

# 해군 함정의 전자전·위성통신체계 EMI/EMC 최소화 방안에 관한 연구

김영호<sup>1\*</sup>, 서원범<sup>1</sup>, 김규민<sup>2</sup>

<sup>1</sup>국방기술품질원 함정센터 함정1팀, <sup>2</sup>국방기술품질원 함정센터 함정2팀

## A Study on Method of Minimizing EMI/EMC for Naval Vessels MOSCOS-ES Antenna System

Yung-Ho Kim<sup>1\*</sup>, Won-Bum Seo<sup>1</sup>, Kyu-Min Kim<sup>2</sup>

<sup>1</sup>1st Naval Sea System Team, Defense Agency for Technology and Quality

<sup>2</sup>2nd Naval Sea System Team, Defense Agency for Technology and Quality

**요 약** 함정의 무기체계는 제한적인 공간에서 운용되며 함정에 탑재된 무기체계에서 발생하는 전자기 환경은 예기치 못한 장비 간 전자기 간섭으로 인하여 운용이 제한되기도 한다. 이를 방지하기 위해 설계단계에서부터 전자기 간섭에 대한 억제대책이 수립되고 관리되고 있다. 그러나 전자기 해석을 통해 상부갑판 구역의 안테나 배치를 최적화했음에도 불구하고 실제 예기치 못한 간섭현상으로 인해 운용상 치명적인 문제를 발생시킨다. 본 연구에서는 해군의 ○○○급 상륙함의 건조 과정에서 해상이동 위성통신 시스템과 전자전 체계 간에 발생한 전자기 간섭에 따라 특정 방위에서 전자전 장비가 대부분의 표적 정보를 소실하는 현상에 대해 간섭원인을 분석하고 두 장비 간 간섭을 최소화 하는 방안을 연구하였으며, 궁극적으로 장비의 성능을 100% 발휘할 수 있는 체계통합 환경을 구현하는 것을 목표로 하였다. 경로추적 기법 및 E-field 해석을 통해 함정 안테나의 배치를 최적화하였으며, 그 결과 표적 정보를 소실하는 현상을 해결하였다. 향후 본 연구를 토대로 하여 함정의 자세가 변화함에 따라 복잡한 상황에서 장비의 성능이 최대한 발휘될 수 있도록 해양 환경을 고려한 안테나 설계 및 배치에 도움이 될 것으로 판단된다.

**Abstract** A naval ship's weapon system is operated in limited space. Electromagnetic waves generated by these systems may be limited in operation due to unexpected electromagnetic interference between equipment. To prevent this situation, countermeasures against electromagnetic interference are established and managed from the design stages. Although electromagnetic analysis is performed to optimize an antenna in the upper-deck area, it causes a fatal problem due to unexpected phenomena. This study analyzed the cause of lost target information in a specific direction according to electromagnetic interference between MOSCOS-ES in a Naval Ship. We also studied how to minimize interference between the equipment. Based on this study, it is judged that research is needed on the antenna arrangement plan with consideration of the marine environment. In addition, design efforts are needed to maximize the performance of the equipment in complex situations.

**Keywords** : Naval Ship, EMI(Electromagnetic Interference), EMC(Electromagnetic Compatibility), Ray Tracing, MOSCOS(Maritime Operation Satellite Communication System), Electronic Warfare System

---

\*Corresponding Author : Yung-Ho Kim(Defense Agency for Technology and Quality.)

email: yhkim1401@dtaq.re.kr

Received September 1, 2022

Accepted October 7, 2022

Revised October 5, 2022

Published October 31, 2022

## 1. 서론

### 1.1 연구 배경

전자기 간섭이란 불필요한 전자기 신호로 인해 원하는 신호의 탐지 및 해석에 간섭을 초래하거나 장비의 성능 저하를 일으키는 현상으로 전기/전자 장비 사용 시 항상 고려해야 할 필수적인 문제이다.

함정 무기체계는 광역감시 및 정밀타격 등의 임무를 수행하기 위해 최첨단 통신/레이더 센서들을 탑재하고 있다. 이런 RF(무선주파수, Radio Frequency) 장비들의 증가로 인해 탑재 장비 체계 및 부 체계의 상호 간 예기치 못한 EMI를 발생시켜 오작동을 일으키거나 민감한 장비 및 부 체계의 손상이 발생할 수 있고 이는 함정의 전투력이 저하되는 결과를 초래한다. 이에 따라 함정 무기체계는 기본 설계 단계에서부터 상갑판 구역에 설치되는 장비에 대해 EMI/EMC 통제를 위한 계획을 수립하도록 규정하고 있으며, 해석을 통해 설계 검증 단계를 지속적으로 수행하게 된다.

