

수중운동체 성능 분석을 위한 모델링 및 시뮬레이션 기술

이규열, 하 솔 (서울대학교)
 지승도 (한국항공대학교), 김명희 (이화여자대학교),
 노명일 (울산대학교), 차주환 (목포대학교),
 나영인 (국방과학연구소)

1. 서론

최근 선진국에서는 잠수함 등과 같은 수중운동체 개발에 소요되는 기간, 예산 및 개발 위험성 등을 감소시키기 위해 건조 전에 미리 설계안을 검토하고 설계안의 성능을 분석/검증/평가할 수 있는 모델링 및 시뮬레이션 (Modeling & Simulation) 기법을 적용하고 있다. 현재 국내에서는 선진국으로부터 기술을 도입하여 1,800톤급 중형 디젤 잠수함을 건조하고 있는 단계이다. 잠수함을 국내 순수 기술로 건조하기 위해서는 수중운동체의 각 체계별 기능과 타 시스템과의 연동, 그리고 운동체 전체에 미치는 영향 등을 설계 단계에서 검증/평가하는 것이 필수적이다. 특히 잠수함과 같은 수중운동체의 설계 기준 및 기술은 공개가 제한되어 있고, 새로운 체계를 탑재할 경우 전체적인 합성 성능에 미치는 영향을 정확히 예측하기 어려우므로, 설계 및 건조에 많은 시행착오를 겪게 된다. 이러한 시행착오로부터 오는 개발의 위험성을 최소화하고, 최적 설계를 수행하기 위해서는 수중운동체의 모델링 및 시뮬레이션 기술이 매우 중요하다.

잠수함, 어뢰와 같은 군사 목적의 수중운동체를 효과적으로 개발하기 위해서는 개발 초기 단계부터 군 요구 사항이나 임무 수행 능력을 분석하여 군 요구 사항의 적절성을 검토하고 개략 설계 사양을 도출해야 한다. 개발할 수중운동체의 능력과 운용 전술에 대한 시험 평가를 모의하기 위해서는 임무 및 전술에 대한 수중운동체의 수행 능력을 측정하는 효과도 분석(MOE; Measures of Effectiveness)이나 성능 분석(MOP; Measures of Performance)이 필요하다. 다양한 설계 대안으로부터 개략 설계 사양을 도출하기 위해 군 요구 분석이나 체계 효과도 분석은 설계 초기 단계에서부터 수행되어야 한다. 그러나 개발 시 시간과 비용의 제약으로 인해 시제품을 제작하여 기능을 확인하고 성능을 검증하기에는 어려움이 많다. 따라서 효과도를 분석하거나 개략 설계 사양을 도출하기 위해 컴퓨터와 같은 가상 환경에서 실제 세계와 유사한 기능을 수행하는 가상의 수중운동체를 모델링 하고 이를 이용하여 시뮬레이션을 진행한다.

현재 국방과학연구소를 비롯한 육해공군 관련 연구소에서는 수중운동체의 효과도 및 성능 분석을 위한 군용 시뮬레이터를 개발하여 시험 단계에 있으며, 이미 널리 사용되고 있는

시뮬레이터도 상당수 존재한다. 본 글에서는 수중운동체 특화 연구센터 제1실의 제1과제에서 연구 중인 수중운동체의 성능 분석을 위한 모델링 및 시뮬레이션 기술에 대해 소개하고자 한다.

2. 모델링 및 시뮬레이션

2.1 모델

모델은 실제 세계의 대상을 목적에 따라 추상화 한 개념을 말하는 것으로 사용 목적에 따라 그 특성이 달라진다. 잠수함을 대상으로 모델을 구성하는 예를 생각해보자. 잠수함의 동적인 운동을 고려할 때는 미분 방정식 기반의 6자유도 운동 방정식을 이용하여 잠수함의 동역학 모델을 구성한다. 반면 잠수함의 구조적인 안정성을 검증하기 위해서는 구조적인 해석에 적합한 CAE(Computer-Aided Engineering) 모델을 구성하여 사용한다.

2.2 시뮬레이션 모델

시뮬레이션이란 실제 세계에서 발생하는 현상을 모사하여 성능을 예측하는 모의실험을 뜻한다. 특히 컴퓨터를 이용하여 모의실험을 할 때는 이를 컴퓨터 시뮬레이션이라고 한다. 시뮬레이션을 수행하기 위해서는 실제 세계에서 동작하는 대상을 합리적으로 모사한 시뮬레이션 모델을 구성해야 한다.

