

# 공학수준 수상함 지휘무장통제체계 범용 모델 개발방안 연구

## On the Development of the Generic CFCS for Engineering Level Simulation of the Surface Ship

정 영 란\*                      한 응 기\*                      김 철 호\*                      김 재 익\*

Youngran Jung              Woonggie Han              Cheolho Kim              Jaeck Kim

### Abstract

In this paper, we considered the authoritative representation of Command and Fire Control System(CFCS) for the surface ship that was the engineering level model to develop system specifications and to analyze operational concepts on the concept design phase and to analyze military requirements, effectiveness and performance for the system. The engineering level model of CFCS can be used in simulation independently of the surface ship's type, and also it takes reuse, interoperability, and extension into consideration. The detailed sub-models, internal and external data interface, data flow among each sub-model, sensor and weapon models about the engineering level model of CFCS was defined. It was verified via engineering level simulations according to the V&V process.

Keywords : Surface Combat Management System(수상함 전투체계), Command and Fire Control System(지휘무장통제체계), Generic CFCS Model(지휘무장통제체계 범용 모델), Command and Control Model(지휘통제 모델), Fire Control Model(무장통제 모델), Resource Control Model(자원통제 모델)

### 1. 서론

현재 연구개발 사업 규정에 따르면 국내에서 연구 개발하는 무기체계는 탐색개발 단계, 체계개발 단계, 양산 단계로 구분하여 수행함을 원칙으로 하고 있다.

탐색개발 단계는 체계 운용개념 분석, 체계 대안 분석 및 체계 효과도 분석에 의하여 체계개발을 위한 체계/부체계 설계사양을 도출하는 단계이며, 체계개발 단계는 작전운용성능을 만족하는 무기체계를 설계, 제

작, 시험평가를 통해 개발하는 단계이다<sup>[1]</sup>.

수상함 전투체계의 경우, 탐색개발 단계를 거치지 않고 바로 체계개발을 수행한 후 시제 함정에 탑재되어 운용하게 된다. 이로 인해 탐색개발 단계에서 수행되어야 하는 체계 운용개념 분석, 군 요구사항 분석이나 체계 효과도 분석이 체계개발 초기단계에서 수행되어야 하지만, 체계개발과 동시에 분석 도구 개발을 착수하더라도 체계개발 초기단계에서 체계 운용개념 분석, 체계 효과도 분석 등을 수행하는 분석 도구를 개발완료 하는데 어려움이 많은 것이 현실이다. 기존 조사결과<sup>[2]</sup>에 따르면, 수상함 전투체계 연구개발 뿐만 아니라 무기체계 연구개발에서도 분석 도구를 적용하고 있는 경우가 극히 제한적임을 알 수 있다. 연구개

† 2011년 2월 28일 접수~2011년 4월 15일 게재승인

\* 국방과학연구소(ADD)

책임저자 : 정영란(mudy02@add.re.kr)

발 대상체계에 대해 재사용성(Reusability)과 상호운용성(Inter Operability)을 가지는 범용 모델들이 미리 확보된다면 체계개발 초기 단계에서 이들을 사용한 분석 도구를 구성하여 체계 운용개념 분석, 군 요구사항 분석, 체계 성능 예측 및 효과도 분석을 수행할 수 있을 것이다.

본 논문에서는 수상함 전투체계 성능 예측 및 분석 시, 특정 수상함이나 임무에 제약을 받지 않고 사용할 수 있는 공학 수준의 수상함 지휘무장통제체계 범용 모델(SUGECOM : SURface GEneric COmmand and fire control system Model)을 어떠한 개념에서 어떠한 형태로 개발했는가를 기술한다.

수상함 지휘무장통제체계 범용 모델(SUGECOM)이 다양한 수상함 전투체계 체계개발 사업에서 공통적으로 사용되어야 하고, 체계개발자들의 요구와 그 개발 체계에 대한 개념을 정확하게 반영해야 하므로, 본 논문에서는 현재 개발되고 있는 FF급 이하의 수상함 전투체계에 대한 범용 모델 개발로 연구 범위를 제한하나, AEGIS급 이상의 수상함 전투체계 성능 예측 및 분석을 위해 특정 기능 모듈이 추가 반영된다면 확장 또한 가능하다.