특히, 현대전의 주요 핵심장비인 전자전 체계의 경우 적의 레이더 등 RF 위협 신호를 수신하여 분석하는 장비이며 자함의 전파 환경에 많은 영향을 받는다. 함정 레이더의 경우 블랭킹 신호를 통해 전자전 간의 EMI/EMC를 통제하고 있으나 MOSCOS와 같은 위성통신 체계의 경우 지속파(CW) 신호로 운용되기 때문에 블랭킹 신호를 적용하여 전자파 간섭을 통제하는 것이 제한된다[1].

대한민국 해군에서 운용하는 000급 상륙함에서 위성통신 체계장비와 전자전 장비 간 전자파 간섭이 발생하였고, Fig. 1과 같이 전자전 장비의 EW 표적 정보가 소실되어 운용 제한이 발생하였다. 본 연구에서는 전자기 간섭현상을 해소하기 위해 상갑판 구조물에 따른 위성통신 체계(MOSCOS)의 전파 환경을 분석하고 전자전 시스템과의 전자기 간섭 최소화 방안을 제시하여 전자전 시스템 성능이 최대한 발휘되는 체계통합에 목적을 두고 있다. 아래 Fig. 2에 본 연구의 진행 방향을 나타냈다.

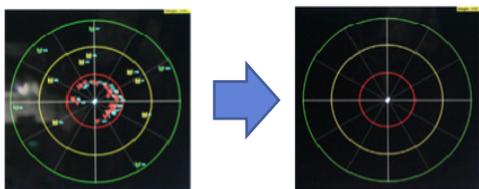


Fig. 1. Target Disappearance in Electronic Warfare System

## 2. 본론

### 2.1 이론적 고찰

#### 2.1.1 함정 EMI/EMC 분석 기법

대부분 함정은 설계단계에서부터 상갑판 구역의 안테나 배치 최적화를 위해 아래 Fig. 2와 같은 절차를 통해 설계단계에서부터 EMI/EMC 해석 및 대책을 수립하여 건조 단계에서 발생하는 EMI 간섭현상을 최소화하기 위한 노력을 수행한다. 설계 결과 검토 및 체계개발 도면을 근거로 하여 EMI/EMC 분석을 수행하고, 이 결과를 가지고 개선 대책이 수립되며 최종적으로 이를 설계에 반영하는 절차로서 총 2회의 EMI/EMC 해석 및 개선 대책이 수립된다.

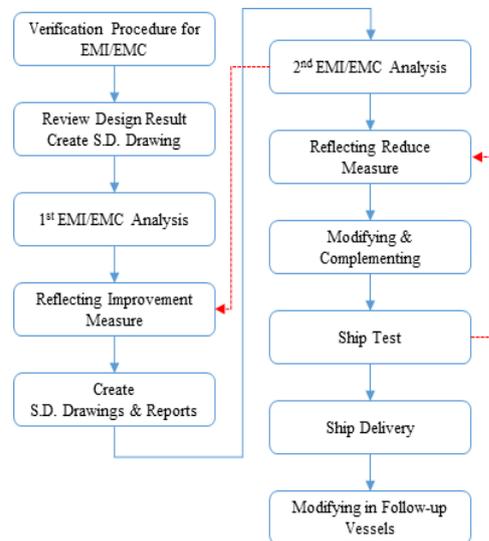


Fig. 2. EMI/EMC Control Process in Naval Ship Design Step

함정의 EMI/EMC를 최소화하는 방안은 다수의 함정을 건조하면서 설계단계에서 고려해야 할 사항이 정립되었다. 설계단계에서 활용되고 있는 EMI/EMC 최소화를 위한 권고사항을 Table 1에 나타냈다. 그러나 함정의 전파 환경에 취약한 전자전 체계의 경우에는 설계 방안이 정립되어있지 않으며, 체계 업체의 경우 상갑판 구역에 탑재되는 장비의 대부분이 관급장비로 분류되며 성능개량의 제한사항이 존재하므로, 안테나 배치 최적화를 통해 EMI/EMC를 최소화하고 있다.

