



## DEVS 시뮬레이션을 사용한 능동기만기의 대함미사일에 대한 효과적인 대응시간 검증

### Effective Response Time Verify of Active Decoy Against Anti-Ship Missile Using DEVS Simulation

최순호 · 조대호<sup>†</sup>  
Soon-Ho Choi and Tae-Ho Cho<sup>†</sup>

성균관대학교 정보통신대학  
College of Information and Communication Engineering Sungkyunkwan University

#### 요약

해상에서 운용되는 함정은 다양한 위협에 둘러싸여 있는데 그중에서도 가장 위협적인 것은 다양한 환경과 플랫폼에서 발사가 가능한 대함미사일이다. 대함미사일은 함정의 레이더나 전자전 장비에 대하여 회피 기능까지 보유하고 있어 함정에 치명적인 피해를 줄 수 있다. 대함미사일에 의한 함정에 직접적인 피해를 줄이는 능동기만기는 대함미사일이 함정 대신 기만기를 추적하도록 유인하여 함정의 생존성을 높이는 장비로써 대함미사일 방어에 효과적인 방법이다. 본 논문에서 제안 기법은 해상 환경에서 함정의 능동기만기를 사용하여 대함미사일에 대응하기 위해 시뮬레이션 방법론인 DEVS (Discrete Event System Specification)를 적용하여 능동기만기의 효과적인 운용 시간을 검증한다. 이를 위해 함정, 대함미사일, 그리고 능동기만기를 각각 모델링하고 정의된 모델을 결합하여 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션 수행을 통해 도출된 결과는 수동형 기만기, 채공 고정형 기만기, 그리고 이동형 능동기만기 중에서 이동형 능동기만기의 운용 시간 우수성을 검증했고, 대함미사일로부터 함정 방어를 위한 이동형 능동기만기의 운용 시간에 따른 방어구역을 추정하였다.

**키워드** : 함정, 대함미사일, 능동기만기, 위협거리, DEVS

#### Abstract

Abroad warships are confronted with various menaces. The most critical threat of the warship is an Anti-Ship Missile (ASM). The ASM is able to be launched at a variety of environments and platforms. The ASM can evades conventional naval radar systems and electronic countermeasure techniques for providing a fatal damage to the warship. To cope with the ASM, an active decoy is an effective method to minimize the direct damage to the warship. The active decoy increases survivability of the warship because the ASM can lure pursuit of the active decoy instead of the warship. In this paper, our proposed method verifies an available response time of the active decoy to deal with the ASM using the active decoy of the warship in marine environments. We defined models of the warship, the ASM, and the active decoy, and executed simulation by combining the models. By the simulation result, the proposed method demonstrated the superiority of the mobile active decoy of the response time decoy among various active decoys, and estimated a protection area to prevent the ASM according the response time of the mobile active decoy against the ASM.

**Key Words** : Ship, Anti-Ship Missile(ASM), Active decoy, Kill distance, DEVS

Received: Aug. 3, 2015  
Revised : Aug. 25, 2015  
Accepted: Sep. 15, 2015  
<sup>†</sup>Corresponding author  
thcho@skku.edu

이 논문은 2015년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (No. NRF-2013R1A2A2A01013971)  
This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## 1. 서론

다양한 플랫폼과 환경에서 운용이 가능한 대함미사일은 함정에 치명적인 위협 중 하나로 간주되고 있으므로 대함미사일의 발전에 대응하여 함정의 방어체계 역시 발전하고 있다[1]. 이 중에서 대표적인 수동기만 방식인 채프(Chaff)는 대함미사일의 탐지 및 추적을 피하기 위해 대기 중으로 살포하는 작은 금속조각이나 유리섬유로 이루어져 있다[2][3]. 그리고 능동기만기의 초기 형태는 본 논문에서 다루고 있는 이동형 능동기만기와 유사한 원리로 동작하지만 낙하산을 이용하여 체공하므로 자력에 의한 기동 능력이 없다. 이러한 낙하산 형태의 능동기만기는 발사 위치에서 고정되어 운용된다.

현대식 함정에는 대함미사일을 직접 파괴하는 방식과 기만기 등을 이용하여 미사일을 무력화시키는 방식을 함께 운용하고 있지만 대함미사일의 표적 식별 능력이 향상됨에 따라 대함미사일에 대한 기만 효과가 감소하였다. 따라서 대함미사일 유인기만 방식인 이동형이라는 더욱 진보된 개념과 함께 기존의 대함미사일뿐만 아니라 미래의 대함미사일 대응이 가능한 능동형 기만기의 필요성이 증가하였다[4][5][6][7]. 현재 이동형 능동기만기는 오스트리아와 미국에서 공동 개발한 NULKA가 유일하며 국내에서 운용된 적이 없으므로 향후 개발을 위해서는 요구사항 정립이 절실히 필요하다. 이와 같은 이유로 본 논문에서의 제안 기법은 DEVS 시뮬레이션 방법론을 적용하여 이동형 능동기만기 개발을 위한 가장 중요한 요구사항 중 하나인 이동형 능동기만기의 대함미사일 대응시간을 검증한다. 그리고 채프 고정형 기만기와 비교하여 이동형 능동기만기의 대응시간 우수성과 방어구역을 추정한다. 대함미사일의 공격에 대한 능동기만기의 효과적인 요구시간이 확인될 경우 해당 방어구역 설정 및 추진체나 신호발생기 동작 시간 등의 능동기만기 하부 구성품에 대한 주요 규격 도출이 가능하다.

