

대공방어성능에 대한 비용효과분석을 중심으로 한 함정생존성 확보방안 연구

최성린*, 박동기²
¹국방기술품질원, ²방위사업청

A Study on Securing Ship Survivability focused on a Cost and Effectiveness Analysis for Air Defense Performance

Sung-Lin Choi* and Dong-Ki Park²

¹Defense Agency for Technology and Quality

²Defense Acquisition Program Administration

요 약 수상 전투함의 개발과정에서 성능, 비용, 기간 등의 초과와 같은 위험요소를 방지하기 위해서는 요구성능을 조기에 설정하는 과정이 필요하다. 본 연구에서는 요구성능 설정의 기준자료로 활용할 수 있는 성능척도와 비용효과척도를 제안하였으며, 성능척도는 대함유도탄 방어 효과를 나타내었고, 비용효과척도는 비용과 성능의 비율로 구성하였다. 성능척도와 비용효과척도를 적용한 분석결과를 구하기 위해 RF기만기, RF재머, 근접방어무기체계, 요격용유도탄을 선택 탑재하는 16가지의 교전 시나리오를 작성하였다. 해군에서 운용하고 있는 NORAM 프로그램을 활용하여 교전을 모의분석한 결과, 함정의 생존확률은 0.605~0.975, 비용효과척도는 0.301~0.887로 분석되었으며, RF기만기, RF재머, 단거리요격용유도탄 등 3종류의 방어무기를 동시에 운용하는 경우가 가장 우수한 비용효과를 나타내고 있음을 알 수 있었다

Abstract It is crucial to set up early the required performance of surface ship for preventing the risk factors such as an excess of performance, cost and period in development stage. In this study, MOP and MOE are proposed to establish the method for deriving alternatives, MOP represents the defensive effect for anti ship missiles and MOE is the ratio of cost and performance. The 16 engagement scenarios which selectively install RF decoy, RF jammer, CIWS and anti air missile are suggested. The simulation results by using NORAM tool operated by ROK Navy show that the ship survivability is 0.605~0.975 and MOP is 0.301~0.887. The analyzed results represent the operating scenario with RF decoy, RF jammer and short range anti air missile is the best cost and effectiveness measure.

Key Words : Air Defense Performance, Cost and Effectiveness Analysis, NORAM, Ship Survivability, System Engineering

1. 서론

시스템을 효율적으로 설계하기 위해서는 합리적인 설계 절차를 정립하고, 절차에 적합한 방법론을 개발하여 적용하는 것이 필요하다. 특히, 최근에는 기술의 복잡도가 증가하고 체계확보 비용이 높아지는 등의 다양한 위

험요소가 체계에 막대한 영향을 미치게 되어 개념 구상 단계부터 체계확보 및 수명완료 시까지 체계공학적인 접근 방식을 적용한 통합적 사고를 통해 위험요소를 사전에 완화시킬 필요가 있다[1].

수상전투함은 군사장비 중에서도 대표적인 복합무기 체계로서, 확보예정 성능 및 비용 등을 사전에 분석하지

*Corresponding Author : Sung-Lin Choi(Defense Agency for Technology and Quality)

Tel: +82-10-6392-4698 email: baune58@naver.com

Received January 7, 2014

Revised (1st February 7, 2014, 2nd February 14, 2014)

Accepted May 8, 2014

않으면 함정 확보에 필요한 비용과 기간의 과도한 초과 및 기술적 달성 미흡 등의 이유로 함정 확보사업에 치명적인 오류가 발생하게 되어 심한 경우는 사업 실패에 이르기도 한다[2].

본 연구는 이러한 위험요소를 사전에 차단하기 위해 설계자와 소요군이 초기 설계단계부터 운용개념과 요구 성능수준을 적절히 설정할 수 있도록 함으로써, 개발과정에서 발생할 수 있는 시행오차를 사전에 방지하여 성공적인 함정 확보에 기여하고자 한다.

설계자가 최적 요구성능을 설정하기 위한 대안들을 마련하는 대표적인 기법으로는 계층분석법[3,4,5]과 확률적 방법론[6,7,8]이 있으며, 본 연구에서는 체계공학 절차에서 권고하고 있는 성능적도판별식에 확률적 방법을 적용하였고, 대공방어 측면에서의 여러 대안별 비교분석을 위한 교전 시나리오를 설정하였다. 대함 유도탄에 대한 수상전투함의 생존성 확률을 구할 수 있는 판별식을 활용하여 설계자 및 소요군은 대안 선택에 대한 신뢰감을 가질 수 있게 되었다.

