

훈련함 실습용 항해레이더 허상반사 개선방안 연구

정현섭*, 박효진, 오현석, 이영민
국방기술품질원

Analysis of false Image reflection improvement on the ATH navigation radar

Hyeon-Seob Jeong*, Hyo-Jin Park, Hyun-Suk Oh, Yeong-Min Lee
Defence Agency for Technology and Quality

요약 훈련함은 평시에는 사관생도의 훈련과 실습을 지원하고 전시에는 의무지원 및 병력수송을 위해 운용되며 항해레이더는 함 운용을 위한 항해레이더와 조함 보좌 및 실습생 실습지원을 위한 실습용 항해레이더가 탑재된다. 실습용 항해레이더는 안테나부, 송수신부, 전시부, 연동상자, 안전소위치로 구성되어 있으며, 조함 보조의 역할을 수행하기 위해 항해용 항해레이더가 가지는 음영 구역을 상호 보완할 수 있도록 설계되었다. 훈련함은 실습용 항해레이더 시험평가 중 함수가 육지를 바라보며 근접 시 실습용 항해레이더에서 허상반사 현상이 식별되었다. 항해레이더의 오작동을 최소화하기 위해 전파흡수체를 마스트에 설치하도록 설계되었으나 허상반사 현상이 나타났으며, 단기간에 허상을 개선하기 위해 전파흡수체를 추가 설치하기로 하였다. 전파흡수체는 전파를 흡수하여 반사파를 발생시키지 않는 특수재료로 레이더 허상 방지용, TV 고스트 방지용, 레이더 전파의 흡수를 이용한 RCS 감소, 전자기기로부터 EMI 간섭 최소화 등을 위해 사용된다. 따라서 본 연구에서는 항해레이더의 빔폭에 해당하지 않는 구역이지만 허상반사 현상에 영향을 줄 것으로 예상되는 구역에 전파흡수체 추가 설치를 통한 실습용 항해레이더의 허상반사 현상 개선에 대해 서술하였다.

Abstract ATH supports the training and practice of cadets in peacetime and is operated for medical support and troop transport during wartime. The navigation radar is equipped with a navigation radar for the operation of ships and a navigation radar for training to support the training of the ship assistants and trainees. The navigation radar for training is designed to complement the shadow area of the navigation radar to perform the role of ship assistance. When the training ship approaches the land, the virtual reflection phenomenon is identified in the navigation radar for practice. A radio wave absorber is installed on the mast to minimize the malfunction of the navigation radar. On the other hand, a virtual image reflection phenomenon appears, and a radio wave absorber is additionally installed to improve the virtual image. Therefore, this paper describes the improvement of the virtual image reflection phenomenon of the navigation radar for practice through the radio wave absorber.

Keywords : Navigation Radar, False Image Reflection, ATH, Radio Wave Absorber, Mast

본 논문은 국방기술품질원 연구 과제로 수행되었음.

*Corresponding Author : Hyeon-Seob Jeong(DTaQ)

email: hsjeong@dtaq.re.kr

Received July 25, 2022

Accepted September 2, 2022

Revised September 1, 2022

Published September 30, 2022

1. 서론

훈련함(ATH, Auxiliary Training ship Helicopter)은 대한민국 해군 최초의 연안 실습 및 순항 훈련을 목적으로 건조한 함정으로, 그동안 별도의 훈련용 함정이 존재하지 않아 전투함을 사용하였다. 훈련 임무에 배치되어 다양한 함정의 모의 전투 실습과 함께 교육 및 훈련용으로 사용되는 강의실 및 실습공간은 유사 시 수술실, 진료실 및 병실로도 전환이 가능하며 재난사고 발생 시 구호 활동도 가능하다는 특징이 있다[1]. 훈련함의 항해레이더는 함 운용을 위한 항해레이더와 조합 보좌 및 실습생 실습지원을 위한 실습용 항해레이더가 탑재되었다[2]. 항해레이더는 탐지범위가 가능한 한 최대가 되고 가능한 음영각이 최소화 되도록 설치하여야 한다. 실습용 항해레이더는 조합 보조의 역할을 수행하기 위해 항해용 항해레이더가 가지는 음영구역을 보완할 수 있도록 설계되었으며 이를 위해 마스트 중앙에 배치된 항해용 항해레이더와 달리 마스트 측면에 배치함으로써 음영구역을 상호 보완할 수 있도록 하였다. 실습용 항해레이더는 안테나부, 송수신부, 전시부, 연동상자, 안전스위치로 구성되어 있으며 협수로 연안 항해 시 운용하며, RCS(Radar Cross Section, 이하 RCS) \circ m^2 표적을 파고 \circ m에서 레이더 수평거리까지 탐지능력을 보유하도록 설계되었다.

