

다중반사를 고려한 함정의 외부 탑재 장비 최적배치 연구

황준태* · 홍석윤** · 권현웅*** · 김종철**** · 송지훈*****

*, ** 서울대학교 조선해양공학과, *** 거제대학교 조선해양공학과, **** 국방과학연구소, ***** 전남대학교 조선해양공학전공

A Study on Stealth Design for Exterior Equipment Arrangement Considering the Multi-Bounce Effect

Joon-Tae Hwang* · Suk-Yoon Hong** · Hyun-Wung Kwon*** · Jong-Chul Kim**** · Jee-Hun Song*****

*, ** Department of Naval Architecture and Ocean Engineering, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea

*** Department of Naval Architecture and Ocean Engineering, Koje College, Geoje-si 656-701, Korea

**** Naval System R&D Institute, Agency for Defense Development, Changwon-si 645-600, Korea

***** Department of Naval Architecture and Ocean Engineering, Chonnam National University, Yeosu 550-749, Korea

요 약 : 함정 외부 탑재 장비의 복잡한 형상에 의해서 발생하는 다중반사는 경로를 예측하기 어렵고 높은 RCS(Radar Cross Section)의 원인이 된다. 따라서 함정의 외부 탑재 장비의 최적배치 설계가 RAS(Radar Absorbing Structure) 방법으로 고려되어야 한다. 본 논문에서는 함정 외부 탑재 장비에서 발생하는 다중반사와 RCS를 최소화하기 위하여 함정 외부 탑재 장비 최적배치를 수행하였다. 외부 탑재 장비 최적배치에 사용된 알고리즘은 순차적 내림차순 방법을 이용하였다. 함정 외부 탑재 장비 최적배치를 수행하기 위하여 LCS-2 type을 해석 모델로 선정하였다. 계산 비용을 줄이기 위해서 장비의 기여도 분석 및 다중반사 경로 분석 등을 통해 최적 배치를 수행할 장비를 선정하였고 최적배치를 통해 RCS가 최소가 되는 최적배치 위치를 도출하였다. 또한 RCS 변화에 따른 레이더의 탐지거리 변화율을 이용하여 RCS 감소효과를 분석 하였다.

핵심용어 : 레이더 반사면적, RAS 방법, 다중반사, 스텔스 기술, 장비 배치 설계

Abstract : Multiple reflections on exterior equipment with complex shape on naval ships cause unexpectedly high Radar Cross Section (RCS) distributions, and the directions of reradiated electromagnetic waves are hard to predict. Therefore, the optimum arrangement of exterior equipments should be considered according to the Radar Absorbing Structure (RAS) method. In this paper, the optimum arrangement for exterior equipments was determined to reduce multiple reflections and RCS even with complex shapes. The sequential descending arrangement method was used to establish an optimum arrangement algorithm. An LCS-2 type model was selected for optimum exterior equipment arrangements. In order to reduce computational cost, RCS distributions and multiple reflection path analysis of exterior equipments was carried out to select exterior equipments for optimum arrangement, and an optimum arrangement was determined to find positions with minimum RCS values. Also, the RCS reduction effect was analyzed using detectable radar range.

Key Words : Radar cross section, Radar Absorbing Structure (RAS) method, Multi-bounce, Stealth technology, Equipment arrangement

1. 서 론

함정의 스텔스 기술은 적의 레이더, 음향 탐지기, 적외선 탐지기 등의 모든 탐지 수단에 대항하는 은폐기술이다. 대표적인 탐지 시스템인 레이더는 표적에 의하여 반사된 전자파

가 되돌아오는 신호를 이용하여 표적에 관한 정보를 얻는데 이를 레이더 반사면적(RCS; Radar Cross Section)이라고 한다. RCS는 함정의 생존성에 직접적인 요소이고 스텔스 설계에 가장 중요한 설계 인자이므로 지속적인 연구와 기술력이 필요하다. RCS의 직접적인 감소방법으로는 스텔스 형상설계를 통해 RCS를 감소시키는 RAS(Radar Absorbing Structure) 방법이 있다. RAS 방법은 RCS 감소에 가장 효과적인 방법으로, 함정의 외부형상이 전자파의 입사방향으로 반사될 경우 스

* First Author : jth00@snu.ac.kr, 02-880-7331

† Corresponding Author : jhs@jnu.ac.kr, 061-659-7156

텔스 효과가 낮게 나타나므로, 입사방향 이외의 방향으로 반사가 발생할 수 있도록 설계한다(Kwon et al., 2014; Park, 2004; Suk, 2001). 최근에는 복잡한 상부의 안테나 형상을 단순화한 통합마스트 또는 AEM(Advanced Enclosed Mast) 등의 적용으로 안테나의 형상을 단순화시킴으로써 RCS를 감소시키고 있다(Kim et al., 2011). 외부형상 변경이 용이하지 않을 경우 레이더 신호를 흡수하는 특수 재질을 이용한 RCS 감소 기법인 RAM(Radar Absorbing Materials) 방법을 이용하여 RCS를 감소시킬 수 있다(Knott et al., 1993, Hwang et al., 2015). 하지만 일반적으로 전파 흡수체의 경우 비용 증가나 중량 증가 등으로 제한적 요소를 내재하고 있다. 따라서 표적의 기여도 분석 등을 통하여 부분적으로 사용되어야 한다.