Table 1. Design Requirement for Minimization of EMI/EMC

Recommendations	Considerations
EMI Minimization	Each Antenna
Existence of Shaded Area	Shaded Area
Antenna Placement	Shaded Area
Separation Distance from Ship Structures	0.05 λ Minimum
Cable Length	Dismissed of Signal
Effect of Exhaust Heat	Temperature of Antenna
Installation Restricted Area	Heli-Deck
Minimize Risk of Electromagnetic Radiation	Human / Fuel / Weapon
EMP Protection	EMP Filter

EMI/EMC를 분석하기 위해서는 먼저 간섭 여부를 확인하여야 하는데 저주파/고주파 분석을 통하여 계산된 상호결합량의 값과 송·수신기의 제원을 이용하여 Eg.(1)과 같이 송·수신기 사이의 간섭 여유(IM, Interference Margin)를 계산할 수 있다[2].

$$IM = P_{TX} + AD + TC - RX \quad (1)$$

Where,  $P_{TX}$  denotes Power of Receiver, AD denotes Antenna Decoupling, TC denotes Total Correction Factors by Harmonic or Antenna Coupler, RX denotes RX Sensitivity.

같은 종류의 송신기라도 기본 주파수에서의 방출 전력 과 고조파의 방출 전력 사이에는 많은 차이가 있다. 아래 Eg.(2)에서 고조파 방출에 대한 수학적 모델을 나타냈다.

$$P_T(F_{NT}) = P_T(F_{OT}) + A \log N + B \quad (2)$$

Where,  $P_T(F_{NT})$  denotes harmonic average power,  $P_T(F_{OT})$  denotes normal frequency average power, A, B denotes constant of particular transmitter.

이때, 고조파 차수가 증가할수록 고조파 방출의 평균 출력은 감소하며, 각 고조파 방출 전력은 정규분포화하여 나타나고 표준편차는 고조파 차수와 무관하다[3].

## 2.2 전자파 간섭 원인분석

### 2.2.1 OOO급 상륙함 EMI/EMC 요구조건

함정 설계조건 기준에 따르면 해군에서 운용하는 함정의 EMI/EMC 설계에 대해 안테나 사이의 상호간섭이 일

어나지 않도록 상갑판 구역의 전자기장 분석을 통하여 적절한 안테나 배치가 이루어져야 한다고 규정하고 있다. 앞서 기술한 바와 같이 함정의 EMI/EMC 요구조건은 정량적인 기준이 별도로 제시되지 않으며 운용성을 고려하여 최소화하도록 요구하고 있다. 함정 시운전 과정에서 실시하는 “EMI 측정시험”은 간섭의 정도 분류를 통해 평가가 진행되며 Table 2는 시운전 과정에서 판단하는 간섭현상을 분류한 것이다.

앞서 전자전 장비의 경우 상갑판 구역의 수신안테나가 전자기 간섭으로 인해 표적이 소실되는 현상이 나타남을 언급하였다. 본 연구에서는 전자기 간섭 정도를 소실된 표적의 수로 정량화하여 아래 Table 3에서처럼 간섭의 정도를 구분하였다.

Table 2. EMI/EMC Design Criteria

The Number of Lost Target	Degree of Interference
Little Interference	MILD
Partial Loss	MEDIUM
Total Loss	SEVERE

Table 3. EMI/EMC Design Criteria

The Number of Lost Target	Degree of Interference
Less than 20 %	MILD
20 ~ 60 %	MEDIUM
More than 60 %	SEVERE

### 2.2.2 OOO급 상륙함 EMI/EMC 간섭 현황

Fig. 3은 함정의 안테나 배치를 간략하게 나타낸 것이고, Fig. 4는 함정이 좌 선회할 때 MOSCOS-ES 간 전파 간섭에 따라 전자전 장비의 운용이 제한되는 방위를 나타냈다. 전파 간섭이 발생하는 방위를 분석하면 마스트로 인한 음영 구역을 중심으로 좌, 우측 방위에서 간섭현상으로 인해 전자전 장비의 운용이 제한되는 것을 확인하였으며, 해양 상태에 따라 간섭 방위의 범위가 달라지는 것을 확인하였다. 시험 진행 간 전자전 장비의 수신감도는 요구성능의 최대로 하여 진행하였으며 표적의 수신 상태를 기준으로 하여 표적의 수가 상당 부분 감소하는 구간을 MOSCOS-ES 안테나의 전파 간섭 구간(SEVERE)으로 설정하였다. 이는 MOSCOS를 운용하지 않을 때 표적이 정상적으로 수신됨을 확인함에 따라 MOSCOS의 운용 여부에 따라 간섭현상이 발생함에 따라 두 장비 간 간섭이 주요인임을 확인할 수 있었다.