함정의 생존성 수준을 구하기 위해 해군에서 개발하여 운용중인 NORAM(Naval Operations & Resources Analysis Model)을 활용하여 모의분석하였으며, 교전 시나리오별 생존성 수준과 소요 비용을 예측함으로써 설계대안을 구할 수 있는 참고자료로 활용할 수 있도록 하였다.

2. 체계공학 프로세스

급속한 기술의 진보, 체계의 복잡도 증가, 네트워크를 활용한 체계 통합으로 비용대효과가 우수한 체계 확보가 필요하다는 언급이 1990년대부터 있었다는 것을 보면[9,10], 요즘과 같이 복잡 시스템이 다양하게 개발되고 운용되는 상황에서는 성능-비용-기술의 최적화는 설계자가 반드시 고려하여야 하는 요소이다 [1,4,11,12].

초기단계부터 함정을 체계적으로 설계하기 위해 임무 설정부터 임무효과분석까지 체계공학에서 제안하는 절차에 준하는 함정 생존성분석 절차는 Table 1과 같이 설명할 수 있다[9].

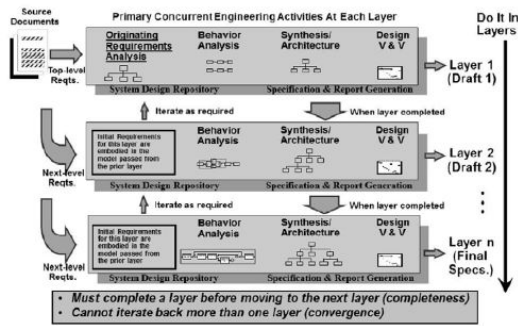
[Table 1] AAW Mission Analysis Procedure[9]

no	Analysis Method
1	Mission requirements are set. (ex: the number of to be used for defense)
2	Ship Sizes and types are selected to carry out the mission.
3	The ship characteristics are determined by using ship design and cost programs.
4	The ship signature and survivability are determined by related programs.
5	The threat types and levels are established.
6	The mission effectiveness is computed using a mission model.
7	The results are analyzed and comparisons with baseline cases are made.
8	Conclusions are drawn. A more detailed analysis is carried out as needed.

Hockberger[10]는 설계절차란 효율적인 전체라는 개념을 달성하기 위해 설계항목들을 상호 반복적으로 절충하면서 가장 훌륭한 대안을 찾아가는 비선형적 과정이라고 언급하였고, 미국의 DOD 2000에서는 요구사항분석, 기능분석 및 할당, 통합 아키텍처 설계, 입증 등의 4단계로 구분하여 체계공학 설계절차를 규정하고 있다[2].

북대서양조약기구(NATO)에서는 함정 전체적인 관점(Total Ship System Engineering; TSSE)에서 신기술을 적용하거나 신장비를 개발할 경우에 비용효과를 평가할 수 있는 체계공학절차를 수립하였다[1]. 북대서양조약기구에서 적용하고 있는 절차는 이해관계자 요구사항 정의(Stakeholder requirement definition), 요구사항 분석(Requirement analysis), 통합 아키텍처 설계(Synthesis Architectural design), 입증(Verification), 검증(Validation)의 5가지 절차로 구성된다.

ISO/IEC(International Organization for Standardization/International Electrotechnical Commission)15288에서는 전수명주기차원에서 11단계의 절차를 정의하였으며, 개념탐색단계에서는 이해관계자 요구사항 정의부터 아키텍처 설계까지의 3단계로 나누었고, 입증과 검증 등의 단계는 시스템 구현 후 성능확인용하는 절차로 구분하여 서술하였다[13].



[Fig. 1] Model-based Systems Engineering(MBSE)[12]

버지니아공대의 Dennis는 설계절차로서 모델기반시스템공학(MBSE) 활용을 권고하였고[14], Kerns는 개념탐색단계설계에서 TSSE차원의 운용효과분석을 위해 통합효과분석(Overall Measure of Effectiveness; OMOE)을 실시하면서 전문가 의견에 의한 쌍대비교방식 대신에 Fig. 1과 같이 작전효과모델 기반의 효과분석 프로세스를 제안하였다.

