

# 다양한 GNSS 재밍에 대한 스펙트로그램/SVM을 사용한 재밍 식별 기법 성능 분석

권혁빈, 신지혜, 유승수, 김선용\*

건국대학교

\*kimsy@konkuk.ac.kr

## Performance Analysis of Jamming Classification Scheme Using VGG-16/CNN for Several GNSS Jamming

Hyuk Bin Kwon, Jihye Shin, Seungsoo Yoo, and Sun Yong Kim\*

Konkuk Univ.

### 요약

본 논문에서는 범역항법위성시스템에 대한 11가지 재밍에 스펙트로그램(spectrogram)과 SVM(Supported Vector Machine) 기반 재밍 식별 기법을 적용했을 때의 식별 성능을 보이고, 이를 분석한다. 모의실험 결과 재밍이 없는 경우를 포함해 모두 11가지 재밍에 대한 평균 식별 정확도(accuracy)는 약 57.02%이며, 검출 확률(detection probability)과 같은 의미의 재밍이 없는 경우에 대한 식별 정확도는 약 99.7%이다.

### I. 서론

2023년 현재, PNT (Position, Navigation, and Timing) 정보는 일상생활 전반에서 폭넓게 활용되고 있다. 대부분의 PNT 정보는 GNSS에서 (Global Navigation Satellite System) 제공한다. GNSS의 활용 증가와 함께 그 활용을 의도적으로 방해하려는 재밍(jamming) 공격 빈도가 증가하고 있다. 재밍 공격에 대응하는 항재밍(anti-jamming) 기법은 재밍 검출(detection), 식별(classification), 완화(mitigation)/제거(cancellation) 기법으로 구분할 수 있다[1]. 본 논문에서는 이 가운데 기계학습을 이용한 재밍 검출 및 식별 기법에 초점을 맞춘다.

### II. 재밍 식별 기법 제안 및 성능 분석

본 논문에서 고려한 GNSS 재밍은 DME(Distance Measure Equipment), 단일 및 복수 AM(Amplitude Modulation), 단일 및 복수 FM(Frequency Modulation), 여러 단일 및 복수 Chirp, 대역폭이 1KHz 및 1MHz인 NB(Narrow-Band noise) 재밍으로, 재밍이 없는 경우(No Jam.)를 포함해 총 11가지이다.

재밍 식별을 위해 [1]에서 제안한 스펙트로그램(spectrogram)/SVM(Supported Vector Machine) 기반 재밍 식별 기법을 구성하고, 이를 활용해 식별 성능을 분석하였다. [1]에서 제안한 기법은 잡음이 포함된 GNSS 신호와 재밍 신호에 대해 120 표본씩 겹쳐 128 표본에 대한 STFT을 (Short Time Fourier Transform) 통해 600 dpi (dot per inches) 515 x 512 픽셀(pixel)의 스펙트로그램 이미지를 얻고, 이를 흑백 이진 이미지로 변경한 후, BoF (Bag of Feature) 기법을 통해 이미지로부터 특징을 추출하고, SVM을 사용해 각 재밍을 식별하였다. 모의실험을 위해 재밍 대 신호 전력비가 40 - 80 dB인 각 재밍 별로 10,000개의 이미지를 생성하였으며, 이 가운데 80%는 학습에 사용하고, 20%는 실험에 사용하였다. 재밍 신호 발생을 위한 주요 매개 변수는 [1]과 같이 설정하였다. 모의실험 결과는 그림 1과 같다.

그림 1처럼, 평균식별 정확도는 약 57.02%이고, 재밍 검출 확률로도 볼 수 있는 재밍이 없는 경우 식별 정확도는 약 99.7%이며, DME의 식별 정확도(accuracy)는 약 98.4%이고, 대역폭 1KHz의 NB는 약 95.9%, 단일 AM은 약 85.0%, 단일 Chirp는 약 98.3%, 단일 FM은 약 95.1%로

Accuracy: 57.02%

Output Class	AnotherSingleChirp	DME	Double AM	Double FM	MultiChirp	NB1kHz	NB1MHz	Nojam	Single AM	Single Chirp	Single FM
AnotherSingleChirp	9.7% 47	0.0% 0	0.0% 0	19.4% 8946	0.0% 0	0.0% 0	2.2% 7	0.0% 0	0.0% 0	0.0% 0	0.0% 0
DME	0.0% 0	95.4% 8943	0.0% 0	0.0% 0	0.1% 1	0.6% 52	0.0% 0	0.0% 0	0.0% 0	0.0% 0	0.0% 0
Double AM	0.0% 0	0.0% 0	3.0% 50	19.4% 8915	0.0% 0	2.2% 7	0.0% 0	0.2% 15	0.0% 0	0.2% 11	0.0% 0
Double FM	0.6% 3	0.0% 0	0.1% 1	19.5% 8983	0.0% 0	3.1% 10	0.0% 0	0.0% 0	0.0% 0	0.1% 4	0.0% 0
MultiChirp	0.0% 0	0.0% 0	0.0% 0	19.4% 8908	9.1% 69	0.2% 20	0.9% 3	0.0% 0	0.0% 0	0.0% 0	0.0% 0
NB1kHz	0.4% 2	2.6% 246	0.0% 0	0.0% 0	70.9% 536	95.9% 8048	5.6% 18	0.0% 0	0.0% 4	1.7% 148	0.0% 0
NB1MHz	0.0% 0	0.0% 0	0.0% 0	19.4% 8912	0.0% 0	0.0% 0	21.1% 68	0.2% 20	0.0% 0	0.0% 0	0.0% 0
Nojam	0.0% 0	0.0% 0	0.0% 0	0.0% 0	0.0% 0	0.0% 0	63.2% 204	99.7% 8794	0.0% 0	0.0% 1	0.0% 0
Single AM	6.4% 31	1.8% 167	49.1% 806	0.2% 71	7.0% 53	0.5% 39	0.0% 0	0.0% 0	85.0% 7585	0.0% 0	4.6% 249
Single Chirp	0.0% 0	0.1% 6	0.5% 8	0.0% 14	9.0% 68	2.5% 211	1.9% 6	0.0% 2	0.0% 0	98.3% 8684	0.0% 1
Single FM	82.9% 401	0.2% 15	47.3% 777	2.7% 1247	3.8% 29	0.3% 23	0.0% 0	14.8% 1320	0.0% 3	95.1% 5184	0.0% 1
Target Class	AnotherSingleChirp	DME	Double AM	Double FM	MultiChirp	NB1kHz	NB1MHz	Nojam	Single AM	Single Chirp	Single FM

그림 1. 11가지 재밍에 대한 스펙트로그램/SVM 기반 재밍 식별 성능

다른 재밍에 비해 높은 식별 정확도를 보인다. 고려한 [1]에서 제안한 식별 기법은 재밍이 없는 경우와 DME를 포함해 단일 재밍에 대해서는 좋은 식별 정확도를 갖는 반면, 복수 재밍에 대해서는 정확히 식별하지 못한다. 이는 사용한 STFT 기법의 주파수 분해능(resolution) 한계 때문이다. 추후에는 주파수 분해능이 더 높은 기법을 적용하여 복수 재밍에 대한 식별 정확도가 높은 기법을 연구할 예정이다.

### ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2023년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No.2018R1D1A1B07051392).

### 참고 문헌

- [1] R. M. Ferre, A. de la Fuente, and E. S. Lohan, "Jammer classification in GNSS bands via machine learning algorithms," *Sensors*, vol. 19, no. 22, pp. 1-15, Nov. 2019.