

공동 학습 기반 이동 FMCW MIMO radar를 활용한 모션 인식 알고리즘 개발 및 성능 분석

강종성, 전준현, 박재현*

부경대학교, *부경대학교

kjsung77@pukyong.ac.kr, jh45306359@pukyong.ac.kr, *jaehyun@pknu.ac.kr

Development of Joint Learning based Motion Recognition Algorithm using Mobile FMCW MIMO Radars

Jong-Sung Kang, Joon Hyeon Jun Jaehyun Park*

Pukyong Univ., Pukyong Univ., *Pukyong Univ.

요약

본 논문에서는 FMCW MIMO 레이다를 이용하여 목표물(사람)의 동작에 따른 얻은 Micro Doppler Signature (MDS)를 활용하여 사람의 동작을 인식하고 구별하는 신경망을 개발하였다. 이를 위해 사전에 획득된 MDS를 데이터셋으로 활용하여 지도학습을 통해 신경망을 훈련할 수 있다. 하지만, 특정 환경에서 획득된 데이터셋으로 훈련된 신경망의 경우 목표물을 바라보는 각도 및 거리에 따라 달리 얻어지는 MDS에 대해서는 모션 인식이 저하될 수 있다. 따라서 본 논문에서는 FMCW MIMO 레이다 기반 모션 인식 신경망을 다양한 환경 변화에서도 빠른 학습 속도와 높은 인식률을 가질 수 있도록 하기 위한 공동학습 (Joint learning) 기법을 제안하였다. 구체적으로 FMCW MIMO 레이다가 이동하는 환경에서 획득되는 MDS를 수집한 뒤, 수집 데이터 재배치 및 공동학습을 통해 신경망을 훈련하였다. 실험을 통해서 서로 다른 거리와 서로 다른 각도의 MDS로 이루어진 데이터셋에 대하여 본 논문에서 제안한 공동 학습 기반 사람의 동작에 따른 모션 인식의 정확도가 단일 딥러닝을 이용하였을 때보다 학습 속도가 더 빠르며 학습 정확도 또한 증가한 것을 확인하였다.

I. 서론

최근 레이다 이미징 분야에서 심층 신경망을 활용한 딥러닝을 이용하여 모션 인식의 정확도를 향상시키는 연구가 활발히 진행되고 있다.[1][2][3] 하지만 모션 인식의 정확도는 같은 모션이라도 목표물을 바라보는 레이다의 거리와 각도에 따라서 많은 영향을 받을 수 있다. 이는 심층 신경망을 활용한 딥러닝을 이용하여 같은 모션을 학습을 하더라도 거리와 각도에 따라서 모션 인식의 정확도가 다르게 나올 수 있으며 서로 다른 거리와 각도에 따른 모션을 학습하기까지 많은 반복 수가 필요하다는 것을 의미한다. 따라서 본 논문에서는 같은 모션이지만 새로운 각도와 새로운 거리에서는 정확도가 떨어지며 많은 반복 수가 필요한 기존의 심층 신경망을 활용한 딥러닝을 기반으로 한 모션 인식 알고리즘의 단점을 보완하고자 공동 학습(Joint learning)을 기반으로한 모션 인식을 학습시키는 알고리즘을 제안한다.

II. 본론

본 논문에서는 FMCW 레이다를 서로 다른 거리와 서로 다른 각도에 배치하여 점프, 걷기, 팔 벌리기 총 3가지 사람의 움직임을 통해 만들어진 raw 데이터를 수집하였으며, 수집된 raw 데이터를 선처리하여 그림1과 같이 Micro Doppler Signature(MDS)를 얻었으며, 파이토치에서 제공하는 이미지폴더 라이브러리를 활용하여 MDS 특성 벡터를 추출하여 데이터셋을 구축하였다. 구축한 데이터셋을 활용하여 모션 인식을 위한 3계층의 CNN 심층 신경망을 설계하였고, 손실함수 $L_h(\theta)$ 는 Cross Entropy를 이용하였다. 이때 h 는 FMCW 레이다의 이동 환경에 따라 변하는 파라미터로 거리 및 각도 정보가 포함될 수 있다. 즉 손실함수는 동일한 동작의 정보에도 h 에 따라 달리 표현될 수 있다.