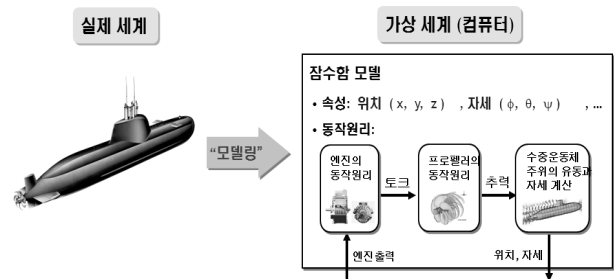


그림 1. 잠수함 시뮬레이션 모델의 생성 예시

시뮬레이션 모델은 실제 세계의 대상을 합리적인 가정을 통하여 가상 세계인 컴퓨터 내에서 유사하게 동작할 수 있도록

모사한 것으로 속성과 동작 원리로 표현된다. 잠수함의 시뮬레이션 모델을 예로 들어 보자. 잠수함의 속성은 형상, 크기, 위치를 나타내는 3차원 좌표, 자세를 나타내는 3가지 각도 등 여러 가지가 존재한다. 동작 원리로는 크게 엔진의 작동 원리, 엔진에 연결된 프로펠러의 추력 생성 원리, 잠수함의 형상과 주위의 유체와의 상호 작용 결과로 자세를 결정하는 원리 등이 있다. 그리고 잠수함 시뮬레이션 모델의 입력정보로는 엔진의 출력값 등이 있으며, 이로부터 최종적으로 잠수함의 위치, 자세 등의 결과를 얻을 수 있다.

2.3 시뮬레이션 엔진

속성과 동작 원리를 정의하는 시뮬레이션 모델만으로는 성능을 예측하는 모의실험, 즉 시뮬레이션을 수행할 수 없다. 시간의 흐름에 따라서 시뮬레이션 모델에 입력정보를 주고 정해진 순서에 따라서 동작 원리를 실행시킴으로써 시뮬레이션 결과를 얻어내는 부분이 필요한데 이를 일반적으로 시뮬레이션 엔진이라고 한다. 시뮬레이션에 따라서는 시뮬레이션 엔진을 시뮬레이션 모델 속에 포함하는 경우도 있지만, 시뮬레이션 엔진은 시뮬레이션 모델의 종류와는 상관없이 구현이 가능한 부분이므로 아래 그림과 같이 시뮬레이션 모델과 분리되는 것이 일반적인 구성이며 더 효율적이다.

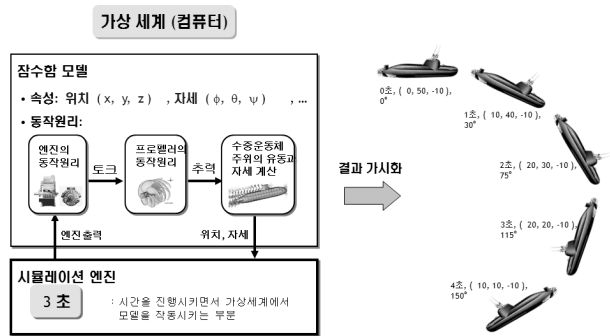


그림 2. 시뮬레이션 엔진의 개념

3. 수중운동체 성능 분석을 위한 모델링 및 시뮬레이션 기술

수중운동체 특화연구센터 제1실의 제1과제에서는 그림 3과 같은 구성의 수중운동체의 성능 분석을 위한 모델링 및 시뮬레이션 기술을 연구하고 있다. 각각의 기술은 수중운동체를 모델링하고 시나리오에 따라 시뮬레이션을 수행하기 위해 다음과 같은 역할을 수행한다.