훈련함 실습용 항해레이더 시험평가 중 식별된 허상반사 현상의 개선을 확인하고자 한다. 항해레이더의 탐지능력 평가는 레이더의 최대/최소 탐지 성능, 방위 분해능, 거리 분해능, 방위정확도, 거리정확도, 음영구역 및 허상반사 현상 측정을 목적으로 하며 훈련함이 육지에 근접 시 실습용 항해레이더에서 허상반사 현상이 식별되었다.

함정의 형상설계 단계에서 가장 효율적으로 장비 및 위치 선정 등으로 허상반사를 줄일 수 있지만 이는 설계 초기단계에서만 적용할 수 있다. 따라서, 본 논문에서는 형상설계 이후 단계로 전파흡수체의 적용으로 실습용 항해레이더의 허상반사 변화영향을 고찰하였다[3].

2. 본론

2.1 장비의 특성

함 운용을 위한 항해레이더와 조합 보좌 및 실습생 실습지원을 위한 실습용 항해레이더 2개를 보유하고 있다. 실습용 항해레이더는 조합 보조의 역할을 수행하기 위해

항해용 항해레이더가 가지는 음영구역을 보완할 수 있도록 설계되었다. 이에 따라, 마스트 중앙에 배치된 항해용 항해레이더와 달리 마스트 측면에 배치함으로써 음영구역을 상호 보완할 수 있도록 하였다.

훈련함의 실습용 항해레이더의 송수신기는 X-Band의 고주파 펄스 신호를 생성하고, 생성된 펄스 신호는 안테나를 통하여 자유공간으로 방사된다. 표적으로부터 반사된 신호는 안테나를 통하여 송수신기로 입력된다. 송수신기에서는 반사된 신호를 증폭하고 검파하여 표적의 비디오 신호를 생성하여 전시기로 보낸다. 전시기는 송수신기로부터 비디오신호, 전시기 트리거 신호 및 방위신호를 입력받아 전시하며, 표적 정보를 추출하여 전시한다. 훈련함의 실습용 항해레이더의 주요 성능 특성 및 하위 구성장비는 Table 1과 같다.

Table 1. Specification of Navigation Radar

| Categorize | | Specification |
|--------------------------|---------------|----------------------|
| Frequency | | X-BAND(\circ MHz) |
| Antenna Rotational Speed | | \circ RPM |
| Beam width | Horizontality | \circ° |
| | Verticality | \circ° |
| Resolution | Distance | \circ % |
| | Bearing | Under \circ° |
| Antenna Gain | | Over \circ dB |
| Peak Transmission Output | | \circ kW |

2.1.1 체계구성 설계

송수신기에서 안테나까지 이르는 도파관의 길이는 송신출력 손실을 고려하여 짧을수록 좋으며, 도파관 제한 길이를 만족하여야 한다. 폐기열 영향을 고려하여 가능한 함의 연돌과의 이격 거리를 멀게 하며, 레이더 전시기 스크린의 손상을 방지하기 위하여 햇빛이나 등화가 직접적으로 비치는 곳을 피하여 설치하여야 한다[4]. 협수로 연안 항해 시 운용하며, RCS \circ m^2 표적을 파고 \circ m에서 레이더 수평거리까지 탐지능력을 보유하여야 한다.

