

해군무기체계 수중교전 모델 라이브러리 개발

한승진^{1*} · 이민규¹

Development of Underwater Warfare Models on the Naval Weapon Systems

Seungjin Han · Minkyu Lee

ABSTRACT

ADD (Agency for Defense Development) has developed the naval warfare simulation environment (QUEST), this paper describes the model library of naval weapon systems for the application of underwater warfare simulation included in the QUEST. Models are basically developed in order to measure the effectiveness and tactical development of underwater engagement between ships and weapons. Analyzing the mission space of underwater engagement and the functionality of the legacy models, we define standards of the model structure and developed the model components. Each components are the well-defined environment, system, subsystem, algorithm models, and the interfaces are defined between them. Users can construct a model in an efficient way to various warfare scenarios using the re-usable model components and co-work with the common model library.

Key words : Underwater warfare, Naval weapon system modeling and Simulation

요 약

국방과학연구소는 해군 전투실험을 위한 시뮬레이션 통합개발환경(QUEST)을 개발하였으며 본 논문은 QUEST의 수중교전 시뮬레이션을 응용을 위한 해군무기체계 모델 라이브러리 개발에 대하여 기술한다. 모델은 기본적으로 함정 및 무장체계 간의 수중교전 효과도 및 전술 개발 목적으로 개발되었다. 수중교전 임무공간과 기존 운용모델 기능 분석을 통하여 표준 모델구조를 정립하고 구성 컴포넌트를 개발하였다. 각각의 컴포넌트는 무기체계 구성부의 기능을 잘 정의한 표준화된 체계, 부체계, 알고리즘 모델이며 모델간 표준 인터페이스를 정의하였다. 모델 라이브러리를 이용하여 사용자는 최소한의 도메인지식으로 기존 모델을 재사용하고 새로운 모델을 효율적으로 조립가능하며 사용자간에 모델을 공유하고 협업할 수 있다.

주요어 : 수중교전, 해군무기체계 모델링 및 시뮬레이션

1. 서 론

1.1 연구배경

국방과학연구소는 최근 모델링 및 시뮬레이션 기반의 무기체계 획득 프로세스의 도입 및 정착을 위해 많은 노력을 기울이고 있다. 국방과학연구소 국방해양기술센터는 해군의 전투실험을 지원하고 기 개발된 무기체계 또는 새

로운 기술이 적용된 무기체계의 성능과 전술 평가 및 대안 분석을 모의실험 기반으로 수행할 수 있는 전투실험 공학 분석체계(QUEST, Qualified & Unified Experimentation System Toolkit)를 개발하였다. QUEST는 시뮬레이션 시간 진행 및 그래픽 기반의 모델링 방법을 정의한 시뮬레이션 커널부분과 체계적인 실험계획의 수립 및 결과분석/전시 기능을 갖는 실험계획 부분 그리고 해군무기체계 교전 시뮬레이션 구현을 위한 모델 라이브러리의 세 가지로 크게 구분된다. 본 논문에서는 QUEST의 모델라이브러리의 개발 요구사항 및 모델기능과 모델 라이브러리를 이용한 응용시뮬레이션 개발 사례에 대해서 기술한다.

무기체계 개념 및 초기 설계 단계에서 주요 설계 사항

접수일(2013년 10월 22일), 심사일(2013년 10월 30일),
게재 확정일(2013년 11월 12일)

¹⁾ 국방과학연구소 제6기술연구본부 국방해양기술센터

주 저 자 : 한승진

교신저자 : 한승진

E-mail; sjhan@add.re.kr

에 따른 교전효과도 도출 및 전술 연구를 위하여 교전 수준의(Engagement Level) 시뮬레이션을 수행하고 소나체계, 무장통제체계 등의 설계 및 성능 해석을 위해서는 공학 수준(Engineering Level)의 M&S를 사용한다. QUEST 모델 라이브러리는 기본적으로 교전 수준 M&S 개발을 목적으로 한다. 또한 확장 가능한 유연한 모델 구조를 제공함으로써 새로운 모델의 추가 및 공학수준 모델과의 연동 시뮬레이션을 용이하게 개발하고자 한다. 국방과학연구소는 무기체계의 설계단계부터 운용단계까지 체계 및 부체계 성능분석 및 운용전술 대안 평가를 위한 M&S기반의 체계 성능 및 효과도 분석을 수행하여왔다. Park(2002)의 잠수함 전술효과도 분석 및 잠수함 체계성능분석 연구, Lee(2010)의 음향 기만기 운용전술 효과도 분석 연구, Kim(2001), Kim et al.(2012)의 어뢰체계 효과도 분석과 체계성능 분석이 대표적 예이다. 이러한 시뮬레이션 SW들은 각각의 사용자가 특정 분석목적으로 개발하였기 때문에 동일한 기능의 모델 개발 시에도 다른 가정을 적용하였으며, 분석관점에서 특정 요소들은 무시하거나 다른 기능모델과 혼재하여 개발하여 모델의 재사용이 매우 어렵다. 또한 동일한 체계를 모델링함에도 모델개발자의 관점과 전문지식의 정도에 따라 모델의 신뢰도가 다르므로 분석 결과 또한 일관성을 유지할 수 없는 문제가 있다. 따라서 이러한 유사한 해군무기체계 교전상황을 분석하는 SW를 각각 유지하고 발전시키는 것은 비효율적이다. QUEST 모델 라이브러리 개발을 통해서 이와 같은 문제점들을 극복하고 기능적으로 잘 정의된 컴포넌트들의 조립방식을 통한 효율적인 시뮬레이션 개발을 지원하고자 한다. QUEST 모델 라이브러리는 다음과 같은 상위 모델링 요구사항을 갖는다.