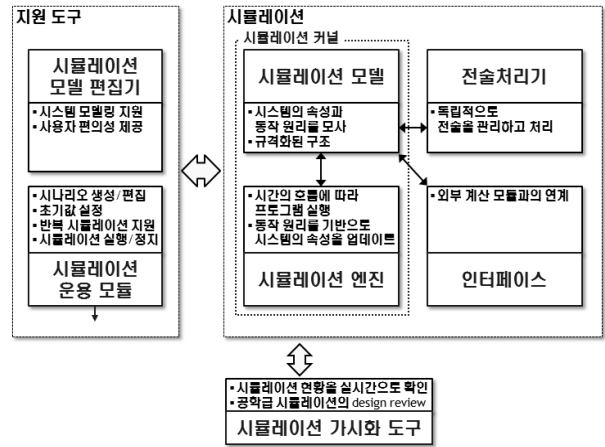


그림 3. 수중운동체의 성능 분석을 위한 모델링 및 시뮬레이션 기술

- ① 시뮬레이션 모델: 시뮬레이션의 대상이 되는 시스템의 속성과 동작 원리를 모사한 것으로 규격화된 구조를 기반으로 함
- ② 시뮬레이션 엔진: 시간의 흐름에 따라 프로그램을 실행하면서 시뮬레이션 모델을 동작시킴. 시뮬레이션 모델의 동작 원리를 기반으로 모델의 속성을 매 시간마다 갱신함
- ③ 전술처리기: 독립적으로 전술을 관리하고 처리
- ④ 외부 인터페이스: 외부 계산 모듈과의 연계 기능 담당
- ⑤ 시뮬레이션 모델 편집기: 시스템의 모델링 과정을 지원하며 GUI 기반의 사용자 편의성을 제공
- ⑥ 시뮬레이션 운용 모듈: 시나리오 생성 및 편집, 초기값 설정 및 반복 시뮬레이션 기능 지원, 시뮬레이션의 실행/종료 기능을 담당
- ⑦ 시뮬레이션 가시화 도구: 시뮬레이션 현황을 실시간으로 확인할 수 있도록 가시화, 공학급 시뮬레이션의 design review 기능 제공

각 기술에 대한 상세한 설명은 다음과 같다.

3.1 시뮬레이션 커널 (모델과 엔진)

1) 시뮬레이션 모델: System Entity Structure와 Model Base를 이용한 시스템의 구조적 설계

Zeigler 등(2000)은 시스템의 구조적인 연결 관계로 표현하는 방법인 System Entity Structure(SES)와 시스템의 동적인 행동을 표현하는 방법인 Model Base(MB)를 제시하였다. 시뮬레이션 모델은 MB에서 표현된 동적 행동 객체와 SES에서 표현된 구조적 연결 관계를 상호 결합하여 자동으로 생성될 수 있다.

① System Entity Structure (SES)

그림 4는 잠수함의 대수상함 교전 시뮬레이션을 구조적 연결 관계로 표현한 예이다. 시뮬레이션을 구성하는 항목은 크게 플랫폼 모델들(Platforms), 전투 공간 모델(Battle Space), 그리고 가시화 모델(Visualization)로 나눌 수 있다. 플랫폼 모델들(Platforms)은 다시 잠수함(Submarine), 수상함(Battle Ship), 어뢰(Torpedo)로 나눌 수 있다. SES는 그림 4와 같이 시뮬레이션을 구성하는 시뮬레이션 모델의 구조적인 연결 관계를 tree 형태로 표현한 것을 말한다. SES에서 사용하는 구조적인 표현 방법에는 하나의 객체를 다른 여러 개의 객체를 결합하여 구성하는 것뿐만 아니라 종류를 분류하는 것도 가능하다. MB는 SES를 구성하는 동적 행동 객체들의 집합을 말하는 것으로 그림 4의 예제에서는 Submarine, Battle Ship, Torpedo, Battle Space, Visualization을 포함한 동적 행동 객체의 집합을 의미한다.

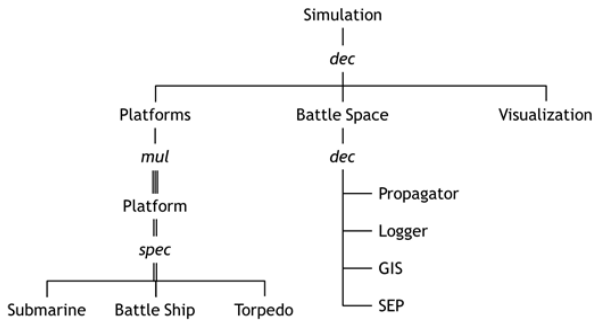


그림 4. 어뢰 발사 시뮬레이션을 System Entity Structure (SES)로 표현한 예시

② Pruned Entity Structure (PES)

SES에 표현되는 여러 가능한 구조 중 하나의 대상 구조를 선택하는 과정을 'pruning' 이라고 한다. 'Pruning' 과정을 통해 도출된 시스템의 구조를 Pruned Entity Structure (PES)라 한다. 예를 들어 그림 4의 SES에서 다음과 같이 시뮬레이션에 필요한 구성 요소를 선택하여 그림 5의 PES를 도출할 수 있다.

- Platforms에서 3개의 Platform을 선택
- Platform에서 Submarine, Battle Ship, Torpedo를 각각 1개씩 선택
- Visualization에서 Open Scene Graph 선택

③ Model Base (MB)