## 2. 수상함 전투체계

수상함 전투체계는 공중, 수상 및 수중으로부터 위협을 탐지 및 추적하는 센서체계, 센서로부터 수집된 정보를 실시간으로 처리하여 전술상황평가, 지휘결심, 무장할당 및 교전통제 등을 수행하는 지휘무장통제체계, 자함 및 구역방어를 위한 단계별 대응 무장체계 등을 총 망라하는 통합 무기 체계이다.

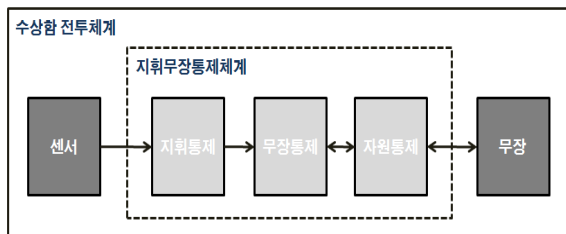


Fig. 1. 수상함 전투체계

지휘무장통제체계는 크게 센서로부터 수신되는 센서 탐지 표적을 처리하여 전술상황을 파악하도록 지

원하는 지휘통제(Command and Control), 전술상황으로부터 위협을 평가하고 위협으로 평가된 표적들에 대해 적합한 무장을 할당하여 무장의 교전을 수행하는 무장통제(Fire Control), 연동하는 센서 및 무장체계를 통제하는 자원통제(Resource Control)로 구성된다.

## 3. 수상함 지휘무장통제체계 범용 모델(SUGECOM)

SUGECOM은 특정 수상함에 제약을 받지 않으면서 개발 중인 전투체계와 향후에 개발될 전투체계의 성능 예측 및 분석이 가능하도록 재사용성 및 소프트웨어 확장성을 고려하여 개발하였다<sup>[3]</sup>.

특정 수상함이나 임무에 제약을 받지 않도록 하기 위해 성분 작전(대공전, 대함전, 대잠전, 전자전)을 임무에 따라 선택할 수 있으며, 각 성분 작전별 대응 무장 또한 임의 선택이 가능하다.

그리고 레이더나 유도탄, 함포 등과 같은 센서 및 무장을 가변적으로 수상함에 탑재하더라도 SUGECOM의 추가적인 수정없이 처리가 가능하기 때문에 임의의 수상함의 전투체계 성능 예측 및 분석이 가능하다.

이러한 특징으로 인해, SUGECOM은 단위 기능 검증에서부터 수상함 전투체계 성능 예측 및 분석에 이르기까지 다양한 용도로 활용할 수 있다.

### 가. SUGECOM 개발

SUGECOM은 수상함의 지휘무장통제체계 기능을 모델의 상세도 수준(Level of Detail)을 나타내는 기준<sup>[4]</sup>에 따라 공학 수준으로 개발하였으며, 하위 구성요소 모델에 대한 모델링 방안을 아래에 기술하였다.

#### 1) 지휘통제 모델

지휘통제 모델은 수상함에 탑재된 여러 센서들과 전술데이터링크로부터 수신되는 표적들을 처리하는 표적 처리 기능으로 구성된다. 지휘통제 모델에서는 표적을 센서표적과 네트워크 표적, 시스템 표적, 전술표적으로 구분하여 처리하며, 전술데이터링크인 Link-11과 위성 ISDL의 동시 연동 시에도 표적 처리를 수행할 수 있다.

단, 수상함 지휘무장통제체계에서 지휘통제의 일부분을 차지하는 항해지원 기능은 각 플랫폼(수상함) 모델에서 수행하며, 특수한 전술 상황에 따른 권고 침포 기능은 SUGECOM의 자원통제 모델에서 수행한다.