- 기존 보유모델의 분석기능을 지원하기 위한 다양한 무기체계 모델 보유
- 모델구조 변경 없이 새로운 무기체계 모델링/ 새로운 컴포넌트 추가
- 시뮬레이션 시나리오에 의존적이지 않은 재사용 가능한 부체계 모델
- 체계, 부체계, 알고리즘 단위의 재사용성 및 조립성 보장
- 일관된 모델 저작 규칙과 효율적인 모델링 데이터 관리

시뮬레이션 분석 요구 발생시, QUEST 모델라이브러리는 다양한 체계모델, 부체계모델, 그리고 알고리즘 모델을 제공하여, 사용자가 요구사항에 적합한 모델들을 선택 및 조립할 수 있도록 한다(Fig. 1). Stephen et al.(2000)은

이와 같은 컴포넌트 조립 방식의 시뮬레이션 개발은 모델의 재사용성이 가장 중요하며, 사용자의 요구에 맞는 다양한 해상도 수준을 제공함으로써 수평적 조립성뿐 아니라 수직적 조립성을 제공할 수 있다고 설명한다. 즉 부체계모델은 알고리즘에 따라 다른 해상도 수준을 갖게 되며 부체계 모델의 조립으로 구성되는 체계모델은 결과적으로 다른 해상도를 갖게 되고 다른 해상도의 체계모델과 상호작용하는 모델을 조립한다. Kim et al.(2007)과 Shin(2007)은 수중교전 시뮬레이션에 적용 가능한 잠수함과 어뢰 체계의 표준모델을 연구하였다. 무기체계의 각 구성부의 특성을 모의하였으나 체계 모델 수준에서의 재사용성을 고려하였고 부체계 및 알고리즘 수준에서의 모델 재사용을 통한 조립성이 부족하다. 다양한 분석목적으로 활용되는 교전수준의 시뮬레이션에서는 체계모델 단위의 재사용은 효율적이지 못하며 경우에 따라서는 사용자 요구를 충족시키지 못할 수 있다. 또한 위 연구에서 제안된 모델은 환경정보와 타 체계 모델의 음향신호 정보를 모델 입력변수로 갖는데, 결과적으로 잠수함 모델에 타 무기체계 모델링이 포함되고 시나리오 변경 시 타 체계모델이 변경 또는 추가되면 잠수함 모델을 수정해야하는 단점이 있다. 본 연구에서는 체계의 모든 데이터는 체계모델 내부에 보유하도록 하고 타 체계와의 상호작용은 환경모델과 체계모델과의 일반화된 인터페이스를 정의하여 시뮬레이션 시나리오와 독립적으로 체계모델을 개발하고 시뮬레이션에 추가 가능한 모델 구조를 구현한다.

또한 해군무기체계 모델의 기능적 특성을 분석하고 표준화하여 체계모델, 부체계모델, 알고리즘모델 수준의 재사용성을 확보하였다.

무기체계 요소들의 상세한 식별과 분석관점에 따른 모델의 추상화정도가 식별되어야 사용자의 요구에 부합하고, 조립성이 보장되는 모델들을 구현할 수 있기 때문에 무기체계 모델 개발을 위해서는 M&S 지식뿐 만아니라

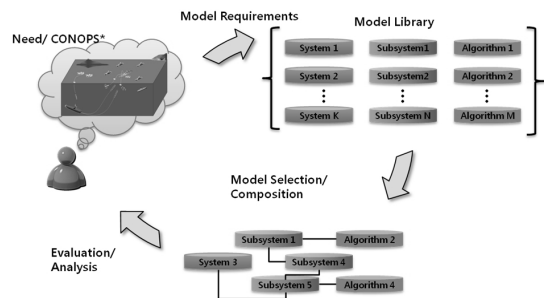


Fig. 1. Concept of QUEST Model Library

무기체계 전장 환경에 관한 전문지식 역시 요구된다. 이러한 문제는 Chang Ho Sung et al.(2010)이 지적한 바 있으며, 이에 대한 해결책으로 무기체계 전문가와 M&S 전문가의 협업방법론을 제안하였다. 객체를 이산사건 수준의 모델과 상세거동모델로 구분하여 전자는 M&S 전문가가 후자는 무기체계 전문가가 구현하는 방식이다. 이와 같은 방식은 효율적인 협업체계를 제공하기도 하지만 객체지향프로그래밍의 상속구조를 이용한 I/O를 통해 다른 종류 또는 다른 해상도의 상세거동 알고리즘을 추가 확장할 수 있게 한다. 본 연구에서는 위 방법론을 적용하여 부체계모델과 알고리즘 모델 계층을 정의하고 각 컴포넌트 전문가가 모델을 구현하였다.