SES와 PES가 시스템의 구조적인 정보와 하위 모델 간의 연관 관계를 표현한다면 MB(Model Base)는 시스템의 동적인

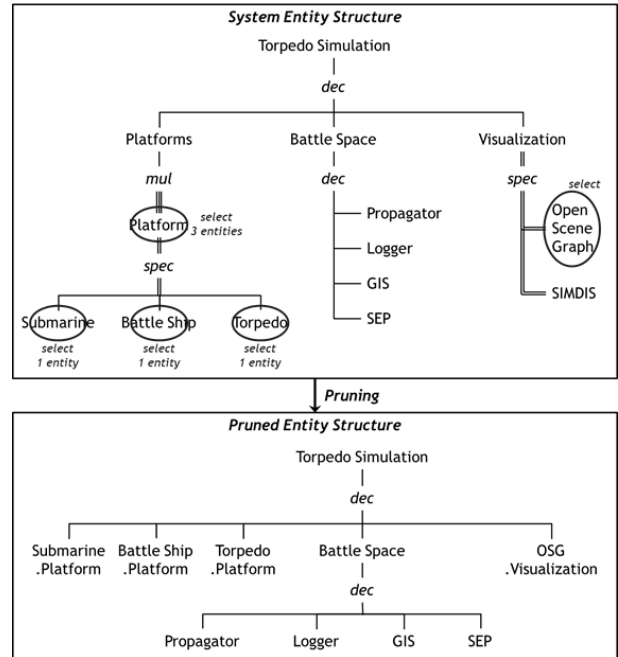
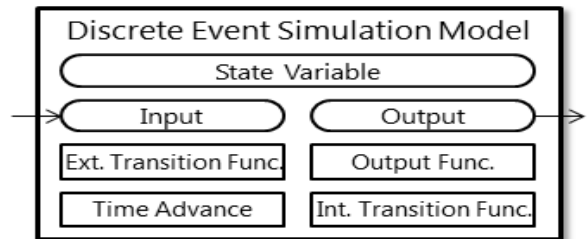


그림 5. 어뢰 발사 시뮬레이션의 System Entity Structure를 이용한 Pruning 과정 예시

1. DEVS(Discrete Event System specification)
:model template for discrete event simulation



2. DTSS(Discrete Time System Specification)
:model template for discrete time simulation

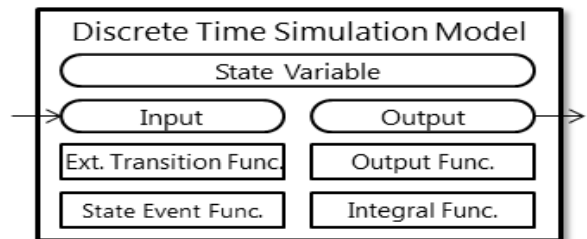


그림 6. 이산 사건 및 이산 시간 시뮬레이션 모델 구조: 단위 모델(atomic model)의 구성 요소

동작을 표현하는 모델의 집합을 말한다. MB에 포함된 각각의 모델들은 SES에서 최하위에 위치한 모델이 동적으로 어떤 행위를 하는지를 표현한다. 각 모델들은 주어진 입력에 따라 내부적으로는 시스템의 상태를 변화시키고, 결과로서 출력을 내

보낸다. MB에 포함된 모델들은 Zeigler 등이 제안한, 이산 사건 시뮬레이션과 이산 시간 시뮬레이션을 효과적으로 구성할 수 있는 규격화된 모델 구조를 기반으로 한다.

그림 6는 Zeigler 등(2000)이 제안한 규격화된 모델 구조 중 단위 모델(atomic model)의 구성 요소를 나타낸다. 단위 모델의 구성 요소는 이산 사건 시뮬레이션과 이산 시간 시뮬레이션에 따라 각각 다음의 7개의 구성 요소를 가진다.

- 이산 사건 시뮬레이션 모델 구조(DEVS)의 구성 요소: 입력, 출력, 상태 변수, 외부 상태 변경 함수, 내부 상태 변경 함수, 출력 함수, 시간 진행 함수
- 이산 시간 시뮬레이션 모델 구조(DTSS)의 구성 요소: 입력, 출력, 상태 변수, 외부 상태 변경 함수, 적분 함수, 상태 사건 발생 함수, 출력 함수

④ System Entity Structure(SES)와 Model Base(MB)를 이용한 시뮬레이션 모델의 생성

그림 7은 SES와 MB를 이용하여 시뮬레이션 모델을 생성하는 과정을 나타낸다. SES는 시스템을 구성하는 각 요소들의 구조적인 연결 관계를 보여준다. MB 내에는 SES에서 최하위 단계에 위치하는 동적 행동 객체들이 단위 모델(atomic model)로 구성되어 있다. 시뮬레이션 모델은 SES와 MB의 합성 결과로서 그림 7과 같이 얻어질 수 있다.