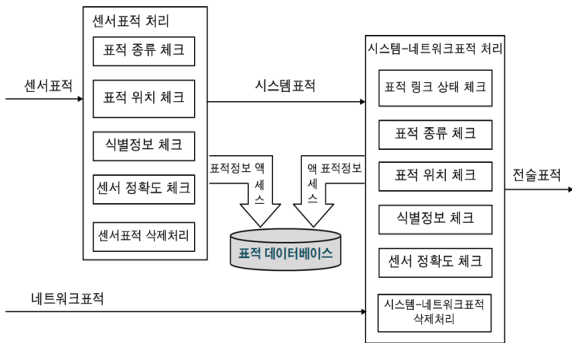


Fig. 2. 지휘통제 모델

2) 무장통제 모델

무장통제 모델은 전술상황에서 위협평가 기준에 의해 위협을 식별하는 위협평가 하부모델과 무장의 효율적인 운용을 통해 적의 격추 확률이 최대가 되도록 위협에게 무장을 할당하는 무장할당 하부모델로 구성된다.

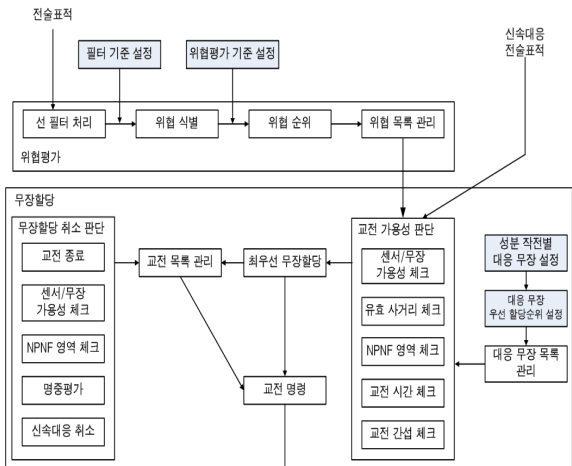


Fig. 3. 무장통제 모델

위협평가 하부모델의 경우, 성분 작전별로 위협평가 기준을 다르게 설정하여 공중, 수상, 수중 위협에 대한 위협평가를 수행한다. 단, 특정 센서(예 : EW) 자체에서 위협으로 판단한 표적이나 운용자가 수동으로 교전지시하는 표적에 대해서는 위협평가 단계를 거치지 않는다.

무장할당 하부모델의 경우, 성분 작전별로 선택한 대응 무장들을 토대로 대응 무장 우선순위에 따라 교전 가용성을 판단한 후, 교전 가능한 무장이 존재할

경우 해당 무장을 할당한다. 특정 센서 자체에서 위협으로 판단한 표적의 경우, 해당 무장이 교전 가능하면 바로 무장을 할당한다.

3) 자원통제 모델

자원통제 모델은 수상함에 탑재되는 센서 및 무장을 통제하는 기능으로, 센서 및 무장 모델의 수상함 탑재 여부에 의존적이다.

자원통제 모델에서 통제 가능한 센서 및 무장 모델들은 다음과 같다.

• 센서 모델

- 탐색레이다 TWS(SR)
- 추적레이다(TR)
- 전자광학추적장비(EOTS)
- 선척고정형음탐기(HMS)
- Link-11

• 무장 모델

- 전자전장비(EW)
- 대유도탄기만기(DECOY)
- 어뢰음향 대항체계(TACM)
- 경어뢰 체계(SLTS)
- 대함유도탄방어유도탄(SAAM)
- 함대공 유도무기체계(SAM)
- 근접방어무기체계(CIWS)
- 함포(GUN)
- 함대함 유도무기체계(SSM)

나. SUGECOM 특성

1) 성분 작전 선택

SUGECOM은 수상함 임무에 따라 성분 작전(대공전, 대함전, 대잠전, 전자전)을 초기값 설정을 통해 선택할 수 있는 기능을 가진다. 즉, 성능 예측이나 분석을 하고자 하는 수상함이 가지는 대응 능력에 따라 성분 작전을 선택할 수 있다. 예를 들면, 호위함 전투체계의 성능을 예측 또는 분석하기 위해서는 대공전, 대함전, 대잠전, 전자전을 모두 선택하고, 고속정 전투체계의 성능을 예측 또는 분석하기 위해서는 대공전, 대함전, 전자전을 선택하면 된다. 또한 대공전이나 대함전과 전자전을 동시에 선택할 경우, 하드킬과 소프트킬 교전 간섭 정책을 설정할 수 있어 이에 따른 성능 예측 또한 가능하다.

