

Link-16시스템의 다이버시티 결합기를 위한 인공신경망 기반의 재밍판단기 설계

김유라*, 유상조*, 김수일**, 김기선*

*광주과학기술원, **국방과학연구소

*{yural518, asapyoo, kskim}@gist.ac.kr, **sikim777@add.re.kr

Artificial Neural Network based Jamming Detector for Diversity Combiner in Link-16 System

Kim Yura*, Yoo Sangjo*, Kim Suil**, Kim Kiseon*

*Gwangju Institute of Science and Technology, **Agency for Defense Development

요약

본 논문에서는 Link-16시스템에서 사전정보를 이용하는 다이버시티 결합 수신기 (Diversity Combining Receiver, DCR)를 위한 인공신경망 (Artificial Neural Network, ANN)기반의 재밍판단기를 설계한다. 설계한 ANN기반의 재밍판단기는 홑의 재밍여부에 대한 정보를 출력하고 이는 선택결합 (Selection Combining, SC), 혼합결합 (Hybrid Combining, HC) 기반의 DCR을 위한 사전정보로 이용된다. Link-16시스템 내 기계학습의 활용가능성을 확인하기 위해 설계된 ANN기반 재밍판단기의 은닉노드 수에 따른 연산시간을 비교하고 DCR의 비트 오류 성능을 보였다. 본 논문의 결과는 향후, Link-16시스템 내 다른 형태의 기계학습의 적용 및 스마트 재밍환경 하의 학습기반의 수신기 설계에 활용될 수 있을 것으로 예상된다.

I. 서론

최근 기계학습 기반의 무선통신 수신기 설계에 대한 많은 연구가 진행되고 있다. [1]에서는 알려지지 않은 채널환경을 통해 전송된 신호를 위한 인공신경망(Artificial Neural Network, ANN)기반의 복조기를 제안하였다. [2]에서는 AWGN(Additive White Gaussian Noise)채널 환경에서 변조기법에 따른 수신기 설계를 위해 기계학습 플랫폼인 텐서플로우를 이용한 성능 분석이 가능함을 보였다.[2]

전자전 환경에서 전술 데이터를 주고받는 전술데이터링크 (Tactical Data Link, TDL)의 중요성이 높아지면서 공대공, 공대지, 공중-대-해상 통신용 전술데이터링크인 Link-16의 항재밍 성능 개선에 대한 연구가 진행되어 왔다. Link-16시스템이 이중펄스모드 (Double-pulse Mode, DPM)로 운용될 때, 반복 전송을 통한 다이버시티 이득을 얻을 수 있으므로 [3]에서는 선택결합 (Selection Combining, SC)과 동일 비 결합(Equal Gain Combining, EGC)이 혼합된 혼합결합 (Hybrid Combining, HC) 수신기를 제안하였다. 또한, [4]에서는 부분대역재밍 (Partial-band Noise Jamming, PBNJ)환경에서 다양한 Link-16 다이버시티 결합 수신기 (Diversity Combining Receiver, DCR)들의 항재밍 성능을 비교 분석한 바 있다. [4]는 사전정보를 필요로 하는 SC 및 HC 기반의 DCR이 완전한 사전정보를 가지고 있는 것을 가정하였지만 실제 재밍환경에서 수신된 홑의 재밍여부에 대한 완전한 사전정보는 얻기 힘들다. [5]에서는 AWGN 및 PBNJ환경 일 때, FFH/BFSK 시스템에서 이진가설검정 기법을 이용한 임계값 기반 재밍판단기를 설계하여 홑의 재밍여부의 사전정보만을 이용하는 SC 및 HC 기반의 DCR을 위한 정보를 생성한 바 있다.

본 논문에서는 AWGN 및 PBNJ환경에서 SC 및 HC 기반의 Link-16 다이버시티 결합 수신기를 위한 ANN 기반의 재밍판단기를 설계하였다. 이에 설계한 ANN기반의 재밍판단기의 구조를 소개하고 은닉노드 수에 따른 연산시간 및 DCR의 비트 오류 성능을 보여 최종적으로 Link-16시

스템 내 기계학습의 활용 가능성을 보이고자 한다.

