

네트워크 기반 선박 안전성 평가 시뮬레이션 시스템 프레임워크 및 가시화

이경호^{†*}, 김화섭^{**}, 오준^{***}, 박종훈^{***}

인하대학교 선박해양공학과^{*}
삼성중공업(주)^{**}
인하대학교 대학원 선박공학과^{***}

Network-based Simulation System Framework for the Safety Assessment of Ship and Visualization Method

Kyung-Ho Lee^{†*}, Hwa-Seop Kim^{**}, June Oh^{***} and Jong-Hoon Park^{***}

Dept. of Naval Architecture and Ocean Engineering, Inha University^{*}
Samsung Heavy Industry Co.^{**}
Dept. of Naval Architecture, Graduate School of Inha University^{***}

Abstract

The safety assessment of the structure related to people has become the most important part in the process of the design. Especially, in the case of a ship, as regulations about the safety of passengers and the pollution in the ocean are strictly reinforcing, the safety assessment has become the most important part in the process of the design.

In this paper, we suggested network-based simulation system framework using HLA (High Level Architecture) among many kind of simulations to assess the safety of the ship. In addition, the visualization method which is composed of graphic user interface for ship modeling and the visualization of ship motion is presented.

※Keywords: Safety assessment of ship(선박의 안전성 평가), Simulation(시뮬레이션), Network(네트워크), HLA

1. 서론

해상에서 발생하는 선박사고의 경우 인명의 손

실과 환경오염이라는 커다란 피해가 발생하기 때문에 이에 대한 규정이 엄격히 강화되어 설계과정에서의 안전성 평가가 중요한 요소가 되었다. 하지만 해상인명안전협약(SOLAS)과 해양오염방지협약(MARPOL), 그리고 미국의 해양오염방지령(OPA 90) 및 국제안전관리규약(ISM Code) 등에서 보듯

이 그 동안의 해운안전 관련 규정, 규칙 등은 사고가 난 후 보완적 차원에서 강화되는 식으로 진행되어 왔으며 이러한 사후약방문 격의 규정으로는 사고를 예방하기는 힘들다는 비판과 함께 사고의 원인요소들을 미리 과학적으로 분석하여 그 위험도에 상응하는 규정을 만들어야 한다는 목소리가 높아졌다(여인철 2003).

이런 요구에 대한 설계 단계에서의 접근 방법론으로는 크게 rule-based(deterministic) approach, risk-based(probabilistic) approach, 그리고 수치 해석이나 실험 등을 통한 performance-based(simulation-based) approach로 구분할 수 있다(이순섭 등 2004). 기존의 해양시스템의 설계 과정에서 가장 많이 사용되었던 rule 기반의 확정론적 방법론(rule-based deterministic approach)은 통계적 데이터와 실제적인 경험을 바탕으로 하고 있어 안전성 평가를 위한 효율적인 수단을 제공하고는 있으나, 기존의 법규 및 기준을 만족시키는 수준의 소극적인 방법이므로 새로운 유형의 사고나 새로운 형식의 선박에 대하여 적용하는 데는 한계가 있다. 또한 새롭게 시도되고 있는 리스크 기반 방법론(risk-based approach) 역시 과학적이고 체계적인 접근을 시도 하고는 있지만 아직 그 연구가 미흡하여 안전성 평가를 위한 구체적인 기준 및 선박의 사고사례나 관련 데이터들을 관리할 수 있는 데이터베이스의 구축과 부족한 경험적 지식, 데이터의 확보를 위하여 사고의 확률 및 결과를 예측하기 위한 수단으로 각종 계산이나 실험, 그리고 컴퓨터 시뮬레이션 등의 도구가 필요한 실정이다. 이에 반해 성능기반 접근방법론(performance-based approach)은 수치적/물리적 모델 테스트 혹은 컴퓨터 시뮬레이션 등을 통하여 정의된 시나리오 및 환경조건에 반응하는 선박 고유 특성에 근거한 안전 성능을 평가하는 방법으로 설계단계에서 성능평가에 응용하려는 많은 연구가 진행되고 있다.

시뮬레이션 기법 중 HLA 기반의 시뮬레이션은 문서의 표준화와 재사용성을 가능하게 하는 분산 환경 시뮬레이션으로 미 국방성과 한국군의 차세대 시뮬레이션의 표준으로 정의되었다. HLA에서는 문서의 표준화를 위해 OMT 형식에 맞게 문서

를 기술하고, 네트워크를 위하여 RTI 라는 독립적인 소프트웨어를 사용하기 때문에 시뮬레이션 시스템(Federation)에 참여하는 요소(Federate)의 재사용이 가능하여 시스템의 확장과 응용이 쉽다.