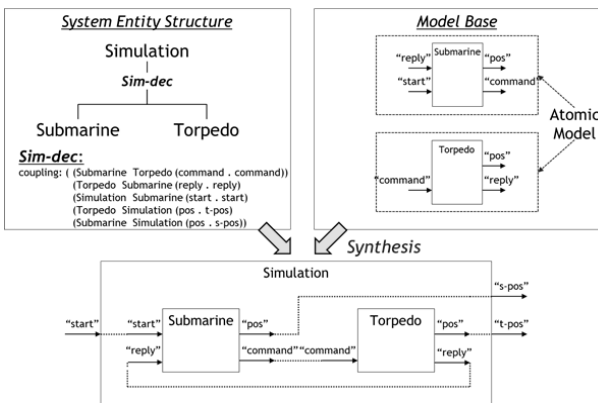


그림 7. System Entity Structure(SES)와 Model Base(MB)를 이용한 시뮬레이션 모델 생성 과정

그림 7에서 볼 수 있듯이 어떤 시스템을 SES를 이용하여 하위 모델의 구조적인 연결 관계로 표현하고, 동적인 행동을 MB를 이용하여 표현한다면, SES와 MB를 결합하여 시스템을 모사하는 시뮬레이션 모델을 생성할 수 있다. SES에서 표현되는 하위 모델 간의 구조적인 관계는 pruning 과정을 통해 다양한 대안을 PES로써 얻을 수 있으며, 이와 MB를 결합하면 다양한 시뮬레이션 모델을 생성할 수 있다.

2) 시뮬레이션 엔진을 이용한 시뮬레이션의 실행

앞서 SES와 MB를 이용하여 구성한 시뮬레이션 모델을 시뮬레이션 시간의 진행에 따라 동작시키기 위해서는 시뮬레이션 엔진이 필요하다. 시뮬레이션 엔진은 각각의 시뮬레이션 모델에 1:1로 연결될 수 있도록 SES를 기반으로 생성된다. 시뮬레이션 엔진은 시뮬레이션 시간을 진행시키고, 시뮬레이션 모델 간의 메시지 교환을 지원하면서, 시간 변화에 따라 시뮬레이션 모델의 상태를 변화시킨다.

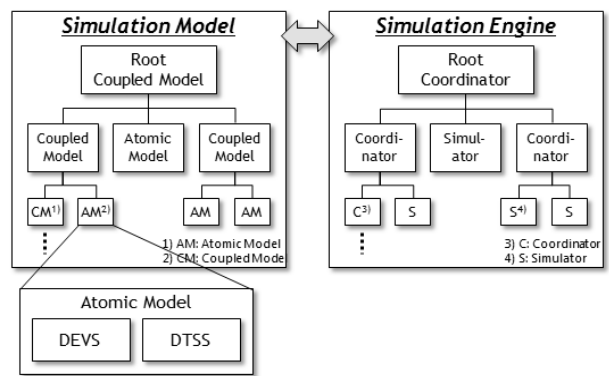


그림 8. 시뮬레이션 모델과 시뮬레이션 엔진

3.2 전술처리기

전술처리기는 지식을 활용하여 전투원이나 전투체계의 의사결정을 지원하는 도구로서 자율성, 통신, 추론 및 학습 능력

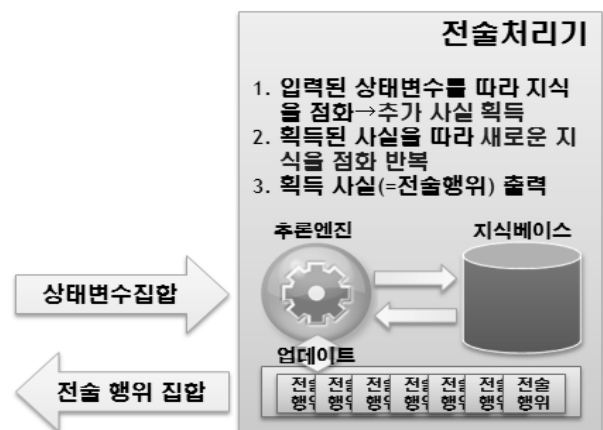
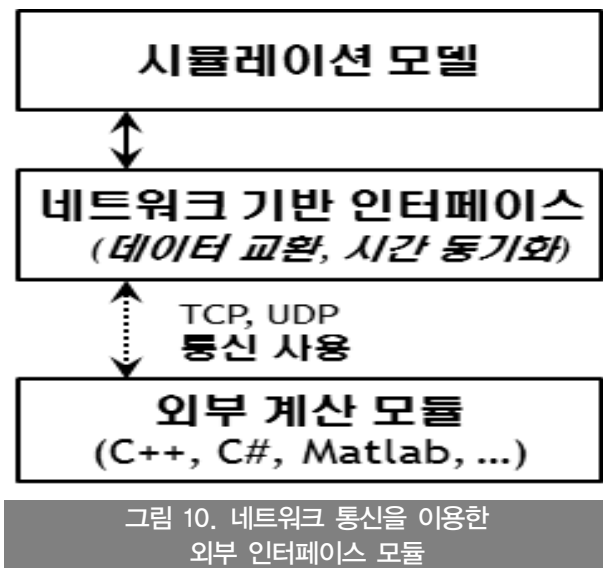


그림 9. 에이전트 기반 전술처리기

등의 기본 성질을 보유해야 한다. 따라서 정의된 최소한의 전술 규칙들과, 이들 규칙들로부터 스스로 추론 가능한 에이전트 기술을 이용하여 보다 자율적인 의사 결정이 가능한 에이전트 기반 전술처리기 기술에 대해 연구를 수행 중에 있다.