II. 본론

A. 시스템 모델

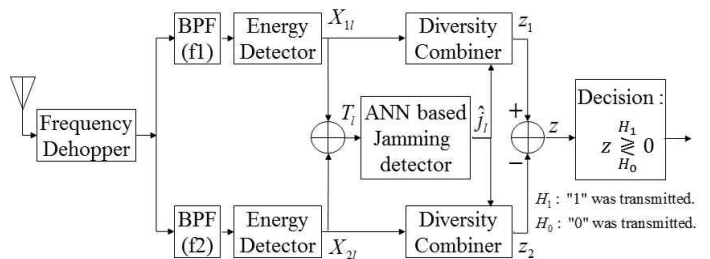


그림 1. 재밍판단기가 고려된 Link-16 다이버시티 결합 수신기

본 논문에서 고려한 Link-16 수신기 구성은 그림 1과 같으며 순환천이변/복조, 인터리버, (31,15) 리드솔로몬 부/복호기에 의한 성능 이득은 단순한 코딩 이득으로 나타나므로 고려하지 않았다. AWGN 및 PBNJ채널을 거친 주파수 역 도약된 신호는 band pass filter (BPF) 를 거쳐 비동기식 검파기를 거친 뒤 $X_{il} (i=1,2)$ 을 출력한다. 여기서 비동기식 검파방식은 포락선 검파 (Envelope Detection)을 고려하였다. X_{il} 은 각 다이버시티 결합기와 재밍판단기에 입력된다. T_l 은 ANN기반 재밍판단기의 입력에 사용되며 다음과 같이 정의된다.

$$T_l = \sum_{i=1}^2 X_{il} = X_{1l} + X_{2l} \quad (1)$$

T_l 을 통해 l 번째 홑에 대한 재밍여부 j_l 을 판단할 수 있으며 재밍판단기를 통해 추정된 출력 \hat{j}_l 은 다음과 같이 정의된다.

$$\hat{j}_l = \begin{cases} 1, & l\text{th hop is jammed} \\ 0, & l\text{th hop is unjammed} \end{cases} \quad (2)$$

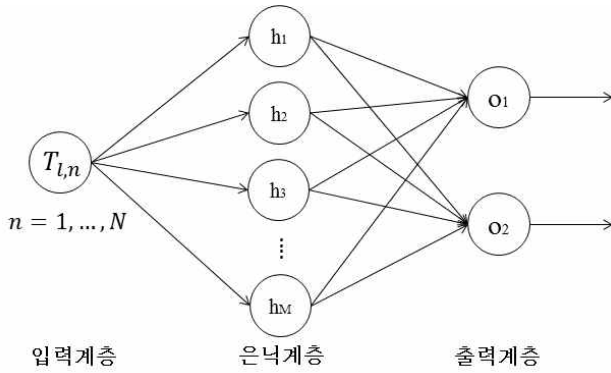


그림 2. ANN 기반 재밍판단기 설계 구조

그림 2는 본 논문에서 고려한 ANN기반의 재밍판단기의 구조이다. 재밍판단기의 학습규칙은 Lavenberg-Marquardt 탐색법을 이용하였으며 $N=2000$ 인 입력을 가지고 학습시켰다. 또한, 은닉계층(Hidden Layer)이 하나인 얇은 신경망(Shallow Neural Network, SNN)을 고려하였고 은닉계층은 M 개의 은닉노드(Hidden node)들로 구성하였다. 출력계층(Output Layer)은 재밍여부에 따라 (2)의 식과 같이 0과 1중 하나로 귀결되어야 하므로 2개의 노드로 구성되어 재밍여부에 대한 값을 출력한다. DCR을 위한 결합기법으로 SC, HC기법을 고려하였으며 재밍판단기로부터 추정된 \hat{j}_l 를 이용하여 [5]의 식 (7)~(9)을 통해 수신된 신호를 0 또는 1로 판정한다.

III. 시뮬레이션 결과

본 논문에서는 AWGN(SNR = 13.35dB, 20dB) 및 10%의 PBNJ가 가해진 환경일 때, ANN기반 재밍판단기 설계를 위해 MATLAB의 Neural Network Toolbox 8.2를 이용하였다.

그림 3은 학습 이후의 재밍판단기가 새로운 심볼이 수신 되었을 때 재밍여부를 판단하는 연산시간과 재밍판단기가 제외된 다이버시티 결합 수신기의 연산시간을 은닉노드의 수에 따라 비교한 결과이다. $M \leq 30$ 인 ANN 재밍판단기를 설계할 때, 재밍판단기를 제외한 수신기보다 재밍판단기의 연산시간이 빠르기 때문에 다이버시티 결합 수신기에 적용 가능할 것이라 예상된다. 또한, 은닉노드의 수가 25배 증가한 복잡한 신경망 구조를 적용함에도 불구하고 연산시간은 상대적으로 약 2.5배 밖에 증가하지 않았다.

그림 4은 $M=5$ 인 ANN 재밍판단기를 설계하고 SC및 HC 기반의 다이버시티 결합기에 적용하였을 때, 신호 대 재밍비(Signal-to-Jamming Ratio, SJR)에 따른 DCR의 비트 오류 성능이다.