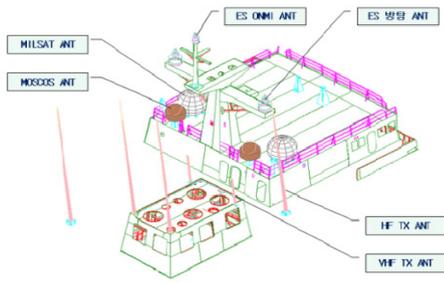


Fig. 3. Upper Deck Layout in Naval Ship

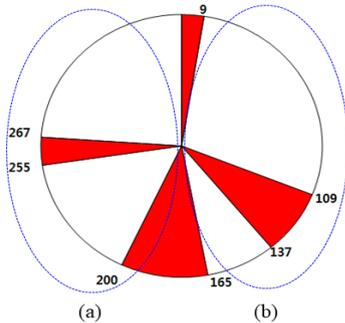


Fig. 4. Interference Interval at Naval Ship's Left Turn  
(a) PORT, (b) STBD

아래에 나타낸 Fig. 5는 함정이 좌·우 선회할 때, MOSCOS 체계에 의해 전자기 간섭이 발생하고, 이에 따라 전자전 체계에서 탐지하고 있는 실 표적의 변화를 확인한 것이다. 부산 근해에서 평균적으로 탐지되는 표적의 수는 150개로 설정할 수 있으며, 최대 표적 수를 기준으로 하여 간섭의 정도를 분류하였다. 이때, SEVERE 영역에 포함되어있는 방위에서 전자전 장비의 표적 손실이 일어나는 것을 확인할 수 있다.

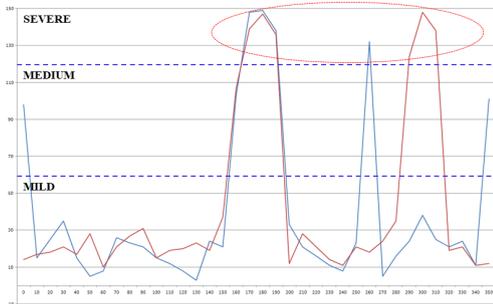


Fig. 5. Number of Target Loss of ES Equipment due to Electromagnetic Interference

아래 Fig. 6은 우현의 MOSCOS 안테나가 동작하고 있고 함정이 좌·우 선회할 때, 전자기 간섭이 일어나는

현상을 보여주고 있다. 붉은색으로 표기한 부분은 전자전 장비의 전자기 간섭에 따라 전자전 장비의 표적이 상당 부분 소실되는 방위를 나타낸다. 녹색으로 표기한 구역은 함 구조물에 따라 송신이 중단되는 구역으로 음영 구역을 회피한 후 MOSCOS 안테나는 재송신을 진행하게 설정되어있다. 결과를 보면 좌/우 선회 시 전자전 장비의 전자기 간섭 패턴에서 차이가 발생함을 확인할 수 있으며, 음영 구역의 방위와 함수 방위의 간섭구간이 좌우 선회 시 달라지는 것을 확인할 수 있다.

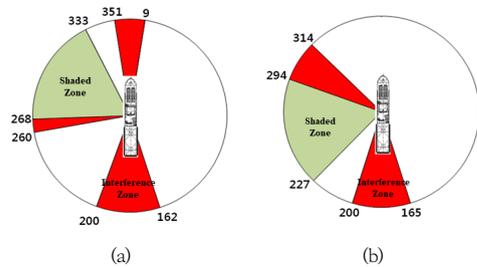


Fig. 6. Electromagnetic Interference Section during Naval Ship's Turning  
(a) Turn for Port side, (b) Turn to Starboard side