수중교전 시뮬레이션 시나리오는 무기체계의 상태와 그에 따른 운용자의 명령 및 체계 운용로직으로 묘사될 수 있으며 이러한 일련의 명령 체계와 로직은 이산사건 시스템 특징을 가지므로 QUEST 모델 라이브러리는 DEVS (Discrete Event System Specification) 형식론(Zeigler et al., 2000)을 적용한 시뮬레이션 엔진 기반에서 개발되었다.

본 연구에서는 2장에서 모델의 기능 및 주요 응용영역에 대하여 기술하고 3장에서는 모델 개발 요구사항 충족을 위하여 임무공간 분석 및 그에 따른 모델구조의 정립과 모델 컴포넌트 설계 내용에 대하여 설명한다. 4장에서 모델 라이브러리를 이용한 시뮬레이션 응용사례에 대하여 기술하고 5장에서 요약 및 향후 연구계획을 기술한다.

2. 모델의 기능 및 활용영역

QUEST 모델라이브러리는 국방과학연구소 내의 해군 무기체계 모델 및 시뮬레이션 개발 지원을 위한 표준모델을 제공하며 Terence Robinson (2001)의 연구와 같은 응용이 가능하다. 현재 개발단계에서는 해군무기체계 M&S에 관련된 모든 요구를 충족시키는 모델을 개발하는 것은 불가능하기 때문에 기존의 해상 및 수중교전 시뮬레이션 요구에 한정하여 필수적인 모델을 개발하였으며, 개발된 모델을 활용하여 기본적으로 체계성능 분석 및 다수의 해군무기체계간의 교전효과도 분석이 가능하다.

현재 QUEST 모델라이브러리로 분석이 가능한 시뮬레이션 응용 영역은 다음과 같다.

- 어뢰체계 호밍 및 유도 알고리즘 연구
- 어뢰체계 운용전술 개발
- 어뢰 음향 대항체계 성능 분석 및 운용전술 연구

- 대잠전 탐색 전술 연구
- UUV(Underwater Unmanned Vehicle)체계 성능 및 운용전술 연구

QUEST 모델라이브러리를 이용하여 플랫폼의 기동, 탐색, 무장발사, 통신 등의 기능 구현이 가능하고 어뢰체계의 기동, 탐지, 추적 및 내부 호밍 및 외부 유도 시뮬레이션이 가능하다. 또한, 플랫폼 및 무장의 음향신호 탐지, 충돌 및 탄두 폭발에 의한 취약성 평가 기능이 구현되어 있으며, 소나의 각 빔에 수신되는 다수의 개체로부터의 음향신호의 상호작용을 가정 없이 상세하게 시뮬레이션 가능한 소나와 환경 모델을 제공한다.

3. 모델 설계

3.1 임무공간(mission space)

임무공간은 시뮬레이션 요소들과 관련 프로세스에 대한 표현으로서 Fig. 2에 개념도를 나타내었다. 수중교전 시뮬레이션에 참여하는 전투개체는 수상함, 잠수함, 어뢰, 음향기만기, 항공기 등이며 해양음향환경에서의 무기체계 음향방사, 수중음향 신호 전파와 감쇄, 소나체계의 표적 탐지 및 식별과 무장의 발사/유도 그리고 무기체계의 충돌/피해 평가 등의 모델링 요소로 구성된다.

이러한 시뮬레이션 요소와 요소들과의 관계는 Fig. 3과 같이 단순화 할 수 있다. 전술, 체계 구성부, 환경으로 시뮬레이션 요소를 구분하고 무기체계와 환경과의 관계, 체계 구성부와 전술과의 관계를 일반화하여 임무공간을 단순한 형태로 정형화 할 수 있다. 본 연구에서는 이러한 임무공간에 대한 단순화 개념을 바탕으로 모든 체계모델의 조립 방식을 일반화 하고 사용자에게 기능적으로 잘 정의된 시뮬레이션 요소를 재사용 가능한 컴포넌트로 제

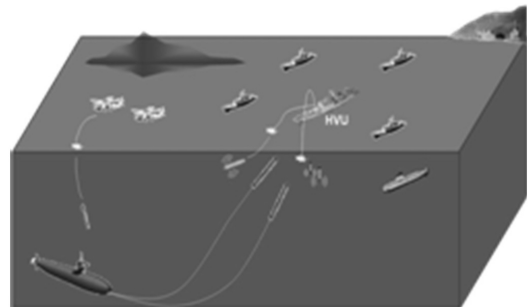


Fig. 2. Mission space

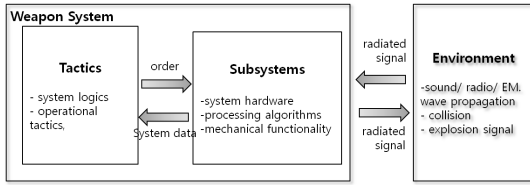


Fig. 3. Abstraction concept of mission space

공하는 모델 라이브러리를 개발하였다.

3.2 모델 구조

본 절에서는 서론에서 언급한 환경/체계/부체계/알고리즘 수준의 모델 재사용 요구와 3.1절의 임무공간 분석 내용을 바탕으로 어떠한 모델구조를 정의하였으며 각 모델 간의 인터페이스를 정의하였는지를 설명하고 주요 모델인 기동과 센서 및 음향신호 모델링에 관하여 설명한다.