2.2 허상반사 측정

훈련함의 실습용 항해레이더 허상반사 현상은 통합시험평가의 항해레이더 탐지능력 평가 중 식별되었다. 항해레이더 탐지능력 평가는 레이더의 최대/최소 탐지 성능, 방위 분해능, 거리 분해능, 방위정확도, 거리정확도, 음영구역 및 허상반사 현상 측정을 목적으로 한다. 탐지능력 평가는 대합표적 탐지 성능시험의 경우 파고 1.5~2.0

m에서 수행되며 기타(음영구역 측정, 허상반사 현상 측정 등) 시험은 파고 1.5m 이하에서 수행한다.

2.2.1 측정 방법

허상반사 현상 측정은 Fig. 1과 같이 시험함을 육지로부터 2, 5, 8, 10, 12 NM 지점에서 연안선을 기준으로 대각선(45°, 135°, 225°, 315°), 평행(0°, 180°), 직각(90°, 270°) 8방위로 기동하여 허상반사 현상을 측정한다.

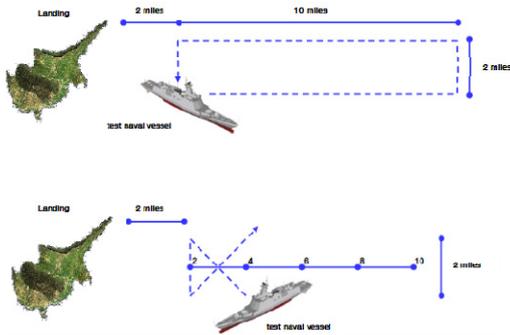


Fig. 1. Diagram of False Image Reflection Test

2.3 현실태 및 문제점

훈련함은 아래 Fig. 2와 같이 함정이 육지에서 2 NM 이격되어 흡수가 육지를 바라보았을 때 항해레이더 안테나에서 방사된 송신신호가 육지로부터 반사되어 전파 반사 면적이 큰 반사 신호가 송수신기에 입력되어 항해레이더에서 허상반사 현상이 나타났다.



Fig. 2. False Image Reflection

2.3.1 전파흡수체 배경 및 이론

전파흡수체는 전파를 흡수하여 반사파를 발생시키지 않는 특수재료로 1960년대에 개발되어 전파무반향실이나 안테나의 지향성 개선을 위해 사용되어 왔으며 전자

파로부터의 대책으로써 함정의 레이더 허상 방지용, TV 고스트 방지용, 레이더 전파의 흡수를 이용한 RCS 감소, 전자기기로부터의 EMI 간섭 최소화를 위해 사용된다[5]. 전자기파를 흡수하는 mechanism은 도전손실(conduction loss), 유전손실(dielectric loss), 자기손실(magnetic loss)로 크게 3가지로 나뉜다[6]. 3가지의 전자기파 흡수 원리를 통하여 특정 주파수 대역의 전자기파 흡수체를 만들기 위해서는 고분자와 같은 절연체의 매질에 전하가 존재하는 전도성 매질을 혼합하거나 특정 주파수 대역의 투자율 또는 유전율의 허수부 값이 큰 자성체나 유전체 소재를 적용한다[7].

공기중에 방사된 전자기파는 Fig. 3과 같이 다른 매질을 만나면 그 매질의 전기적 특성(투자율, 유전율, 전기전도도 등)에 따라 입사면에서 반사되고, 일부는 매질에 따라 진행 및 투과하게 된다.