본 논문에서는 2장에서 동작 형태에 따른 기만 방식의 종류에 대하여 나열하고 3장에서 대함미사일과 함정에 대해 간략하게 기술하고 4장에서 능동기만기의 운용방식과 동작 원리를 설명한다. 그리고 5장에서 제안 기법에 적용한 DEVS에 대해 기술하고 6장에서 시뮬레이션 조건과 방법을 설명한 후에 7장에서는 시뮬레이션 결과를, 8장에서는 결론 및 향후 연구로 논문을 맺는다.

## 2. 기만 방식 관련 연구

대함미사일의 RF 시커 신호를 기만하는 기만방식은 신호 생성 여부에 따라 수동과 능동방식으로 구분한다. 자체적으로 신호를 생성하여 송신이 가능할 경우는 능동 기만방식, 그렇지 않을 경우는 수동 기만방식으로 구분한다. 대표적인 수동기만방식은 채프가 있고 능동 기만방식은 채프 고정형과 이동형이 존재한다.

채프는 가장 간단하고 오래된 기만방식으로 원래는 금속 호일 조각이었지만 현재는 그림 1-(a)와 같이 금속으로 코팅된 유전체 섬유로 구성되어 작은 공간에 수십억 개가 저장된다. 채프는 공중에 발사된 후 넓게 위치하여 레이더 신호를 반사하는 데 시간이 지남에 따라 반사도가 줄어들고 바람 방향에 따라서 크기가 확장되며 퍼져가고 형태도 변형되므로 기만효과가 감소한다. 또한, MTI (Moving Target Indication) 방식을 사용하는 레이더의 경우 공기 중에 부유하고 있는 채프는 기상 클러터와 같이 인식되어 채프로부터 반사된 신호가 레이더에서 제거되므로 기만 효과가 감소한다[2][3][8].

채프 고정형 능동기만기의 대표적인 모델은 그림 1-(b)과 같이 미국 BAE사에서 개발한 사이렌(Siren)이 있다. 이는 함정에서 발사되어 공중에서 낙하산이 펼쳐진 후 하강하면서 대함미

사일 RF 신호를 기만한다. 사이렌의 유인기만 원리는 이동형 능동기만기와 매우 유사하지만 사이렌의 반응시간(Reaction Time)이 약 7초로 비교적 긴 시간이 요구되고 고정 위치에서 대함미사일을 유인해야만 한다. 이러한 이유로 이동형 능동기만기보다 함정과 대함미사일 사이의 안전거리 확보에 상대적으로 많은 시간이 요구된다. 또한, 낙하산으로 유지되므로 시간이 지날수록 기만기의 고도가 하강함에 따라 효과적인 고도 유지에 대한 제어도 쉽지가 않아 이동형 능동기만기에 비해 대함미사일 기만효과가 감소한다.

자력으로 이동되지 않고 공중에 정지 비행(Hovering)한 상태로 존재하는 채프나 사이렌에 비해 이동형 능동기만기는 추진체를 포함하고 있어 비행고도, 속도, 방향 제어가 모두 가능하므로 함정 진행 방향을 고려한 대함미사일 유인기만 비행으로 상대적으로 짧은 시간에 위협거리를 벗어날 수가 있다. 또한, 바람의 영향이 적으므로 운용시간 내 지속적이고 효율적으로 대함미사일을 유인할 수 있다. 따라서 이동형 능동기만기는 채프나 사이렌보다 함정의 생존성을 더 높일 수 있다.



(a) 채프 (b) 사이렌

그림 1. (a) 수동기만 방식 (b) 채프 고정형 기만방식

Fig. 1. (a) Passive deception type (b) Hovering decoy type

## 3. 대함미사일에 의한 위협과 함정의 대응

본 장은 대함미사일의 위협과 이를 위해 함정에서의 대응 방법에 대해 알아본다.

### 3.1. 대함미사일의 위협

대함미사일은 지상, 공중, 해상, 수중 등 발사 가능 위치뿐만 아니라 발사 가능한 플랫폼도 다양하다. 또한, 대함미사일은 함정 레이더나 전자전 장비의 탐지 및 추적을 피하기 위한 시스키밍(Sea skimming), 팝업(Pop-up), 지그재그(Zig-zag) 기동 등 다양한 회피 기동 능력도 보유하고 있어 함정의 대함미사일 방어가 쉽지 않다[9][10][11].