본 논문에서는 체계공학절차에서 제안하고 있는 방법을 준용하여 3가지 종류의 함정급에 대공방어 임무를 부여하고 다양한 방어무기체계를 탑재한 경우, 생존확률과 무기체계확보비용으로 비용효과를 분석하고자 하며, 효과분석지수(MOE; Measure of Effectiveness)는 다음과 같이 정의한다.

$$MOE = \frac{\text{대함 유도탄 방어율(생존확률)}}{\text{방어체계 확보비용}}$$

3. 생존성 해석 모델 설정

3.1 생존성 방정식

함정의 생존성은 임무 수행 기간에 인간이 조성한 적대적인 환경을 피하거나 환경에서 견딜 수 있는 능력을 나타내는 것으로 피격성, 취약성, 회복성으로 구분하여 생각할 수 있다

피격성은 위협무기에 의해 명중되는 확률로서 적대적인 환경을 조성하는 적의 센서에 의한 탐지, 무기의 명중 및 무기의 파괴효과를 피하지 못하는 상황을 표현하며 [15], 취약성은 폭탄, 유도탄, 어뢰, 기뢰 등의 무기에 피격된 경우에 함정이 침몰 또는 임무를 수행할 수 없게 되는 조건부 확률이며, 대부분의 경우 침몰까지는 아니다

라도 임무를 수행할 수 없는 경우를 고려하며[16], 본 논문에서도 함정의 생존성(S_A)은 임무수행불능확률로 정의한다.

회복성은 무기에 의해 손상을 받았을 때 정상적인 임무로 얼마나 잘(복구 시간 및 복구 성능 수준 측면에서) 복구할 수 있는 지를 나타낸다[17]. 임무불능확률은 피격성과 취약성의 곱하기 형태를 취하게 되며, 대함유도탄 공격 시에 함정의 임무생존성확률은 다음과 같이 표현할 수 있다[7].

$$S_A = 1 - (P_{hit})(P_{kill|hit}) = (1 - P_{kill})$$

여기서, P_{hit} 피격확률

$P_{kill|hit}$ 피격 후 임무불능확률

적으로부터 발사된 유도탄 중 아함을 향해 공격해 들어오는 유도탄의 개수를 M 이라 하고, 아함의 방어망을 뚫고 들어오는 침투확률을 Q , 함정을 임무불능상태로 만들기 위한 유도탄 피격발수를 N_A 라 하면 함정의 생존확률은 $S_A = 1 - (MQ/N_A)$ 로 표현할 수 있다. 여기서 $N_A = C(D/H_K)^{1/2}$ 로 표시할 수 있으며, C 는 2차대전에서 손상된 함정의 데이터를 종합하여 얻은 보정계수, D 는 함정의 톤수, H_K 는 파운드로 환산한 공격 유도탄의 탄두무게이다. 피격 후에도 전력을 잘 유지할 수 있도록 하기 위해 보다 성능 좋은 장비를 설치하거나 이중화를 하는 등의 강인한 설계를 고려하면 위 식은 다시 $S_A = 1 - (MQ/N_A H)$ 로 표시할 수 있으며, H 는 강인한 설계의 정도를 표시하는 계수이다[6,18,19].

함정이 유도탄을 방어하기 위해서는 스텔스, 소프트 킬, 하드 킬, 타 함정에서의 에스코드 등의 방식을 적용하는데, 각각의 방어망이 실패하여 공격 유도탄이 방어망을 뚫고 침투할 확률을 차례대로 Q_{st} , Q_{sk} , Q_{hk} , Q_{ec} 라 하면 위 식은 다시 $S_A = 1 - (MQ_{st}Q_{sk}Q_{hk}Q_{ec}/N_A H)$ 로 표시할 수 있다[18].

3.2 임무불능확률 유도

생존성 방정식에서 정의한 방어 수단 중에서 본 논문에서는 소프트 킬과 하드 킬 방어무기를 적용한 경우의 생존성확률을 고려하고자 한다. 소프트 킬 방어장비로는 RF(Radio Frequency)기반기, RF재머 등을 고려하고, 하드 킬 장비로는 근접방어무기체계, 유도탄 요격용 단거

리 유도탄(이하 단거리요격용유도탄), 유도탄 요격용 중거리 유도탄(이하 중거리요격용유도탄), 유도탄 요격용 장거리 유도탄(이하 장거리요격용유도탄)을 고려한다.