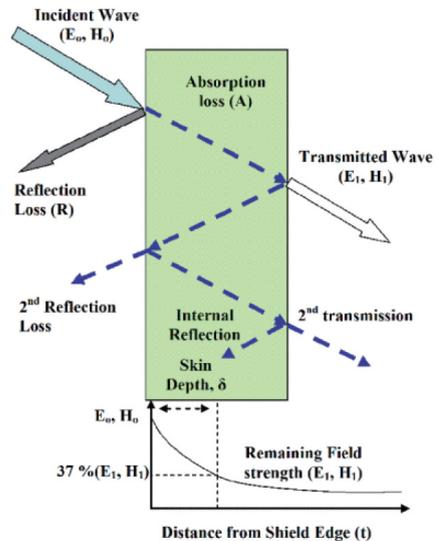


Fig. 3. Electromagnetic action

전자기파가 매질로 입사할 때 경계면에서 전파의 반사는 매질의 임피던스에 의해 결정된다. 임피던스는 전파의 전기(E)와 자계(H)의 성분비로 정의되는데 Eq. (1)에서와 같이 매질의 투자율 대 유전율의 비의 제곱근으로 표현할 수 있다[8].

$$Z = \frac{|E|}{|H|} = \sqrt{\frac{\mu_r}{\epsilon_r}} \quad (1)$$

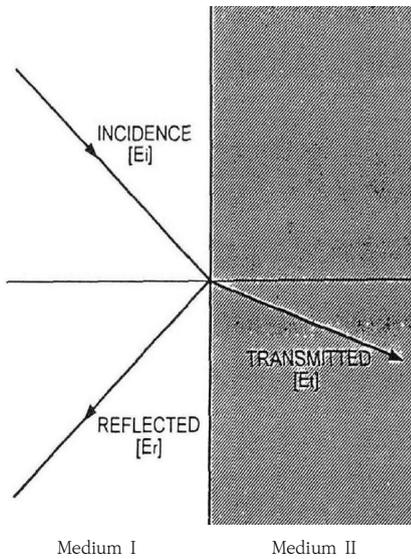


Fig. 4. incident wave, reflected wave, transmitted wave

Fig. 4에서 매질 I 에서 매질 II 로 진행되는 전파의 입사파, 반사파, 투과파의 전계를 각각 E_i , E_r , E_t 로 표현하면 경계면에서 반사계수(S), 투과계수(T)는 Eq. (2)와 Eq. (3)과 같다.

$$S = \frac{E_r}{E_i} = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} \quad (2)$$

$$T = \frac{E_t}{E_i} = \frac{2Z_2}{Z_2 + Z_1} \quad (3)$$

여기서 Z_1 과 Z_2 는 각각 매질 I 과 매질 II 의 임피던스이며 경계면에서 전파의 반사가 일어나지 않기 위해서는 매질 I 과 매질 II 의 임피던스가 동일하여 반사계수가 $S=0$ 이며 이러한 조건을 임피던스 정합이라고 한다. 임피던스 정합 조건에서는 투과계수는 $T=1$ 이 되어 입사파가 모두 경계면을 통과하여 투과된다[9].

투과되는 전파의 손실 정도는 매질의 유전율과 투자율에 의해 매질 내에서 지수함수의 형태로 감소한다. 전파의 감쇠정도는 감쇠정수 (α)로 표현되며 감쇠정도는 Eq. (4)의 손실계수($\tan \delta$)가 커질수록 증가하게 된다[10].

$$\tan \delta = \frac{ENERGY LOSS}{ENERGY TRACKING} = \frac{\epsilon_r''}{\epsilon_r'} \text{ or } \frac{\mu_r''}{\mu_r'} \quad (4)$$

2.4 개선방안 및 결과

혼련함에서는 전파의 마스트 구조물에 의한 반사로 탐

색레이더, TACAN, 항해레이더의 오작동을 최소화하기 위해 전파흡수체를 마스트에 설치하도록 설계되었다. 특히, 실습용 항해레이더의 마스트 상 위치를 고려하여 마스트 측면방향에도 전파흡수체를 설치하였다. 본 함의 인도 및 전력화 시점을 고려하여 단기간에 개선하기 위해 전파흡수체를 추가하기로 하였다. 항해레이더의 빔폭에 해당하지 않는 구역이지만 허상반사 현상에 영향을 줄 것으로 예상되는 구역으로 선정하였다.

