

전자전 환경에서 미상 신호원 검출에 대한 에너지 검출기의 성능 열화 분석

김요한, 김동규, 이유리, *장충수, 김형남[©]

부산대학교, *국방과학연구소

hnkim@pusan.ac.kr[©]

A performance degradation analysis for unknown signal detection using an energy detector in electronic warfare environment

Kim Yo-Han, Kim Dong-Gyu, Lee Yu-Ri, *Jang Chungsu, Kim Hyoung-Nam[©]

Pusan National University, *Agency for defense development

요약

전자전 분야의 미상 신호원 탐지 기법에서는 신호원을 검출할 때, 일반적으로 에너지 검출기를 사용한다. 본 논문에서 고려하는 전자전 신호 수신 환경의 특징으로 검출하려는 신호원의 길이의 범위가 매우 넓다는 점에 초점을 두었다. 일반적으로 사용되는 100 ns~100 us 범위의 다양한 길이의 레이더 펄스 신호원에 대해서 윈도우가 고정된 에너지 검출기를 이용한 검출 과정에서 신호원의 길이와 에너지 검출기의 윈도우(window) 길이간의 불일치(mismatch)가 검출 성능 열화를 야기한다. 다양한 길이의 신호원을 검출하는 환경을 고려한 기존 연구가 부족한 상황이고, 성능 개선 방안에 앞서 이러한 전자전 환경에서 검출 성능 열화에 대한 분석이 선행되어야 한다. 본 논문은 전자전 환경에서 다양한 길이의 신호원 검출에 대해서 에너지 검출기를 이용한 검출 과정에서 생기는 성능 열화의 원인을 규명하고, 시뮬레이션을 통해 검출 성능 열화를 분석하였다.

I. 서론

전자전 지원 분야에서는 적 기체가 송출하는 레이더 펄스 신호를 포착하여 신호원 유무를 판별하고, 위협 유무를 판단하는 탐지 기법이 널리 사용된다. 미상 신호 탐지 기법은 적 기체에서 송출하는 신호를 이용하기 때문에, 신호원에 대한 정보가 없으며, 일반적으로 에너지 검출기를 사용한다 [1][2].

에너지 검출기를 이용한 검출 과정은 신호원의 형태나 변조 방식에 대한 정보는 없더라도, 신호원의 길이를 정확히 알고 있어야 최적의 검출 성능이 보장된다. 전자전에서 일반적으로 사용되는 레이더 펄스 신호원의 길이가 100 ns에서 100 us까지의 매우 넓은 범위의 신호원이 고려되어 하며 [3], 수신되는 신호원의 길이에 대한 정보가 전무한 상황에서 윈도우(window) 길이가 고정된 에너지 검출기의 검출 성능은 현저하게 열화 된다. 본 논문에서 고려하는 검출 상황은 그림 1과 같이 나타낼 수 있다.

그림1과 같이, 적 기체에서 송출하는 펄스의 길이에 따라서 에너지 검출기의 윈도우 구간도 달라져야 한다. 본 논문은 적 기체에서 송출되는 신호원 유무를 판별하는데 있어서, 다양한 길이의 신호원이 사용될 수 있는 전자전 상황에서 에너지 검출기의 성능 열화의 원인을 규명하고, 시뮬레이션을 통해 최적 검출 성능과 비교 함으로써 성능 열화에 대한 분석을 수행한다.

II. 본론

본 논문에서는 성능 분석을 위해서 에너지 검출기를 이용하여 1~16 us 범위의 신호를 검출하는 상황을 고려하였다. 그 중 1, 2, 4, 8, 16 us 의 5 가지 길이의 신호원에 대한 성능을 분석하였는데, 제시한 5 가지 신호원에 대한 검출 성능 및 성능 열화를 통해서 전체 범위의 신호원에 대한 유추할 수 있게 적절한 신호원 길이를 설정하였다. 시뮬레이션 환경은 sampling rate =160MHz, 오경보율(False alarm rate)은 0.05로 설정하였으며, 각 신호원에 대해서 50,000회 반복 시행하였다. 다양한 길이의 신호원에 대한 검출 성능 열화를 알아보기 앞서, 신호원의 길이를 알고 있는 경우에 대한 최적 검출 성능을 그림 2에 나타내었다. 또한, 제시한 5가지 신호원 외에 임의의 길이의 신호원에 대한 검출 성능을 유추해 볼 수 있는데, 예를 들어, 1.5 us 길이의 신호원에 대한 검출 성능은 1 us 신호와 2 us 신호에 대한 검출 성능의 중간에 위치하게 된다.