3.3 외부 인터페이스

수중운동체의 성능 분석을 위한 시뮬레이션 수행 시 시뮬레이션 모델은 상세한 계산 데이터를 필요로 한다. 이를 위해 외부 인터페이스는 시뮬레이션 모델과 시뮬레이션 외부에 존재하는 상세 계산 모듈 간의 데이터 교환을 지원하는 역할을 담당한다. 외부 인터페이스는 상세 계산 모듈의 개발 환경이 C++ 언어, Matlab 등으로 다양하기 때문에, 다양한 형식의 인터페이스 방법을 제공한다.



3.4 시뮬레이션 모델 편집기

수중운동체 성능 분석을 위한 모델링 및 시뮬레이션 과정에서 사용자 편의성을 위해 시뮬레이션 모델의 생성, 수정, 저장을 지원하는 시뮬레이션 모델 편집기를 그림 11과 같이 제공한다.

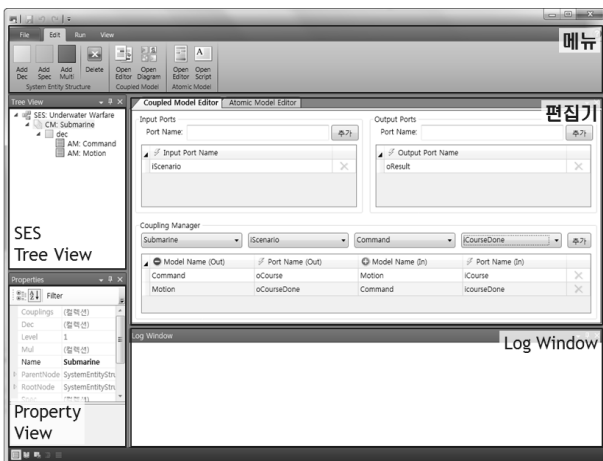


그림 11. 시뮬레이션 모델 편집기

3.5 시뮬레이션 운용 모듈

시뮬레이션 운용 모듈은 수중운동체 성능 분석을 위한 시뮬레이션을 사용자가 손쉽게 구성할 수 있도록 GUI 기반의 인터페이스를 제공한다. 시뮬레이션 운용 모듈은 시나리오 입력기, 통제기로 구성된다. 시나리오 입력기는 주어진 교전 상황을 모의하기 위해 필요한 시뮬레이션 모델을 조합하고 제약 조건을 입력함으로써 다양한 시뮬레이션을 생성할 수 있다. 통제기는 시뮬레이션의 시작, 정지, 종료 등과 같이 시뮬레이션의 실행과 관련된 기능을 제공한다.



그림 12. 시뮬레이션 운용 모듈

3.6 시뮬레이션 가시화 도구

시뮬레이션 결과의 가시화를 위해 미해군 연구소(Naval Research Laboratory)에서 개발된 2D/3D 가시화 및 분석용 소프트웨어 SIMDIS를 사용한다.

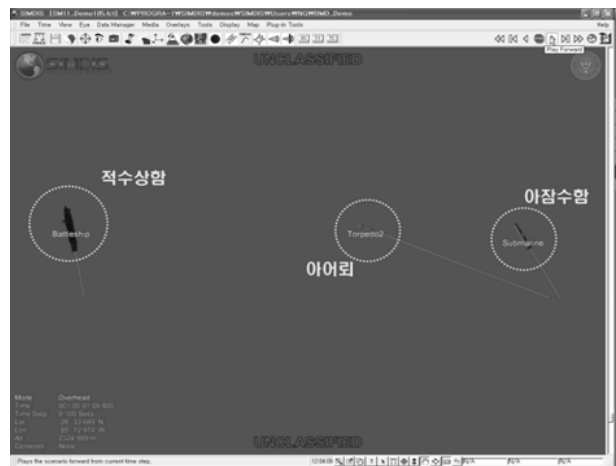


그림 13. SIMDIS를 이용한 시뮬레이션 가시화 도구

시뮬레이션 모델에서 매 단위 시간마다 실시간 가시화에 필요한 정보를 SIMDIS로 전송하면, SIMDIS에서는 이를 이용하여 각 모델의 이동 경로나 주요 정보를 가시적으로 보여준다.