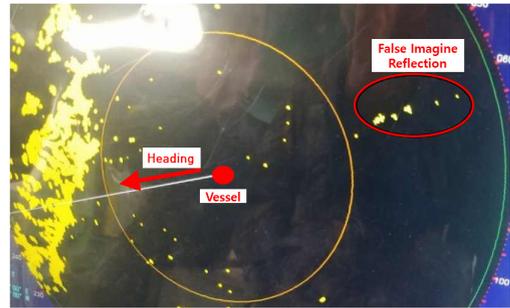


Fig. 5. 1st Addition of Radio Wave Absorber

1차 추가 설치에서는 항해레이더 허상 반사에 영향을 줄 것으로 예상되는 탐색레이더 하부 MAST 선체 전면부, 대함스피커 측면부, 항해용 항해레이더 받침대 선체 측면부에 전파흡수체를 추가 설치하였다. 위의 Fig. 5와 같이 최초 허상반사 현상을 식별하였을 때와 비교하면 허상이 줄어드는 것을 확인하였으나, 육지 근접 시 허상이 상존하는 것이 식별되었다.



Fig. 6. 2nd Addition of Radio Wave Absorber

2차 추가 설치에서는 ECM 송신 안테나 받침대 하부, 항해용 항해레이더 받침대 선체 측면부와 하부, 받침대 하단의 PIPE 등 구조물에 추가 설치하였다. 2차 추가 설치 후에도 육지 근접 시 허상이 레이더 전시기를 통해 나타났으나, 위의 Fig. 6와 같이 최초 식별된 현상 대비 개선됨을 확인할 수 있었다.

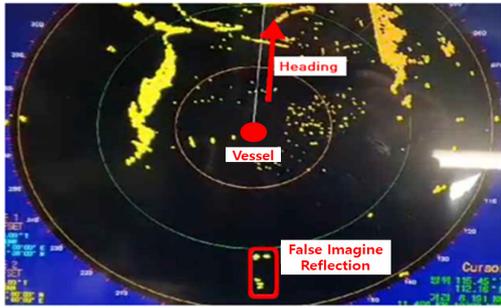


Fig. 7. 3rd Addition of Radio Wave Absorber

3차 추가 설치에서는 MAST 후면 특수작업등 받침대 하부에 추가 설치하였다. 3차 추가 설치 후에도 육지 근접 시 허상이 레이더 전시기를 통해 나타났으나, 위의 Fig. 7과 같이 전파흡수체를 통해 레이더의 허상반사 현상이 개선됨을 확인하였다.

3. 결론

훈련함 설계단계에서 MAST 구조물에 의한 전파 반사를 고려하여 전파흡수체를 설치하도록 설계하였지만 시험평가 중 허상반사 현상이 나타났으며 이를 개선하기 위해 전파흡수체 131조를 MAST 구조물 중 전파흡수체가 설치되지 않은 구역에 추가 설치하였다. 항해레이더의 빔폭에 해당하지 않은 구역이나 허상반사 현상에 영향을 줄 것으로 예상되는 구조물에 1 ~ 3차에 걸쳐 전파흡수체를 설치하였다. 1차 추가 설치의 경우 탐색레이더 하부 MAST 선체 전면부, 대함스피커 측면부, 항해용 항해레이더 받침대 선체 측면부에 전파흡수체를 설치하였다. 2차 추가 설치의 경우 ECM 송신 안테나 받침대 하부, 항해용 항해레이더 받침대 선체 측면부와 하부, 받침대 하단의 PIPE 등 구조물에 추가 설치하였다. 마지막으로 3차 추가 설치에서는 실습용 항해레이더 후면에 위치한 특수작업등 받침대에 설치하였다. 해상 시험평가를 통해 훈련함의 육지 접근 시 실습용 항해레이더에서 허상반사 현상이 개선됨을 확인하였다.

함의 전력 및 인도 시점의 제약에 따라 단기간에 개선하기 위해 전파흡수체를 추가하는 방향으로 선정하게 되었다. 또한, 최근 주목받고 있는 메타물질을 이용한 전파흡수체에 대한 연구를 토대로 함정에 적용하는 방안에 대해서도 추가 연구가 필요할 것으로 예상된다.