함정의 상부구조물과 탑재 장비에 의하여 많은 다중반사가 발생하게 되는데 복잡한 형상의 함정 외부 탑재 장비에서 발생하는 다중반사는 경로를 예측하기 어렵고 높은 RCS의 원인이 된다. 하지만 함정 탑재 장비의 최적배치는 RAS 방법으로 고려되지 않고 있다. 따라서 함정 탑재 장비의 최적배치 설계가 RAS 방법으로 고려되어야 한다.

함정의 탑재 장비 최적배치에는 여러 가지 사항이 고려되어야 한다. 본 연구에서는 RCS 감소를 위해 함정 탑재 장비 최적배치 연구를 수행하였다. 함정 탑재 장비 최적배치를 수행하기 위하여 해외 첨단 함정인 LCS-2 type 모델을 이용하였다. 최적 배치 알고리즘으로는 순차적 내림차순 배치 방법(Sequential descending arrangement method)을 이용하였고 장비의 기여도 분석과 다중반사의 면적 및 경로 분석을 통하여 최적배치를 수행할 장비를 선정하였다. 또한 RCS 변화에 따른 탐지거리 변화율을 이용하여 함정의 탑재 장비 최적배치를 통해 감소된 RCS 감소효과를 분석하였다.

2. 이론

2.1 레이더 반사면적(RCS)

RCS는 레이더의 중요한 파라미터 중 하나로 레이더에서 송신된 전자파가 표적에 의하여 산란되어 되돌아오는 산란파와 송신된 전자파의 전력의 비로 정의되며 레이더에 의하여 탐지되는 정도를 나타내는 값으로 아래의 식과 같이 표현된다(Knott et al., 1993).

$$\sigma(RCS) \equiv \lim_{R \rightarrow \infty} 4\pi R^2 \frac{|\vec{E}_s|^2}{|\vec{E}_i|^2} = \lim_{R \rightarrow \infty} 4\pi R^2 \frac{|\vec{H}_s|^2}{|\vec{H}_i|^2} \quad (1)$$

여기서, R 은 레이더와 표적간의 거리, \vec{E}_s 와 \vec{E}_i 는 산란 전기장 벡터와 입사 전기장 벡터를, \vec{H}_s 와 \vec{H}_i 는 산란 자기장 벡

터와 입사 자기장 벡터를 나타낸다.

복잡한 형상을 가진 표적의 RCS 해석은 기하학적으로 단순한 형태를 갖는 여러 개의 요소로 나누어서 각각의 RCS를 해석한 후 이를 합하여 전체 RCS를 구하며 이는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\sqrt{\sigma} \quad (2)$$

여기서, $\sqrt{\sigma}_{element}$ 는 여러개로 나누어진 요소 각각의 RCS를 나타낸다.

2.2 RCS 대퓷값

RCS 해석에 적용할 대퓷값은 대상 위협 각도 범위 내에서 다음과 같이 정의할 수 있다. 함정 전 방위각에서 RCS의 산술평균한 RCS 값인 평균값(average value), RCS를 오름차순으로 정리했을 때 중간위치의 RCS 값인 중간값(median value), 그리고 RCS 값 중 최대 RCS 값인 최대값(maximum Value) 등으로 정의할 수 있다. 선택 기준에 따라 성능 평가에 다소 차이가 있을 수 있는데, RCS 측정 장비의 데이터 처리방법 및 레이더 표적 탐지원리를 고려한다면 평균값으로 적용하는 것이 합리적이다. 평균값의 의미는 평방미터로 정의된 RCS에서 평균을 취한 후 dBsm(Decibel per Square Meter)을 계산해야 한다. dB는 주로 선형치에서 동적 범위가 매우 클 때 효과적으로 나타내기 위한 방법이다. dBsm은 RCS $1m^2$ 을 기준으로 +와 - 값을 대칭적으로 표현한 단위로 다음의 식과 같이 log 함수를 사용한다.

$$RCS = 10\log_{10}(\sigma) \quad (3)$$

2.3 다중반사

복잡한 형상을 갖는 표적에서 여러 요소들 간의 상호반사에 의한 RCS를 고려하기 위해서는 다중반사를 고려해 주어야 한다. 다중반사를 고려해 주기 위하여 Fig. 1 (a)의 레이더 진행경로와 Fig. 1 (b)의 유효면적의 계산은 기하광학법(GO; Geometric Optics)을 이용하였고 최종 반사면에서는 물리광학법(PO, Physical Optics)을 이용하여 다중반사를 구현하였다.