### 2.2.3 전자기 간섭 원인분석

항해 시운전 결과를 통해 MOSCOS-ES 장비 간의 전자기 간섭현상을 확인하였다. 위성 안테나의 경우 함의 기동과 상관없이 고정 위성을 지향하고 있는 특징을 가지고 있으며, 함정의 선수 방위가 변화함에 따라 MOSCOS 안테나는 전파 환경이 계속 변화하기 때문에 모든 방위에 대한 영향을 설계단계에서 해석을 통해 확인하기가 어렵다. 또한, MOSCOS 안테나 특성상 이중화 배치에 따라 안테나 절체가 이루어지는데 이를 통해 마스트에 의해 발생하는 음영 구역을 해소하며, 따라서 좌·우현의 안테나가 함의 기동에 따라 변경되게 된다. 아래 Fig. 7은 선회 시, MOSCOS 안테나에 의한 간섭 방위를 나타낸 그래프이다.

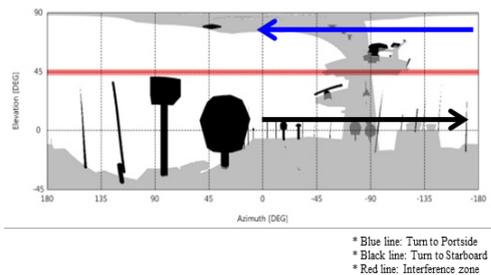


Fig. 7. Course of MOSCOS Antenna Main Beam

Fig. 8에서 나타난 바와 같이 안테나의 기동 방향에 따라 첫 번째 간섭구간에서는 MOSCOS 안테나의 주 빔이 마스트 구조물에 의해 전파 반사 현상이 일어난다. 두 번째 구간에서는 구조적인 음영 구역을 회피 후, 위성을 탐색하고 신호를 수신하여 추적 구간에 돌입하는 동안에 간섭이 발생하였다.

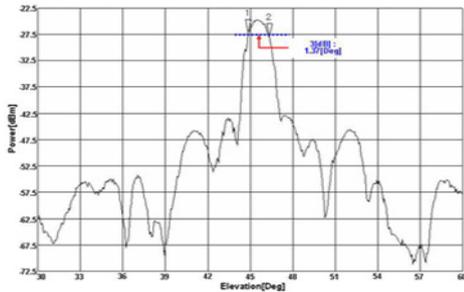


Fig. 8. Course of MOSCOS Antenna Main Beam

마지막으로, MOSCOS 안테나의 함수/함미 방향 지향에 따라 간섭구간이 발생하는데 Fig. 9와 같이 함수/함미 방향의 전자기 간섭구간은 좌우 대칭을 이루며, 주 위 구조물보다 안테나 부 빔의 영향으로 판단된다.

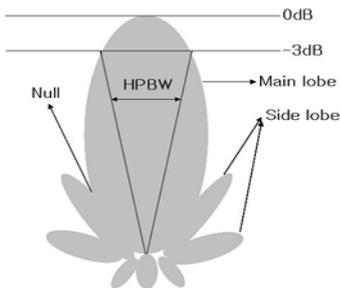


Fig. 9. Course of MOSCOS Antenna Main Beam

### 2.2.4 전자기 간섭 해소를 위한 개선사항 도출

전자전-MOSCOS 시스템의 주된 전자기 영향은 MOSCOS 안테나의 고각 59°~60°, 방위각 90° 부근의 부 빔에 의한 영향으로 인해 발생하는 것을 확인하였으며, 시뮬레이션을 통해 최적화 배치 방안을 검토하였다. 전파 간섭 해소 방법은 MOSCOS 안테나의 송신 레벨을 줄여 방향탐지 안테나에 도달하는 신호의 세기가 요구성능의 최대치(-○○ dBm 이하)가 되도록 하여 간섭을 최소화하는 방안과 위 해석결과를 통해 마스트 구조물에 전파흡수체를 시공하여 반사 신호를 감쇄시키는 방법이

검토되었으며, 마지막으로 함정 구조물을 이용한 안테나 재배치를 통해 반사 경로를 제어하는 방법이 있다. 첫 번째 방안은 MOSCOS 송신출력을 낮춰야 하나 이는 MOSCOS의 통신성능 저하가 일어날 수 있으며, 두 번째 방안은 현재 함 건조 시 레이더 등 허상 제거를 위해 많이 사용되는 방법이나 비용적인 부분 고려하여 Ray Tracing 기법을 이용한 결과를 활용하여 안테나 최적 배치 방안을 제시하였다[4].