그림 2. 대함미사일 공격절차

Fig. 2. Attack procedure of ASM

대함미사일은 그림 2와 같이 일반적으로 4단계의 공격절차로 표적에 접근하여 타격한다. 표적획득(Target Acquisition) 단계

에서 발사 플랫폼에 의해 표적이 획득되고 표적 추적(Target Tracking) 단계에서 획득된 데이터를 다양한 방식으로 대함 미사일에 전달한다. 중간유도(Midcourse Guidance) 단계에서는 미사일이 발사된 후 자동 비행을 한다. 마지막 종단 유도(Terminal Guidance) 단계에서 대함미사일의 시커를 동작시켜 표적을 락온(Lock-on) 후 타격한다[12].

### 3.2. 함정의 대응

함정에는 EW (Electronic Warfare) 장비와 레이더 등의 센서, 미사일이나 발칸 등과 같은 무기 및 함정을 제어하는 통제장비 등이 있으며 전투체계가 이를 통합하여 관리 한다[1].

전투체계에서는 함정에 가해지는 대함미사일을 인지할 경우 크게 2가지 방법으로 대응한다. 첫 번째는 대함미사일에 직접 타격을 가하여 손상을 입히거나 동작 불능 상태로 만들어 함정을 보호하는 방법이고 두 번째 방법은 대함미사일을 기만함으로써 대함미사일이 부여받은 임무를 방해하는 방식이다. 능동기만기는 두 번째 대응 방식에 해당한다.

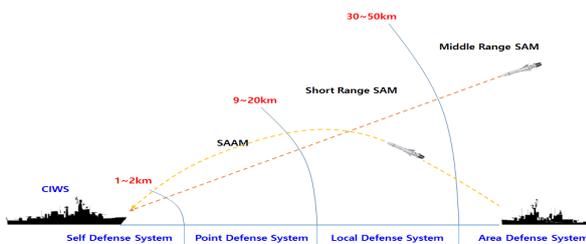


그림 3. 방어구역에 따른 함정의 미사일 방어개념  
Fig. 3. Missile defense concept of ship according to defense area.

그림 3과 같이 함정은 방어구역을 설정하여 함정을 위협하는 미사일에 대한 대응 방법을 달리하고 있다[13]. 또한, 함정에서 위협을 인지한 후 대응하는 절차는 그림 4와 같이 센서를 통하여 탐지하고 탐지된 결과를 처리하여 대응 방법을 결정하고 대응에 나서게 된다[14].

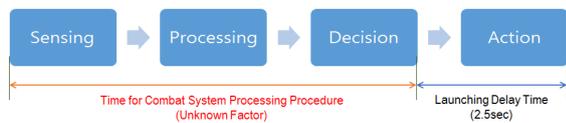


그림 4. 함정 전투체계 전투수행 개념도  
Fig. 4. Operating concept of naval combat system

## 4. 이동형 능동기만기 운용

함정은 대함미사일의 공격을 탐지 후 능동기만기를 최적의 시기에 기만 효과가 최대인 방향으로 발사한다. 능동기만기는 함정으로부터 발사 전 대함미사일의 정보를 획득하고 발사 후 대함미사일의 기만을 수행한다[12].

능동기만기는 그림 5와 같이 대함미사일 시커의 RF 신호에 대하여 함정의 레이더 유효 반사면적(Radar Cross Section; RCS)보다 더 큰 신호를 대함미사일에 송신함으로써 대함미사일이 능동기만기를 함정으로 오인하고 함정 대신 능동기만기를 추적한다. 함정은 대함미사일의 공격영역을 벗어나기 위한 시간을 확보하게 되어 생존성이 높아진다[4][15]. 또한, 이동형 능동기만기는 비행고도, 속도, 방향 제어가 가능하므로 운용의 효율성을 극대화할 수 있다.



그림 5. 체공 이동형 능동기만기 운용 개념  
Fig. 5. Operation concept of mobile active decoy

능동기만기는 그림 6과 같이 대함미사일 시커 RF 신호를 반사하는 리피터(Repeater) 원리로 동작하기 때문에 이론적으로는 대함미사일 시커의 RF 신호종류에 대한 제한이 비교적 적으며 능동기만기의 송/수신 안테나 빔 폭 및 증폭기의 주파수 범위에 존재하는 다수의 대함미사일에 동시 대응이 가능하다[16].