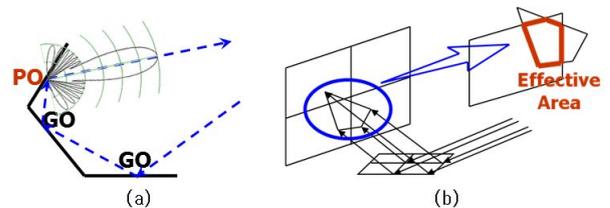


Fig. 1. Concept of multi-bounce : (a) Multi-bounce path, (b) Effective area.

2.3.1 기하광학법

기하광학법은 일종의 광선 추적(ray-tracing) 기법이다. 표적 위의 반사점에서의 반사파의 곡률 반경은 입사파의 곡률 반경과 표적의 곡률 반경의 함수로 표현할 수 있다. 표적위의 반사점에서의 곡률 반경을 알면 다음과 같은 간략한 형태로 RCS를 구할 수 있다(Knott et al., 1993).

$$\sigma = 10 \log_{10}(\pi a_1 a_2) \quad (4)$$

여기서, a_1 , a_2 는 반사점에서 표적의 주 곡률 반경이 된다. 식 (4)에서 볼 수 있듯이 기하광학은 곡률 반경만이 포함된 매우 간단한 식으로 결과가 나타나며 주파수에 대해서 독립적이라는 것을 알 수 있다. 하지만 평평한 표적의 경우 곡률 반경이 발산하게 되어 RCS를 추정할 수 없다는 단점을 가지고 있다.

2.3.2 물리광학법

기하광학이 갖는 단점, 즉 곡률이 한 쪽으로만 존재하는 경우나 평면인 경우에도 RCS를 예측 수 없다는 것을 극복할 수 있는 기법이 물리광학법이다. 물리광학법은 기본적으로 파장에 비해서 표적 표면이 매우 크고 평평하다라는 가정에서, 반사되는 장(field)은 표면의 장의 값을 적분함으로써 예측할 수 있다라는 이론이다.

이 이론은 Stratton-Chu 적분식으로부터 두 가지의 가정을 통해서 기하광학을 위한 식이 유도된다(Stratton, 1941). 우선 첫 번째는 원거리 근사법(farfield approximation)으로 표적에서 원거리의 관측점(observation point)까지의 거리 R 이 표적의 길이 차원보다 훨씬 크다는 가정이다. 이 가정과 더불어 접평면 근사(tangent plane approximation)을 추가로 가정하면 Stratton-Chu 적분식은 평판이나 실린더, 구 같은 수학적으로 표현되는 간단한 형상의 표적에 대해서 RCS 값을 구할 수 있다.

2.4 RCS 변화에 따른 탐지거리 변화율

레이다의 최대 탐지거리는 다음 식과 같이 나타낼 수 있다(Chang, 2012).

$$R_{\max} = \sqrt[4]{\frac{P_t G \sigma A_e}{(4\pi)^2 S_{\min}}} \quad (5)$$

여기서, P_t 는 송신 출력(watt), G 는 안테나 이득(ratio), σ 는 표적의 RCS(m^2), A_e 는 안테나의 유효 면적(m^2) 그리고 S_{\min} 은 수신기의 감도(watt) 이다. Fig. 2는 RCS 감소에 따른 탐지

거리 변화율을 나타낸다. 수식의 다른 파라미터는 동일하다고 가정하고 표적의 RCS(m^2)가 3 dB 감소하면 레이다의 탐지거리는 약 16% 감소하게 된다.

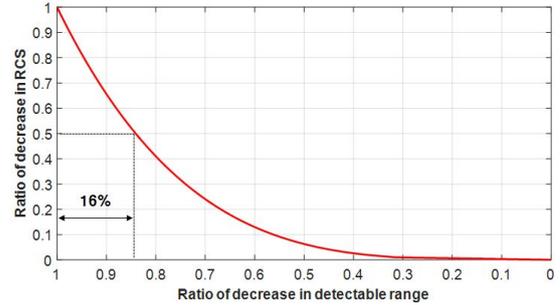


Fig. 2. Ratio of decrease in detectable range depending on RCS.

3. 함정 탐재 장비 최적배치 연구

함정의 탐재 장비와 상부구조물에 의하여 다중반사가 발생하게 되는데 장비의 복잡한 형상 때문에 다중반사의 경로를 예측하기 어렵고 높은 RCS의 원인이 된다. 따라서 함정 탐재 장비의 이동을 통해 다중반사를 줄이고 RCS를 최소화하기 위해서 함정 외부 탐재 장비의 최적배치 연구가 수행되어야 한다.

