



# 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**



 **QSIM+**

**LIG** 넥스원

 | 



## 포스터발표 세션 - 2월 6일(목)

- 19F-P-7 셀 커팅기 과검 개선을 통한 설비 효율 향상에 관한 연구  
신지윤(삼성디스플레이(SDC))
- 19F-P-8 모바일 디바이스에서의 실시간 깊이 추정 및 시멘틱 분할 통합 모델에 관한 연구  
최동규, 장석우, 손진희(광주과학기술원)
- 19F-P-9 3D 의료 영상을 위한 딥러닝 기반 슈퍼복셀 생성 연구  
변재훈, 양이화, 김재훈(삼성서울병원)
- 19F-P-10 일반적인 가치 함수 근사를 사용하는 실현가능한 분포강화학습 알고리즘에 대한 연구  
조태현, 한승엽, 주석훈, 이정우(서울대학교)
- 19F-P-11 자율주행차량을 위한 강화학습 보상 함수에 관한 연구  
김문경, 이정우(서울대학교)
- 19F-P-12 텍스트-이미지 생성의 의미적 정합성 평가를 위한 듀얼 모델 기반 프레임워크  
김성록, 구찬희, 백선재, 최상혁, 이민혁(중앙대학교)
- 19F-P-13 프레임 동기가 맞지 않는 상황에서 채널 코딩 블라인드 인식  
이재현, 윤용중, 홍석진, 정의림(한밭대학교)
- 19F-P-14 확산 모델에서의 에너지 함수의 Laplacian을 적은 계산 비용으로 확률적 근사하는 방법에 관한 연구  
송원근, 이정우(서울대학교)
- 19F-P-15 Vision Transformer의 효율 향상을 위한 Sparse Attention과 Token Pruning의 동시 적용 연구  
허지현, 노수민, 정기석(한양대학교)
- 19F-P-16 스펙트럼 센싱을 위한 CNN 기반 신호 유무 탐지 기법**  
전소연, 이재현, 정의림(한밭대학교)
- 19F-P-17 효율적인 Speech Command Classification을 위한 Spiking Neural Network 모델  
임진교, 김성은(서울과학기술대학교)
- 19F-P-18 효율적인 이미지 검색을 위한 DNA 임베딩 기반 쿼터너리 해싱  
신승기, 최윤선, 유연경, 강지인, 이병한(서울과학기술대학교)
- 19F-P-19 MediaPipe와 기계학습을 활용한 사용자 맞춤형 운동 자세 교정 시스템 연구  
박현아, 배누리, 김호정, 전사영(None)
- 19F-P-20 선호 기반 강화학습에서 직접 정책 최적화의 후회추정 방식에 따른 성능 비교  
주석훈, 이정우(서울대학교)
- 19F-P-21 투명한 분류작업 가능한 연합학습 프레임워크  
이재인, 이정우(서울대학교)
- 19F-P-22 센서 고장 환경에서의 자율주행을 위한 강인한 다중 센서 융합  
김대훈, \*박건울, \*최준원(한양대학교, \*서울대학교)
- 19F-P-23 심층 결정론적 정책 경사법의 성능에 미치는 최적화 기법들의 영향에 관한 연구  
이승민, 이정우(서울대학교)

# 스펙트럼 센싱을 위한 CNN 기반 신호 유무 탐지 기법

전소연, 이재현, 정의림\*  
국립한밭대학교

jeonssol1109@gmail.com, 30242858@edu.hanbat.ac.kr, \*erjeong@hanbat.ac.kr

## CNN-Based Signal Presence Detection Method for Spectrum Sensing

Jeon So Yeon, Lee Jae hyeon, Jeong Eui Rim\*  
Hanbat National Univ.