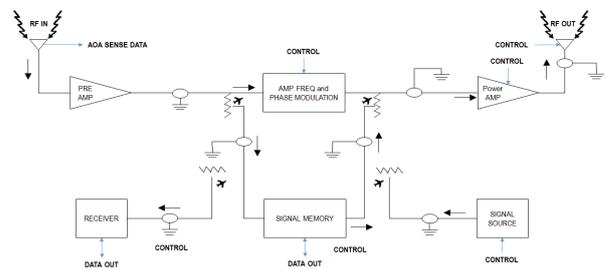


그림 6. 대표적인 리피터 구조  
Fig. 6. Typical repeater diagram

## 5. DEVS를 적용한 제안 기법

제안 기법은 Zeigler에 의해 제안된 DEVS를 통해 시스템의 구조와 동역학적인 표현을 하며 기존의 동역학적 방법론과 AI (Artificial Intelligence)의 기호적 방법론을 체계적으로 결합하여 시스템에 대해 모델링 및 시뮬레이션(Modeling & Simulation; M&S)을 수행한다. DEVS로 정의된 모델들은 시스템의 행위적 특성을 나타내는데 모델의 구조는 SES (System Entity Structure; SES)로 표현할 수 있다. 정의된 모델은 모델 베이스(Model Base; MB)에 저장되어 변환 함수(Transformation)를 통해 계층 구조적인 시뮬레이션 모델을 생성할 수 있는데 이를 SES/MB이라고 한다.

SES/MB 구조는 그림 7과 같이 시스템의 계층적 설계의 용

이성을 제공하고 모듈러, 객체 지향적 설계에 따른 모델의 재 사용성과 구현이 쉬워지는 장점이 있다[17].

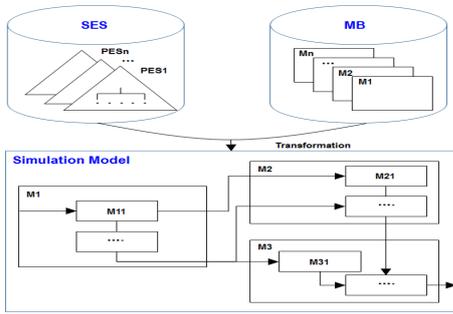


그림 7. SES/MB 구조  
Fig. 7. Structure of SES/MB

본 논문에서는 시스템의 계층 구조를 표현하는 SES를 본 연구실에 개발한 SES Editor를 이용하여 그림 8-(a)의 트리구조를 통해 8-(b)와 같이 구현하였다.

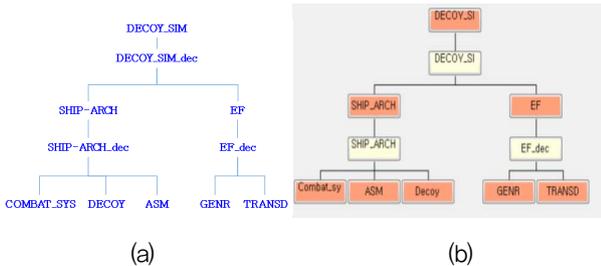


그림 8. 제안 기법-계층구조 (a) 제안 기법의 SES (b) SES Editor를 이용한 SES 결과  
Fig. 8. Hierarchy of proposed method (a) SES of proposed method (b) SES result using SES editor

제안 기법에서는 능동기만기의 대응시간 시뮬레이션을 위한 원자 모델들을 SHIP\_ARCH 내의 대함미사일(ASM), 능동기만기(DECOY), 함정전투체계(COMBAT\_SYS)로 구성하여 각 모델의 동작을 규정하였고 EF (Experimental Frame) 모델은 시뮬레이션 전체 클럭을 제공(GENR)하고 출력을 감시(TRANSD)하며 시뮬레이션 제어어를 수행한다[18]. 그림 9는 위의 모델들 간의 결합 관계를 보여준다.

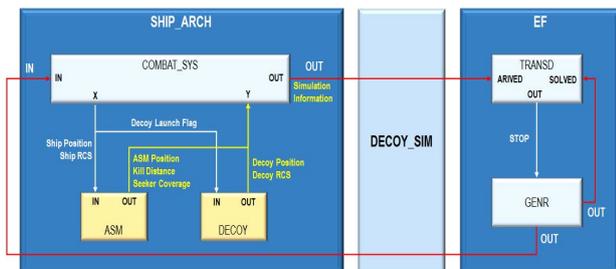


그림 9. 모델들 간의 연결 관계  
Fig. 9. Coupling relation of each model

### 6. 모델별 시뮬레이션 수행조건 및 방법

본 논문에서는 정의된 원자 모델에 표 1과 같이 입력 파라미터를 적용하였다.

