

# 전자전 미약신호 환경에서 미상 신호의 검출 성능 향상을 위한 상호상관(cross correlation) 기법의 검출 성능 분석

김동규, 이유리, \*송규하, 김형남<sup>Ⓢ</sup>

부산대학교, \*국방과학연구소

hnkim@pusan.ac.kr<sup>Ⓢ</sup>

## Analysis on detection performance of the cross-correlation method for improving the performance in electronic warfare environment

Kim Dong-Gyu, Lee Yu-Ri, \*Song Kyu-Ha and Kim Hyoung-Nam<sup>Ⓢ</sup>

Pusan National University, \*Agency for defense development

### 요 약

현대전에서 전자전 지원 시스템은 아군의 민첩한 전략 수립을 위한 핵심적인 요소로서, 신속하게 신호정보를 수집하고 처리하여 위협을 인식 및 식별하는 것이 필수적으로 요구된다. 하지만, 신속한 정보 획득을 위해서는 아군의 전자전 지원 시스템이 적군의 위협 레이더에 비해 길어야 하므로, 수신되는 신호의 신호대잡음비가 0 dB 이하인 열악한 환경속에서 시스템을 운용해야 하는 문제점이 존재한다. 또한, 펄스의 에너지는 동일하지만 전력이 작은 긴 펄스폭을 가지는 신호는 전자전 지원 시스템의 탐지 성능을 저하시키는 요소이다. 따라서 본 논문에서는 미약신호 환경에서 검출 성능을 향상시키기 위하여 센서 두 개를 활용한 상호상관 기반 검출 기법을 제안하고 그 성능을 분석한다.

### I. 서 론

전자전 지원 시스템은 아군의 전술적 우위를 확보하기 위해 적군의 통신 및 레이더 신호를 탐지하고 수집하여, 신호원의 제원 식별 및 위치 추정 등을 수행하는 현대전의 필수적인 요소로서, 최근 그 중요성이 부각되고 있다[1][2].

광범위한 전투중심에 고기능화, 다기능화된 수많은 감시정찰 및 정밀 타격 전력들이 분산 운용되는 현대전에서는 다양한 작전요소들을 상호 연결하여 실시간으로 정보를 공유하는 전술체계로 변함에 따라 다수의 신호가 혼재되어 있는 복잡한 환경으로 변모하고 있으며, 기술의 발달과 함께, 펄스압축, 주파수 도약 등의 피탐 확률을 줄이는 다양한 방법의 변조방식이 사용되고 있다 [3]. 전자전 환경에서 신호를 검출하기 위해서는 기본적으로 Neyman-Pearson 이론을 기준으로 고정된 오경보율(false alarm rate)에 대하여 최대 검출 성능을 가지는 최적 검출기에 미상 파라미터를 추정하여 대입하는 Generalized likelihood ratio test(GLRT) 방법을 사용한[4]다. 적군의 미상 파라미터 추정을 위한 사전정보가 주어지지 않는 전자전 환경에서는 송신 신호 자체가 미상 파라미터가 되므로 수신신호전체를 추정값으로 활용하여 최종적으로 에너지 검출기로 귀결된다. 하지만, 신속한 신호 정보의 획득을 위해서는 아군의 전자전 시스템이 위협 레이더에 비해 탐지 거리가 길어야 하므로, 신호의 세기가 0 dB 이하인 미약신호 환경에서 운용해야 하는 문제점과 함께 에너지 검출기가 상기한 다양한 방법의 변조방식과 무관하게 일정한 검출 성능을 가지더라도 동일한 에너지를 가지면서 수신전력이 작은 지속과 신호에 대해서는 검출 성능이 떨어지는 문제점이 존재한다.

따라서 본 논문에서는 기존 에너지 검출기에 비해 검출 성능을 향상시키기 위하여 수신 센서를 두 개로 설정하여, 잡음을 줄이면서 2차 통계치인 에너지를 활용할 수 있는 상호상관 검출 기법을 제안하고 그 성능을 기존의 에너지 검출기와 비교 분석한다.