## 3. 최소화 방안 검증

### 3.1 개선방안 검증

#### 3.1.1 고각 변경에 따른 안테나 최적화

함정에 적용되는 MOSCOS 안테나는 파라볼릭 안테나로 지향성이 상당히 높은 특성을 가지며, 위성 통신용 안테나로 주로 사용된다. 아래 Fig. 10에서는 고각을 원인으로 하는 간섭을 해소하기 위해 고각 변경에 따라 E-field 세기의 변화를 확인하였다. 전자파 세기 측정에 활용한 장비는 아래 Fig. 11과 같으며, 장비에 대한 간단한 제원을 Table 4에 기술하였다.

Table 4. Specification of Broadband Field Meter.

Name	NBM-520
Field Type	E-Field
Measurement Range	0.1 ~ 9,999 V/m
Prove for Radar	EF5092 (300 kHz ~ 50 GHz)

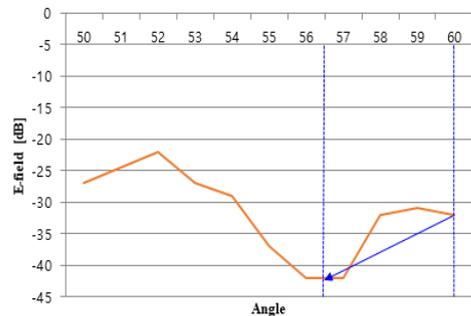


Fig. 10. E-field Strength with Modified Angle of MOSCOS Antenna



Fig. 11. Broadband Field Meter NBM-520

MOSCOS 안테나의 방사 패턴 측정 결과를 통해 MOSCOS 안테나의 고각이 56°~57° 사이에서 반사되는 신호 세기가 최소화되고 전자기 간섭의 영향을 줄일 수 있음을 확인할 수 있다. 이에 따라 Fig. 12에서와같이 MOSCOS 안테나가 마스트 빔과 이루는 각도가 60°에서 56°가 되도록 위치를 재배치하였다.

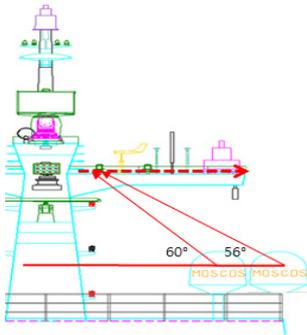


Fig. 12. Angle Change According to MOSCOS Antenna Movement

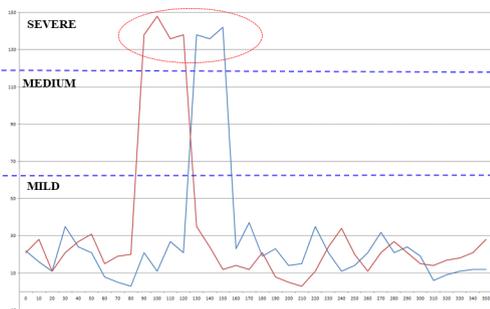


Fig. 13. Number of Target Loss of ES Equipment due to Electromagnetic Interference (Primary Improvement)

Fig. 13은 고각 변경에 따른 전자전 체계의 표적 소실 수를 나타낸 것이며, 안테나 재배치 후, 반사 신호 감소에 따라 간섭 방위가 기존대비 상당 부분 감소 되었음을 확인할 수 있다. 그러나 여전히 일부 구간에서 간섭현상이 발생하였으며, SEVERE 영역과 관련된 방위의 전파 간섭의 영향을 최소화하는 것이 필요하다. 개선 후의 간섭 현상이 발생하는 방위를 아래 Fig. 14에 나타냈다. MOSCOS 안테나 특성을 고려하여 상대적으로 낮은 고각을 고려하여 배치된다면 안테나 배치 시 전파 간섭을 최소화 할 수 있을것으로 판단된다.