### 요약

본 논문에서는 스텔스기 간 통신의 저피탐 성능 강화를 위해 CNN 기반의 스펙트럼 센싱 기법을 제안한다. 제안된 기법은 기존 에너지 검출 방식의 한계를 극복하고, 다양한 신호 패턴을 학습하여 신호 유무를 보다 정확히 판단할 수 있도록 설계되었다. 모의실험을 통해 제안한 모델의 성능을 검증한 결과, 관찰 길이가 길어질수록 정탐 성능이 개선되었으며, 오탐률은 약 1.1%에서 2.88% 사이의 성능을 보였다. 특히, CNN 기반 기법은 SNR -5dB 에서, 기존 에너지 검출 기법은 SNR -3.5dB 에서 정탐률 90%를 보이며, CNN 기반 기법은 기존 에너지 검출 기법 대비 약 1.5dB 더 우수한 성능을 나타냈다.

### I. 서론

저피탐 기술은 적의 전파, 광학, 적외선 등 다양한 신호를 감지하고 추적하는 센서의 탐지 범위를 줄임으로써 무인기의 생존성을 높이는 핵심 기술이다[1]. 이를 위해 전파 흡수체와 적외선 신호 감소 기술 등 다양한 방법이 개발되고 있다. 특히, 무인기 간 통신에서는 신호 노출로 인한 탐지 위험을 낮추기 위해 저피탐(LPI, low probability of intercept) 통신 시스템이 활용된다. 저피탐 통신 시스템은 제 3 자가 통신 신호를 탐지하기 어렵도록 설계된 통신 방식을 의미하며, 이를 통해 무인기 간 통신의 안정성과 보안을 동시에 확보할 수 있다[2]. 이러한 통신의 보안을 강화하려면 우수한 저피탐 웨이브폼 개발이 필수적이며, 이를 지원하기 위한 효과적인 감청기 기술의 개발 또한 중요하다.

본 논문에서는 감청기를 위한 인공지능 기반 스펙트럼 센싱 기법을 제안한다. 기존 에너지 검출 기법은 단순한 계산을 통해 신호의 존재 여부를 판단해 탐지 성능이 제한적이다. 반면, 제안하는 기법은 CNN(convolutional neural network)을 활용하여 다양한 신호 패턴을 학습하고, 신호 유무를 정확하게 판단할 수 있도록 설계한다. 성능은 모의실험을 통해 검증하였으며, 관찰 길이가 길어질수록 신호 탐지 성능이 개선되었으며, 기존 에너지 검출 기법 대비 우수한 정탐 성능을 보인다.

### II. 스펙트럼 센싱 시스템 모델

그림 1 은 도약 신호를 탐지하기 위해 광대역 신호를 수집하고, 관찰 중인 주파수 대역 내에서 신호의 존재 여부를 판단하는 감청기 스펙트럼 센싱 시스템 모델을 나타낸다. 수신된 신호의 FFT 결과를 행렬 형태로 쌓아, 절댓값의 제곱을 취하고, 이를 시간 축으로 누적하여 시간-주파수 영역에서 스펙트럼 변화를 시각화한 스펙트로그램을 생성한다. 생성된 스펙트로그램은 CNN 모델의 입력으로 사용되며, 신호가 존재하는 경우는 busy, 신호가 존재하지 않는 경우는 idle 로 분류하는 이진 분류(binary classification) 문제로 해결한다.