표 1. 파라미터 적용 값 [6][19][20][21][22]

Table 1. Simulation parameter value for M&S

Classification	Parameter	Value
Ship (DDH)	Speed	29 knot
	Size	150×17×5 m
	Full Load	4.8 kton
ASM (Silkworm)	Speed	0.9 mach
	Seeker Beamwidth	4 degree
	Frequency	30 GHz
	Seeker On Range	10~30 km
Active Decoy	Incidence Angle	45 degree
	Speed	15 m/s
	Max. Operation Time	120 sec
	Launching Delay (Including Attitude stabilization of decoy)	2.5 sec

그림 4의 Sensing, Processing, Decision 단계는 함정 내의 사전 동작이므로 시뮬레이션 시간에서는 제외하였다. 함정은 한국 해군이 보유하고 있는 DDH급 모델로 선정하였으며 최고속도 항해로 가정한다.

시뮬레이션 수행 시 다양한 환경에서 능동기만기 대응시간을 확인하기 위하여 표 1의 파라미터 중 ASM 속도, 능동기만기 속도 값을 변경하고 적용하였으며 대함미사일 시커 동작 거리도 다양하게 적용하였다.

이외 파라미터들은 대표적인 값으로 설정하였다. 그중 ASM의 입사각은 가장 일반적인 입사각인 45도를 적용하였으며 능동기만기 전개 방향은 ASM의 입사각에 가장 효과적인 90도 방향으로 전개하도록 하였다[12].

본 논문에서 제안 기법의 시뮬레이션은 능동기만기의 독립적인 대응시간을 확인하기 위한 것이므로 함정의 타 방어체계와의 연동 및 다수 함정 작전은 적용하지 않았으며 대함미사일 시커와 능동기만기의 송/수신 전력이 충분하다는 가정하에 시뮬레이션을 수행하였다. 또한, 능동기만기는 이동 비행과 체공 정지(체프도 체공 정지형으로 간주), 유인기만, 발사 후 망각형(Fire and Forget) 방식을 적용하였다.

시뮬레이션 시나리오는 그림 10과 같다. 함정은 Y축을 따라 이동하며 시뮬레이션의 기준 축이 된다. 시간의 경과에 따른 위치 계산은 식 (1)과 같다.

$$\begin{aligned}
 S_{VX} &= \sin(0^\circ) \times V_{SPEED} \times \Delta t \\
 S_{VY} &= \cos(0^\circ) \times V_{SPEED} \times \Delta t
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

식 (1)에서  $S_{VX}$ 와  $S_{VY}$ 는 시간의 변화( $\Delta t$ )에 따른 함정의 위치 좌표이고  $V_{SPEED}$ 는 함정의 속도이다.

함정의 RCS는 식(2)과 같이 일반적인 계산방법을 적용하였다.

$$\sigma = 52 \times f_d^{\frac{1}{2}} \times D^{\frac{3}{2}} \quad (2)$$

식 (2)에서  $\sigma$ 는 RCS,  $f_d$ 는 주파수,  $D$ 는 함정의 만재 배수량이다.

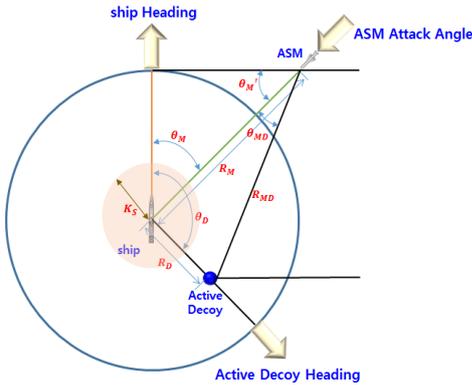


그림 10. 시뮬레이션 시나리오  
Fig. 10. General scenario of simulation

대함미사일은 최종 단계에서 시커가 동작하기 때문에 대함미사일의 운용 거리와는 차이가 있다. 일반적으로 대함미사일 시커의 동작 시점이 4~12km이므로 20km부터 1km까지 100m 간격으로 시뮬레이션을 수행하였다.

함정이 진행함에 따라 대함미사일은 함정의 좌표를 추적하면서 진행한다. 대함미사일은 식 (3), (4)와 같이 능동기만기의 RCS( $RCS_{decoy}$ )가 함정 RCS( $RCS_{ship}$ )보다 크다면 대함미사일은 능동기만기를 추적하고 그렇지 않다면 대함미사일은 함정을 추적한다.

$$\begin{aligned} \text{if } RCS_{ship} > RCS_{decoy} \\ M_{VXn} &= M_{VXn-1} - \cos(\theta'_M) \times M_{SPEED} \quad (3) \\ M_{VYn} &= M_{VYn-1} - \sin(\theta'_M) \times M_{SPEED} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{if } RCS_{decoy} > RCS_{ship} \\ M_{VXn} &= M_{VXn-1} - \cos(\theta_{MD}) \times M_{SPEED} \quad (4) \\ M_{VYn} &= M_{VYn-1} - \sin(\theta_{MD}) \times M_{SPEED} \end{aligned}$$

식 (3)과 (4)에서  $M_{VXn}$ ,  $M_{VYn}$ 는 대함미사일의 현재 좌표이고  $M_{VXn-1}$ ,  $M_{VYn-1}$ 는 이전좌표, 그리고  $M_{SPEED}$ 는 대함미사일 속도,  $\theta'_M$ 는 함정과 대함미사일의 각도,  $\theta_{MD}$ 는 대함미사일과 능동기만기의 각도이다.