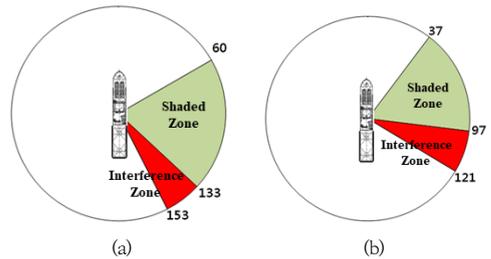


Fig. 14. Electromagnetic Interference Section during Naval Ship's Turning  
(a) Turn for Port side, (b) Turn to Starboard side

### 3.1.2 위치 변경에 따른 안테나 최적화

MOSCOS 안테나를 함수·함미 방향으로 이동 배치함에 따른 E-field 세기를 아래 Fig. 15에 나타냈다. 기존에 탑재된 MOSCOS 안테나의 탑재 위치를 기준으로 함수 방향으로 300 ~ 800 mm 이동하여 배치할 경우 E-field 세기가 상당 부분 줄어드는 것을 확인하였다. 이에 따라 Fig. 16과 같이 MOSCOC 안테나를 함수 방향으로 재배치하였다. Fig. 15에 따르면 함수 방향으로 600mm 이동 시, E-field 세기의 감소폭이 큰 것으로 나타나지만 함수 방향에 타 안테나의 배치로 인하여 이동이 제한되기 때문에 정비성을 고려하여 함수 방향으로 400mm 이동 배치하였다.

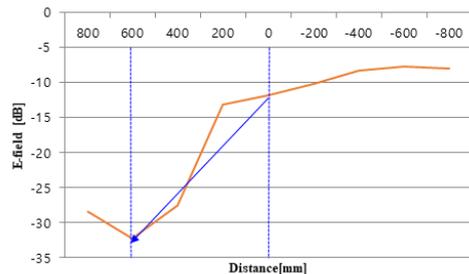


Fig. 15. E-field Strength with Modified Distance of MOSCOS Antenna

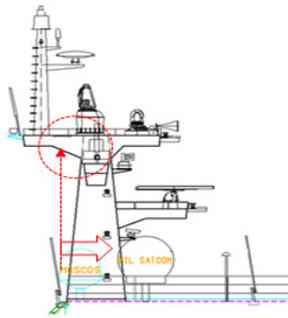


Fig. 16. Distance Change According to MOSCOS Antenna Movement

### 3.2 함정 EMI 시험평가

안테나 배치 최적화를 통해 MOSCOS 안테나를 재배치하고 MOSCOS-ES 간 간섭의 정도를 확인하기 위해 실선 시험을 수행하였으며, 좌우 선회 간 함정의 기울임을 최소화하기 위해 저속에서 함의 타각은 5°로 수행하였다. 안테나 재배치 후 좌우 선회 시 전자기 간섭에 따른 전자전 체계의 표적 소실 개수를 아래 Fig. 17에 나타냈다. 안테나 재배치 후, 모든 방위에서 MILD 영역으로 표시되어 간섭현상이 감소하였음을 확인하였다. 이는 간섭이 탐지되거나 희망하는 신호의 탐지 혹은 판독을 방해하지 않는 수준의 간섭이며, SEVERE 및 MEDIUM 영역에서와 같이 표적 소실은 발생하지 않는 것을 확인하였다.

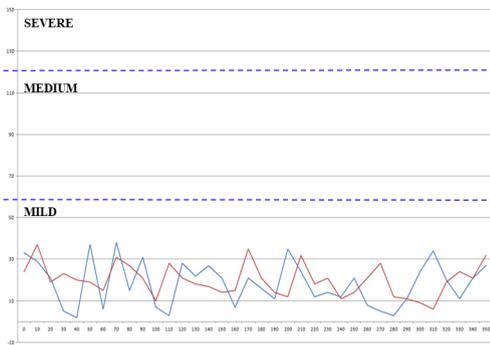


Fig. 17. Number of Target Loss of ES Equipment due to Electromagnetic Interference (Secondary Improvement)

Table 5는 안테나 배치 이후 EMI 평가를 수행한 결과이다. 평가결과 전자전 시스템의 표적이 급격하게 소실되는 경우가 식별되지 않았으며, 운용에 문제가 발생하지 않을 정도로 안테나 배치가 최적화되었다고 판단할 수 있었다.

