탐지 어려움을 초래한다.[1]

이와 함께, 전시 상황에서 적군은 탐지를 피하기 위해 저피탐 통신 시스템을 활용한다. 이 시스템은 신호 노출을 줄이고 주파수 대역을 효율적으로 사용하도록 설계되어, 탐지 가능성을 최소화한다.[2] 저피탐 통신 시스템은 신호를 은폐하거나 최소화하는 데 목적이 있지만, 기술적 한계로 인해 탐지를 완전히 차단하는 것은 불가능하다. 따라서, 저피탐 통신의 탐지는 전투 기기 자체를 탐지하는 것보다 상대적으로 높은 탐지 가능성을 가진다. 이에 본 연구는 저피탐 통신 신호를 탐지하여 적군의 존재를 감지하는 기술을 개발하는 것을 목표로 한다.

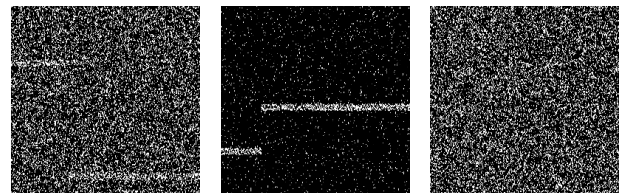
본 논문에서는 인공지능 기반 스펙트럼 센싱 기술을 활용하여 저피탐 통신 신호를 탐지할 수 있는 기술을 개발하고자 한다. 특히 낮은 SNR 환경에서 신호를 효과적으로 탐지하기 위해 인공지능을 도입하여 기존 에너지 탐지(Energy Detection) 기법의 한계를 극복하고 비교적 높은 정확도를 달성하는 것을 목표로 한다.

이를 위해 오토인코더로 입력 이미지의 노이즈를 제거한 뒤 CNN에 입력해 신호 유무를 판단하는 인공지능 모델을 제안한다. 모의실험을 통해 각 기법을 비교한 결과, 95% 이상의 정확도 보장을 기준으로 볼 때

제시된 인공지능 모델이 에너지 탐지 기법보다 약 1 dB 우수한 성능을 보인다.

II. 모의 실험 데이터 생성

본 논문에서는 다양한 SNR 환경에서 신호를 탐지하는 인공지능을 개발한다. 이때 시간에 따른 주파수 스펙트럼 변화를 확인하기 위해 연속적으로 수신한 신호의 FFT(Fast Fourier Transform) 결과를 쌓아 2 차원 행렬을 만들고 크기 제곱을 취하여 스펙트로그램을 생성한다. 이때 모의실험에서 사용할 SNR 구간은 -10dB 에서 20dB 사이로 설정한다.



* SNR -0.5dB * SNR 6.5dB * SNR -
Signal ON Signal ON Signal OFF

그림 1. Spectrogram 이미지 예시

III. 기존 에너지 탐지 기법

에너지 탐지 기법은 신호의 에너지를 측정된 뒤, 이를 사전에 정의된 임계값(threshold)과 비교하여 신호 존재 여부를 판단하는 기술이다. 본 논문에서는 32000 장의 스펙트로그램을 활용하여 CFAR(Constant False Alarm

Rate) 기법을 토대로 임계값을 선택한다. 최종적으로 선택한 임계값은 오탐율 1.5%를 기준으로 하며, 이 임계값을 통해 에너지 탐지 성능을 평가한다.

III. 제안하는 인공지능 모델

본 논문에서는 데이터의 노이즈 제거와 신호 존재 여부 판별을 위해 각각 학습한 오토인코더와 CNN 을 하나의 파이프라인으로 구성한다. 그러나 SNR 이 낮은 환경에서 오토인코더가 노이즈와 함께 신호까지 제거해버리는 경우, CNN 의 성능이 오토인코더 출력에 지나치게 의존하게 될 우려가 있다.

이를 방지하기 위해 오토인코더 내부에 총 5 쌍의 인코더-디코더 블록을 순차적으로 쌓고, 두 블록을 거칠 때마다 이전 단계의 출력을 합산함으로써 노이즈 제거 과정에서 신호 정보가 크게 손실되지 않도록 한다. 또한 최종 출력, 중간 출력, 원본 입력을 모두 하나의 채널 축으로 합쳐 CNN 에 입력함으로써, 노이즈가 제거된 상태에서도 정보 손실을 최소화하며 신호 검출을 수행할 수 있도록 한다.