대함미사일이 함정에 피해를 줄 수 있는 위험거리(Kill distance)는 식 (5)와 같이 계산하여 기만 성공 여부의 판단에 사용하도록 한다[12].

$$K_S = \cos(\theta_M) \times L_S \quad (5)$$

식 (5)에서  $K_S$ 는 위험거리,  $\theta_M$ 는 대함미사일 진입 각도,  $L_S$ 는 함정 길이이다.

능동기만기는 발사명령을 수신하면 명령 후 발사까지 소요되는 발사 지연 시간(Launching delay) 경과 후 대함미사일 진입 각도에 수직 방향으로 전개한다[12].

능동기만기의 위치는 식 (6)과 같이 계산한다. 능동기만기의 속도는 함정을 모의하므로 함정과 동일 속도로 진행하는 경우와 함정보다 1.5배 빠른 속도로 진행하는 경우 2가지로 구분하여 시뮬레이션을 수행하였다.

$$\begin{aligned} D_{VX} &= \cos(\theta_D) \times R_D \times \Delta t \\ D_{VY} &= \sin(\theta_D) \times R_D \times \Delta t \end{aligned} \quad (6)$$

식 (6)에서  $D_{VX}$ , 와  $D_{VY}$ 는 능동기만기의 위치 좌표이고  $\theta_D$ 는 함정과 능동기만기 사이의 각도,  $R_D$ 는 능동기만기와 함정 사이의 거리이다.

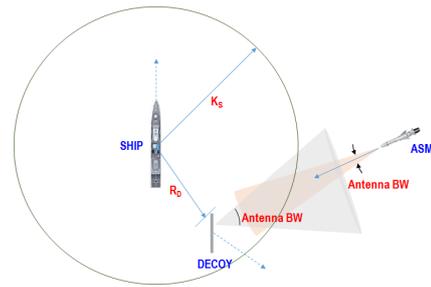


그림 11. 기만 성공여부 판단 기준  
Fig. 11. Decision of deception result

그림 11과 같이 능동기만기는 발사 후 대함미사일의 3dB 빔폭 범위에서 대함미사일을 유인하여 위험거리 범위를 벗어날 때까지의 시간을 측정한다. 만약 대함미사일이 능동기만기 위치로 유인되었을 때 대함미사일이 함정으로부터 위험거리 내에 있으면 능동기만기의 대응시간이 부족하다고 판단할 수 있다. 식 (7)과 같은 조건일 경우 기만은 성공한다.

$$R_D > K_S \quad (7)$$

## 7. 시뮬레이션 결과

대함미사일 시커의 활성화 거리에 따라 시뮬레이션을 진행하였을 때, 능동기만기가 함정속도와 동일한 속도인 15.0m/s로 비행할 때와 함정속도의 1.5배 속도인 22.4m/s로 비행할 때 능동기만기가 대함미사일을 유인하여 위험거리를 벗어나기 위한 필요 최소시간을 체공 고정형과 이동형 기만으로 구분하여 비교할 수 있도록 표 2에 나타내었다. 표 3에서는 표 2의 결과를

도대로 채공 고정형과 이동형 기만기의 대함미사일 시커의 활성화 거리에 따른 기만기의 최소 유인 거리를 비교하였다.

표 3의 첫 번째 경우에 대한 결과를 예로 보면 대함미사일이 마하 0.9로 진입해 올 때 이동형 능동기만기가 발사되어 함정과 동일 속도인 15.0m/s로 비행할 경우 능동기만기가 10.6초 이내에 대함미사일을 유인하여 함정으로부터 3.6km 이상 이격되어야만 대함미사일의 위협거리를 벗어나 함정을 보호할 수 있다. 하지만 채공형 기만기의 경우 발사된 위치에서 고정되어 있으므로 5.3km를 이격시키기 위해 17.2초의 유인 시간이 필요하다.

이동형 기만기와 기만기 속도가 무시되는 채공형 기만기를 비교할 경우 이동형 기만기가 15.0m/s로 이동할 경우 채공형 기만기가 6.4~6.6초의 요구시간이 더 필요하고 이동형 기만기가 22.4m/s로 이동할 경우 채공형 기만기가 8.3~8.0초의 요구시간이 더 필요하다. 대함미사일의 속도가 음속의 0.9~3배까지도 가능하다는 것을 고려하면 큰 차이임을 알 수 있다. 또한, 기만기 최소 유인 거리가 이동형 기만기보다 1.7~6.7km 더 증가된 것을 알 수 있다. 이는 이동형 기만기의 초소 유인 거리에 비해 약 32.1~45.6% 증가되므로 채공형 기만기가 이동형 능동기만기보다 대함미사일 대응에 불리하다는 것을 알 수 있다.