적 유도탄이 아함의 소프트 킬 장비를 무력화시킬 확률(이하 소프트 킬 침투확률)인 Q_{sk} 와, 하드 킬 장비를 무력화시킬 확률(이하 하드 킬 침투확률)인 Q_{hk} 는 다음과 같이 표현될 수 있다[7].

$$Q_{sk} = [\prod_i (1 - P_i)]$$

여기서 i 는 복수개의 소프트 킬 시스템

$$Q_{hk} = [\prod_j (1 - P_j)]$$

여기서 j 는 복수개의 하드 킬 시스템

3.3 비용 추정

함정의 임무 수행에 필요한 비용분석을 위해 선체 및 탑재장비 비용은 계약자료, 해외 견적자료 등을 반영하였고[19,20,21], 확보시기가 서로 다른 경우에는 2000년~2010년의 평균 물가상승률인 3.1%(통계청 통계정보 기준), 환율은 1,060원/\$, 1,451원/EUR(2013년 12월 23일 기준)로 해서 2013년 기준으로 환산하였다.

또한 본 연구에서 고려하고 있는 전투함과 유사한 임무를 수행하는 미해군 알레이버크급 구축함의 경우, 전투성능 중에서 대공전 0.131, 대함전 0.138, 대잠전 0.142, 지휘통제 0.079, 화력지원 0.061 등으로 가중치를 두고 효과분석을 실시하는 것으로 조사되었으며[4], 본 논문에서는 대공방어에 대한 생존성분석을 실시하고자 하므로, 대공방어임무를 담당하는 탑재장비는 확보비용을 그대로 반영하고, 선체와 전투체계는 성분작전 중에서 대공전에 할당된 비율인 $(0.131/(0.131+0.138+0.142+0.079+0.061))=0.238$ 만큼의 가중치를 비용에 고려하여 분석할 수 있도록 하였다.

4. 모델 기능 및 시뮬레이션 과정

4.1 생존성 모델

적 유도탄 공격 시의 생존성분석을 위해 함정은 3천톤급, 5천톤급, 8천톤급의 3종류로 선정하였고, 유도탄방어를 위한 장비구성은 대공센서를 포함한 전투체계, RF기만기, RF재머, 근접방어무기체계, 단거리요격용유도탄, 중거리요격용유도탄, 장거리요격용유도탄을 함정의 구

모에 맞게 선택적으로 탑재한 경우를 고려하였으며, 탑재장비의 성능은 고성능과 중성능의 두 가지로 구분하여 엑소세 유도탄의 공격에 대한 함정의 생존확률을 분석하였다.

함정의 생존확률을 구하기 위해 NORAM을 활용하여 모의분석을 하였으며, NORAM은 전구급 성분작전 및 소소자원분석을 위하여 해군에서 개발하여 운용중인 분석프로그램으로서, 작전 및 무기체계 등의 효과분석이 가능하고, 모의분석을 위해 레이더, 소나 등의 탐지식별 장비와 유도탄, 함포 등의 무장을 선별적으로 동원하여 성능을 분석할 수 있는 능력을 보유하고 있다.

NORAM에서 분석된 함정 생존 확률의 타당성을 확인하기 위해, Calvano와 Roy가 아래 Table 2와 같이 제시한 스틱스, 엑소세 등의 대함유도탄 명중확률과 NORAM에서 방어장비를 전혀 탑재하지 않은 경우에 구한 함정의 생존확률을 비교한 결과, 두 경우에서 유사한 경향을 보이는 것을 확인하였다.

