

펄스압축 신호에 대한 잡음신호 취약성 분석

*박병구, 이정훈, 조제일, 이창훈
국방과학연구소
e-mail : yougoal@naver.com

Analysis of the vulnerability to noise signal for the pulse compression signal

*Byung Koo Park, JungHoon Lee, Jeil Jo, Chang Hoon Lee
Radar/EW Center, Agency for Defense Development

Abstract

In order to detect a long-range target with high range resolution, the radar requires a short pulse width and high effective radiation output. However, there are some limitations to meet these requirements. Therefore, a compressed pulse can be used to overcome this. In electronic warfare, a compressed pulse of the same signal characteristics may be used as an electronic attack. The simulation showed that the analysis results of vulnerability for electronic attack using pulse compression were approximately the same.

위해서 일반적으로 잡음을 사용하여 무력화 할 수 있으나, 높은 재밍대신호비가 요구된다. 본 논문에서는 펄스압축신호에 대한 잡음신호 취약성을 분석하였다. 특히, 일반잡음보다 압축잡음을 사용하여 레이더의 펄스압축 에코신호에 대해 시뮬레이션을 통해 취약성을 분석하였다.

II. 본론

일반적으로 압축펄스의 정규화 송신신호는 다음과 같이 표현된다.

$$s(t) \sim \exp\left(j2\pi\left(f_o t + \frac{K_s}{2}t^2\right)\right) \quad (1)$$

여기서, f_o 는 송신중심주파수, $K_s (= B_s/T_s)$ 칩율(Chirp Rate) B_s 변조대역폭 및 T_s 펄스폭이다. 표적반사되어 수신된 신호는 식2와 같이 표현된다.

$$s(t) \sim \exp\left(j2\pi\left(f_o(t-t_i) + \frac{K_s}{2}(t-t_i)^2\right)\right) \quad (2)$$

여기서, t_i 는 시간 지연이다. 수신신호는 그림1과 같이 정합필터 처리한 후 수신된다.

I. 서론

레이더가 높은 거리분해능과 원거리 탐지를 위해서는 짧은 펄스폭과 높은 유효방사출력이 필요하다. 하지만, 짧은 펄스폭에 높은 유효방사출력을 얻기 위해서는 높은 이득의 증폭기를 구현하는데는 많은 제약이 따른다. 따라서, 이러한 단점을 극복하기 위해 펄스압축신호를 사용하여 동일전력으로도 매우 좋은 거리해상도와 원거리의 표적을 탐지하는 기술이 많이 사용되어 오고 있다. 펄스압축 신호는 SAR, 선박항해 레이더, 탐지 및 표적추적 레이더등의 다양한 분야에 사용되어지고 있다. 전자전에서는 펄스압축에 대응하기

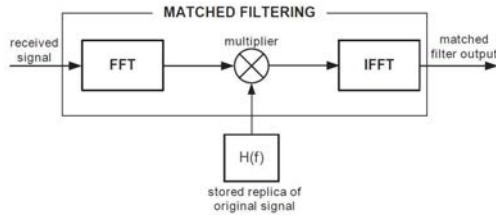


그림 1 FFT로 구현된 정합필터

정합필터의 임펄스 응답은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$h(t) = \exp(j2\pi(f_c t - \frac{K_s t^2}{2})) \quad (3)$$

수신신호는 정합필터의 임펄스 응답을 사용하여 출력되므로 다음과 같이 표현될 수 있다. 단순계산을 위해 저대역에서 시간지연은 0으로 가정하여 정합필터 출력을 식(4)에 나타내었다.

$$S_{out}(t) = \int_{-\infty}^{\infty} s(t-\tau)h(\tau)d\tau \quad (4)$$

$$= T_s \exp(\frac{K_s}{2}t^2) \text{sinc}[KT_s t]$$

여기서, $\text{sinc}(t) = \sin(\pi t)/\pi t$ 이다. 이러한 과정을 통해 출력되는 신호의 특성은 그림2와 같다.

