

전자전에서 레이더 수집변수를 활용한 레이더 거리추적 대역폭 추정방법에 관한 연구

조제일* · 김소연 · 이정훈

국방과학연구소

A study on the estimation method for the bandwidth of the radar range tracker using the receiver parameters in electronic warfare

Jeil Jo* · So-yeon Kim · Jung-hoon Lee

Agency for defense development

E-mail : jeil004@naver.com / comet613net@daum.net

요 약

추적 레이더는 표적을 추적하기 위해 각도, 거리 및 주파수 추적루프를 사용한다. 특히, 레이더의 거리 추적루프 대역폭은 신호대 잡음비 및 표적의 거리에 따라 타협된 값으로 결정될 수 있다. 반면에 전자전은 레이더가 표적을 추적하지 못하도록 전자공격을 수행한다. 이때 전자전은 레이더의 추적루프 방해에 대해 기만 및 잡음재밍이 수행될 수 있다. 전자전에서는 레이더의 거리추적 대역폭을 추정하여 전자공격에 이용할 수 있다. 이를 위해 레이더 수집변수를 활용하여 레이더 거리추적 대역폭을 추정하는 방법에 대해 연구하였다.

ABSTRACT

The track radar use the range track loop to track the target range. The bandwidth of the radar range tracker can be determined by tradeoff according to signal to noise ratio and the target range. On the other hand, electronic warfare is carried out to prevent the radar from tracking targets by electronic attack. The deception or noise jamming in electronic warfare can be performed to interfere with the range track loop of the radar. In order to efficiently perform electronic warfare, the bandwidth in radar tracking loop is estimated and can be used for electronic attack. To do this, we have studied the method of estimating the bandwidth of radar tracking loop using the variables that can be gathered in electronic warfare.

키워드

전자전, 레이더 거리추적 대역폭, 레이더 변수, 전자전 수집변수

1. 서 론

추적 레이더는 표적의 각도를 추적하는 각도 추적루프, 거리추적을 위한 거리추적루프, 도플러주파수 추적을 위한 도플러추적루프 및 자동이득제어를 위한 자동이득제어 루프로 구성된다. 전자전에서는 레이더의 기능과 달리 표적을 보호하기 위해 추적을 못하도록 하는 전자공격(EA: Electronic Attack)을 수행한다. 전자공격에는 잡음을 이용한

잡음재밍, 수신된 레이다 신호를 메모리에 저장하여 저장된 신호의 위상, 크기등을 변조하여 재송신하는 기만재밍 및 잡음과 기만재밍을 동시에 사용하는 복합재밍등으로 재밍기법으로 크게 분류될 수 있다. 전자공격에서 기만신호에 크기변조(On-Off)를 수행하기 위해서 On-off 주기를 설정해야 한다. On-Off의 주기는 레이더의 거리추적 대역폭에 맞춰 설정될 수 있으므로, 레이더의 추적루프의 대역폭을 추정하는 방법이 필요하다. 본 논문에서는 전자전에서 수집되는 변수를 사용하여 레이

* corresponding author

더 거리추적루프의 대역폭을 추정하는 방법에 대해 논의하였다.

II. 추적레이더의 거리추적루프 대역폭 추정

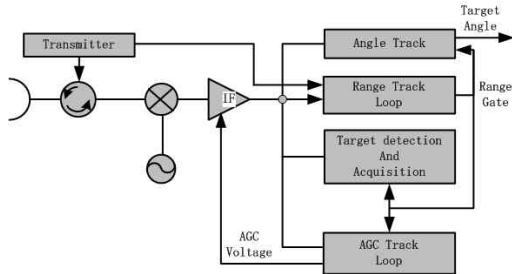


그림 1. 단순화된 기본 능동펄스 레이더[1]

그림1은 단순화된 기본 능동펄스 레이더를 도시한 것이다. 추적레이더는 각도추적을 위한 Angle Track로부터 표적각도 추적오류 값을 출력하고, Range Track loop로부터 표적의 거리추적 오류값을 출력한다. 레이더의 거리추적루프는 표적의 가속도에 따른 지연오류와 잡음에 의한 RMSE(Root Mean Square Error)로 나뉜다.