[Table 2] Kill Probability of ASCM [8,23]

ASCM	Styx	Exocet	Silk Worm	Kitchen	Ship-wreck	Sand-b ox	Sun-burn
Kill Probability	0.65	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8

*ASCM : Anti Ship Cruise Missile

4.2 생존성 시뮬레이션

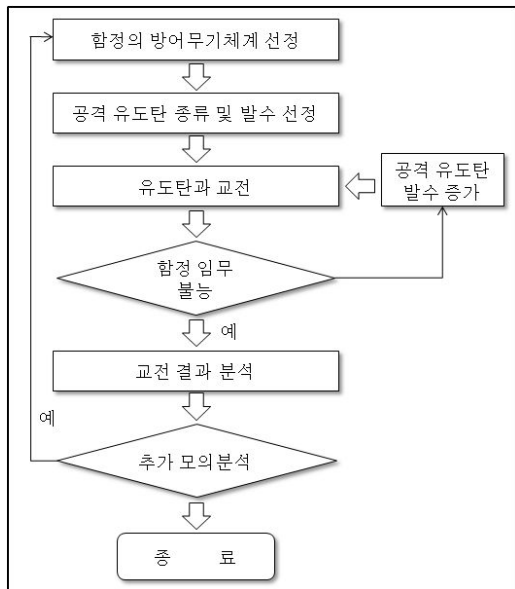
함정 생존확률을 구하기 위한 MOP 설계에서, MOP1의 경우는 전투체계 및 대공센서, RF기만기, RF재머는 Medium급을 탑재하고 그 외의 장비는 미탑재인 상태에서, MOP9의 경우는 전투체계 및 근접방어무기체계는 Medium급을, RF기만기, RF재머, 단거리요격용유도탄은 High급을 탑재하고, 중거리 및 장거리요격용유도탄은 미탑재한 상태에서 엑소세 유도탄의 공격에 대한 함정 생존확률을 구하는 것으로 설계하였다.

공격 유도탄을 탐지 •추적하는 대공센서와 교전 테이터를 산출하고 무장에 명령을 전달하는 전투체계는 유도탄과의 교전에 기본적으로 소요되는 항목이므로 전투체계와 대공센서는 한 묶음으로 구성하였으며, Table 3은 방어체계를 다르게 선택하여 구성한 성능척도를 Fig. 2는 함정의 방어체계와 엑소세 유도탄 간의 교전 모의결과를 보여주고 있다.

[Table 3] MOP designed for alternative defensive weaposs

MOP no	A	B	C	D	E	F	G
MOP1	M	M	M	X	X	X	X
MOP2	M	M	M	H	X	X	X
MOP3	M	H	M	X	X	X	X
MOP4	M	H	M	H	X	X	X
MOP5	M	H	H	H	X	H	X
MOP6	M	H	H	X	X	X	X
MOP7	M	H	H	H	X	X	X
MOP8	M	H	H	X	H	X	X
MOP9	M	H	H	M	H	X	X
MOP10	M	H	H	M	H	X	M
MOP11	H	H	H	X	X	X	X
MOP12	H	H	H	H	X	X	X
MOP13	H	H	H	M	H	X	X
MOP14	H	H	H	H	H	X	X
MOP15	H	H	H	M	H	X	H
MOP16	H	H	H	H	H	X	H

A : Fire Control System, B : RF Decoy
 C : RF Jammer, D : Close-in Weapon System
 E : Short Range SAAM, F : Medium Range SAAM
 G : Long Range SAAM
 SAAM : Surface to Air Anti Missile
 M/H/X : Medium/High Class/Not installed
 MOP1~5/6~10/11~16 : 3,000/5,000/8,000 ton class ship



