

해상 환경을 고려한 레이더의 탐지 성능 분석

안성진, 김종영, 정용식, 조용희*, 권경일**
광운대학교, *목원대학교, **국방과학연구소

Kunho0407@kw.ac.kr

Analysis of Radar Detection Performance in the Maritime Environment

Ahn Sung Jin, Kim Jong Young, Chung Young Seek, Cho Yong Heui*, Kwon Kyung Il**
Kwangwoon Univ., *Mokwon Univ., **Agency for Defense Development

요약

본 논문은 해상 환경에서의 대기 굴절률을 고려한 Monostatic Radar의 탐지 성능을 분석하는 연구를 진행하였다. 거리에 의한 감쇠만을 고려한 Radar Equation과 달리, 해상환경의 복잡한 대기 굴절률에 의한 전파전파를 고려하여 계산된 신호 대 잡음 비(Signal to Noise Ratio, SNR)를 기반으로 레이더의 탐지 성능을 분석하였다.

I. 서론

레이더를 이용한 표적 탐지는 표적으로부터 반사된 수신 전력(P_r)과 잡음 전력(P_n)의 비인 신호 대 잡음 비(SNR)를 사용하며, SNR은 Radar equation을 통해 구할 수 있다[1]. 기존의 Radar equation은 거리에 비례하는 감쇠만을 고려하였기 때문에, 복잡한 대기 굴절률에 의한 감쇠를 고려해야 하는 해상 환경에 적용하기에는 적합하지 않다. 본 논문에서는 Monostatic radar를 사용하여 해상 환경의 표적을 탐지하고자 할 때, 해상 환경의 굴절률에 의한 감쇠를 고려하여 계산한 SNR을 기반으로 레이더의 탐지 성능을 분석하였다.

II. 본론

레이더에서 방사한 신호가 표적에 반사된 신호의 전력은 아래 수식과 같이 나타낼 수 있다.

$$P_{refl} = S \cdot \sigma$$

위 식에서 S 는 전력 밀도, σ 는 표적의 레이더 단면적(RCS)을 나타낸다. 전력밀도 S 는 다시 아래와 같이 나타낼 수 있다.[2]

$$S = \frac{\lambda}{4\pi Z_0 X} |u(X, Z)|^2$$

위 식에서 Z_0 는 자유공간(free space)에서의 임피던스, λ 는 신호의 파장을 나타낸다. u 는 평면 좌표계에서 전계로, 해수면의 반사와 대기 굴절률을 고려하여 parabolic equation의 해를 구한 결과값이다.

해상 환경의 수정 굴절률(modified refractive index)은 실제 해상의 대기 정보를 참조하여 아래와 같이 300m 고도에서 ducting 현상이 발생하도록 설정하였다.[3]

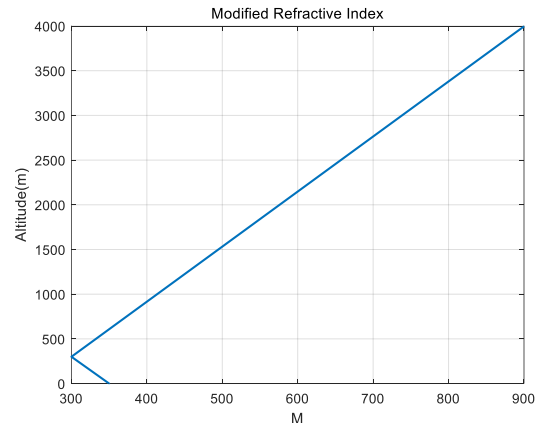


그림 1. 해상환경의 고도에 따른 수정 굴절률

표적에 반사되어 다시 레이더로 수신된 신호의 전력 P_r 을 계산하기 위해 레이더 송신 전력 P_t 와 표적 반사 신호의 전력 P_{refl} 의 관계식을 이용한다.

따라서 수신 레이더의 수신 전력 P_r 은 아래와 같다.

$$P_r = \frac{S \cdot P_{refl}}{P_t} \cdot A_e$$

위 수식에서 A_e 는 수신 안테나의 실효 개구 면적을 나타낸다.

위 방법으로 얻은 레이더 수신 전력과 잡음 전력의 비를 사용하여 레이더 탐지 성능을 분석할 수 있다. 잡음의 전력은 아래 식과 같다.

$$P_n = kTBF_n$$

k 는 볼츠만 상수, T 는 절대온도, B 는 신호 대역폭, F_n 은 잡음 지수(Noise Figure)를 나타낸다.

III. 결론

본 논문에서는 최대 고도 4km, 최대 거리 150km 의 해상 영역에서 $\sigma = 1m^2$ 인 표적의 SNR 을 나타내었다. 송수신 안테나의 높이는 3500m 로 설정하였으며, 빔은 해수면 방향으로 1° 조향하였다. 해수면과 접한 부분은 Perfect Electric Conductor(PEC)로 설정하여 반사파를 처리하였다.

시뮬레이션에 사용한 레이더의 규격 및 성능은 아래 표와 같다.

항목	규격 및 성능
운용 주파수	300MHz
송신 출력	10kW
안테나 이득	46.15 dBi
신호 대역폭	2 MHz
잡음지수	3 dB

표 1. 레이더 규격 및 성능

아래 그림은 해상영역에서 레이더의 수신 전력과 잡음 전력의 비(SNR)을 나타낸 결과이다.

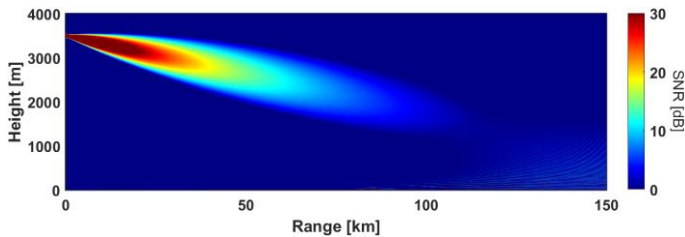


그림 2. 해상환경에서 Radar 의 SNR

요구되는 레이더의 SNR 과 위 결과를 비교하면 레이더의 최대 탐지 거리 및 표적 탐지 성능을 분석할 수 있다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 국방과학연구소(계약번호 UI220077JD)의 연구비 지원에 의한 연구 결과임

참 고 문 헌

- [1] David Barton, *Radar Equations for Modern Radar*, Artech, 2012.
- [2] G. Apaydin and L. Sevgi, *Radio Wave Propagation and Parabolic Equation Modeling*, Wiley-IEEE Press, 2017.
- [3] Junmo Yang, & Yong Bae Park (2023-02-08), Prediction of Atmospheric Refractivity Based on Supervised Learning Algorithm Using Meteorological Data. Proceedings of Symposium of the Korean Institute of communications and Information Sciences,