표 2. 이동형과 채공형 기만기의 대함미사일 유인을 위한 요구 시간

Table 2. Requirement time for ASM attraction of mobile and hovering type

Active Decoy Speed	Requirement time for escape	
	Mobile type	Hovering type
15.0m/s (=ship speed)	10.6~10.8 sec	17.2 sec
22.4m/s (=1.5×ship speed)	08.9~9.2 sec	

표 3. 대함미사일 기만을 위한 이동형과 채공형 기만기의 최소 유인 거리

Table 3. Minimum attraction range of mobile and hovering decoy for ASM deception

ASM speed [mach]	Decoy speed [m/s]	Minimum attraction range [km]		Difference	
		Mobile type	Hovering type	distance [km]	%
0.9	15.0	3.6	5.3	1.7	32.1
2.0	15.0	7.5	11.7	4.2	35.9
2.5	15.0	9.3	14.7	5.4	36.7
0.9	22.4	3.1	5.3	2.2	41.5
2.0	22.4	6.5	11.7	5.2	44.4
2.5	22.4	8.0	14.7	6.7	45.6

## 8. 결론 및 향후 연구

채프와 같은 수동기만기, 채공 정지형 능동기만기와 이동형 능동기만기를 운용 측면에서 비교할 경우 이동형 능동기만기가 운용 시간 및 이에 따른 유인 거리, 즉, 최소 교전 거리 측면에서 유리하다는 것을 알 수 있다. 본 논문에서 제안기법의 시뮬레이션은 함정에서 발사 명령 후 능동기만기가 전개되어 대함미사일을 유인기만 하는 것만 고려하였으므로 본 논문에서 제시된 시간은 주어진 조건에서만 유효하다. 또한, 본 논문에서 사용된 파라미터들도 외부 환경 요인에 따라 변경될 경우 측정된 시간 및 거리도 변경될 것이다. 이러한 실질적인 데이터들은 이미 함정을 운용하는 해군에서 보유하고 있으리라 추측되지만, 정량적인 데이터를 기반으로 함정이나 기타 외부 요인에 의한 시간 변동만 고려해도 능동기만기의 운용 시간을 유추하기에는 충분할 것으로 예상된다.

M&S 결과는 함정 사전행위 등 미 고려사항 등이 존재한다고 가정할 수 있으므로 이동형 능동기만기 운용을 위한 최소 시간에 해당한다고 할 수 있다. 따라서 능동기만기는 일반적으로 2km 이내에서 동작하는 근접 방어 체계인 CIWS (Close In Weapon System) 다음 방어 구역에서 운용하는 것이 효과적인 것을 알 수 있으며 이를 만족하기 위하여 요구되는 추진체의 요구시간, 기만신호를 처리하는 처리부의 요구시간, 크게는 함정 전투체계에서 능동기만기 운용에 필요한 시간을 계산하는 데 이바지할 수 있을 것이다.

향후 연구에서는 대함미사일 시커의 RF 송신 세기를 고려하여 능동기만기 하부 구성품에 요구되는 RF 송/수신 신호 세기를 산정한 후 RF 신호 처리 능력을 고려하여 소요되는 기만가능 시간과 이와 더불어 필요한 최적 송신 전력까지 검토하고자 한다.

## References

- [1] S. J. Ko, D. H. Park, "An Examination on Overseas Technology Trend and Domestic Development Pattern of the Naval Combat Management System", *Korea Association of Defense Industry Studies*, vol. 16, No. 2, pp. 237~258, Dec. 2009.
- [2] J. W. Yu, H. S. Lee, J. G. Kim, S. S. Kim, "Chaff echo identification and removal using support vector machine", *Proceedings of KIIS Spring Conference*, vol. 23, no. 1, 2013.
- [3] H. S. Lee, J. G. Kim, J. W. Yu, Y. S. Jeong, S. S. Kim, "A Study on Chaff Echo Detection using AdaBoost Algorithm and Radar Data", *Journal of Korean Institute of Intelligent Systems*, vol. 23, no. 6, pp. 545~550, Dec. 2013.
- [4] Y. J. Moon, S. J. Kwon, "Requirement Analysis of Propulsion System for Active Anti-Ship Missile

Decoy”, *Journal of the Korean Society of Propulsion Engineers*, vol. 17, no. 4, pp. 2, Mar. 2013.

[5] S. J. Hwang, “A Position of a Anti-Air Weapon System for Flighting Ship’s Self-Defense Effectiveness Enhancement”, *Journal of the Korea Institute of Military Science and Technology*, vol. 9, no. 3, pp. 41~43, Sep. 2009.