이런 HLA개념의 네트워크 기반 시뮬레이션을 선박의 안전성 평가에 응용하면 문서의 표준화와 Federate의 재사용으로 각각의 해석시스템을 유지·보수하는데 어려움이 없으며 안전성 평가 후의 의사결정을 할 수 있는 시스템이나 선박의 거동을 실시간으로 가시화 할 수 있는 시스템 등과의 연동을 쉽게 해결할 수 있는 장점이 있다.

본 논문에서 소개하는 시스템은 성능기반 접근 방법론, 즉 컴퓨터 시뮬레이션에 의한 안전성 평가의 한 방법으로 HLA 개념을 바탕으로 하는 네트워크 기반의 시뮬레이션 시스템이다. 이것은 하부 해석 시스템들의 표준화와 재사용성을 추구하고 그래픽 사용자 인터페이스와 해상상태 및 선박의 거동을 가시화 하는 시스템을 분리하여 시스템의 유지·보수와 재사용이 용이한 선박의 안전성 평가 시뮬레이션 시스템으로, 여기서는 시스템의 프레임워크를 제안하고, 시뮬레이션 결과를 가시적으로 확인할 수 있는 방법에 대하여 소개하고자 한다.

2. 선박 안전성 평가에 대한 연구 동향

인적자원과 물적자원에 대한 막대한 손실을 방지하기 위하여 각국에서는 이미 상당한 연구가 진행되고 있다.

이동근(2003)에 의하면 미 해군은 자국의 함정이 적과의 교전 중 발생할 수 있는 손상뿐만 아니라 평상시 작전의 수행 중 발생할 수 있는 좌초 및 충돌에 의한 손상으로부터 함정의 생존성을 향상시키기 위한 시스템을 개발하여 시험 탑재하였다.

한편 북해에서 대형 여객선의 전복사고로 수 백명의 인명손실이 발생함에 따라 Ro-Ro Passenger 선의 손상시 생존성에 관한 관심이 급격하게 고조되었다. 이에 따라 손상안전과 관련하여 Ro-Ro Passenger 선을 대상으로 확률론적 기법에 의한 선박의 안전성 평가 방법의 개발과 수

치해석 기법 및 도구의 개발 및 실험을 통한 이론적 방법의 검증 등의 안전설계에 관한 연구가 EU 회원국을 중심으로 수행되었으며(Vassalos 1999), IMO의 해사안전위원회 MSC에서는 대형 여객선의 인명안전에 있어서, 선박의 손상시 승객들이 구명정을 타고 대피하는 것보다 본선의 생존성을 향상시켜 본선에 머무는 것이 안전하다는 개념 하에 생존성을 강화시키는 방향으로 의견을 모으고 있다.

3. 분산 시뮬레이션을 위한 선행 연구

선박 안전성 평가 시뮬레이션 시스템을 표준화된 방법에 의해 효과적으로 수행할 수 있도록, 본 연구에서는 미 국방성에서 도입하고 있는 HLA 방법론을 도입하였으며, 이 장에서는 HLA의 출현 배경과 이를 네트워크 기반 선박 안전성 평가 시뮬레이션 시스템 구현에 활용하기 위해 수행한 선행연구에 대해 소개하고자 한다.

3.1 HLA 개념을 적용한 시뮬레이션

차세대 DIS(Distributed Interactive Simulation)인 DIS++의 표준에 기반을 두고 있는 HLA는 네트워크를 이용한 모의 시뮬레이션 시스템의 구성 요소, 디자인 룰, 인터페이스 등에 관한 전반적인 아키텍처를 말한다. HLA의 목적은 시뮬레이션간의 상호연동성과 시뮬레이션 컴포넌트의 재사용성을 높이기 위한 것으로, 앞으로 미 국방부 내에서 개발되는 시뮬레이션은 HLA를 따라야 한다는 규정이 발표되었다.

HLA는 하부 네트워크로 연결된 두 개 이상의 사이트 사용자들 간에 시뮬레이션을 통한 상호작용이 가능한 고급분산시뮬레이션 ADS(advanced distributed simulation)에 그 바탕을 두고 있다. ADS는 미국 내 국방예산에 대한 지속적인 압박과 신규 작전 요구사항 증가, 기반기술의 성숙 및 저렴화라는 특수한 상황에서 필연적으로 발생한 개념으로 SIMNET(SIMulation NETwork)과 DIS를 거쳐 HLA로 발전하게 되었다. SIMNET은 DARPA(the Defense of Advanced Research Projects Agency)의 주도하에 1980년대 중·후반

에 개발된 분산 시뮬레이션으로 실제와 동일한 군사 모의 훈련을 목적으로, 실제 전장과 거의 흡사한 지형을 만들고 그 위에서 탱크, 헬리콥터, 비행기 등의 가상 시뮬레이터들이 서로 상호 작용할 수 있도록 설계되었다. 하지만 네트워크를 기반으로 한 대규모의 가상현실 응용프로그램의 요구사항을 충족시켜주지 못하는 단점이 있었기 때문에 이를 보완하여 좀 더 큰 규모의 네트워크상에서의 군사훈련 시뮬레이션을 수행할 수 있도록 하는 DIS가 개발되게 되었으며, 현재의 HLA는 서로 다른 목적을 위하여 개발된 여러 시뮬레이션간의 상호운용과 시뮬레이션 컴포넌트의 재사용이 가능한 라이브러리를 구축하고자 하는 DIS++의 개발에 배경을 두고 있다(윤석준 2003).