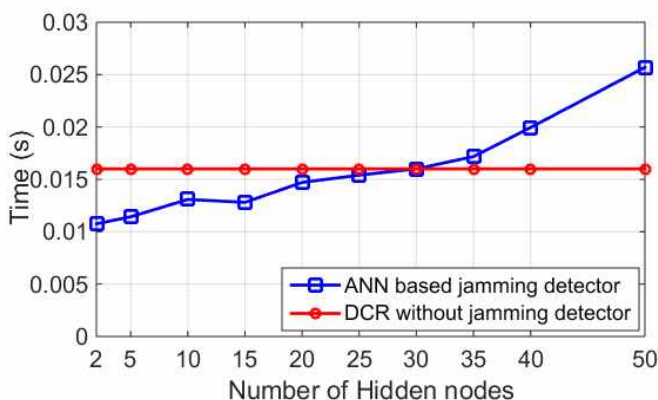


그림 3. 은닉노드의 수에 따른 재밍판단기의 연산시간

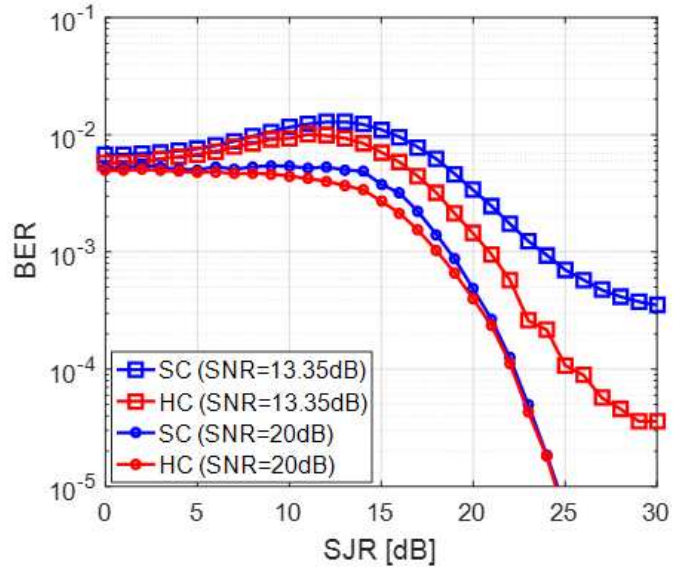


그림 4. SJR에 따른 다이버시티 결합 수신기의 비트 오류 성능

V. 결론

본 논문에서는 Link-16 다이버시티 결합 수신기를 위한 인공신경망 기반의 재밍판단기를 설계하였다. PBNJ환경에서 Link-16 수신기를 위한 기계학습의 활용 가능성을 보이기 위해 은닉노드의 수에 따른 재밍판단기의 연산시간과 재밍판단기가 고려된 DCR의 비트 오류 성능을 보였다. 그 결과, ANN기반의 재밍판단기가 Link-16 다이버시티결합 수신기에 충분히 활용가능 함을 확인하였으며 은닉노드의 수의 증가에 따른 재밍판단기의 연산시간의 상승이 크지 않아 Link-16 수신기 성능 개선을 위해 복잡한 신경망 구조가 적용가능 함을 확인하였다. 본 연구 결과는 추후 Link-16시스템 내 다른 형태의 기계학습을 적용하고 확장하는데 도움이 될 것이며 복잡한 재밍환경 또는 기만재밍과 같은 스마트 재밍환경 하에 학습 기반의 수신기 설계에 활용될 수 있을 것으로 예상된다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 광주과학기술원 전자전특화연구센터를 통한 방위사업청과 국방과학연구소 연구비 지원으로 수행되었습니다.

참고 문헌

- [1] M. Onder, A. Akan, and H. Dogan. "Advanced neural network receiver design to combat multiple channel impairments", Vol. 24, Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences, pp. 3066-3077, 2016.
- [2] 김진경 외 3인, "텐서플로우를 이용한 BPSK 성능 분석 방법", 한국통신학회 동계학술대회, pp. 1002-1003, 2017
- [3] 노홍준 외 4인, "Link-16 웨이브폼 항재밍 성능 분석", 한국통신학회지, 제35권, 제 12호, pp. 1105-1112, 2010
- [4] 신창엽 외 4인, "최대우도 다이버시티 결합기법을 고려한 Link-16시스템의 항재밍 성능 분석 연구", 한국통신학회 동계학술대회, pp. 722-723, 2017
- [5] Y. Kim and K. Kim, "Detection of Jamming Presence for Hybrid Diversity Combiner in FFH/BFSK Systems under Partial-band Noise Jamming", 한국통신학회 광주전남지구 춘계학술대회, pp. 59-60, 2017