재사용 가능한 컴포넌트 조립방식의 시뮬레이션 구성을 위하여 시뮬레이션 요소를 환경, 전투개체(체계)로, 전투개체는 전술모델과 물리모델(부체계)로 구분한다. 환경은 전투개체와의 물리적 상호작용을 정의하는 제반 정보와 알고리즘을 포함한다. 전투개체는 독립적인 무기체계로서 체계로직 및 운용자 로직으로 구성된 전술모델과 무기체계의 기계적 기능 및 물리적 특성을 표현하는 물리모델로 구분한다. 시뮬레이션 시나리오에 의존적인 전술모델의 경우 물리모델과의 인터페이스를 설계하고 명시적으로 구분함으로써 물리모델을 재사용하여 분석 요구에 적합한 다양한 시뮬레이션을 구성할 수 있다.

물리모델은 전투개체의 각 구성부의 기능 부체계 모델로 표준화 하였다. 따라서 전투개체의 성능은 모델 조립 단계에서 선택된 부체계 모델과 모델의 속성 파라미터로 정의된다. 표준 물리 부체계 모델은 표적관리, 수동소나, 능동소나, 기동, 발사대, 통신, 취약성, 탄두, 형상, 근접센서, 반향신호, 단순세서의 12가지로 구성된다. Fig. 4에 전투개체 모델구조를 나타내었다. 물리모델은 내부 기능요소인 운동방정식 계산, 센서신호처리 계산 등의 알고리즘 모델들을 포함한다.

QUEST 모델 라이브러리 구성 개념에서 전술모델은 물리모델로의 명령을 출력포트로 갖는 임의의 DEVS 원자 모델 또는 결합모델로 구분된다. 물리모델에서 생성된 체계 상태 정보는 데이터 노드(Data Nodes)에 저장되고 전술모델은 체계 상태를 참조하여 플랫폼 기동 및 센서 제어 등의 플랫폼 운용자 관점의 명령을 물리모델로 전송한다. Fig. 5에 체계모델과 물리모델 사이의 정보 흐름도,

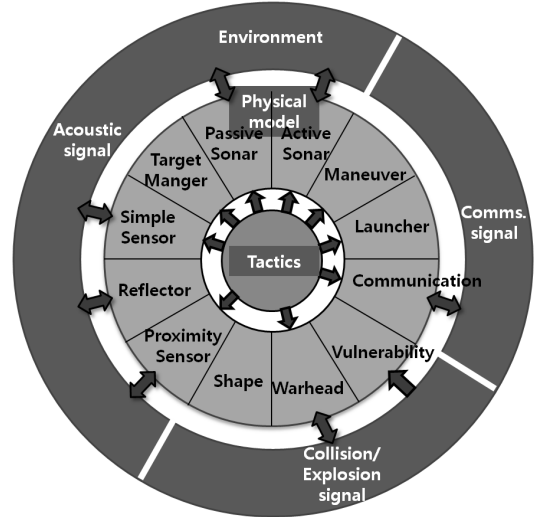


Fig. 4. Model structure

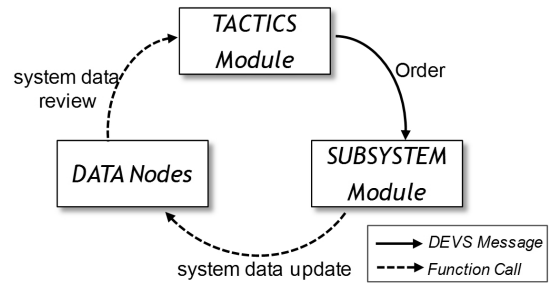


Fig. 5. Information flow between tactics and subsystem

Table 1에 데이터 노드에 저장되는 체계상태 정보, Table 2에 전술모델에서 물리모델로의 명령 인터페이스를 각각 나타내었다. 위 정의된 상태정보와 명령은 사용자에게 시나리오 구성의 제약 조건인 동시에 시나리오 구현에 대한 가이드를 제공한다. 전술모델은 개발하고자하는 시뮬레이션에 매우 의존적이므로 수많은 시뮬레이션 시나리오를 추정하여 모델라이브러리에 전술모델을 정형화하는 것은 불가능하다. 다만, 유도 어뢰의 외부유도 로직, 음향호밍 로직 등은 전술모델로 구분됨에도 체계 성능에 큰 영향을 미치는 요소이며 모델의 구현 시 관련전문가의 지식이 많이 요구된다. 따라서 QUEST 모델라이브러리는 전형적인 어뢰의 내부 및 외부 유도로직 컴포넌트를 전술 부체계모델로서 제공하며, 그 외 어뢰 음향 기반기 운용로직, 플랫폼의 회피 기동로직, 무장 발사로직 등 대표적인 전술모델 템플릿을 포함한다.

환경모델은 임무환경과 전투개체간의 음향신호, 충돌

Table 1. System data nodes

Data	Model
platform_status	vulnerability
endurance_level	thrust energy
proximity	proximity sensor
contacts_info	simple sensor
target_valid	target manager-data fusion
target_azimuth	
target_elevation	
target_range	
target_speed	
jammer_present	
jammer_azimuth	
jammer_overrun	
jammer_level	
x_coord	motion
y_coord	
z_coord	
roll	
pitch	
yaw	
speed	
acceleration	
sensors_attitude	sonar
reflectors_attitude	reflector

신호, 폭발신호, 통신신호 송신/전파의 모의기능을 갖는다. 전투개체는 오직 환경모델과만 정보를 주고받으며 SW 구현수준에서 타 전투개체와 직접적인 정보교환은 배제하였다.