3.1 함정 외부 탐재 장비 최적배치 알고리즘

함정 탐재 장비의 최적배치는 유전 알고리즘을 이용하여 최적배치 위치를 도출할 수 있지만 많은 계산 비용이 소요되어 실효성이 떨어진다. 따라서 장비의 기여도 분석을 통하여 RCS 기여도가 높은 장비부터 순차적으로 배치하는 순차적 내림차순 배치 방법(Sequential descending arrangement method)을 이용하여 최적배치를 수행하였다.

함정 탐재 장비 최적배치 절차는 Fig. 3과 같고 탐재 장비의 기여도 분석 파트와 탐재 장비 최적배치 파트로 구분할 수 있다. 탐재 장비의 기여도 분석 파트는 탐재 장비를 선정하고 기여도 분석을 수행한다. 탐재 장비의 RCS 기여도 평균을 내림차순으로 정렬하고 RCS 기여도가 낮은 장비는 제외시킨다. 또한 다중반사의 유효면적과 경로 분석을 통해 장비 이동에 따른 다중반사의 유효면적과 경로의 변화가 크지 않은 장비를 제외시켜 최종 배치 장비를 설정한다. 탐재 장비의 최적배치 파트는 장비의 기여도 분석 파트에서 설정된 장비의 최적배치 영역을 설정하고 기여도가 높은 장비부터 순차적으로 장비배치를 수행하여 탐재 장비의 최적배치 위치를 도출한다.

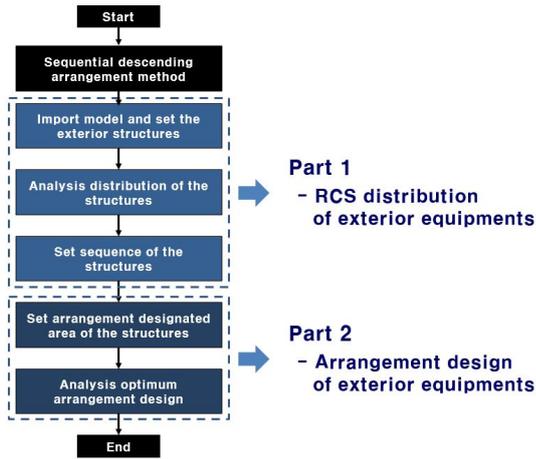


Fig. 3. Analysis procedure of exterior equipment arrangement.

3.2 탑재 장비 기여도 및 다중반사 분석

모든 탑재 장비에 대하여 최적배치를 수행하게 될 경우 많은 계산 비용이 소요된다. 따라서 장비의 RCS 기여도 분석과 다중반사의 유효면적 및 경로 분석을 통해 최적배치를 수행할 장비를 선정하였다. 함정 외부 탑재 장비 최적배치를 위하여 길이 127.4 m, 폭 31.6 m, 흘수 4.2 m의 LCS-2 type 모델을 선정하였고 외부에 노출된 탑재 장비는 Fig. 4와 같이 Front gun, Sensor, Radar, SeaRAM이다. 레이더의 주파수는 18 GHz, 거리는 20,000 m, 방위각 0도부터 180도 0.2도 간격, 고각 0도부터 10도 1도 간격으로 설정하였고 외부에 노출된 모든 탑재 장비 Front gun, Sensor, Radar, SeaRAM에 대하여 RCS 기여도 분석을 수행하였다.

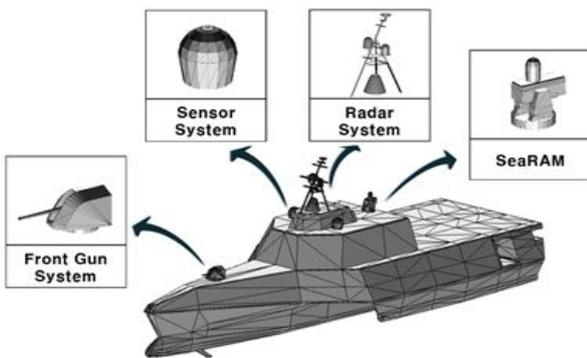


Fig. 4. LCS-2 type model and structures.

Fig. 5는 고각 0도, 4도, 8도, 10도에서 설정된 탑재장비 Front gun, Sensor, Radar, SeaRAM의 RCS 기여도 분석 결과를 나타내고, Table 1은 고각 0도부터 10도까지 1도 간격에 따른

탑재장비의 방위각 RCS 평균을 나타낸다. Fig. 5에 나타난 것처럼 모든 기여도 분석 결과에서 장비의 RCS 기여도가 높게 나타나는 것을 알 수 있고, Table 1에 나타난 것처럼 탑재 장비의 RCS 기여도 순위는 SeaRAM, Front gun, Radar, Sensor 순서이다. Fig. 5와 Table 1의 결과로부터 전체 방위각 및 고각에서 RCS 평균이 5 dB 내외로 기여도가 작은 Sensor는 최적배치에서 제외시켰다.