수신되는 신호원의 길이를 알고 있는 경우에는 에너지 검출기의 윈도우 길이를 신호원 길이에 맞추어 최적 검출 성능을 낼 수 있지만, 신호원 길이에 대한 정보가 없는 경우에는, 임의로 선택한 고정된 윈도우의 에너지 검출기를 사용할 수 밖에 없다. 이에 대해서 고려하는 신호원 길이 중 가장 긴 16 us, 가장 짧은 1 us, 중간 길이 4 us의 3 가지 윈도우의

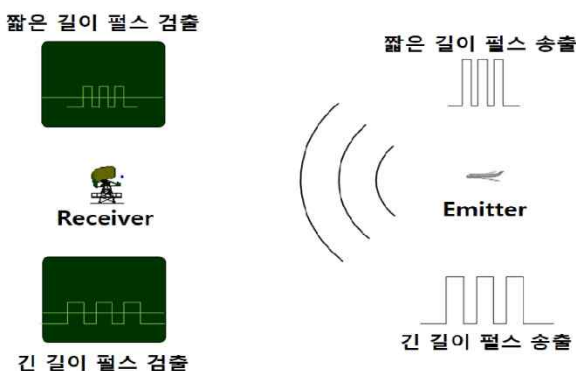


그림 1. 다양한 길이의 펄스 신호 검출

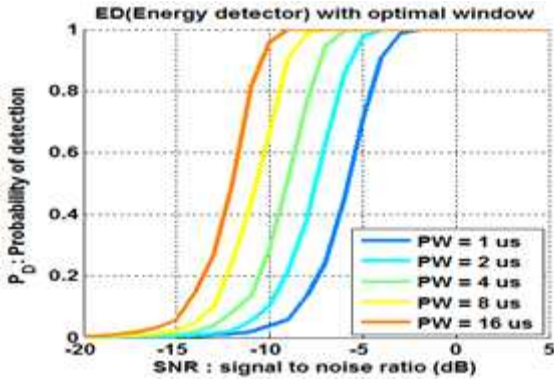


그림 2. 차등 이동 평균의 연산 구조.

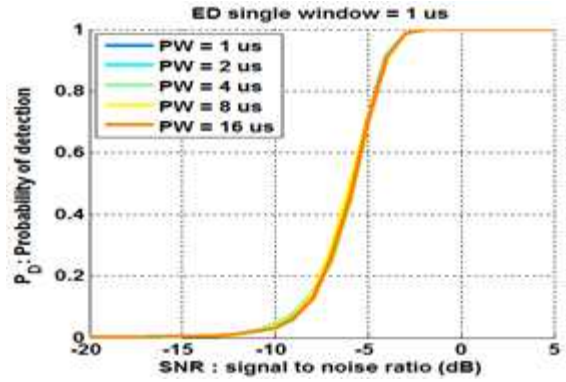


그림 4. 1 us 윈도우를 이용한 검출 성능 열화.

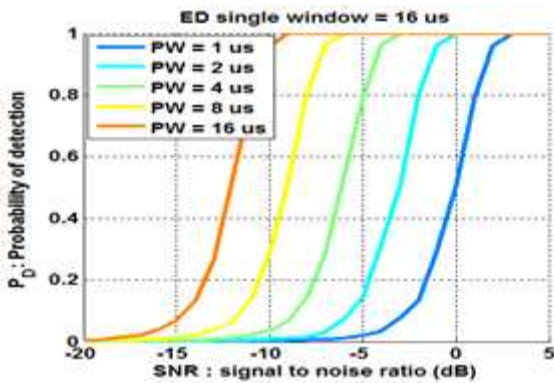


그림 3. 16 us 윈도우를 이용한 검출 성능 열화.

