

MLP-Mixer 기반 자동 변조 인식 연구

정영민¹, 채명호², 임완수^{*3}

¹금오공과대학교, ²국방과학연구소, ³성균관대학교

*wansu.lim@skku.edu

Research on Automatic Modulation Classification Based on MLP-Mixer

Yeongmin Jeong¹, Myoungcho Chae², Wansu Lim^{*3}

¹Kumoh National Institute of Technology, ²Agency for Defense Development, ³Sungkyunkwan University

요약

본 논문은 MLP(Multi-Layer Perceptron)-Mixer 기반 자동 변조 인식 기법을 제안한다. MLP-Mixer 는 Google Research, Brain Team 에서 최근 제안했으며, 컨볼루션과 어텐션 레이어 대비 상대적으로 단순한 레이어로 모델을 구성한다. MLP-Mixer 는 이미지 처리에서 높은 성능을 제공하므로, 본 논문은 수신 신호의 성상도를 MLP-Mixer 입력으로 사용하여 변조 방식을 분류한다.

I. 서론

자동 변조 인식은 전자전에서 전술적 우위를 선점하기 위한 핵심 기술이다^[1-5]. 현대 전자전은 무선으로 네트워크를 구성한 수 많은 무기를 이용하여 전술을 펼치기 때문이다. 따라서, 고성능 자동 변조 인식 (AMC, Automatic Modulation Classification) 은 상대편 신호를 신속히 분석하여 공격과 방어 능력을 크게 증가시킨다.

최신 자동 변조 인식은 CNN, ViT, Transformer 등 다양한 딥러닝 기술을 이용하여 성능을 높이는 연구가 활발히 진행중이다^[3-5]. 딥러닝을 사용한 자동 변조 인식 기술은 복잡한 데이터 구조 해석에 유리하고, 신호 인식 정확도를 높이는 역할을 한다. CNN 은 컨볼루션 레이어를 사용하여 이미지 기반으로 변조 유형을 식별하며, ViT 는 성상도 패치를 분석하여 변조를 분류한다^[3,4]. Transformer 는 어텐션 메커니즘을 통해 신호의 시간-공간적 관계를 분석한다^[6].

본 논문은 이러한 딥러닝 기반 자동 변조 인식 연구 동향을 반영하여, 이미지 처리에서 최근 매우 활발히 연구하고 있는 MLP-Mixer^[6] 를 변조 유형 인식에 사용한다. MLP-Mixer 의 적용을 통해 전자전 분야에서 전술 능력을 강화하는 가능성을 기대한다. 제안한 변조 인식 기법의 성능은 Radio ML 2016.10a 데이터를 이용하여 평가한다.

II. MLP-Mixer기반 자동 변조 인식 알고리즘

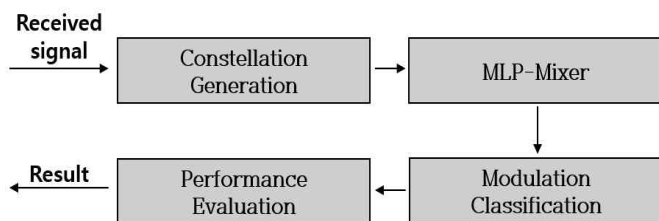


그림 1. 제안한 MLP-Mixer 기반 자동 변조 인식 과정
Fig. 1. Proposed AMC-process by MLP-Mixer

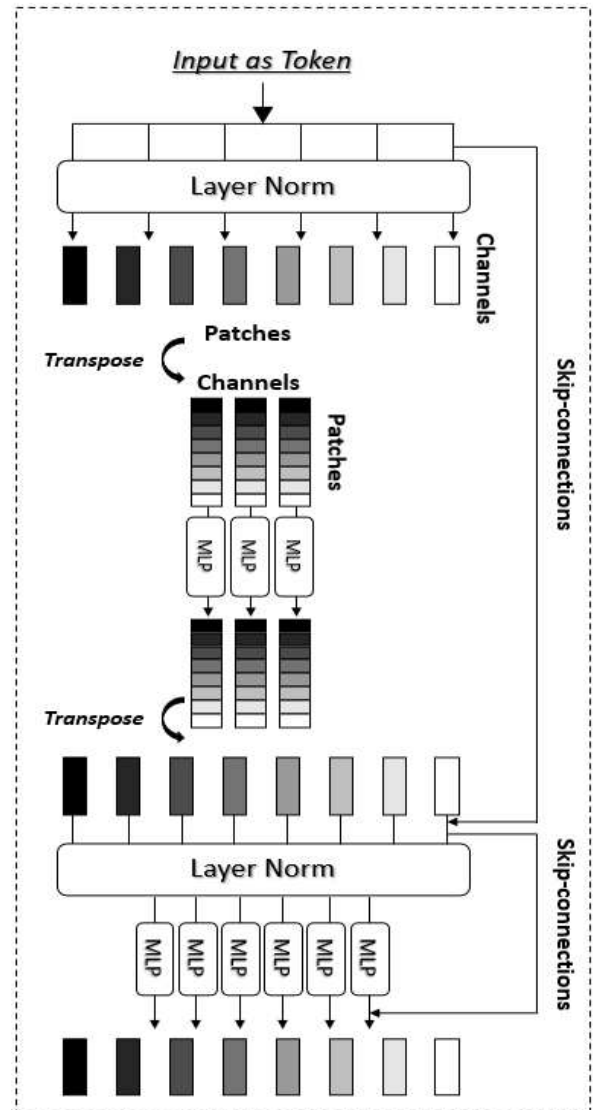


그림 2. MLP-Mixer 아키텍처 [6]
Fig. 2. MLP-Mixer Architecture [6]

그림 1은 제안한 알고리즘의 흐름도이고, Constellation Generation, MLP-Mixer Model, Modulation Classification, Performance Evaluation 등 4단계로 구성한다. Constellation Generation 단계는 Radio ML 2016.10a 데이터를 이용하여 성상도를 만든다. 이 과정은 다양한 SNR 환경에서 전체 변조 유형이 유연하게 생성하도록 설계했다.