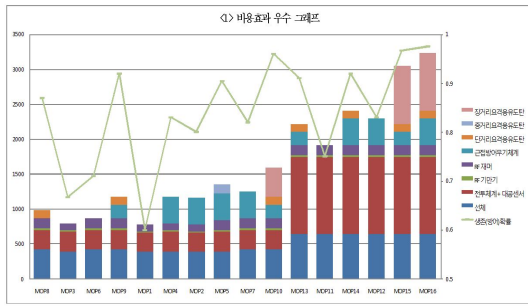
[Fig. 2] Engagement Simulation Process

5. 모의분석 및 비용효과분석 결과

엑소세 유도탄의 공격에 대한 함정 생존확률 분석결과, Table 4와 같이 RF기만기와 RF재머 등 2가지만을 탑재하여 방어하는 경우는 모두 80% 이하의 생존확률을 보였고, RF기만기와 RF재머 외에 근접방어무기체계 또는 단거리요격용유도탄을 추가하여 탑재한 경우는 80% 이상의 생존확률을 보이고 있다. 또한 RF기만기, RF재머, 근접방어무기체계 외에 단거리 또는 중거리요격용유도탄을 추가 탑재한 경우는 90% 이상의 생존확률을, 장거리요격용유도탄을 추가 운용하는 경우는 95% 이상의 생존확률을 나타내고 있으므로, 본 연구결과는 특정 유도탄 위협에 대한 함정 생존확률을 얼마로 설계할 지에 따라 방어 무기체계를 선정할 수 있는 참고자료로 활용할 수 있다. 비용효과척도는 $MOE = \frac{\text{생존확률}}{\text{비용(십억원)}} \times 100$ 으로 계산하여 0~1의 값이 되도록 하여 비용효과를 정량적으로 쉽게 알 수 있도록 하였다.

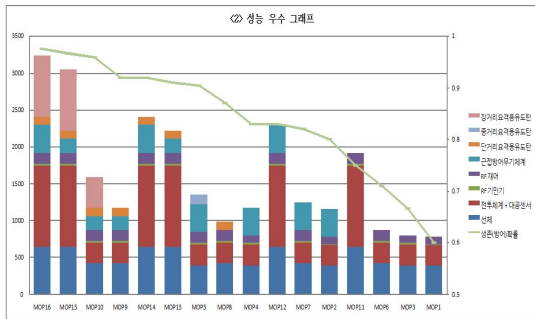
[Table 4] Ship Survival Probability and MOE

MOP no	Survival Probability	Cost (billion won)	MOE (relative)	Rank
MOP1	0.605	77.4	0.782	5
MOP2	0.810	115.4	0.702	7
MOP3	0.667	79.4	0.840	2
MOP4	0.830	117.4	0.707	6
MOP5	0.905	135	0.670	8
MOP6	0.710	86.8	0.818	3
MOP7	0.820	124.8	0.657	9
MOP8	0.870	98.1	0.887	1
MOP9	0.920	117.1	0.786	4
MOP10	0.960	158.7	0.605	10
MOP11	0.750	191.2	0.392	12
MOP12	0.830	229.2	0.362	14
MOP13	0.910	221.5	0.411	11
MOP14	0.920	240.5	0.383	13
MOP15	0.967	304.6	0.317	15
MOP16	0.975	323.6	0.301	16



* Bar Graph : Total Cost
Broken Line Graph : Survival Probability

[Fig. 3] Best Cost/Effectiveness Configurations



* Bar Graph : Total Cost
Broken Line Graph : Survival Probability

[Fig. 4] Maximum Survivability Configurations

Fig. 3은 비용효과척도가 우수한 순서로, Fig. 4는 성능척도가 우수한 순서로 배열한 경우이며, 가로축은 비용효과척도를, 세로축의 왼쪽은 획득비용, 세로축의 오른쪽은 생존확률을 나타내고 있다. 또한 막대그래프에서는 선체, 전투체계, RF기만기 등, 각 전투요소들의 비용을 적층으로 표시하여 전체비용을 나타내고 있으며, 꺾은선 그래프는 생존확률을 표시하고 있다.

그래프에서 분석된 바와 같이 RF기만기, RF재머, 단거리요격용유도탄을 모두 High급으로 탑재한 MOP8에서 비용효과가 가장 우수하였으며, MOP3와 MOP6의 경우는 순위가 각각 2위와 3위이나, 66.7%, 71% 수준의 생존확률을 실제 설계에 적용하기는 곤란하다. 설계대안 검토 시 생존확률을 85%로 둘 경우는 MOP8 등 8개의 대안이, 90%로 둘 경우는 MOP9 등 7개의 대안이, 95%로 둘 경우는 MOP10 등 3개의 대안이 검토될 수 있다. 특히, MOP15와 MOP16의 경우, 생존확률은 가장 우수하였으나 전투체계와 장거리요격용유도탄의 비용이 상대

적으로 과다하여 다른 대안에 비해 비용효과가 많이 저하되는 것을 알 수 있다. 그러나 MOP15나 16의 교전 성능을 보유하는 8,000톤급의 함정은 기함의 임무를 수행하거나, 또는 기동전단 전체의 방어망 구축을 위한 중추세력으로 운용하므로 자함만의 대공방어성능 이외의 부가적인 효과에 대한 분석을 추가할 필요가 있다.