Table 5. Results of EMI Test

azimuth (°)	Max. - min.		azimuth (°)	Max. - min.	
	PORT	STBD		PORT	STBD
0	33	24	180	16	21
10	29	37	190	11	14
20	21	19	200	35	12
30	5	23	210	24	32
40	2	20	220	12	18
50	37	19	230	14	21
60	6	15	240	12	11
70	38	31	250	21	14
80	15	27	260	8	21
90	31	21	270	5	28
100	7	10	280	3	12
110	3	28	290	11	11
120	28	21	300	24	9
130	22	18	310	34	6
140	27	17	320	20	19
150	21	14	330	11	24
160	7	15	340	21	21
170	21	35	350	27	32

### 4. 결론

전자전 장비의 전자기 간섭현상은 함정의 생존성과 밀접한 연관성을 가지는 성능으로, 최대 성능이 발휘될 수 있도록 최적의 체계통합 시스템을 구성하는 것이 필수적이다. 그러나 현실적으로 다량의 장비가 상부갑판 구역에 탑재되기 때문에 간섭현상을 완벽하게 해소하는 것은 상당히 어려운 과제이며 체계 통합을 주관하는 조선소의 전문성 또한 상대적으로 부족하다.

본 연구에서는 000급 상륙함 건조 과정에서 발생한 MOSCOS-ES 시스템의 전자파 간섭 문제를 해결하기 위해 MOSCOS 안테나의 빔 패턴을 분석하여 반사 경로를 확인하였고 반사 신호를 최소화하여 안테나를 배치하였다. 경로추적 기법 및 E-Field 해석을 활용하여 안테나의 최적배치를 분석하였다. 전자파 간섭 최소화를 위해 마스트 암을 이용하여 전자전 장비에 영향을 주는 반사 경로를 차단하는 방안을 제시하였으며, 실선 시운전을 통해 MOSCO-ES의 전자파 간섭현상이 해소되는 것을 확인하였다.

본 연구를 통해 직접파 뿐만 아니라, 반사파에 의한 2차적인 전자기 간섭현상의 문제를 해결하였으며 이를 통해 기본설계 단계에서 2차적인 문제를 고려한 설계가 가

능할 것이다. 하지만 해상 상태에서 안테나의 전파 환경은 지속적으로 변화하며 특히 위성 안테나와 같은 지향성 안테나는 더욱 많은 영향을 받을 것이므로 향후 해상 환경을 고려한 안테나 배치에 관한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

## References

- [1] H. S. Jang, Y. J. Son "A Study on Optimal Deployment for Improvement of EMI between MOSCOS and ES DF Antenna on a Surface Ship", *Journal of the KIMST*, Vol.20, No.2, pp.197-205, April 2017.  
DOI: <https://doi.org/10.9766/KIMST.2017.20.2.197>
- [2] J. H. Lee, J. H. Kwon, K. H. Song "Analysis of the Electric-field Characteristics of V/UHF Antenna Installed on a Shipboard", *Journal of the KIMST*, Vol.11, No.6, pp.74-80, Dec. 2008.
- [3] K. K. Park, *Acceleration of Electromagnetic Wave Scattering Analysis*, Doctoral thesis, POSTEC of Computer Science & Engineering, Pohang, Korea, pp.43-44, 2011.
- [4] S. W. Shin, *Study on the EMC/EMI Analysis of the Ship using a Ray-Tracing Method*, Master's thesis, POSTEC of Mechanical Engineering, Pohang, Korea, pp.4-30, 2004.

김 영 호(Yung-Ho Kim)

[정회원]



- 2015년 2월 : 동아대학교 기계공학 (공학사)
- 2017년 2월 : 동아대학교 기계공학 (공학석사)
- 2019년 1월 ~ 현재 : 국방기술품질원(DTaQ) 연구원

<관심분야>

소음, 진동, 추진체계, 내연기관, 환경, 국방

서 원 범(Won-Bum Seo)

[정회원]



- 2010년 2월 : 서경대학교 전자공학과 (공학사)
- 2012년 2월 : 한양대학교 전자컴퓨터통신공학과 (공학석사)
- 2012년 7월 ~ 현재 : 국방기술품질원(DTaQ) 선임연구원

<관심분야>

전파공학

김 규 민(Kyu-Min Kim)

[정회원]



- 2016년 8월 : 경북대학교 전자공학부 (공학사)
- 2019년 8월 : 대구경북과학기술원 정보통신융합전공 (공학석사)
- 2019년 8월 ~ 현재 : 국방기술품질원 연구원

<관심분야>

정보통신, 국방