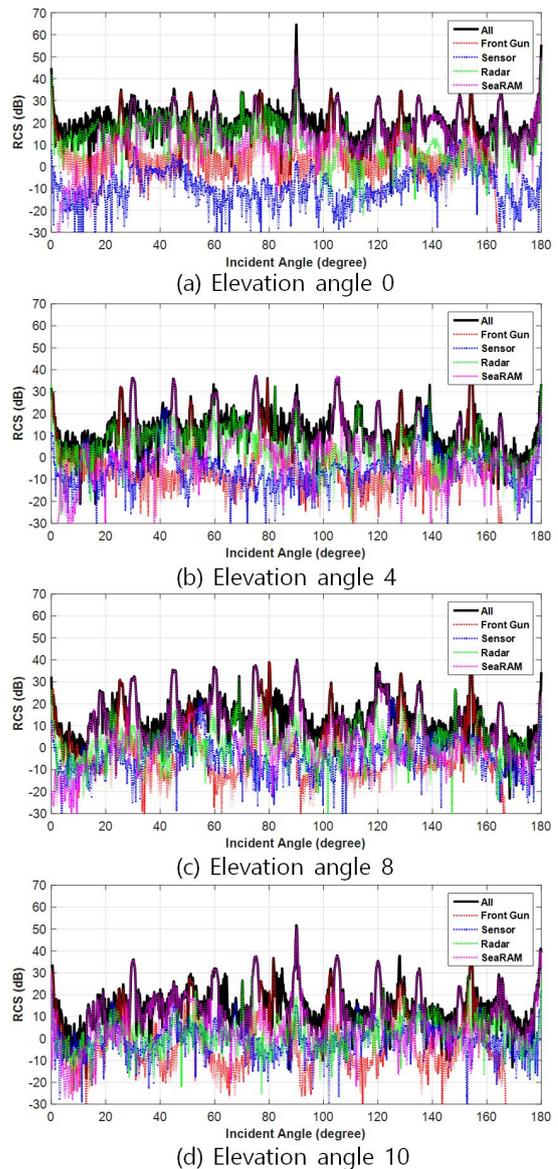


Fig. 5. RCS analysis results of LCS-2 type model and front-gun, Sensor, Radar, SeaRAM where the elevation angles are (a) 0°, (b) 4°, (c) 8°, (d) 10°.

Table 1. RCS mean values of the structures : Front Gun, Sensor, Radar, SeaRAM

Elv. (deg.)	LCS-2 RCS (dBsm)	Front Gun RCS (dBsm)	Sensor RCS (dBsm)	Radar RCS (dBsm)	SeaRAM RCS (dBsm)
0	25.47	19.32	-2.26	18.75	21.55
1	20.76	8.29	0.56	17.93	12.28
2	21.82	8.86	2.39	14.05	17.93
3	21.90	14.98	5.89	14.04	17.86
4	24.47	16.51	5.08	13.21	21.63
5	24.90	18.98	7.64	11.67	20.24
6	23.69	15.10	6.13	11.33	21.91
7	24.34	20.51	6.75	9.79	20.87
8	24.78	19.39	5.65	11.63	22.24
9	24.23	18.81	3.34	8.39	22.04
10	25.20	17.90	3.97	8.35	22.95
Mean value	24.10	17.55	4.84	13.95	20.85

장비의 다중반사 유효면적을 분석하기 위하여 Fig. 6과 같이 장비가 30×30 m 평판 위에 있을 때 방위각 0도에서 360도까지 1도 간격으로 다중반사 유효면적을 나타내었고 Table 2는 방위각 0도에서 360도까지 1도 간격의 RCS 평균을 나타낸다. Fig. 6 (a)의 Front gun은 장비의 앞뒤로 다중반사가 발생하지 않지만 측면에서 많은 다중반사가 발생하는 것을 볼 수 있고 Fig. 6 (b)의 Sensor는 유효면적이 매우 작게 발생하는 것을 볼 수 있다. Fig. 6 (c)의 Radar와 Fig. 6 (d)의 SeaRAM은 전체 방위각에서 다중반사가 발생하는 것을 알 수 있다. Table 2의 결과로부터 Radar는 Front gun과 SeaRAM과 비교하였을 때 다중반사의 기여도가 낮게 나타내는 것을 알 수 있다. Fig. 7은 다중반사가 발생하는 경로와 다중반사가 발생하는 유효면적을 나타낸다. Fig. 7의 빨간색 면이 유효면적을 나타내는데 Radar는 다른 상부구조물과 발생하는 다중반사 유효면적이 매우 작은 것을 확인 할 수 있고 장비 이동에 따른 다중반사 면적의 변화가 크지 않다는 것을 예측 할 수 있다.