차후 건조되는 수상함에서도 훈련함과 유사하게 항해레이더의 음영구역 최소화를 위해 MAST 측면에 레이더

가 배치되는 경우도 발생할 것이다. 이에 따라, MAST 구조물에 의한 전파 반사로 레이더 허상반사 현상이 나타날 수 있으며 본 연구에서 제시한 자료를 참고 및 활용한다면 해군 전투력 증강에 도움이 될 것으로 판단된다.

References

- [1] H. J. Park, H. J. Lee, D. Y. Kim, "A The Report on the result of government quality assurance activities for the Machinery system of ATH", DTaQ-21-7175-Q, 2021.
- [2] J. H. Lee, M. S. Shim, "A Study on the improvement of ATH surveillance radar to solve the instability of the target velocity", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society Vol. 21, No. 8 pp. 334-341, 2020.
DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2020.21.8.3>
- [3] J. T. Hwang, S. Y. Hong, H. W. Kwon, J.C. Kim, J. H. Song, "Analysis of Radar Cross Section for Naval Vessels with Metamaterials and Radar Absorbing Materials", Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety Vol. 21, No. 6, pp.737-743, December 31, 2015, ISSN 2287-3341.
- [4] K. J. Jo, Y. K. Baek, D. Y. Kim, J. W. Kim, "The Quality Improvement report of radome deformation in the navigation radar", DTaQ-16-4675-R, 2016.
- [5] H. M. Lee, "Electromagnetic Wave Absorbers with Metamaterial Structure for RCS Reduction", The Journal of Korean Institute of Electromagnetic Engineering and Science, 2015 Jan 26(1), 1-15.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5515/KJIEES.2015.26.1.1>
- [6] J. T. Hwang, S. Y. Hong, H. W. Kwon, J. H. Song, "Analysis of stealth design for naval vessels with wide band metamaterials", Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering Vol.21, No.11 2206-2212 Nov. 2017.
DOI: <https://doi.org/10.6109/ikiice.2017.21.11.2206>
- [7] D. I. Kim, Y. S. Ann, S. M. Jung, "A Study on Development of High Performance Microwave Absorbers in Wide-Band Type for RADAR", Journal of Korean Navigation and Port Research Vol.15No.1, pp.1-9.
- [8] D. I. Kim, "Development of High Performance Microwave Absorber for RADAR", The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences Report January 1991, pp.1-94.
- [9] S. S. Kim, "Operating Principles and Applications of Electromagnetic Wave Absorbers" Journal of Korean Magnetics society, Volume 4, Number3, September 1994.
- [10] D. I. Kim, S. M. Ok, S. H. Moon, S. J. Shin, J. M. Song, "Development of Electromagnetic wave Absorbers for X-Band", The Magazine of the IEIE; vol.26. no.1, 2003.

정 현 섭(Hyeon-Seob Jeong)

[정회원]



- 2017년 2월 : 한국해양대학교
전파공학과 (공학사)
- 2017년 2월 ~ 현재 : 국방기술품
질원 연구원

<관심분야>

수중음향, 도료, 안테나

이 영 민(Yeong-Min Lee)

[정회원]



- 2016년 8월 : 금오공과대학교
전자공학부 (공학사)
- 2020년 8월 : 금오공과대학교
전자공학과 (공학석사)
- 2021년 7월 ~ 현재 : 국방기술품
질원 연구원

<관심분야>

오실레이터, 회로 설계

박 효 진(Hyo-Jin Park)

[정회원]



- 2014년 8월 : 동아대학교 산업경
영공학부 (공학사)
- 2019년 12월 ~ 현재 : 국방기술품
질원 연구원

<관심분야>

정보통신, 통계학

오 현 석(Hyun-Suk Oh)

[정회원]



- 2018년 8월 : 부산대학교 기계공
학부 (공학사)
- 2020년 2월 : 부산대학교 기계공
학부 에너지시스템전공 (공학석사)
- 2020년 12월 ~ 현재 : 국방기술품
질원 연구원

<관심분야>

열유체공학, 함정추진체계