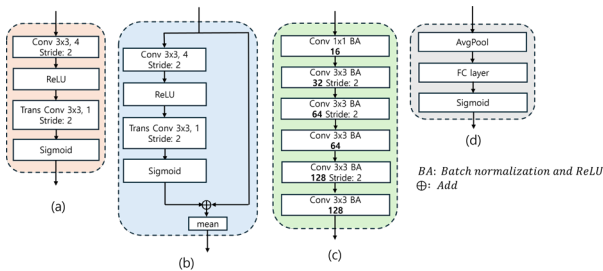


그림 2. 제안하는 모델의 블록도

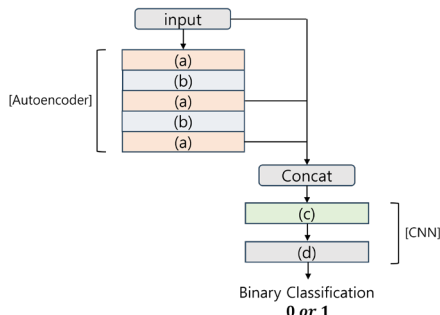


그림 3. 제안하는 전체 시스템 구조

스펙트로그램에서 노이즈에 비해 신호가 차지하는 영역이 상대적으로 작기 때문에 오토인코더의 손실함수로는 신호와 노이즈에 각각 97:3 의 비율의 가중치를 둔 MSE(Mean Squared Error)를 사용한다.

또한 SNR 의 차이가 학습 난이도에 큰 영향을 미치므로, CNN 의 손실함수로 Focal loss 를 적용한다. 이는 모델이 어려운 예시에 대해 가중치를 더 크게 부여하는 손실 함수다. 그 외 하이퍼파라미터는 표 1 과 같다.

	<i>Autoencoder</i>	<i>CNN</i>
Data samples	32,000	16,000
Loss function	Signal Focus Loss	Focal loss($\gamma = 1.5$)
Optimizer	Ranger	Ranger
Batch size	50	50

표 1. 각 모델의 하이퍼파라미터

IV. 모의 실험 환경 및 성능 결과

학습 및 평가에 필요한 모의실험 데이터의 생성과 에너지 탐지 기법의 성능 검증을 위해 MATLAB 을 사용하며, 인공지능 모델의 학습과 성능 검증은 PyTorch 를 통해 수행한다.

오토인코더는 스펙트로그램을 입력으로 받아 노이즈가 없는 순수 신호 스펙트로그램을 정답으로 학습하며, CNN 은 3 개의 채널로 구성된 이미지를 입력으로 받아 신호의 유무를 정답으로 학습한다. 학습 단계에서는 오토인코더에 32,000 장의 데이터를, CNN 에 16,000 장의 데이터를 사용하여 SNR 구간을 구분하지 않고 학습을 진행한다. 그림 4 는 학습을 마친 오토인코더의 출력이며 각각 원본 입력, 중간 출력, 최종 출력이다.

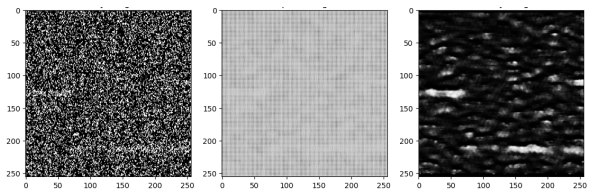


그림 4. SNR -3.93 dB 일 때 오토인코더의 출력

평가 데이터는 SNR -10dB 부터 20dB 사이의 31 개 정수 구간 마다 각 2,000 장으로 구성하며, 학습 데이터와 평가 데이터 모두 클래스 비율 1:1 을 유지한다. 기존 에너지 탐지 기법과 제안된 모델의 성능은 동일 오탐율 조건에서 정확도를 기준으로 평가한다.

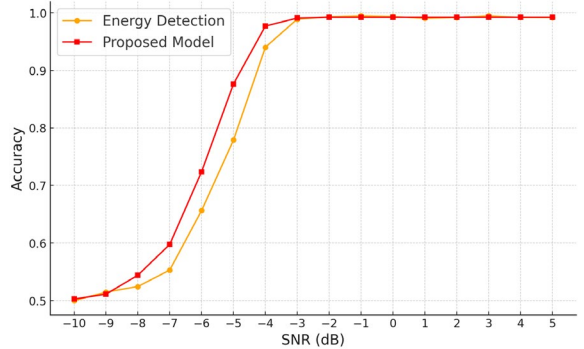


그림 5. 에너지 탐지 기법과 제안된 인공지능의 성능

그림 5 에서 나타난 바와 같이, 제안된 인공지능 모델은 SNR -4dB 에서 약 2.3%의 오류율을 보이며, 이는 동일한 SNR 환경에서 에너지 탐지 기법의 오류율 약 6%보다 절반 이상 감소한 것을 확인할 수 있다. 이는 높은 정확도 영역에서 이루어진 의미 있는 성능 개선으로 볼 수 있다. 또한, 95% 이상의 정확도 보장을 기준으로 볼 때 제안된 인공지능 모델은 에너지 탐지 기법보다 약 1dB 우수함을 확인 가능하다.

참고 문헌

[1] Choi, Chang-Mook. *국방 스텔스 기술 동향 및 전망*. The Magazine of KIICE, Vol. 13, No. 2, pp. 27-33. The Korea Institute of Information and Communication Engineering. 2012.

[2] Kim Yeon-Ung, Jeong Hae-Jun, & Jo Seong-Hwan. *Trend of Low Probability of Intercept Radar Recognition Technology*. 2024 KICS Summer Conference, pp. 451-452. 2024.