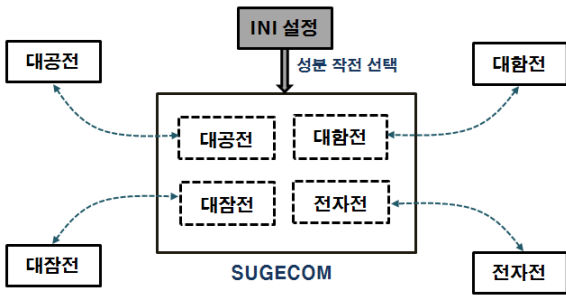


Fig. 4. 성분 작전 선택

2) 성분 작전별 대응 무장 선택

SUGECOM은 초기값 설정을 통해 성분 작전별로 대응 무장(대함유도탄방어유도탄, 함포, 근접방어무기체계 등)을 선택할 수 있는 기능을 가진다. 단, 기본적으로 대응 위협이 정해지는 함대공이나 함대함 유도탄의 경우는 예외이다. 예를 들면, 대공 위협에 대한 대응 무장으로 대함유도탄방어유도탄과 근접방어 무기체계를 선택했을 경우와 함포를 추가했을 경우 대공전 성능이 어떻게 달라지는지를 성능 예측 및 분석할 수 있다.

SUGECOM

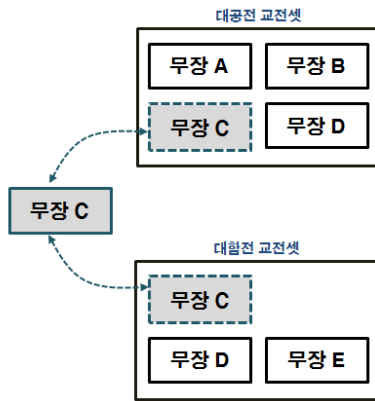


Fig. 5. 성분 작전별 대응 무장 선택

하나의 무장이 Fig. 5와 같이 다수의 성분 작전에 중복으로 선택될 경우에는 교전이 가능한 위협 표적으로 해당 무장을 할당한다. 교전 가능성 판단은 대공전, 대함전, 대잠전, 전자전 순으로 수행한다. 다시 말해 대공 위협과 대함 위협에 대해 하나의 무장이 모두 교전 가능할 경우 대공 위협에게 무장을 할당한다.

3) 동종 다중 센서/무장 탑재에 따른 처리

수상함은 주어진 임무에 따라 다양한 센서 및 무장을 탑재한다. 기 개발된 대형 수상함은 레이더와 근접방어무기체계를 각각 2대, 고속정은 함포를 2대 탑재하고 있다. 이처럼 수상함에 동종의 센서 및 무장이 여러 대 가변적으로 탑재되는 경우 그에 따라 지휘무장 통제체계도 최적화하여 다르게 개발하지만, SUGECOM은 동종의 다중 센서 및 다중 무장을 가변적으로 탑재하더라도 추가적인 수정없이 성능 예측이나 분석을 수행할 수 있도록 설계했다.

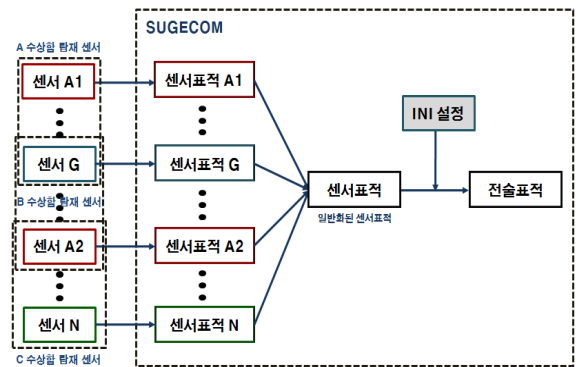


Fig. 6. 동종 다중 센서 탑재에 따른 처리

동종의 다중 센서 탑재에 따른 처리를 위해 각 센서별 표적 처리 개수와 표적 처리의 우선순위를 정하기 위한 센서 정확도를 초기값으로 설정할 수 있도록 했다. 즉, 특정 수상함 모델에 레이더 모델을 하나 더 추가해야 할 경우, 레이더가 제공하는 최대 표적 수와 레이더의 센서 정확도만 설정해 주면 SUGECOM에서 처리 가능하다.