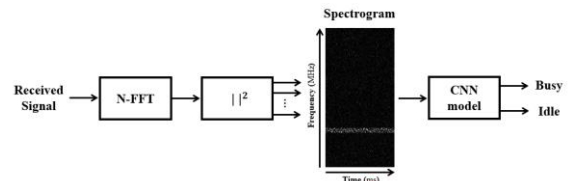


그림 1. 제안하는 스펙트럼 센싱 시스템 모델

### II. 스펙트로그램

CNN 의 입력으로 사용되는 스펙트로그램은 흑백 이미지 로 표현되며, 세로축은 FFT 크기, 가로축은 관찰 길이를 나타낸다. FFT 크기가 커질수록 세로 길이가 길어지며, 이는 한 블록안에 더 많은 주파수 영역을 표현할 수 있음을 의미한다. 또한 관찰길이가 길어질수록 인식 지연(latency)가 증가한다. 본 논문에서는 FFT 크기 256, 관찰 길이를 128 로 설정하였다. 스펙트로그램에서 전력이 클수록 해당 픽셀은 하얀색으로, 전력이 낮아져 값이 0 에 가까울수록 검정색으로 나타난다. 흰색 띠는 해당 주파수 대역에 신호가 존재함을 의미하며, 검정색 영역은 주파수 대역에 신호가 없음을 의미한다. 그림 2 의 (a)는 SNR 이 -4 dB 로 낮아 신호와 잡음이 구분되지 않는 경우, (b)는 SNR 이 높아 신호와 잡음이 명확히 구분되는 경우, (c)는 잡음만 존재하는 경우의 스펙트로그램을 나타낸다.

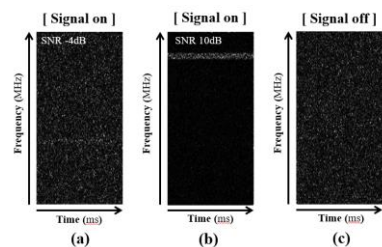


그림 2. 스펙트로그램 이미지

(a) Signal on, SNR=-4dB (b) Signal on, SNR=10dB (c) Signal off

## II. 에너지 검출 기법

에너지 검출(energy detection) 기법은 스펙트럼 센싱에서 보편적으로 사용되는 방법으로, 수신 신호의 에너지를 계산해, 임계값(threshold)과 비교하여 신호 존재 여부를 판단한다. 그러나, 잡음만 존재하는 환경에서 잡음의 특성에 기반한 임계값 설정이 필수적이며, 잡음 전력이 항상 일정하다는 가정하에서만 효과적으로 작동한다. 본 연구에서는 CNN 과의 성능 비교를 위해 FFT 크기 256, 관찰길이 샘플은 128 만큼 수집하여 평균을 취하여 성능 평가를 진행한다.

## II. 제안하는 스펙트럼 센싱 기법

제안하는 CNN(convolutional neural network) 기반 스펙트럼 센싱 기법의 합성곱 신경망 모델의 구조는 그림 3 에 제시한다. CNN 모델은 4 개의 합성곱 계층과 2 개의 완전 연결 계층으로 구성되어 있다. 합성곱 계층의 필터의 크기는  $5 \times 5$  와  $7 \times 7$  를 사용하였으며, 활성화 함수로는 ReLU(Rectified Linear Unit)를 적용하였다. 최종 출력 계층에서는 Sigmoid 활성화 함수를 사용하여 이진 분류 결과를 도출하도록 설계하였다. 주요 학습 설정은 에포크(epochs)는 7, 총 파라미터 수는 638,065, 손실 함수(loss function)는 binary cross-entropy, 옵티마이저(optimizer)로 Nadam 을 사용하였으며, 배치 크기(batch size)는 64, 학습률(learning rate)은 0.001 로 설정하였다.

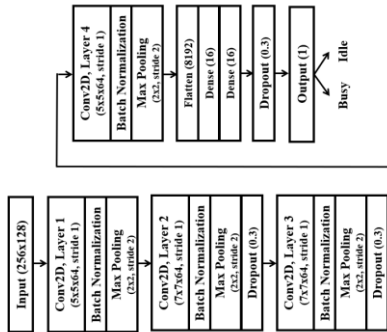


그림 3. 제안하는 스펙트럼 센싱 CNN 모델 구조

## III. 모의 실험 환경 및 결과

모의 실험을 위한 데이터 생성 및 학습은 MATLAB 와 Tensorflow 를 이용해 진행하였다. 학습 및 검증 데이터는  $SNR \in [-10dB, 20dB]$ 에서 무작위로 생성하였으며, 각각 50,000 개와 10,000 개씩 생성하였다. 성능 확인을 위한 테스트 데이터는 동일한 SNR 범위에서 1dB 간격으로 생성하였으며, 각 SNR 값 당 10,000 개의 데이터를 생성하였다. 모든 데이터는 신호가 있는 경우와 없는 경우를 각각 절반으로 구성하였다. 신호 유무 판단 성능은 정탐률(detection probability)과 오탐률(false alarm rate)을 지표로 사용하여 평가하였다.