또한, 3,000톤급의 함정에서는 1개의 경우, 5,000톤급의 함정에서는 2개의 경우, 8,000톤급의 함정에서는 4개의 경우에서 생존확률이 90% 이상으로 나타나고 있고, 함정의 톤수가 클수록 성능이 좋은 방어 무기체계를 탑재할 수 있기 때문에 분석된다. 함정설계 초기단계부터 생존확률을 비롯한 작전성능 등에 대한 사전분석을 실시하면, 임무, 예산 및 확보기간에 적절한 함정의 확보가 가능하게 되며, 개념연구, 탐색개발, 체계개발 등의 획득 절차 간에 발생할 수 있는 요구성능의 변경 등과 같은 여러 가지 변화 요인에 대한 합리적인 대응방안 강구도 용이해진다.

6. 결론

북대서양조약기구, 미국방성 및 ISO 등에서 운용하고 있는 체계공학절차의 성능척도판별식을 적용하여 여러 대안분석을 위한 16가지의 대공방어 교전 시나리오를 설정하였다. 교전 시나리오는 대함 유도탄의 공격에 함정이 노출되는 경우, 기만기, 근접방어무기체계, 유도탄요격용유도탄 등의 다층 방어 체계를 선택적으로 활용하여 나타나는 생존성의 수준을 비교 분석하였다.

해군에서 개발하여 운용중인 NORAM을 활용하여 모의분석한 대공방어성능 확보 수준과 그에 따른 요구 비용을 산출함으로써 성능과 비용을 함께 고려한 설계대안을 선택할 수 있음을 알 수 있었다.

한편, 8,000톤급의 함정의 경우인 MOP15와 MOP16에서는 생존확률은 가장 우수하였으나 전투체계와 장거리요격용유도탄의 비용이 과다하여 비용효과가 상대적으로 저하됨을 알 수 있다. 그러나 성능이 우수한 전투체계와 장거리요격용유도탄을 운용하는 8,000톤급의 함정은 기함이나 기동전단의 방어망 구축 중추세력으로 운용하므로 이와 같은 추가적인 효과를 정량적으로 처리할 수 있는 연구가 필요함을 알 수 있었다.

함정 획득의 초기단계인 개념설계부터 생존확률을 비

롯한 작전성능 등에 대한 효과분석을 수행하면, 임무, 성능, 예산 및 확보기간 등의 사업추진요소들을 상호 절충 내지는 최적화한 함정의 확보가 가능하며, 획득 절차를 진행하면서 무기체계를 변경하는 등의 변화 요인 발생 시 합리적인 대안 수립이 용이해질 수 있다.

본 연구에서는 대공방어성능 분석을 위해 소프트 킬, 하드 킬 체계만을 고려하였으며, 스텔스기술 또는 공동 작전 중인 아군 함정으로부터의 에스코트 효과를 추가 하면, 보다 정확한 대공방어효과 분석이 가능할 것으로 판단한다. 또한 대공방어성능 외에 대함, 대잠, 대기뢰 전 등의 전반적인 작전성능에 대한 분석이 필요하고, 전문가들의 경험에 의한 분석기법인 계층분석법에 의한 결과와 본 연구에서 다룬 확률론적 방법을 서로 비교 해석하면 보다 좋은 연구결과를 기대할 수 있을 것으로 생각한다.