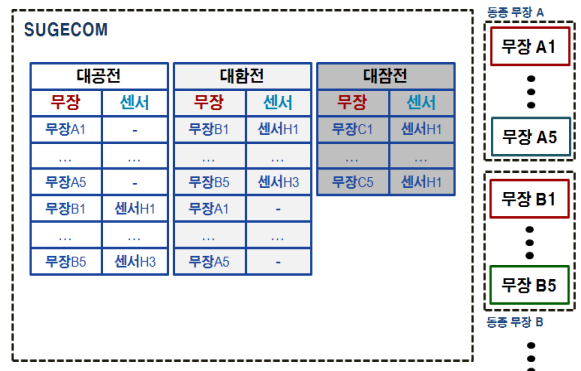


Fig. 7. 동종 다중 무장 탑재에 따른 처리

동종의 다중 무장 탑재에 따른 처리를 위해 각 무장별로 설정해야 하는 초기값은 없다. 동종의 무장일 경우 우선순위는 동일하며 탑재된 순서대로 교전 가능성을 판단하여 교전 가능하면 위협 표적에게 해당 무장을 할당한다. 단, 동종 무장이더라도 탑재되는 위치에 따라 무장 운용 영역이 달라지기 때문에 교전 가능성 판단 결과가 달라질 수 있다.

4) 성능 요소 모델링

지휘무장통제체계는 임무 및 교전 성능을 최대화하도록 지휘관 및 운용자의 전술상황평가, 지휘결심을 지원하는 통합 무기 체계이므로, 실제 운용자 판단이나 행동이 전체 체계의 성능에 영향을 미친다. 이를 고려하기 위해 운용자 판단 시간을 모델링 요소로 추가하여 체계 표적지시 소요시간을 정확하게 모의할 수 있도록 하였다.

운용자 판단 시간은 최초 교전 시에만 고려하며, 운용자가 전술상황을 충분히 파악한 단계인 재교전 시에는 고려하지 않는다.

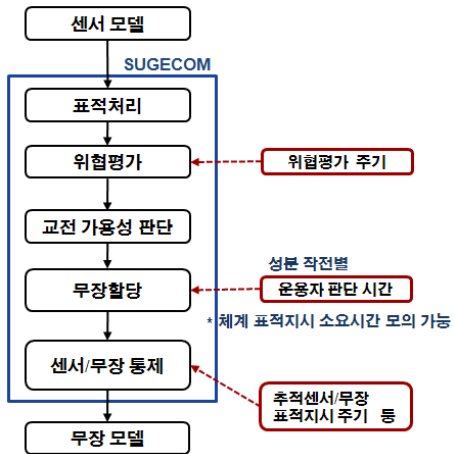


Fig. 8. 성능 고려 요소들

또한, 성능 고려 요소들을 모델링함으로써 향후 소요 제기될 수 있는 지휘무장통제체계 소프트웨어나 센서 및 무장 갱신에 대해서도 미리 성능 예측 가능하도록 했다.

다. 모델 입출력 변수

모델 입출력 변수는 SUGECOM과 연동하는 모델간의 입, 출력 정보에 대한 정의<sup>[5]</sup>로써, 아래 그림과 같다.

