

확산 모델을 이용한 레이더 펄스 생성 기술

장민규, 송규하, 이종환, 김산해, 박현규, 정인환, 김정민

국방과학연구소

jangmg0913@add.re.kr

Radar Pulse Generation Using Diffusion Model

M. G. Jang, K. H. Song, J. H. Lee, S. H. Kim, H. G. Kwak, I. H. Jeong, G. M. Kim

Agency for Defense Development

요약

최근 전자파 환경의 다변화 및 탐지 대상 신호의 저피탐 특성으로 인하여 레이더 신호의 펄스 파형에 나타나는 비의도적 특성을 이용하여 특정 에미터로 분류 및 식별하는 연구가 진행되고 있다. 이때 딥러닝 모델을 훈련하기 위해서는 다양한 종류의 레이더 펄스뿐만 아니라 각 레이더 펄스에서도 신호 세기와 전파 환경을 고려한 충분한 훈련 데이터가 필요하지만, 실제 환경에서 이러한 조건을 충족하는 레이더 펄스를 수집하는 데에는 한계가 있다. 이를 위하여 본 논문에서는 확산 모델을 이용하여 수집된 레이더 신호를 모방하여 딥러닝 모델의 훈련에 활용할 수 있는 레이더 신호의 단일 펄스를 생성하는 연구 결과를 제시한다.

I. 서론

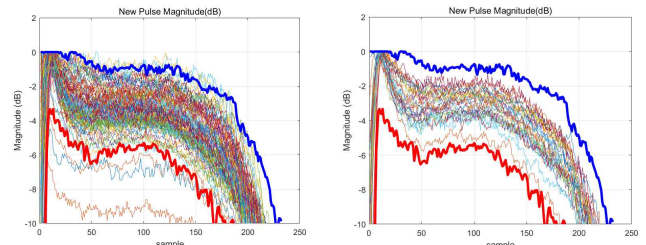
일반적으로 전자기전 장비는 레이더 신호 펄스의 펄스폭, 신호 세기와 같은 신호 제원과 신호 펄스열의 펄스 반복 주기와 같은 제원을 기반으로 레이더 신호를 탐지 및 식별하였다. 그러나 최근 전자파 환경이 다변화되고 있고 탐지 대상 신호의 저피탐 특성으로 인하여 기존의 신호 제원을 활용한 레이더 신호 식별이 점점 어려워지고 있다[1]. 이를 해결하기 위하여 레이더 신호의 단일 펄스 파형에 나타나는 비의도적인 에미터 특성을 이용하여 수신된 레이더 신호를 특정 에미터로 분류 및 식별하는 Specific Emitter Identification(SEI) 기술 연구가 활발히 진행되고 있으며 딥러닝 기술의 발전과 함께 딥러닝 기반의 SEI 연구가 많은 관심을 받고 있다. 딥러닝 모델을 훈련하기 위해서는 신호 세기와 전파 환경을 고려한 다양한 종류의 레이더 펄스 훈련 데이터가 필요하지만, 실제 환경에서 이러한 레이더 펄스를 충분히 수집하는 데에는 한계가 있다. 이를 극복하기 위하여 본 논문에서는 확산 모델을 이용하여 수집된 레이더 펄스를 모방하여 딥러닝 모델의 훈련에 활용할 수 있는 레이더 신호의 단일 펄스를 생성하는 연구 결과를 제시한다.

II. 본론

본 논문에서는 확산 모델을 사용하여 수집된 레이더 신호로부터 레이더 단일 펄스를 생성하였다. 확산 모델은 생성형 모델의 일종이며 일반적으로 Generative Adversarial Network(GAN)보다 우수한 성능을 가진다고 알려져 있다[2]. 모델 훈련을 위한 레이더 신호는 서해안에서 S 대역 및 X 대역의 민간 선박 레이더 신호를 상용 계측기를 이용해 수집하였으며 샘플링 주파수는 640 MHz이다. 확산 모델에 입력하기 위하여 각 레이더 펄스 신호를 크기와 위상을 계산하여 이를 1차원 시퀀스로 구성하였다. 모델 학습에서는 학습률 10^{-4} , 배치 크기 64, 확산 모델의 step 수 1,000을 파라미터로 설정하였으며 40,000 에포크 동안 학습하였다. 또한 생성된 펄스에서 신뢰성 있는 펄스를 선별하기 위하여 훈련 데이터와 생성 데이터 간의 평균 제곱 오차를 계산하였다.

그림 1은 확산 모델을 통해 생성된 단일 펄스 파형들의 모양을 보여주고 있다. 이때 빨간색과 파란색으로 두껍게 그려진 선은 훈련 데이터의 각 샘플

포인트에서 최대와 최소를 나타낸다. 그림 1의 (a)에서는 생성한 100개의 펄스 파형을 모두 나타내며 그림 1의 (b)에서는 생성 펄스 파형 가운데 오차를 사용하여 30개의 펄스 파형을 선별하여 나타내었다. 모의 실험 결과, 평균 제곱 오차 계산으로 인해 보다 더 신뢰성 있는 펄스를 선별하여 실제와 유사한 레이더 펄스 생성이 가능함을 확인하였다.



(a) 평균 제곱 오차를 통한 선별 전 파형 (b) 평균 제곱 오차를 통한 선별 후 파형
그림 1. 확산 모델 기반 파형 생성 결과

III. 결론

본 논문에서는 실제 환경에서 수집한 레이더 신호의 펄스 파형을 이용하여 그와 유사한 새로운 펄스 파형을 확산 모델을 통해 생성하는 결과를 보였으며 또한 평균 제곱 오차 계산으로 인해 보다 더 신뢰성 있으며 실제 레이더 펄스 파형과 유사한 훈련 데이터 생성이 가능함을 보였다. 이를 통하여 딥러닝 기반의 SEI 기술 연구에서 훈련 데이터의 수가 부족한 문제가 해결될 수 있음을 기대하며 향후 확산 모델을 학습하기 위한 예포크 수를 줄이는 연구가 진행되어야 할 것으로 판단된다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 정부(방위사업청)의 재원으로 수행된 핵심기술과제 연구임 (912A40201).

참고 문헌

- [1] S. Robertson, "Practical ESM Analysis," Artech House, 2019.
- [2] J. Ho, A. Jain, and P. Abbeel, "Denoising Diffusion Probabilistic Models," in *Proc. NeurIPS*, Vancouver, Canada, 2020, pp. 1-12.