이는 임무공간 분석에서 알 수 있듯이 실세계의 메커니즘을 그대로 반영한 설계이며 체계 모델사이의 상호작용을 정의하기위한 불필요한 가정 및 체계모델간의 입출력포트 생성을 피할 수 있다. 시뮬레이션 구성 시 실세계 현상에 위배되는 체계 모델사이의 인위적인 가정이 없기 때문에 새로운 시뮬레이션을 구현할 때 각 환경에 대한 지식이 없는 사용자이더라도 이미 정의된 인터페이스 (Table 3)를 이용하여 무기체계간의 상호작용을 올바르게 모델링할 수 있다. 또한, 시뮬레이션 개발의 복잡도를 감소시킨다. 환경과 전투개체와의 인터페이스는 자연현상에 대한 모델로써 시나리오에 따라 변하지 않으므로 각 물리부체계모델을 선택하고 조립함으로써 자연스럽게 체계모

Table 2. Orders from tactics model to physical models

Data	Model
simple_sensor_mode	Data
simple_sensor_on/off	
sonar_on/off	passive/ active sonar
beamset_number	
integration_time	
sensor_channel_name	
contact_former_name	
pulse_length	
mute_time	
pulse_frequency	proximity sensor
proximity_on/off	
target_manager_on/off	target manager
launch_offset	launcher
launch_course	
launch_speed	
launch_depth	
launch_init_roll	
launch_init_pitch	
launch_init_yaw	motion
cmd_speed	
cmd_course	
cmd_depth	
cmd_yaw_rate	
cmd_pitch_rate	warhead
detonate	
comms_msg	communication

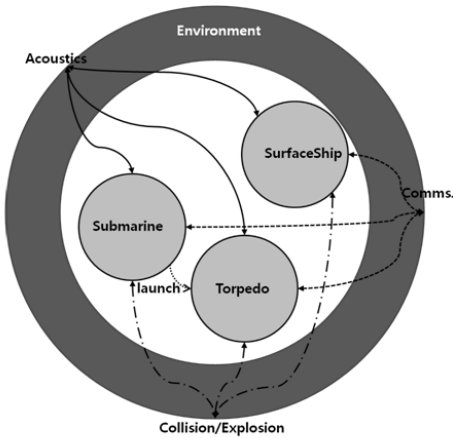
델과 환경모델이 결합된다.

따라서 전투개체 단위의 모델 재사용성을 보장하고 전투개체의 추가/제거 등 시나리오 변경이 매우 용이하다. 즉, 잠수함 모델은 다른 체계모델인 수상함 어뢰 모델 등으로 바로 쉽게 변경 가능하고 잠수함 수동소나 모델은 수상함의 수동소나 모델과 교환 가능하다. 그리고 임의의 전투개체 모델들은 서로 다른 개발자에 의해서 각각 독립적으로 개발/관리되고 필요시 용이하게 결합 가능한 장점이 있다.

Fig. 6에 환경모델의 기능과 체계모델과 환경모델과의 조립 개념을 나타내었다. 잠수함, 수상함, 어뢰 체계 모델은 환경모델과만 정보를 교환하며 발사 이벤트의 경우만 발사대 모델에서 체계모델로 전송된다. 환경모델은 해양

Table 3. Interface between environment and system

Data	Related model	
exp_intensity	warhead	
exp_pos.		
simple_sensor_request	simple sensor	
simple_sensor_rn		
simple_sensor_ts		
frequency		
signal_type	sonar	
signal_creator_name		
creator_position		
creator_velocity		
creator_orientation		
band_power		
loss		
transmit_time		
pulse_length		
sig_directionality		
comms_msg		communication
comms_frequency		



Functions of Environment

- Evaluation of underwater background noise & reverberation
- Propagation of acoustic signal
- Propagation of radio communication signal
- Propagation of explosion signal
- Collision assessment

Fig. 6. Functions of environment model

음향환경을 모의하는 음향환경 모델과 충돌평가 모델, 폭

발신호 모델, 통신신호 모델로 구성된다. 음향환경 모델은 체계간의 음향신호 송수신을 모의한다. 센서 수신 시 전달손실, 해양 배경소음, 해수면과 해저면에 의한 잔향음(reverberation)을 계산한다. 현재 개발단계에서는 직선 방향의 음선 전파경로와 단순한 구형 전파손실을 가정하고 주파수 변화에 따른 흡음계수 데이터를 이용하여 전달 손실량을 계산한다.

통신신호 모델은 아함 세력 사이의 무선통신을 모의한다. 충돌 모델 및 폭발신호 모델은 탄두 물리모델과 취약성 물리모델간의 관계를 모의한다. 충돌이 발생하면 충돌 메시지는 환경모델을 통해 모든 탄두 모델과 취약성 모델로 전파된다. 탄두 부체계에서 발생된 폭발신호는 동일하게 환경모델을 통해 시뮬레이션에 포함된 모든 취약성 모델로 전파된다. 탄두는 충돌신호를 수신하는 경우와 탄두 전술모델에서 폭발 명령을 받는 경우에 폭발신호를 발생시킨다. 탄두 모델을 포함하지 않는 체계모델은 폭발신호를 발생시키지 않으며, 취약성 모델을 포함하지 않은 체계 모델은 폭발 및 충돌 이벤트에 영향 받지 않는다.