장비의 기여도 분석, 다중반사 유효면적 및 경로 분석 결과인 Fig. 5, Fig. 6, Table 2 그리고 Fig. 7로부터 SeaRAM과 Front gun을 최적배치 장비로 선정하였고 Sensor와 Radar를 최적배치에서 제외시켰다.

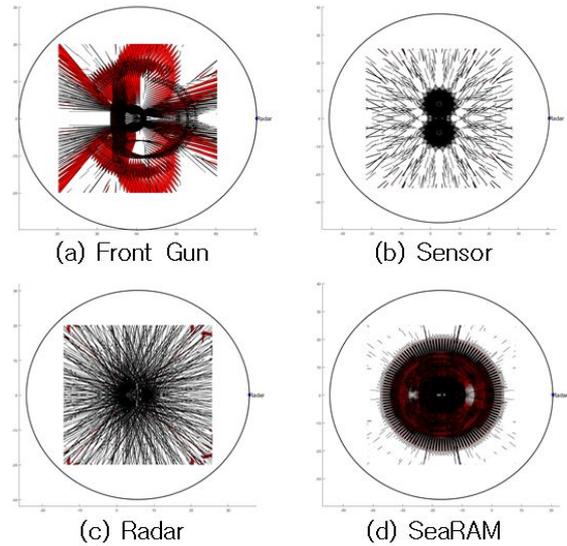


Fig. 6. Effective area of equipment with flat plate : (a) Front gun, (b) Sensor, (c)Radar, (d) SeaRAM.

Table 2. RCS mean values of the structures with flat plate: Front Gun, Sensor, Radar, SeaRAM

Front Gun RCS (dBsm)	Sensor RCS (dBsm)	Radar RCS (dBsm)	SeaRAM RCS (dBsm)
25.02	-11.05	15.23	39.27

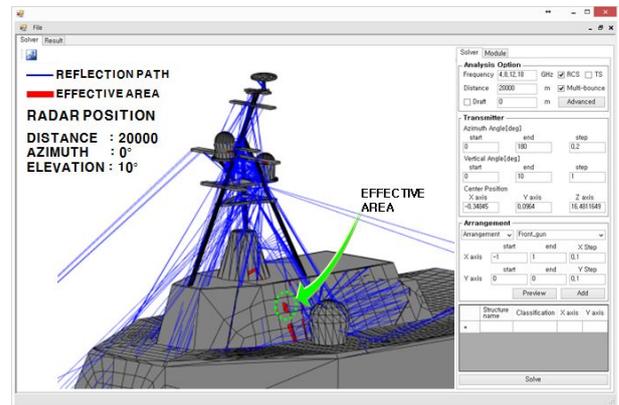


Fig. 7. Reflection path and effective area.

3.3 탑재 장비 최적배치

3.2 장에서 선정된 장비 SeaRAM과 Front gun에 대하여 순차적으로 최적배치를 수행하였다. 탑재 장비의 최적배치를 통해 모든 방위각과 고각에서 낮은 RCS를 유지해야하지만 장비의 복잡한 형상으로 다중반사의 경로와 크기를 예측하

다중반사를 고려한 함정의 외부 탑재 장비 최적배치 연구

기 어렵다. 따라서 본 논문에서는 레이더의 방위각 및 고각에서 다른 탑재 장비의 최적배치 위치를 도출하기 위하여 Fig. 8과 같이 방위각 0도부터 180도, 고각 0도부터 10도에서의 RCS 평균값을 이용하여 탑재 장비의 최적배치 위치를 도출하였다.

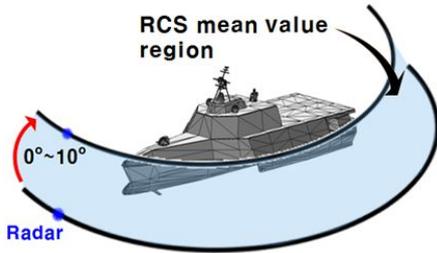


Fig. 8. RCS mean value region.

함정 탑재 장비의 최적배치 영역은 Fig. 6의 다중반사 유효면적 분석 결과와 내부 장비와의 연계성을 고려하여 최적배치 영역을 선정하였다. 장비 최적배치를 수행하기 위하여 장비의 이동 위치에 따라서 고각 0도부터 10도까지 1도 간격으로 11 case의 해석을 수행하였고, 총 432 case 해석을 통하여 SeaRAM과 Front gun의 최적배치 위치를 도출하였다. Fig. 9는 SeaRAM의 최적배치 결과를 나타낸다. Fig. 9에 나타난 것처럼 SeaRAM의 RCS 최적배치 위치는 x축으로 -0.7 m이다.