[6] D. C. Shin, J. H. Lee, S. C. Ryu, “A Research on Naval Electronic Warfare System Engagement HILLS Technology”, *Journal of the Korea Institute of Military Science and Technology*, vol. 13, no. 5, pp. 785~792, Oct. 2010.

[7] Anastasia Razinkova, B. J. Kang, H. C. Cho, H. T. Jeon, “Constant Altitude Flight Control for Quadrotor UAVs with Dynamic Feedforward Compensation”, *International Journal of Fuzzy Logic and Intelligent System*, vol. 14, no. 1, pp. 26~33, Mar. 2014.

[8] George W. Stimson, *Introduction to Airborne Radar 2<sup>nd</sup> edition*, Apr. 2003.

[9] K. H. Kim, *Weapons of Mass Destruction*, Ministry of national Defense, Apr. 2007.

[10] H. N. Yoon, *KIDA Defense Weekly*, no. 1279, Korea Institute for Defense Analysis, Dec. 2009.

[11] B. J. Lee, “Intelligent Kalman Filter for Tracking an Anti-Ship Missile”, *Proceedings of KFIS Conference 2004*, vol. 14, no. 1, pp. 563~566, Apr. 2004.

[12] Tan, Tun-Hou, “Effectiveness of Off-Board Active Decoys Against Anti-Shipping Missiles”, *Naval Postgraduate School*, pp.1~43, Sep. 1996.

[13] T. Y. Park, “Arming of surface ship”, Available : <http://demaclub.tistory.com/2289>, Jul. 2014, [Accessed: Jul. 16, 2015]

[14] Y. I. Song, *A Study on the Effectiveness Measures of Ship Combat Systems in the Composite Warfare*, vol. 53, no. 1, pp. 163~192, Apr. 2010.

[15] Sherman Frankel, “Defeating Theater Missile Defense Radars with Active Decoys”, *Science & Global Security*, vol. 6, pp.333~355, 1997.

[16] I. K. Lee, D. C. Park, T. S. Ryu, J. S. Im, O. H. Cho, H. C. Kang. *Radar Engineering and Applications in Electronic Warfare*, KEES, Aug. 2006.

[17] S. D. Chi, J. S. Park, J. S. Lee, H. K. Kim, K. C. Jung, J. R. Jeong, “Network Security Modeling and Simulation Using SES/MB Framework”, vol. 11, no. 2, *Journal of Korea Institute of Information Security & Cryptology*, Mar. 2001.

[18] Y. S. Han, “A Study on the Curriculum Design Engine using a SES/DEVS”, *Journal of Engineering Education Research*, vol. 16, no. 5, pp. 18~23, Sep.

2013.

[19] S. S. Park, D. W. Kim, K. Y. Choi, J. H. Kim, C. K. Ryoo, “Development of Engagement Simulation Program between ASM with IIR Seeker and Defense System”, *J. of The Korean Society for Aeronautical and Space Sciences*, vol. 41, no. 5, pp. 373~382, 2013.

[20] Yuliang Qin, Yongqiang Cheng, Hongqian Wang, Xiang Li, “Information Extraction for Multi-Mode Seeker Automatic Target Acquisition”, *International Conference on Information and Automation*, pp. 10~14, Jun. 2008.

[21] H. M. Park, “Special Knowledge <165> Frequency”, Available : [http://life.joins.com/news/article/article.asp?Total\\_ID=4193702&ctg=12&sid=5558](http://life.joins.com/news/article/article.asp?Total_ID=4193702&ctg=12&sid=5558), May. 2010. [Accessed: Jul. 16, 2015]

[22] Thomas G. Mahnken, *The Cruise Missile Challenge*, CSBA, Mar. 2005.

## 저 자 소 개



### 최순호(Soon-Ho Choi)

~1998 : 목포대학교 전자공학 학사  
 2002년~2015 : 삼성탈레스 기술연구소 전문 연구원  
 2015년~현재 : 한화탈레스 기술연구소 전문 연구원  
 2014년~현재 : 성균관대학교 대학원 전자전기 컴퓨터학과 공학석사과정

관심분야 : 모델링 시뮬레이션, 인공지능  
 Phone : +82-31-8020-7842  
 E-mail : nadane@skku.edu



### 조대호(Tae-Ho Cho)

1983년 : 성균관대학교 전자공학과 학사  
 1988년 : Univ. of Alabama 전자공학 석사  
 1993년 : Univ. of Arizona 전자 및 컴퓨터공학 공학박사  
 1995년~현재 : 성균관대학교 정보통신공학부 교수

관심분야 : 무선센서 네트워크, 모델링 시뮬레이션, 지능시스템, 모델링 방법론, 네트워크 보안 시뮬레이션, 전자적 자원관리  
 Phone : +82-31-290-7221  
 E-mail : thcho@skku.edu