공동 학습 기반 FMCW 시스템의 경우 서로 다른 거리에 대하여 얻어진 데이터를 서로 다른 거리에 대한 각각의 데이터셋으로 만들어 데이터를 병렬로 묶어서 CNN 심층 신경망에 입력으로 넣어, 서로 다른 거리의 데이터에 대한 심층 신경망의 기울기를 다음과 같이 평균을 내어 심층 신경망의 기울기 업데이트를 진행하며 학습을 진행하였다.

$$\theta^{(i+1)} \leftarrow \theta^{(i)} - \kappa \Delta \sum_h \hat{L}_h(\theta^{(i)}) \quad (1)$$

단일 딥러닝 기반 FMCW 시스템의 경우 서로 다른 거리의 데이터를 분리하지 않고 합쳐서 하나의 데이터셋으로 만들어 CNN 심층 신경망에 입력으로 넣어 학습을 진행하였다.

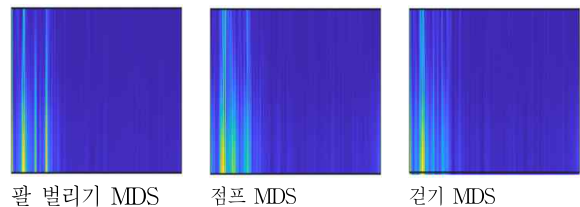


그림 1. 모션에 따른 레이다 신호를 선처리한 MDS

III. 실험결과

본 논문에서는 제안한 공동 학습을 기반으로 한 분산 FMCW 레이다 시스템의 성능을 확인하기 위하여 단일 딥러닝을 기반으로 한 분산 FMCW 레이다 시스템과 학습 정확도와 학습 손실 지표를 비교하며 성능을 확인하였다.

총 20번을 반복하여 학습을 진행하였으며 이를 총 40회 시도하였다. 학습 정확도와 학습 손실 지표는 학습을 총 40회 시도하여 나온 학습 정확도와 학습 손실 지표를 평균으로 내어 각각 그림2, 그림3, 그림4, 그림5에 나

타내었다.

그림2의 공동 학습의 학습 정확도와 그림3의 단일 딥러닝의 학습 정확도에서 확인할 수 있듯이 공동 학습은 5회 반복하여 학습하였을 경우 정확도가 평균 95%를 넘으면서 학습이 완벽하게 이루어졌음을 확인할 수 있다. 반면, 단일 딥러닝은 5회 반복하여 학습하였을 경우 학습 정확도가 평균 80%를 내외하며 아직 학습이 끝나지 않았음을 알 수 있다. 또한, 공동 학습의 학습 정확도가 평균 최대 95%를 넘는 반면 단일 딥러닝의 학습