4. 수중운동체 성능 분석 사례

그림 14는 중어뢰를 이용한 잠수함의 대수상함 교전 시나리오 예시를 보여준다. 본 장에서는 이 시나리오를 대상으로 시뮬레이션을 구성하고 성능 분석을 수행한 결과 중 어뢰의 탐지 및 공격 효과도 분석 사례에 대해 간략히 소개한다.

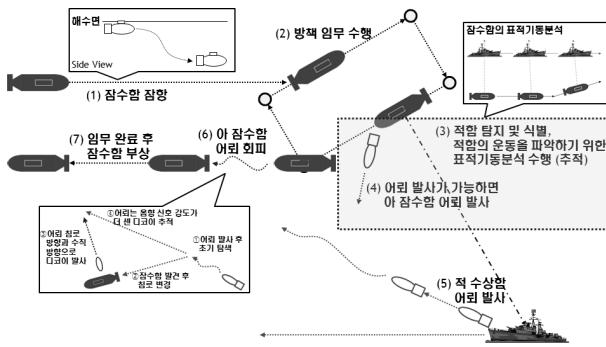


그림 14. 수중운동체 교전 시나리오 예시

어뢰의 탐지 및 공격 효과도 분석을 위해 3장에서 설명한 시뮬레이션 커널을 기반으로 아잠수함, 아어뢰, 적수상함의 시뮬레이션 모델을 구성하였다. 그리고 시뮬레이션 운용 모듈을 이용하여 표 1과 같이 다양한 초기 조건을 설정하고 반복 시뮬레이션을 수행하여 어뢰 탐지/공격 성공 확률을 분석하였다.

표 1. 시뮬레이션 수행을 위해 입력한 초기값 예시

항목	Case #1	Case #2	Case #3	...
어뢰 속도(knots)	25	30	35	...
수상함 속도(knots)	18	15	18	...
어뢰 탐지 반경(m)	750	1,500	750	...
어뢰 빔 sweep angle(deg)	30	20	40	...
어뢰 빔 turn rate(deg/sec)	18	15	15	...
...

그림 15는 어뢰의 발사 거리와 공격각 변화에 따른 어뢰의 공격 성공 확률을 분석한 예시이다. 그래프에서 동심원의 반지름이 증가함에 따라 표적(적수상함)으로부터 어뢰의 초기 발사 위치가 멀어짐을 의미하며, 원의 시계 방향 회전 각도는

표적의 진행 방향에 대해 어뢰가 발사되는 공격 위치의 각도를 의미한다. 그래프에서 볼 수 있듯이 표적의 진행 방향을 기준으로 어뢰가 60도 방향에서 발사될 경우 가장 높은 공격 성공 확률을 보여줌을 확인할 수 있다. 또한 어뢰의 초기 발사 위치로부터 표적까지의 거리가 좁아질수록 어뢰의 공격 성공 확률이 증가함을 확인할 수 있다. 만약 시뮬레이션 시나리오나 주요 설계 변수가 달라진다면, 시뮬레이션 모델과 시나리오를 재구성하고 다시 반복 계산을 수행함으로써 다른 결과를 도출할 수 있으며, 이를 설계에 반영할 수 있다.

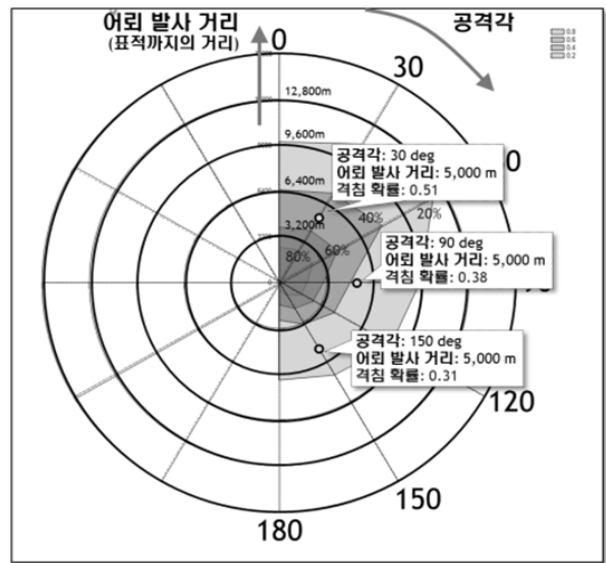


그림 15. 어뢰의 발사 거리와 공격각 변화에 따른 어뢰의 공격 성공 확률 분석 예시

5. 결론

본 글에서는 수중운동체의 성능 분석을 지원하는 모델링 및 시뮬레이션 기술로서 시뮬레이션 커널, 전술처리기, 외부 인터페이스, 시뮬레이션 모델 편집기, 시뮬레이션 운용 모듈, 시뮬레이션 가시화 도구 등의 내용을 소개하였다. 또한 모델링 및 시뮬레이션 기술을 어뢰의 탐지 및 공격 효과도 분석 사례에 적용한 내용에 대해서도 간략히 소개하였다. 향후 잠수함, 어뢰 등과 같은 수중운동체의 설계 기술 국산화와 관련하여 수중운동체의 성능 분석을 위한 모델링 및 시뮬레이션 기술의 체계적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

후기

본 기고문은 국방부 산하 방위산업청 지정 수중운동체특화

연구센터(Underwater Vehicle Research Center)의 지원으로 이루어졌습니다. 이에 감사드립니다.