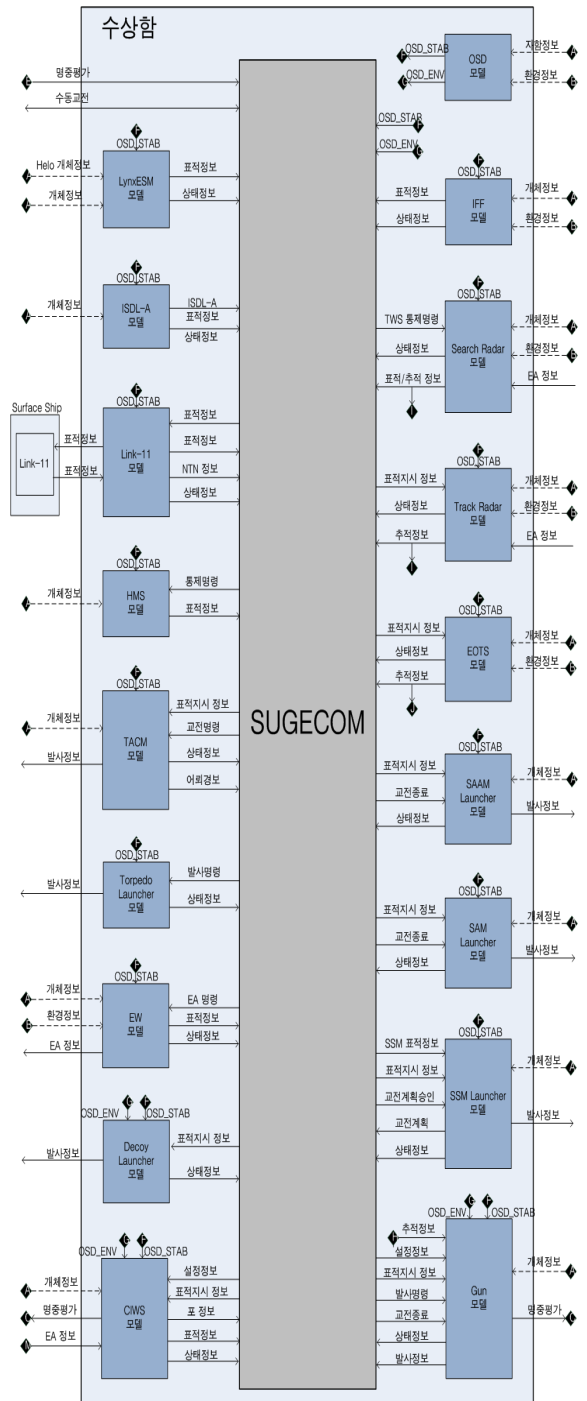


Fig. 9. SUGECOM 연결 관계도

Table 1은 모델 입출력 변수의 예로, SUGECOM과 SAAM Launcher 모델간의 입출력 변수를 나타낸다.

Table 1. SUGECOM - SAAM L. 모델 간 입출력 변수 목록

입력 변수	출력 변수
SAAM 상태정보 (탄종별 발사가능탄수)	표적지시 명령/표적 정보/발사 승인 명령
표적지시에 대한 응답 (교전정보)	교전종료/취소 명령
교전 종료/취소 명령에 대한 응답	
SAAM 발사대 구동정보	

라. 모델 시퀀스 다이어그램

SUGECOM 하부모델들과 연동하는 센서 및 무장 모델들 사이의 정보 흐름은 모델 시퀀스 다이어그램으로 정의한다. 아래 그림은 SUGECOM 대공전 시퀀스 다이어그램으로, SUGECOM을 기준으로 세로는 하부모델들 사이의 정보 흐름을, 가로는 연동하는 센서 및 무장 모델들과의 개략적인 정보 흐름을 보여준다.