References

- [1] Robin Brouwer, "A Framework for System Engineering in Ship Design from a NATO Specialist Team Perspective", 2008
- [2] Department of Defense, "System Engineering Fundamentals", Dec. 2000
- [3] Brown, A. J. and Juan Salsedo, "Multiple-Objective Optimization in Naval Ship Design", ASNE 2002
- [4] Justin Stepanchick and Brown, A. J., "Revisiting DDGX/DDG-51 Concept Exploration", Naval Engineering Journal, Vol. 119, No. 3, pp. 67-88, 2007
DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1559-3584.2007.00069.x>
- [5] Brown, A. J., "Multiple-Objective Optimization in Naval Ship Concept Design", Marine Systems and Technology 2010 Conference, Nov. 2010
- [6] Schulte J. C., "An Analysis of the Historical Effectiveness of Antiship Cruise missiles in Littoral Warfare", Naval Postgraduate School 1994
- [7] Ball R. E., "The Fundamentals of Aircraft Combat Survivability Analysis and Design", AIAA education series], 2003
- [8] Roy M. Smith, "Using Kill-Chain Analysis to Develop Surface Ship CONOPS to Defend against Anti-Ship Cruise Missiles", Naval Postgraduate School 2010
- [9] Dean, A. Rains, "A System Engineering Approach to Surface Combatant Design Issues", Naval Engineers Journal, pp. 228~239, May 1990
- [10] Hockberger William A., "Total Ship Design in a Supersystem Framework", Naval Engineers Journal May 1996
DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1559-3584.1996.tb01558.x>
- [11] John C. Hootman and Cliff Whitcomb, "A Military Effectiveness Analysis and Decision Making Framework for Naval Ship Design and Acquisition", Naval Engineers Journal Summer 2005
DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1559-3584.2005.tb00360.x>
- [12] Corey Kerns, Alan Brown and David Woodward, "Application of a DoDAF Total-Ship System Architecture in Building a Design Reference Mission for Assessing Naval Ship Operation Effectiveness", ASNE Global Deterrence and Defense Symposium Sep. 2011
- [13] ISO/IEC, System Engineering System Life Cycle Processes", ISO/IEC15288, 2002
- [14] Buede, Dennis, "A Primer for Model-Based System Engineering", Vitech Corporation, Feb. 2011
- [15] Ball R. E. and Calvino C. N., "Establishing the Fundamentals of a Surface Ship Survivability Design Discipline", Naval Engineers Journal, pp. 71-74, January 1994
DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1559-3584.1994.tb02798.x>
- [16] Steven Loke Yew Kok, "Naval Survivability and Susceptibility Reduction Study", Naval Postgraduate School 2012
- [17] "Survivability Policy and Standards for Surface Ships and Craft of US Navy", OPNAVINST 9070.1A Sep. 2012
- [18] Ronald S. Bush and Arthur E. Cimiluca, "Tradeoff Analysis Model for Arsenal Ship Survivability and Sustainability", Naval Postgraduate School 1996
- [19] Capt. Wayne P. Hughes Jr. USN(Ret.), "Fleet Tactics and Coastal Combat", 2nd edition USN Institute 2000
- [20] The Naval Institute Guide to World Naval Weapons System 1997-1998
- [21] FMS: Australia Requests 2009 AEGIS Combat System Components
- [22] Modern Day Military Pricing List-Nation Creation Wiki
- [23] Calvano, C. N., Berner J. M., Bradley J. K., Torsiello K. A., Hooker D. T., Merrill C. F., "Large Capacity Missile Carrier(CMX)", Naval Postgraduate School 1993.

최 성 린(Sung-Lin Choi)

[정회원]



- 1982년 2월 : 단국대학교 기계공학(공학사)
- 1990년 8월 : 부산대학교 기계공학(공학석사)
- 2002년 8월 : 부산대학교 기계공학(공학박사)
- 1982년 1월 ~ 2006년 1월 : 국방과학연구소 근무

- 2006년 2월 ~ 2011년 12월 : 국방기술품질원 기술기획본부 기반체계연구부장
- 2012년 1월 ~ 2014년 1월 : 방위사업청 합정사업기술팀 과장 근무
- 2014년 2월 ~ 현재 : 국방기술품질원 감사실 책임연구원 재직 중

<관심분야>

합정통합생존성, 비용효과분석, 체계공학

박 동 기(Dong-Ki Park)

[정회원]



- 1985년 3월 : 해군사관학교 졸업(학사)
- 1989년 2월 : 서울대학교 조선공학과 졸업(공학사)
- 1996년 7월 : Florida Institute of Technology 조선해양공학과 졸업(공학석사)
- 2014년 2월 : 고려대학교 기술경영전문대학원 국방기술경영학과 재학(공학박사과정)

- 1985년 4월 ~ 2011년 5월 : 국방부, 해군본부, 방위사업청 근무
- 2011년 6월 ~ 2014년 1월 : 방위사업청 합정사업기술팀장
- 2014년 1월 ~ 현재 : 방위사업청 시설사업팀장

<관심분야>

합정설계, 합정사업관리, 기술관리, 합정통합생존성, 합정특수성능 기술, 시험평가