참고 문헌

방경운, 조선 공정 계획용 이산 사건과 이산 시간 혼합형 시뮬레이션 프레임워크, 석사 학위 논문, 서울대학교, 2006. 8.
 차주환, 노명일, 방경운, 이규열, "조선 공정 계획의 수립 완성도 향상을 위한 이산 사건 및 이산 시간 혼합형 시뮬레이션 프레임워크", 한국시뮬레이션학회논문지, 제17권, 제4호, pp.71-80, 2008.

하솔, 차주환, 이규열, "이산 사건/이산 시간 혼합형 시뮬레이션 모델 구조를 사용한 유도 어뢰의 탐지 효과도 분석", 한국시뮬레이션학회논문지, 제19권, 제2호, pp. 17-28, 2010.

Ha, S., Cha, J.H., Roh, M.I., Lee, K.Y., "Implementation of the submarine diving simulation in a distributed environment", International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering, 4(3), 2012. 9.

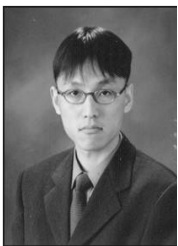
Praehofer, H., System theoretic foundations for combined discrete-continuous system simulation, Ph.D Thesis, VWGO, 1992.

Zeigler, B.P., Praehofer, H. and Kim, T.G., "Theory of Modeling and Simulation," 2nd Edition, Academic Press, 2000.



이 규 열

- 1947년생
- 1982년 독일 하노버공과대학 조선공학과 박사 졸업
- 현 재 : 서울대학교 조선해양공학과 교수
- 관심분야 : 최적 선박 설계, 모델링&시뮬레이션, 해양 시스템 설계 및 시뮬레이션
- 연 락 처 : 02-880-7327
- E - mail : kylee@snu.ac.kr



하 솔

- 1981년생
- 2003년 서울대학교 조선해양공학과 학사 졸업
- 현 재 : 서울대학교 조선해양공학과 박사과정
- 관심분야 : 모델링&시뮬레이션, 해양 시스템 설계 및 시뮬레이션
- 연 락 처 : 02-880-8378
- E - mail : hasol81@snu.ac.kr



지 승 도

- 1959년생
- 1991년 미국 Univ. of Arizona 컴퓨터공학 박사 졸업
- 현 재 : 한국항공대학교 컴퓨터정보공학전공 교수
- 관심분야 : 이산사건시스템 모델링 및 시뮬레이션, 지능 시스템 디자인 방법론, 에이전트 기반 모델링 및 시뮬레이션
- 연 락 처 : 02-300-0184
- E - mail : sdchi@kau.ac.kr



김 명 희

- 1952년생
- 1986년 독일 괴팅겐대학교 전자계산학과 박사 졸업
- 현 재 : 이화여자대학교 컴퓨터공학과 교수
- 관심분야 : 의료분자영상처리, 시뮬레이션, 혼합가상현실, 컴퓨터 그래픽스
- 연 락 처 : 02-3277-4418
- E - mail : mhkim@ewha.ac.kr



노 명 일

- 1974년생
- 2005년 서울대학교 조선해양공학과 박사 졸업
- 현 재 : 울산대학교 조선해양공학부 조교수
- 관심분야 : 전산선박설계 및 생산, 해양구조물 설계, 시뮬레이션 기반 설계 및 생산
- 연 락 처 : 052-259-2165
- E - mail : miroh@ulsan.ac.kr



차 주 환

- 1979년생
- 2008년 서울대학교 조선해양공학과 박사 졸업
- 현 재 : 목포대학교 해양시스템공학과 조교수
- 관심분야 : 해양시스템설계, 다물체동역학, 해양구조물제어
- 연 락 처 : 061-450-2733
- E - mail : jhcha@mokpo.ac.kr



나 명 인

- 1972년생
- 2012년 부산대학교 조선해양공학과 박사 졸업
- 현 재 : 국방과학연구소 선임연구원
- 관심분야 : 해양무기체계 모델링&시뮬레이션, 수중유도무기 체계분석
- 연 락 처 : 055-540-6117
- E - mail : yinah@add.re.kr