3.3 주요 물리모델 설명

3.3.1 기동

기동모델은 운동(kinematics), 추진에너지(ThrustEnergy), 형상(Shape), 수중방사소음(RadiatedNoise)의 네 가지 알고리즘 모델을 포함한다. Fig. 7에 기동모델 구조를 나타내었다. 운동은 무기체계의 위치와 운동을 모의하고, 추진 에너지는 무기체계의 추진 에너지량 및 소모율 모의한다. 형상은 무기체계의 물리적 크기를 모의하며 환경모델에서 충돌평가 시 사용된다. 수중방사소음은 무기체계의 엔진과 기어 등의 기계류 및 추진 스크류 작동에 의한 방사소음을 모의한다.

무기체계의 운동 모델은 두 가지 신뢰도 수준에서 모델링하였다. 가장 단순한 질점 운동모델과 무장(어뢰)의 운동 모의에 적합한 무장 기동모델로 구성된다. 무장 기동모델은 일반적인 6자유도 운동을 구성하는 전후동요(surge), 좌우동요(sway), 상하동요(heave), 선수동요(yaw motion), 종동요(pitch motion), 횡동요(roll motion)중 좌우동요와 상하동요 성분을 제거한 모델이다. 기동모델은 기본적으로 DEVS 모델로 구현하였으나 기동모델 내부에 포함되는 알고리즘 모델은 상태와 상태전이 이벤트로 모의되는 DEVS 방식으로 구현하는 것은 불필요하며, 객체지향 프로그래밍의 상속구조를 이용하여 알고리즘 모델의 재사용성을 향상시켰다.

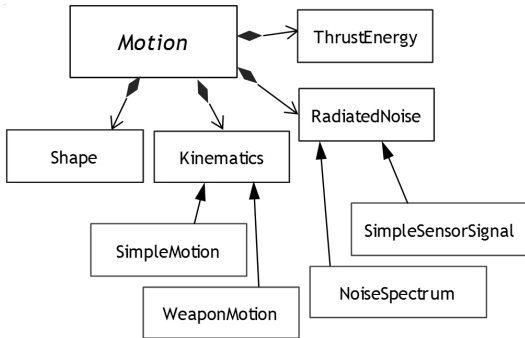


Fig. 7. Class diagram of motion model

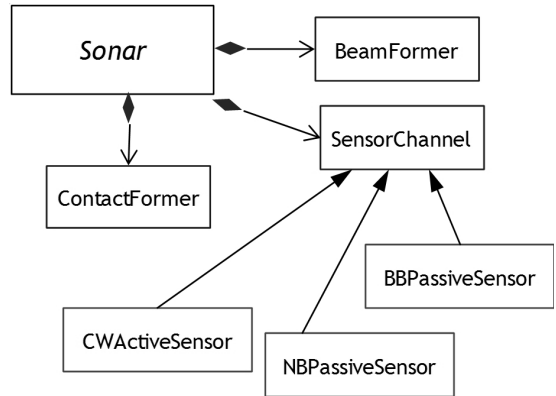


Fig. 8. Class diagram of sonar model

3.3.2 센서 및 음향신호

해군무기체계의 교전은 근본적으로 음향신호의 방사 및 탐지로 시작되며 탐지특성이 교전 결과에 중요한 영향을 미치기 때문에 음향 탐지모델은 수중교전 시뮬레이션의 가장 중요한 모델링 요소이다. 음향신호 탐지모델은 단순센서와 소나(수동소나/능동소나)의 두 가지 신뢰도 수준으로 모델링하였다. 단순센서는 탐지거리, 수평 탐지 범위, 수직 탐지범위 속성을 갖으며 각 무기체계의 탐지 여부를 모의한다. 소나는 보다 일반적인 상세한 음탐 모의를 위한 모델로서 빔포머(BeamFormer), 센서채널(SensorChannel), 접촉생성(ContactFormer) 알고리즘 모델로 구성된다. Fig. 8에 소나모델 구조를 나타내었다. 소나 역시 DEVS 원자모델로 구현하였으나 기동모델과 유사하게 빔포머 등 내 내부 알고리즘 모델은 객체지향 프로그래밍의 상속구조를 이용하여 코드를 재사용하게 하였다. 빔포머는 소나의 빔 패턴을 모의하고, 센서채널은 수신된 음향신호의 수동 광대역, 협대역 및 능동소나 프로세싱을 소나방정식을 이용하여 모의한다. 접촉생성은 각 빔에 수신된 신호 수준으로부터 표적 방위 등의 접촉 정보를 생성한다. 단순센서와 소나모델의 가장 큰 차이점은 전자는 표적 단위로 탐지여부를 판단하고 후자는 각 빔에 수신된 음향신호 정보만을 사용하여 탐지여부를 판단한다. 따라서 소나모델은 표적, 음향기만기, 재머 등 여러 음향 신호가 존재할 경우에 신호간섭 등 복잡한 음향 환경에서의 신뢰도 높은 모의가 가능하고, 빔의 개수, 운용주파수에 따른 빔응답 설계가 체계 성능에 미치는 영향에 대한 분석이 가능하다.