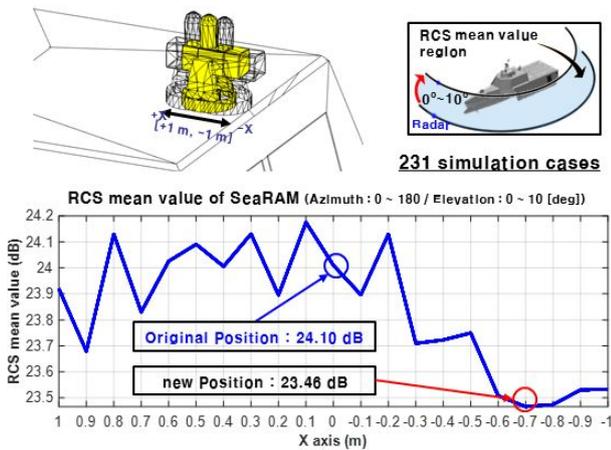


Fig. 9. Analysis of the sequential arrangement.

Fig. 10은 SeaRAM을 최적배치 위치인 -0.7 m에 고정시키고 Front gun에 대한 최적배치를 수행한 결과이다. Fig. 10에 나타난 것처럼 Front gun의 RCS 최적배치 위치는 x축으로 0.8 m이다.

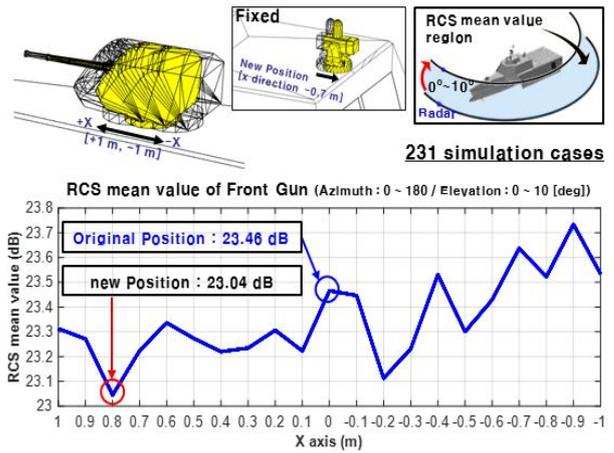
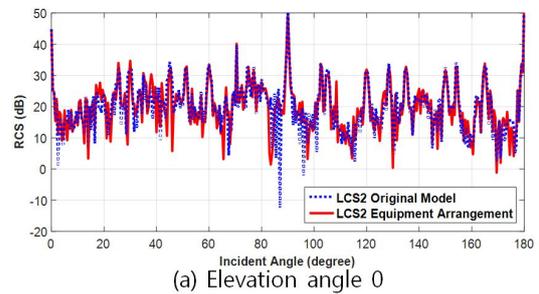
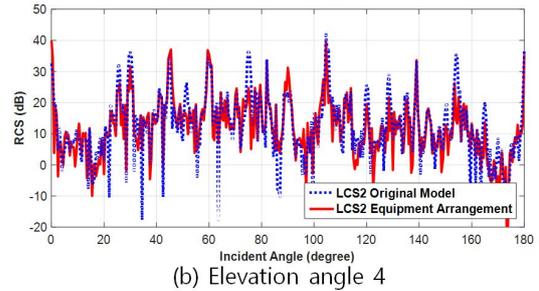


Fig. 10. Analysis of the sequential arrangement.

Fig. 11은 LCS-2 type 모델의 SeaRAM을 x축으로 -0.7 m, Front gun을 x축으로 0.8 m 이동하여 탑재 장비의 최적배치를 수행한 모델과 기존 모델을 레이더의 고각 0도, 4도, 8도, 10도의 결과이고 Table 3은 고각 0도부터 10도까지 1도 간격으로 탑재 장비의 최적배치 모델과 기존 모델의 방위각 RCS 평균과 RCS 변화에 따른 레이더 탐지거리 변화율을 나타낸다. Fig. 11에 나타난 것처럼 모든 고각에서 장비의 이동에 따라 peak가 이동하거나 감소하는 것을 볼 수 있다. Table 3의 결과로부터 최적배치를 수행한 결과 RCS 평균은 최대 2.28 dB 감소하고 레이더의 탐지거리는 최대 12.3% 감소하는 것을 알 수 있다.



(a) Elevation angle 0



(b) Elevation angle 4

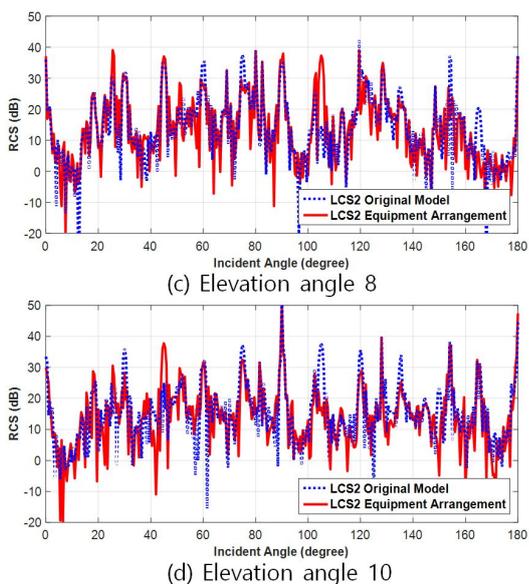


Fig. 11. RCS analysis results of LCS-2 type model and LCS-2 type equipment arrangement model where the elevation angles are (a) 0°, (b) 4°, (c) 8°, (d) 10°.