### II. 상호 상관 검출 기법

신호원 검출은 가설 설정, 검정통계치 설정, 임계값 설정 및 가설검정 순서로 이루어지며, 전자전환경에서 신호원의 유무에 대한 가설 모델은 식 (1)과 같이 설정된다[4].

$$\begin{aligned} H_0 : x[n] &= w[n] & n = 0, 1, \dots, N-1 \\ H_1 : x[n] &= s[n] + w[n] & n = 0, 1, \dots, N-1 \end{aligned} \quad (1)$$

여기서,  $N$ 은 수집한 샘플의 개수,  $H_0$ 는 가우시안 잡음만 존재하는 경우의 가설,  $H_1$ 은 잡음환경에 신호가 포함된 가설을 나타낸다. Neyman-Pearson 이론으로 유도되는 식 (2)와 같은 우도비 검정에 maximum likelihood 기법으로 추정된 위협의 송신신호  $\hat{s}[n] = x[n]$ 을 대입하면, 최종적으로 검정통계치는 식 (3)으로 정의되는 에너지로 설정된다[4].

$$L(x) = \begin{cases} p(x; H_1) > \\ p(x; H_0) < \end{cases} \gamma \quad (2)$$

$$T_E(x[n]) = \sum_{n=0}^{N-1} |x[n]|^2 \quad (3)$$

본 논문에서 제안하는 상호 상관 검출 기법은 기존의 에너지 검출기의 2차 통계치를 활용하면서도 검출 성능을 향상시킬 수 있도록 수신기의 수를 늘려서 식 (4)와 같이 상호상관을 구하는 방법으로서, 수신기는 인접하게 설계하여 신호가 동시에 들어온다고 가정하였다.

$$T_{CC}(x[n]) = \sum_{n=0}^{N-1} |x_1[n]x_2[n+\tau]|, \quad \tau=0 \quad (3)$$

여기서  $x_1[n]$  및  $x_2[n]$ 은 각각 수신단 1 및 수신단 2에 수신되는 신호이다.

그림 1은 변조 신호에 따른 energy to noise ratio(ENR) 대비 검출 성능을 나타낸 것으로 1  $\mu$ s, 2  $\mu$ s 신호에 대한 성능을 분석하였고, 신호를 정확하게 알고 있는 상황에서의 최적 검출기인 정합필터(matched filter)와 신호가 무변조인 정보만을 아는 경우에 GLRT 검출기인 Periodogram 기법의 성능을 함께 도시하였다. 그림으로부터 최적검출기의 정합필터는 신호의 길이에 따라 성능이 변하지 않는 것을 확인할 수 있으며, Periodogram의 경우, 변조 신호에 따라 성능이 불안정하여 에너지 검출기에 비해 큰 경우 및 작은 경우가 다 존재하는 것을 확인할 수 있다. 반면에 에너지 검출기는 변조신호의 변화에 대해서도 일정한 성능을 확인할 수 있지만, 수신신호의 길이가 길어짐에 따라 검출성능이 열화되는 것을 확인할 수 있다. 마지막으로 제안하는 상호상관 기법의 경우는 변조 신호의 종류에 따라서는 성능이 일정하며, 에너지 검출기에 비해 검출성능이 약 1.5 dB 향상되는 것을 확인할 수 있다.

### III. 결론

본 논문에서는 전자전 미약신호 환경에서 검출 성능을 향상시키기 위해서 상호상관 기반 검출기를 제안하였고, 기존 에너지 검출기에 비해 약 1.5 dB의 성능이 향상되는 것을 확인하였으며, 기존 에너지 검출기와 마찬가지로 변조 신호에 형태가 달라져도 성능이 동일한 것을 보였다. 하지만 제안하는 기법의 경우, 수신신호가 각 센서에 동시에 들어온다는 가정을 포함하고 있으므로, 향후 각 센서의 위치에 의해 발생하는 시간차이에 대한 검출 성능의 분석이 필요할 것으로 보인다.