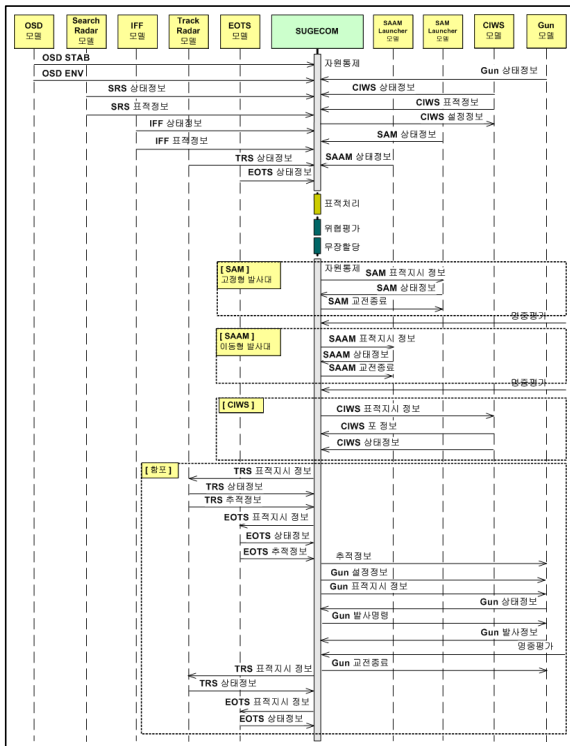


Fig. 10. SUGECOM 시퀀스 다이어그램 - 대공전

마. 모델 파라미터

모델 파라미터는 SUGECOM의 하부모델인 지휘통제 모델, 무장통제 모델, 자원통제 모델로 구분하여 정의한다. 여기에 앞에서 언급한 재사용성 및 확장성(범용화)을 위한 모델링 변수가 각각 추가된다.

- 지휘통제 모델
  - 표적 처리 기준
  - 표적 삭제 시간
- 무장통제 모델
  - 위협평가 주기
  - 위협평가 기준
  - 성분 작전(대공전, 대함전, 대잠전, 전자전) 자동 수행 여부
  - 무장 자동 할당 여부
  - 무장할당 우선순위
  - 운용자 판단 시간
- 자원통제 모델
  - 표적지시 주기
  - 소프트킬/하드킬 교전 간섭 조정
  - 교전 발사 탄수
  - 유도탄 교전정보
  - 기동 권고 침로

Table 2는 SUGECOM 중에서도 무장통제 모델의 일부분인 대공전 관련 모델 파라미터이다.

Table 2. SUGECOM 모델 파라미터 목록 - 무장통제 모델(대공전)

모델 파라미터	정의	범위
대공전 자동 수행	대공전 수행 여부	On/Off
최상위 대공위협목록	대공 위협 목록 관리 개수	1 ~ XX
위협평가기준 - 운동정보	위협표적을 식별하기 위한 운동정보 조건	On/Off 방위, 거리 등
SAAM 자동할당	대공전 교전체널에 SAAM 포함 여부	On/Off
CIWS 자동할당	CIWS 포함 여부	On/Off
함포 자동할당	함포 포함 여부	On/Off
SAM 자동할당	SAM 포함 여부	On/Off
대공 교전할당시간	대공 교전할당 시 운용자 판단 시간	0 ~ XXX. X
대공교전체널 우선순위	교전 가능한 무장 목록 중 할당을 위한 우선순위	-

#### 4. 모의 실험

본 논문에서 언급한 SUGECOM을 사용하여 체계 성능을 예측 및 분석할 수 있는 시스템을 구축하였다<sup>6)</sup>.

구축된 시스템의 구성도는 아래 그림과 같다.



Fig. 11. 시스템 구성도

구축된 시스템은 전체 시뮬레이션 통제를 담당하는 운용통제장치를 비롯하여, 수상함에 탑재되는 센서 및 무장 모의기(모델), 자동분석장치 및 전황전시장치 등으로 구성된다.

구축된 시스템을 이용하여, 전술에 따른 대함 유도탄에 대한 차기 호위함의 교전 성능을 분석한 결과의 한 예가 Fig. 12와 같다. RCS 0.1m<sup>2</sup>인 대함유도탄 2발에 대한 차기 호위함의 교전 성능이며, 대응 무장은 SAAM, SSL(Shot-Shot-Look) 기준의 SAAM 교전 교리가 SUGECOM에 적용된 예이다.