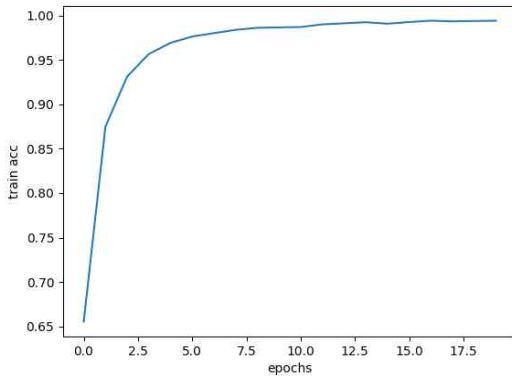


그림 2. 공동 학습 평균 학습 정확도

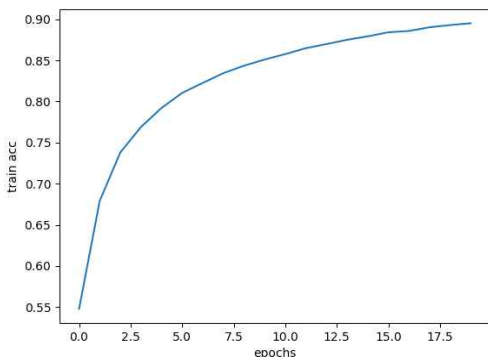


그림 3. 단일 딥러닝 평균 학습 정확도

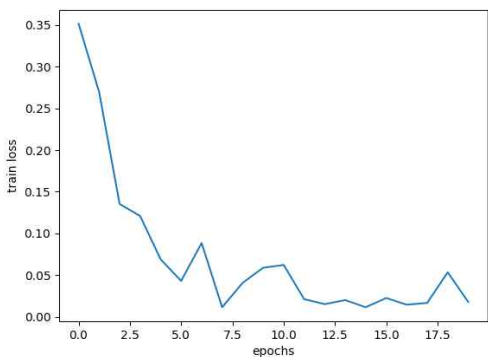


그림 4. 공동 학습 평균 학습 손실 그래프

정확도는 평균 최대 90%로 공동 학습의 학습 정확도가 더 높음을 확인할 수 있다. 그림4와 그림5의 손실 지표 그래프에서도 확인할 수 있듯이 공동 학습의 손실 지표가 첫 반복부터 평균 0.35를 나타내며 5회 반복하여 학습하였을 경우 손실 지표가 평균 0.05로 학습이 완벽하게 이루어졌음을 확

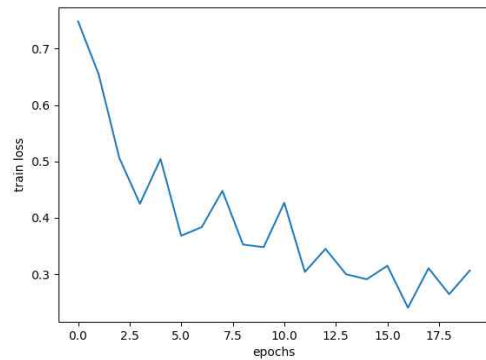


그림 5. 단일 딥러닝 평균 학습 손실 그래프

인할 수 있다. 하지만 단일 딥러닝의 경우 첫 반복 학습에서 손실 지표가 평균 0.7이상을 나타내고 있으며 5회 반복하여 학습하였을 경우 평균 0.37로 여전히 학습이 끝나지 않았음을 알 수 있다. 공동 학습의 손실지표는 20번 반복이 끝났을 경우 평균이 0에 가까움을 확인할 수 있으며 단일 딥러닝의 경우 평균 0.3으로 확인할 수 있다. 손실 지표에서도 공동 학습 기법이 단일 딥러닝에 비하여 서로 다른 거리와 서로 다른 각도의 데이터셋에 더 빠른 학습과 더 높은 성능을 나타냄을 확인할 수 있다.

IV. 결론

본 논문에서는 FMCW MIMO 레이더를 이용하여 목표물(사람)의 동작에 따른 얻은 Micro Doppler Signature (MDS)를 활용하여 사람의 동작을 인식하고 구별하는 신경망을 개발하였다. 서로 다른 거리와 서로 다른 각도에 분산 배치된 FMCW MIMO radar를 이용하여 MDS 데이터셋을 구축하였다. 또한, MDS 데이터셋을 활용한 실험을 통하여 본 논문에서 제안한 공동 학습 기법이 단일 딥러닝 기법보다 서로 다른 거리와 서로 다른 각도의 MDS 데이터셋을 더 빠르게 학습을 하고 더 높은 정확도와 더 낮은 손실 지표를 보여줌을 확인하였다.

ACKNOWLEDGMENT

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2018R1D1A1B07043786).

참 고 문 헌

- [1] Rahman, S. and Robertson, D.A. (2020), Classification of drones and birds using convolutional neural networks applied to radar micro-Doppler spectrogram images. IET Radar Sonar Navig., 14: 653-661.
- [2] Y. Yang, C. Hou, Y. Lang and C. Li, "Motion Classification Based on Noisy Micro-Doppler Signatures," 2019 International Radar Conference (RADAR), 2019, pp. 1-4, doi: 10.1109/RADAR41533.2019.171374.
- [3] 양윤지, 홍용기, 박재현.(2021).Micro-Doppler signature 를 이용한 연합학습 기반 모션 인식 기법 연구.한국통신학회 학술대회논문집,(),827-828.