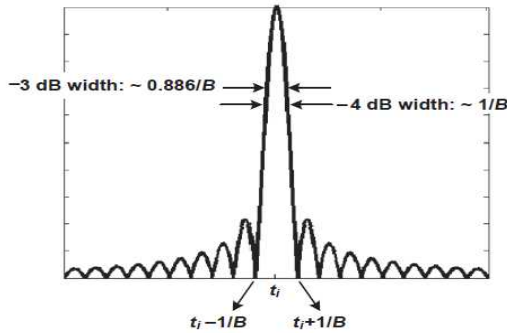


그림 2 펄스압축 프러세스후 출력신호

출력신호의 대역폭은 $B = K_s T_s$ 이다. 출력신호가 일정한 신호대잡음비 이상인 경우 레이다는 표적을 탐지할 수 있다. 전자전에서는 이를 무력화하기 위해 수신신호에 첩잡음을 곱하여 송신하는 방법에 사용될 수 있으며 식(5)와 같다.

$$J_u(t) \sim \exp(j\pi K_s t^2) \cdot J_a \exp(j\pi K_j t^2) \quad (5)$$

여기서, J_a 는 제밍신호의 크기이다. 제밍신호에 대해

레이다는 정합필터를 사용하여 출력하므로 식(6)과 같이 표현할 수 있다.

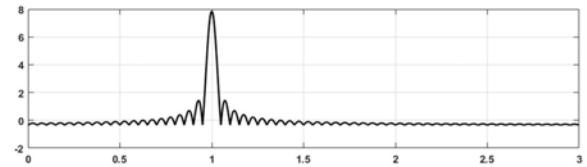
$$S_{out}(t) = \int_{-T_s/2}^{T_s/2} \exp(j\pi(K_s + K_j)(t-\tau)^2) \exp(-j\pi K_s \tau^2) d\tau$$

$$= \frac{1}{2\sqrt{jK_j}} \exp\left(-j\pi \frac{K_s}{K_j} (K_s + K_j) t^2\right) \cdot$$

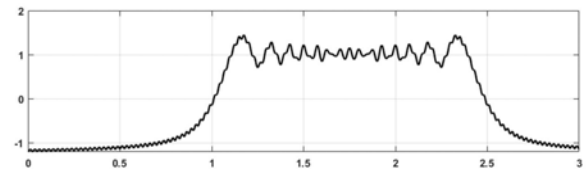
$$\left[-\text{erfi}\left(-\sqrt{j\pi K_j} \left(-\frac{T}{2} - \left(\frac{K_s}{K_j} + 1\right)t\right)\right) + \text{erfi}\left(\sqrt{j\pi K_j} \left(\frac{T}{2} - \left(\frac{K_s}{K_j} + 1\right)t\right)\right) \right]$$

$$\text{erfi}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{t^2} dt \quad (6)$$

펄스압축 신호의 지연신호에 대해 정합필터를 거친 정상적인 신호는 그림3(a)와 같다. 그림3(b)는 정합필터 후 신호가 퍼지는 현상으로 인해 거리를 탐지하는 것이 불가능하다. 따라서, 전자전에서는 펄스압축신호와 혼합된 펄스압축신호를 송신에 취약함을 알 수 있다.



(a)



(b)

그림 3 (a) 펄스압축 정합필터 출력 (b) 첩잡음과 혼합된 신호에 대한 정합필터 출력

III. 결론

본 논문에서는 펄스압축 신호에 대한 잡음신호 취약성을 분석하였다. 펄스 압축신호에 대해 일반잡음보다 펄스압축을 혼합한 압축압축에 취약함을 보였다.

참고문헌

- [1] William L. Melvin , James A. Scheer Principles of Modern Radar, Published by SciTech Publishing, an imprint of the IET. 2013.