그림 4 는 관찰 길이 8, 16, 32, 64, 128 에 따른 CNN 기법의 정탐 및 오탐 성능을 보여준다. (a)는 관찰길이 별 CNN 정탐 성능을 나타내며, 정탐 성능은 관찰길이가 길어질수록 성능이 개선되는 것을 확인할 수 있다. 특히 관찰길이가 128 인 경우 SN -4dB 부터는 99.56% 이상의 정탐률을 보인다. (b)는 관찰길이 별 CNN 오탐 성능을 나타내며, 오탐 성능은 SNR 에 관계없이 약 1.1~2.88%의 오탐률을 보인다.

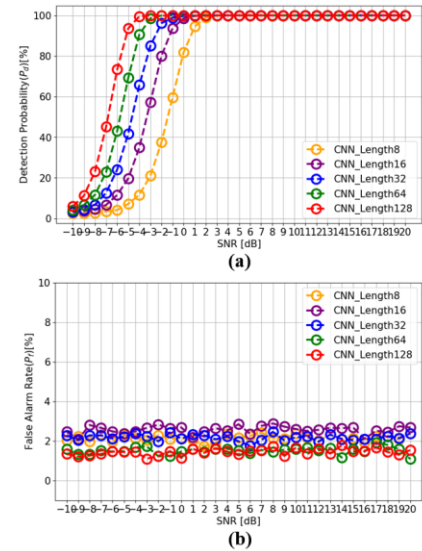


그림 4. 관찰길이에 따른 CNN 정탐 및 오탐 성능 (a) 정탐률 (b) 오탐률

그림 5 는 기존 에너지 검출 기법과 제안된 CNN 기반 기법의 신호 탐지 정탐 성능을 비교한 결과이다. 에너지 검출 기법은 오탐률 1%와 2% 기준의 정탐 성능을, CNN 은 관찰 길이 128 에서 평균 약 1.43%의 오탐률을 기준으로 정탐 성능을 비교하였다. 정탐률 90% 기준으로 CNN 은 SNR -5dB, 에너지 검출 기법은 SNR -3.5dB 에서 나타나 CNN 이 약 1.5dB 더 우수한 성능을 보였다.

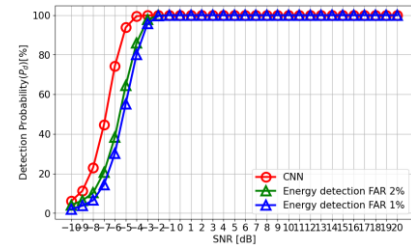


그림 5. 기존 에너지 검출 기법과 CNN 기법 정탐 성능 비교

## II. 결론

본 연구에서는 무인기 간 통신의 저피탐(LPI) 성능 강화를 위해 CNN 기반 스펙트럼 센싱 기법을 제안하였다. 제안하는 기법은 기존 에너지 검출 방식의 한계를 극복하고, 신호 유무를 정확히 판단할 수 있도록 설계하였다. 모의 실험 결과, 관찰 길이가 길어질수록 제안된 기법의 정탐 성능이 개선되었으며, 오탐률은 관찰 길이에 관계없이 약 1.1%에서 2.88% 사이로 안정적인 성능을 보였다. 또한, 기존 에너지 검출 기법과 비교했을 때 정탐 성능에서 약 1.5dB 우수함을 입증하였다. 이러한 결과는 무인기 간 통신의 보안을 강화하고 다양한 군사 통신 환경에서의 적용 가능성을 높이는 데 기여할 것으로 기대된다.

## 참 고 문 헌

- [1] 최원호, 송운형, and 김경남. "국내 저피탐 무인기 개발 동향." *항공우주시스템공학회 학술행사 논문집* (2023): 250-251.
- [2] Ralph Schoolcraft, "Low probability of detection communications=LpD waveform design and detection techniques", in IEEE MILCOM, Nov 1991.