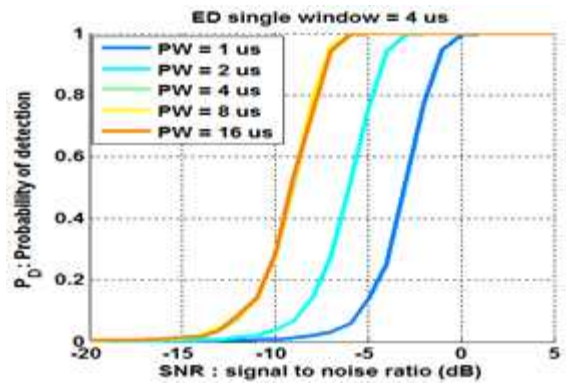


그림 5. 4 us 윈도우를 이용한 검출 성능 열화.

에너지 검출기를 이용하여 1~16 us 범위의 신호원을 검출하는 경우의 검출 성능 열화를 분석하였다.

가장 긴 신호원인 16 us와 동일한 윈도우 길이의 에너지 검출기를 통한 각 신호원에 대한 검출성능을 그림 3에 나타내었다. 16 us의 신호원에 대해서는 최적 검출 성능을 보이지만, 신호원의 길이가 짧아짐에 따라 에너지 검출기 윈도우 구간 내에 잡음만 포함되는 구간이 넓어지고, 이에 따라 검출 성능이 열화되는 것을 알 수 있다.

반대로, 가장 짧은 신호원인 1 us 윈도우 길이의 에너지 검출기를 통한 각 신호원에 대한 검출성능은 그림 4에 나타내었다. 1 us의 신호원에 대해서는 최적 검출 성능을 보이지만, 신호원의 길이가 길어지는데 반해, 에너지 검출기 윈도우 구간은 1 us로 고정되어 있어서 더 긴 길이의 신호가 고려되지 못하게 되고 검출 성능이 열화되는 것을 알 수 있다. 그 결과, 다양한 길이의 신호원이 모두 동일하게 1 us 길이의 신호원에 대한 최적 검출 성능과 동일하게 되는 것을 알 수 있다.

중간 길이인 4 us 길이의 윈도우를 가지는 에너지 검출기를 이용한 검출 성능을 그림 5에 나타내었고, 이 경우에는 4 us 신호에 대해서는 최적 성능을 가진다. 하지만, 4 us 보다 짧은 신호에 대해서는 잡음 포함에 의한 성능 열화, 4 us 보다 긴 신호에 대해서는 윈도우 구간 내에 전체 신호가 포함되지 못하는 것에 의한 성능 열화가 모두 나타나는 것을 알 수 있다.

IV. 결론

본 논문에서는 전자전 환경에서 다양한 길이의 신호원이 수신될 수 있는 상황에서 에너지 검출기의 검출 성능 열화를 분석하였다. 신호원의 길이와 에너지 검출기의 윈도우 길이가 일치하지 않는 경우, 성능 열화가 발생하였다. 윈도우 길이가 신호원보다 긴 경우 잡음이 윈도우 구간 내에 포함되었고, 윈도우 길이가 신호원보다 짧은 경우 윈도우 구간 내에 전체 신호가 포함되지 못하였고, 두 경우 모두 검출 성능에 열화를 나타내었다.

이러한 분석 결과를 바탕으로 향후 연구에서는 이러한 성능 열화를 극복할 수 있는 개선 방안에 대한 연구가 필요할 것으로 보인다.

ACKNOWLEDGMENT

본 논문은 국방과학연구소의 연구비 지원으로 수행하였습니다. (과제명: 미약신호 탐지 기술 연구, 계약번호 UD150003ED)

참 고 문 헌

- [1] S. Kay, Fundamentals of Statistical Signal Processing: Detection Theory, 1993 : Prentice-Hall
- [2] S. Kay, Fundamentals of Statistical Signal Processing: Estimation Theory, 1993 :Prentice-Hall
- [3] Philip E. Pace, Detecting and Classifying Low Probability of Intercept Radar, 2003 : Artech House Remote Sensing