Table 3. RCS differences between LCS-2 type model, LCS-2 type equipment arrangement design model and ratio of decrease in detection range

Elv. (deg.)	LCS-2 RCS (dBsm)	LCS-2 RCS (dBsm)	Difference (dBsm)	Decrease in detection range (%)
0	25.47	24.95	-0.52	2.95
1	20.76	19.91	-0.85	4.78
2	21.82	20.97	-0.85	4.78
3	21.90	21.10	-0.80	4.50
4	24.47	22.19	-2.28	12.30
5	24.90	23.80	-1.10	6.14
6	23.69	22.65	-1.04	5.81
7	24.34	23.10	-1.24	6.89
8	24.78	24.93	0.15	-0.87
9	24.23	23.56	-0.67	3.78
10	25.20	23.42	-1.78	9.74

4. 결론

함정 탐재 장비 최적배치에는 여러 가지 사항이 고려되어야 한다. 본 논문에서는 함정 탐재 장비의 복잡한 형상에 의해서 발생하는 다중반사와 RCS를 최소화하기 위한 함정 탐

재 장비 최적배치 연구를 수행하였다. 모든 함정 탐재 장비에 대하여 최적배치를 수행할 경우 많은 계산이 요구되기 때문에 계산 비용을 줄이기 위해 장비의 RCS 기여도와 다중반사 면적 및 경로 분석을 통하여 최적배치를 수행할 장비를 선정하였고 RCS가 높은 장비부터 순차적으로 배치하는 순차적 내림차순 배치 방법(Sequential descending arrangement method)을 이용하여 최적배치를 수행하였다.

함정 탐재 장비 최적배치를 위하여 LCS-2 type 모델을 이용하여 Front gun, Sensor, Radar, SeaRAM 장비의 최적배치를 수행하였다. 장비의 기여도 분석과 다중반사 면적 및 경로 분석을 통해 SeaRAM과 Front gun을 최적배치를 수행할 장비로 선정하였다. 장비의 최적배치 결과 RCS peak가 이동하거나 감소한 것을 확인할 수 있다. 또한 RCS 평균은 최대 2.28 dB, 레이더의 탐지거리는 최대 12.3% 감소하였다. 위의 결과로부터 순차적 내림차순 배치 방법을 이용하여 함정 탐재 장비를 효과적으로 배치 할 수 있다는 것을 확인 하였고 함정의 형상 스텔스 설계 이후에 추가적인 RCS 감소 설계에 유용하게 사용될 수 있을 것으로 판단된다.

향후에는 탐재 장비의 모듈화 해석을 통해 장비 변화에 따른 RCS 특성분석 등의 추가 연구 수행이 요구된다.

후 기

본 연구는 차세대함정첨단함형 특화연구실, RIMSE(Reserch Institute of Marine Systems Engineering), NRF(Resarch Foundation of Korea)의 지원으로 수행되었습니다(2016R1D1A1A09918294, 2015R1D1A1A01060387).

References

- [1] Chang, Y. J.(2012), A Study on Minimizing Counter-Detection Probability of Warship based on RCS Simulation Method, MS. Dissertation, Kwangwoon Univ., 42-46
- [2] Hwang, J. T., S. Y. Hong, H. W. Kwon, J. C. Kim and J. H. Song(2015), 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.
- [3] Kim, S. K., G. T. Lee and I. S. Seo(2011), Design of AEM FFS-Radom for Array Antenna, The journal of Korea Electro-magnetic Engineering Society Vol.22 No.12, 1180-1183
- [4] Knott, E. F., J. F. Shaeffer and M. T. Tuley(1993), Radar Cross Section, 2nd Edition, Artech House, Boston-London,

pp. 183-224.

- [5] Kwon, H. W., S. Y. Hong, K. K. Lee, J. C. Lee, I. C. Na and J. H. Song(2014), Analysis of Radar Cross Section for Advanced Naval Vessels, Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety, Vol. 20, No. 5, pp. 593-600.
- [6] Park, T. Y.(2004), A study on RCS prediction code for battleship, MS. Dissertation, POSTECH, pp. 29-61.
- [7] Stratton, J. A.(1941), Electromagnetic Theory, McGraw-Hill, New York, pp. 464-470.
- [8] Suk, S. H.(2001), RCS Prediction of complex targets, MS. Dissertation, POSTECH, pp. 69-70.

Received : 2017. 09. 20.

Revised : 2017. 11. 21.

Accepted : 2017. 12. 28.