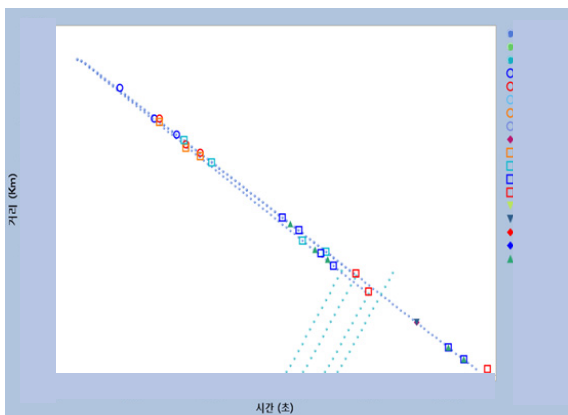


Fig. 12. 차기 호위함 교전 성능 분석 예

다수 대함 위협에 대한 고속정의 교전 성능<sup>7)</sup>을 분석한 결과는 Fig. 13과 같다. 4개의 대함 위협에 대한 고속정의 교전 성능이며, 대응 무장으로 40mm, 76mm 함포, SSM이 SUGECOM에 적용된 예이다.

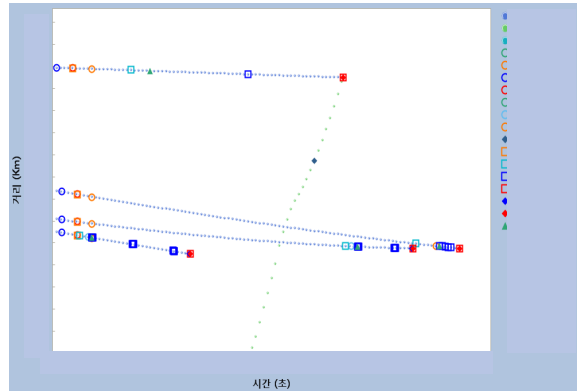


Fig. 13. 고속정 교전 성능 분석 예

Fig. 12, 13에서 보는 바와 같이 FF급 이하의 수상함에 대해서 특정 수상함에 제약을 받지 않고 사용할 수 있는 SUGECOM을 개발하였다.

#### 5. 결론

특정 수상함에 제약을 받지 않으면서 개발 중인 전투체계와 향후 개발될 전투체계의 성능 예측 및 분석이 가능하도록, 재사용성 및 소프트웨어 확장성을 고려한 SUGECOM을 개발 및 구현하였다.

특정 수상함이나 임무에 제약을 받지 않도록 하기 위해 성분 작전(대공전, 대함전, 대잠전, 전자전) 및 각 성분 작전별 대응 무장을 수상함 임무에 따라 선택 가능하도록 했으며, 레이더나 유도탄, 함포 등과 같은 센서 및 무장을 가변적으로 수상함에 탑재해더라도 SUGECOM의 추가적인 수정없이 처리하도록 했다.

이러한 특징으로 인해, SUGECOM은 FF급 이하의 수상함에 대해 단위 기능 검증에서부터 수상함 전투체계 성능 예측 및 분석까지 다양한 용도로 활용할 수 있다.

또한, AEGIS급 이상의 수상함 전투체계 성능 예측 및 분석을 위해, AEGIS급 수상함의 특수 기능인 BMD (Ballistic Missile Defense)의 기능 추가가 필요하리라 판단된다.

## References

- [1] 방위사업청 훈령 제133호, “방위사업관리규정”, pp. 40~45, 2010. 12. 20.
- [2] 이정구, “무기체계 획득과정에서의 M&S에 관한 조사연구”, 국방과학연구소, RDPD-415-010690, 2001.
- [3] 정영란, 한웅기, 김철호, 김재익 “울산-I급 전투체계 체계검증용 시뮬레이터 모의논리 설계 - 지휘 및 통제 모델”, 국방과학연구소, ADDR-525-100491, 2010.
- [4] 방위사업청 지침 제2010-32호, “무기체계 획득단계 별 M&S 적용지침”, pp. 91~92, 2010. 9. 13.
- [5] 이호철, 김태수, 황근철, 이민규 “울산-I급 전투체계 체계검증용 시뮬레이터 인터페이스 설계 - 외부 모의기”, 국방과학연구소, ADDR-525-100487, 2010.
- [6] 김재익, 이동호, 김철호, 정영란, “체계검증용 시뮬레이터를 이용한 함정 전투체계 개발”, 국방과학연구소, ADDA-2010-0109, 2009.
- [7] 황근철, “차기 고속정 전투체계의 함포 중심 대공전 성능분석”, 한국군사과학기술학회지, Vol. 10 No. 4, pp. 62~72, 2007.