MLP-Mixer 단계는 변조 인식을 위해 이미지 데이터의 특징 혼합 기술을 사용한다. 이미지 데이터는 토큰 형태의 데이터로 입력되며, 채널 간의 상호작용과 패치 정보를 혼합함으로써 학습을 진행한다. MLP-Mixer의 데이터 입력은 Per-patch Fully-connected 레이어를 통해 토큰으로 입력된다. 토큰은 이미지를 $P \times P$ 픽셀 크기의 패치로 분할한 단위의 형태이다. MLP-Mixer는 Token mixing 과 Channel mixing 의 두 가지 Mixing 레이어를 사용하여 Patches \times Channels 의 특징을 혼합한다. Token mixing layer 는 채널별로 토큰의 위치 정보가 독립적으로 공유되며, Channel mixing layer 는 각 채널 간 정보를 혼합한다. 또한, Skip connections 을 적용하여 데이터 소실 문제를 줄이고 GAP (Global Average Pooling) 를 사용하여 위치 정보 손실을 최소화한다.

Modulation Classification 단계의 목적은 MLP-Mixer에 의해 처리된 데이터를 바탕으로 신호의 변조 유형을 정확하게 분류하고 인식하는 것이다. 이 과정에서 MLP-Mixer 는 다양한 성상도의 미묘한 차이를 학습하고, 이를 기반으로 변조 유형을 구분한다.

Performance Evaluation 단계는 모델의 학습과 추론한 결과를 바탕으로 신호 인식의 정확도와 모델의 신뢰성을 평가한다. 이 평가는 모델의 실제 적용 가능성을 검증하는 중요한 단계로, 다양한 환경 조건 및 변조 유형에 대한 모델의 성능을 평가한다. 성능 평가를 통해 얻은 데이터는 모델 개선과 최적화를 위한 기반 자료로 사용한다.

위 단계를 적용하여 MLP-Mixer 를 실험하고, 다양한 실험 환경을 통해 성능을 평가한다. 결과적으로 실제 전자전 환경에서 자동 변조 인식의 적용 가능성을 높이고, 자동 변조 인식 기법 연구의 기반을 마련한다.

III. 결론

본 논문은 Radio ML 2016.10a 데이터에서 추출한 성상도를 이용하여 MLP-Mixer 기반 자동 변조 인식 기법을 제안하였다. 제안한 연구는 MLP-Mixer 의 구조적 특성을 활용하여 변조 유형의 빠른 식별을 위한 기법을 탐구하였다. MLP-Mixer 를 활용한 자동 변조 인식 연구는 무선 통신 및 전자전 분야에서의 응용 가능성을 확장한다. 이 기술은 미래의 전자전 시나리오에서 신호 처리와 인식 정확성을 높이는 역할을 하며, 기술적 우위 확보에 중요한 요소로 작용한다. 본 논문에서 제시한 연구 기법은 관련 분야 연구자들에게 새로운 연구 방향과 가능성을 제시하여, 더욱 발전된 자동 변조 인식 기술의 개발을 촉진할 것으로 기대된다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 방위사업청의 재원으로 국방과학연구소의 지원을 받아 수행된 연구임 (311JJ5-912967201)

참 고 문 헌

- [1] Soyeon Kim, Seongpyo Kim, Beomjoon Park, Unseob Jeong, Hunwoo Choo, Jeong Yun, Jinyong Kim. "Cyber Electronic Warfare Technologies and Development Directions," The Journal of Korean Institute of Electromagnetic Engineering and Science, 32.2, pp. 119-126, Feb. 2021.
- [2] Insoo Sohn. "AI Security Technology and Trends," The Journal of The Korean Institute of Communication Sciences, 41.4, pp. 32-37, Mar. 2024.
- [3] Youngik Choi, Sangsu Kim, Seungsup Oh, Jaeheon Ko, Yeonsoo Jang. "Automatic Modulation Recognition based on Cyclic Moment using Convolution Neural Network," Journal of the Institute of Electronics and Information Engineers, 58.11, pp. 79-85, Nov. 2021.
- [4] Minju Lee, Youjeong Yoon, Myoungcho Chae, Wansu Lim. "Study of Vision Transformer-based Auto-Modulation Recognition," Proceedings of Symposium of the Korean Institute of communications and Information Sciences, pp. 927-928, Oct. 2023.
- [5] Sangho Lee, Eunjae Cha, Myoungcho Chae, Wansu Lim. "Research on automatic modulation recognition technology based on TimeFormer," Proceedings of Symposium of the Korean Institute of communications and Information Sciences, pp. 931-932, Oct. 2023.
- [6] Ilya O. Tolstikhin, Neil Houlsby, Alexander Kolesnikov, Lucas Beyer, Xiaohua Zhai, Thomas Unterthiner, Jessica Yung, Andreas Steiner, Daniel Keysers, Jakob Uszkoreit, Mario Lucic, Alexey Dosovitskiy. "Mlp-mixer : An all-mlp architecture for vision," Advances in neural information processing systems, 34, pp. 24261-24272, Dec. 2021.