Fig. 9에 음향신호의 흐름도를 나타내었다. 플랫폼은 기동변화 시 수중방사소음 모델(RadiatedNoise)에서 방사소음 신호를 생성하고, 음향신호의 입사 이벤트 시 반

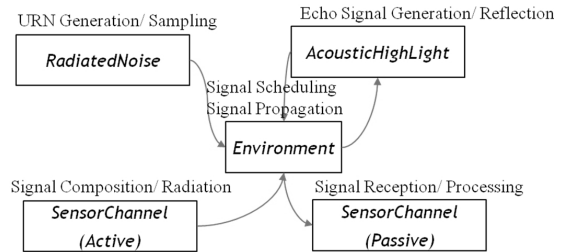


Fig. 9. Acoustic signal flow

향신호 모델(AcousticHighLight)에서 반사 음향신호를 생성하며, 능동 센서채널 모델(Active SensorChannel)에서 능동 펄스 신호를 생성한다. 생성된 신호는 환경모델로 전달되고 환경모델에서는 수신된 음향신호를 소나모델과 반향신호 부체계 모델로 전송한다. 이때 환경모델은 각 신호와 시뮬레이션에 존재하는 소나 및 반향신호 부체계 모델의 위치 및 자세 정보를 이용하여 신호도착 시간을 스케줄한다.

수동 센서채널(Passive SensorChannel) 모델은 환경모델에서 전송된 신호를 수신하고 적분시간(Integration time)내에서 샘플링된 신호세기(Signal Intensity)를 계산한다. 수신된 음향신호를 이용하여 탐제된 센서채널의 알고리즘에 따라 각 빔별 신호초과(Signal Excess) 값을 계산하고 접촉생성기에서 접촉 방위, 거리 등 정보를 생성하여 표적관리 모델로 전송한다.

4. 시뮬레이션 응용 사례

본 절에서는 QUEST 모델라이브러리를 이용한 잠수함, 수상함, 어뢰, 음향기만기가 참여하는 음향 어뢰 대항

전술 분석 목적의 수중교전 시뮬레이션 개발 사례를 기술한다. 잠수함에서 잠수함을 탐지하고 어뢰를 발사하며, 잠수함은 어뢰를 탐지 및 경보하고 음향기만기를 운용하여 어뢰의 소나를 기만하고 회피 기동하는 시나리오이다.

Fig. 10은 QUEST 통합개발환경 UI를 이용한 모델 및 시뮬레이션 구성 과정을 나타낸다. 체계모델은 모델 라이브러리의 물리 부체계모델 중 필요한 기능의 모델만 선택하여 조립된다. 예를 들어, 잠수함은 능동음향 탐색 하지 않는 시나리오이므로 능동소나 부체계는 포함하지 않고 음향 기만기와 수상함은 타 체계와 충돌하지 않으므로 형상모델은 추가하지 않는다.

Fig. 11은 잠수함이 어뢰대향전술을 사용하여 어뢰를 회피하는 시뮬레이션 결과를 SIMDIS를 이용하여 전시한다. 수상함에서 발사된 어뢰는 표적을 탐지하면(①) 고속으로 표적을 추적한다. 어뢰의 음향신호를 탐지한 잠수함

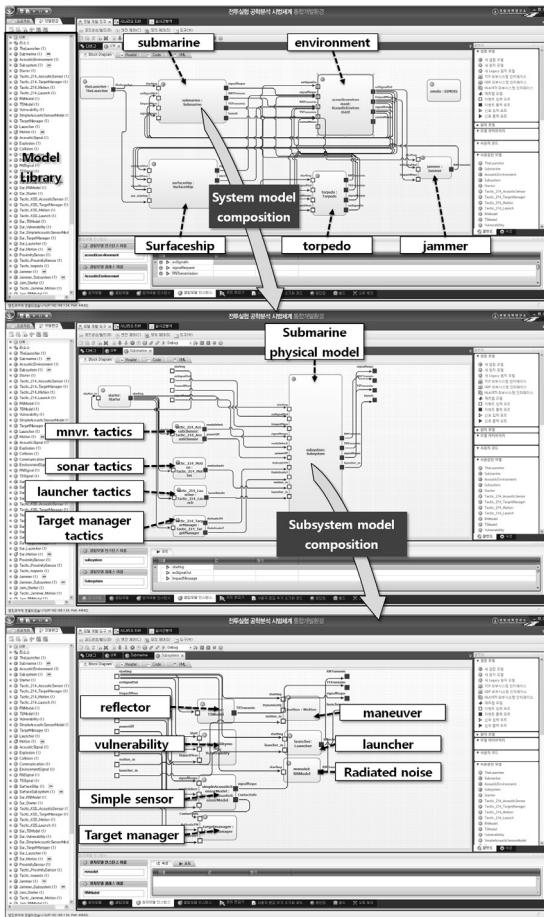


Fig. 10. QUEST UI and model composition

은 어뢰경보 방위/거리 정보에 따라, 회피기동과 기만기 발사로 구성된 어뢰대향전술을 사용한다. 어뢰는 부유식 기만기의 기만신호에 의해 기만되고(②), 재탐색과정에서 자항식기만기를 탐지 및 추적하게 된다(③, ④). 결과적으로 어뢰소나는 잠수함 음향신호를 접촉 못하고 추진에너지를 모두 소모한다.