### ACKNOWLEDGMENT

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

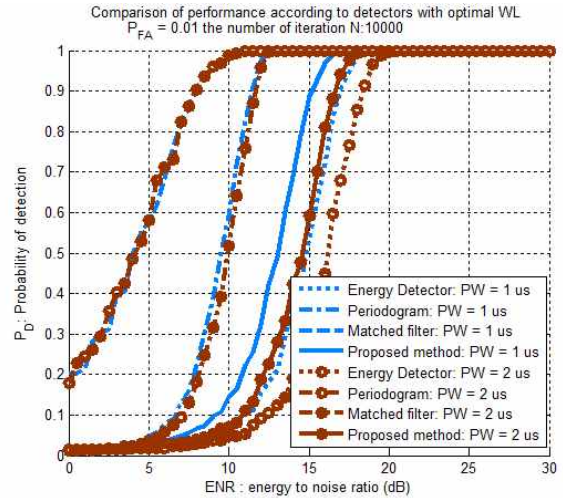
### 참 고 문 헌

[1] 권태영, 정춘일 박창권, "미래전 양상 연구," 한국전략문제연구소, 2004.

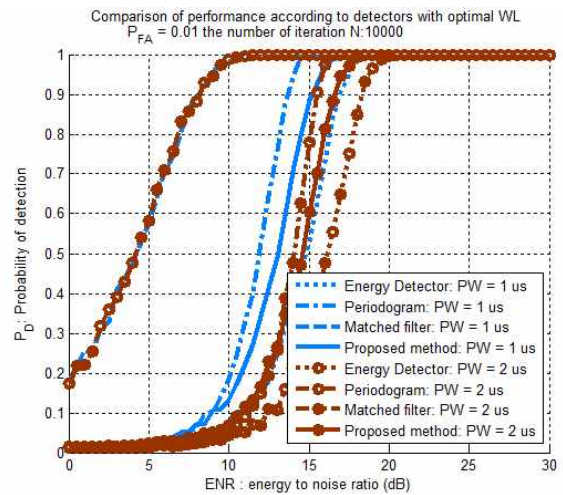
[2] D.-G. Kim, Y.-H. Kim, J.-O. Park, M. S. Lee, Y.-M. Park and H.-N. Kim, "A sequential estimation algorithm for TDOA/FDOA extraction for VHF communication signals," *J. IEEK*, vol. 51. no. 7, pp. 60-68, Jul. 2014.

[3] Denk Aytung, "Detection and jamming Low Probability of Intercept(LPI) RADAR," NAVAL POSTGRADUATE SCHOOL MONTEREY CA, 2006.

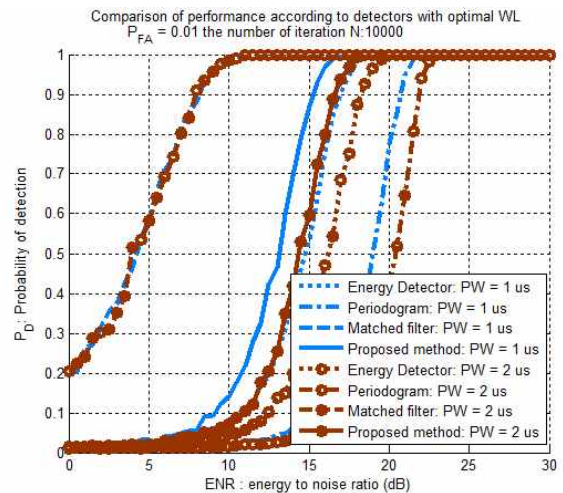
[4] S. Kay, *Fundamentals of Statistical Signal Processing: Detection Theory*, Prentice-Hall, 1993.



(a)



(b)



(c)

그림 1. 상호상관 검출기의 변조 신호에 따른 검출 성능 분석: (a) 무변조 (b) Linear frequency modulation (LFM) (c) Costas code.