거리추적지연 및 신호대잡음비에 의한 오류를 적용한 최적대역폭은 Barton[2]은 식(1)(2) 및 참고문헌[3]에 의한 식(3)(4)으로 주어진다.

$$e_r^2 = \left(\frac{a}{2.5R\beta_n^2} \right)^2 + \left(\frac{\Delta z}{k_m \sqrt{SNR}(f_r/\beta_n)} \right)^2 \quad (1)$$

$$\beta_n = \left[\frac{a^2 k_m^2 SNR f_r}{1.6R\Delta z^2} \right]^{1/5} \quad (2)$$

$$e_r^2 = \left(\frac{a}{24\beta_n^2} \right)^2 + \left(\Delta z \frac{1}{\sqrt{SNR} \cdot n} \right)^2, n = \frac{f_r}{\beta_n} \quad (3)$$

$$\beta_n = \left[\frac{a^2 \cdot SNR}{144 \cdot \Delta z^2 f_r} \right]^{1/5} \quad (4)$$

여기서, Δz : 유효게이트 폭, SNR: 추적기 입력에서 신호대잡음비, β_n : 추적루프의 대역폭, a : 표적의 가속도, k_m : 거리게이트 측정 기울기, f_r : 펄스반복주기 이다. 식(3)은 거리를 최소화하고, 거리게이트 측정 기울기 값 $k_m=1$ 인 경우이다. 전자전의 수집변수는 레이더의 펄스폭, 펄스반복주기, 주파수등이다. 레이더 최적대역폭계산을 위해 전자전의 수집변수 중 사용가능한 변수는 펄스폭 및 펄스반복주기이고, 추정해야하는 변수는 SNR 및 표적의 가속도등이다. 본 논문에서는 식(2)와(4)의 최적대역폭 비교를 위해 참고문헌[4]에서 설계된 변수를 이용하여 최적대역폭을 추정하였다. 참고문헌[4]의 주 설계변수는 표1과 같다.

표 1. 거리추적기 주요변수

항 목	값
거리추적기 종류	Second-order Type II
펄스반복주기	400 usec (2.5kHz)
펄스폭	200 nsec
최대속도 및 가속도	400 ft/sec, 5.6 g
Early/late게이트폭	250 nsec

Second-order Type II의 협대역 3dB대역폭은 식(5)로 주어진다.

$$\omega_{3dB} = \omega_n \sqrt{1+2\zeta^2 + \sqrt{2+4\zeta^2+4\zeta^4}} \quad (5)$$

여기서, ζ : damping ratio로 $\zeta=0.707\omega_n=18.4$ [rad/s]일 때 3dB 대역폭은 2[Hz]이다. 전자전 수집변수와 일반적인 값을 사용한 레이더의 최적대역폭은 다음의 변수를 사용하여 구해졌다. 사용된 Δz 는 60m, k_m 은 1, SNR은 10[dB], 가속도 8g 및 거리는 10[m]를 적용하였다.

최적대역폭은 3.14[Hz](식(2)적용) 및 3.08[Hz](식(4)적용)로 추정되었다. 전자전의 수집변수와 추정값을 사용하여 레이더의 실제 대역폭과 약 1[Hz] 오차를 가지는 근사화 된 최적 대역폭을 구할 수 있었다.

III. 결 론

추적 레이더는 표적추적에 각도, 거리 및 주파수 추적루프등이 사용된다. 전자전에서 수집된 레이더 변수정보를 활용하여 레이더 내부의 거리게이트 최적대역폭을 추정하는 방법을 분석하였다. 추정된 최적대역폭은 전자전에서 레이더의 거리게이트에 대한 전자공격에 활용될 수 있다.

References

- [1] Golden Jr, A., *Radar electronic warfare*, Washington, DC, AIAA., Inc., 1987.
- [2] Barton, David K. *Modern radar system analysis*, Norwood, MA, Artech House, 1988.
- [3] Lothes, R. N., Szymanski, M. B., & Wiley, R. G. *Radar vulnerability to jamming*. Norwood, MA, Artech House, 1990.
- [4] Richard S. H., *Analog Automatic Control loops in radar and EW*, Naval weapons center, 1988.