5. 결론

QUEST 모델 라이브러리는 국방과학연구소 해양무기 체계 교전효과도 및 체계 성능 분석 M&S 요구를 충족시키기 위한 모델로 개발되었으며 향후 요구되는 모델의 추가 및 확장이 용이하다. QUEST 모델 라이브러리를 이용하여 과거에 필요에 따라 개별적으로 개발되고 운용되었던 기존의 분석모델을 통합하여 하나의 모델링 및 시뮬레이션 환경에서 운용 가능하다. 그리고 체계, 부체계, 알고리즘 수준의 표준화된 모델과 시뮬레이션 구조를 제공하여 손쉽고 일관된 방식으로 다양한 분석 목적 및 시나리오의 시뮬레이션을 효율적으로 개발할 수 있다.

QUEST 모델 라이브러리는 잠수함 탑재되는 음향어뢰 대향체계 운용전술분석, 소나체계 탐색전술 연구, 선유도 중어뢰 전술 분석, 잠수함 효과도 분석SW개발에 이용되고 있다. 또한 QUEST 모델 라이브러리는 단독 구성모의 분석 뿐 아니라 실제계 장비와 연동하여 체계성능 분석을 위한 시뮬레이션 시나리오 생성기로 사용할 수 있다. 현재 어뢰 소나와 항적 센서 모의 장비를 제작하여 관련 연동기능을 확인하는 시험을 수행하였고 향후 실제계 장비의 연동분석 요구 시 관련 연구를 수행할 예정이다. 그리고 높은 신뢰도의 음탐환경모델 및 잠수함기동 모의를 위

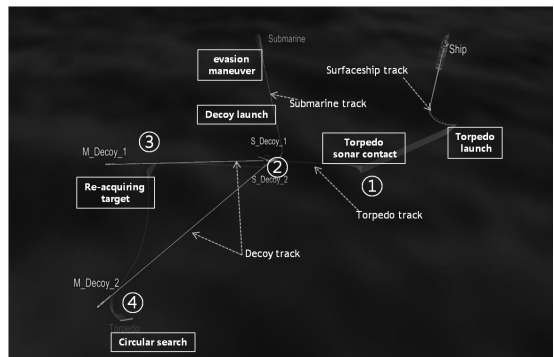


Fig. 11. Application example on the torpedo and acoustic countermeasure simulation

한 6자유도 운동모델 등 향후 요구되는 시뮬레이션 모델들을 QUEST 모델 라이브러리에 지속적으로 추가할 예정이다.

References

1. Kim, D.H., Shin, J.H. and Kim, C.K., "On the Development of the Authoritative Representations of Submarine for Engagement Level Simulation", Journal of the Korea Society for Simulation, Vol. 16, No. 4, pp. 1-12, 2007.
2. Shin, J.H., "On the Development of Authoritative Representations of Torpedo Systems for Engagement Level Simulation", Vol. 16, No. 3, pp. 19-28, 2007.
3. Lee, M.K., "Simulation Software for Anti-Submarine Warfare Analysis of Surface Ship", Technical Report of Agency for Defense Development(ADDR-517-100481), 2007.
4. Park, J.K., "A Study of the development of Simulation S/W for the Submarine Operational Effectiveness Analysis on the submarine warfare", Technical Report of Agency for Defense Development(NSDC-509-021117), 2002.
5. Kim, C.K. and Lee, S.Y., "Analysis of Effectiveness for Circle Search or Helical Search of Lightweight Torpedo", Technical Report of Agency for Defense Development (NSDC-519-010002), 2001.
6. Kim, T.K. and Lee, S.Y., "System Operational Performance Analysis Method for the Next Generation Torpedo", Technical Report of Agency for Defense Development (ADDR-416-121000), 2012.
7. Sung, C.H., Moon, I.C. and Kim, T.G., "Collaborative Work in Domain-Specific Discrete Event Simulation Software Development: Fleet Anti-air Defense Simulation Software", 2010 Workshops on Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises, pp. 160-165, 2010.
8. Stephen Kasputis, Henry C. Ng "Composable Simulations", Proceedings of the 2000 Winter Simulation Conference, 2000.
9. Zeigler, B.P., Kim, T.G. and Praehofer, H., "Theory of modeling and simulation, 2nd Ed., Academic Press, Inc.
10. Terence Robinson (2001), "ODIN-An Underwater Warfare Simulation Environment", Proceedings of the 2001 WinterSim, pp. 672-679, 2000.



한 승 진 (sjhan@add.re.kr)

1999 한국과학기술원 항공우주공학과 학사
 2001 한국과학기술원 항공우주공학과 석사
 2001~현재 국방과학연구소 제6기술연구본부 선임연구원

관심분야 : 국방 모델링&시뮬레이션, 수중음향 스텔스



이 민 규 (messin@add.re.kr)

2006 경북대학교 전자전기공학부 학사
 2008 한국과학기술원 전기및전자공학과 석사
 2008~현재 국방과학연구소 제6기술연구본부 선임연구원

관심분야 : 국방 모델링&시뮬레이션