앞서 언급했듯이 미 국방부가 추진하는 모든 시뮬레이션 모델에 대해 HLA 준수를 강제화하기로 한 데다 국제 표준기구인 IEEE도 이 기술을 네트워크 가상환경 국제표준으로 채택, 세계적으로 도입 움직임이 본격화되고 있다. 특히 미국 외에 캐나다, 이스라엘 등 국방분야 선진국들도 이 기술 도입을 서두르고 있고 우리 국방부도 최근 육군 전투시뮬레이션 게임을 HLA 기반으로 개발하는 등 향후 국방 정보화 전 분야에서 HLA를 근간으로 채택한다는 방침이다. 현재 HLA 인증을 받은 시뮬레이션모델은 세계적으로 225개에 이르며 이중 미국이 217개를 개발해, 이 분야에서 가장 앞서가고 있다. 여기에 우리 육군이 지난달 말 사단·군단 급에서 이용하는 가상 전쟁 게임인 '창조21'로 인증을 받아 NATO(4종)·프랑스(1종)·이스라엘(1종)·캐나다(1종)에 이어 세계에서 5번째로, HLA 기술력을 보유하게 되었다. 미국 등 선진국에서는 HLA가 가상전쟁게임 등 국방분야뿐만 아니라 일반 정보화 분야에도 응용가능성이 큰 것으로 기대를 받음에 따라 이를 연구·개발하는 전문가들이 크게 늘고 있다(안경애 2002).

3.2 HLA 기반의 시뮬레이션 시스템 환경 구현

HLA 기반의 시뮬레이션에서 전체 시뮬레이션 시스템을 Federation이라고 하며, Federation을 구성하는 각각의 하부 시뮬레이션 또는 시뮬레이터를 Federate로 정의한다. Federation은 시뮬레

이선 수행 과정 동안 일반적인 서비스 인터페이스를 제공해주는 분산된 소프트웨어 컬렉션인 RTI(Runtime Infrastructure) 및 Federates간의 정확한 data 교환을 위해 반드시 지켜야 하는 문서의 공통형식을 기술한 OMT(Object Model Template)를 따라 작성된 FOM(Federation Object Model), 그리고 여러 개의 Federates로 구성된다.

선행 연구 단계에서는 선박의 거동에 대한 시뮬레이션에 HLA 개념을 적용할 수 있는가를 확인하기 위해 일정한 움직임을 갖고 이동하는 선박에 대하여 HLA 개념을 바탕으로 간단한 시뮬레이션을 수행하였다. 시스템에 사용된 RTI는 DoD 산하의 DMSO(Defense Modeling and Simulation Office)에서 개발한 RTI 1.4NG를 이용하였으며, Calytrix Technologies Pty Ltd의 SIMplicity를 이용하여 FOM과 Federates를 생성하고 시뮬레이션을 수행하였다(DMSO, Calytrix Technologies).

SIMplicity는 HLA 개념으로 시뮬레이션을 설계하는데 도움을 주는 Tool로 FOM과 Federate의 생성 및 관리를 돕고, Federation의 초기화 및 실행, 종료 등을 지원 한다. 또한 생성코드로는 Java와 C++ 두 가지를 모두 지원하지만 그래픽 사용자 인터페이스를 Microsoft社의 Visual Studio 시스템에서 제공하는 MFC (Microsoft Foundation Class) library를 기반으로 하여 개발하고, 가시화에 MFC 및 3차원 형상모델링 커널 및 3차원 그래픽 라이브러리인 OpenGL, DirectX 등을 이용할 것이므로 생성코드를 C++로 결정하였다.

Fig. 1은 SIMplicity로 FOM과 Federate를 생성하고 Federates간의 데이터 이동에 대한 정의를 내린 것을 보여주고 있다. 여기서 Federate는 Ship과 Visualizing이며 SHIP_FOM에는 float type의 x, y, z로 이루어진 Location이 정의 되어있으며, 이는 ShipHull의 위치를 나타낸다. 한편 Ship Federate는 Location data를 Publish하고 있으며, Visualizing Federate에서 이것을 Subscribe함을 확인할 수 있다.

Fig. 2에는 시뮬레이션을 위해 Ship Federate의 초기상태와 진행상황에 대한 코드 작성을 나타내었다.

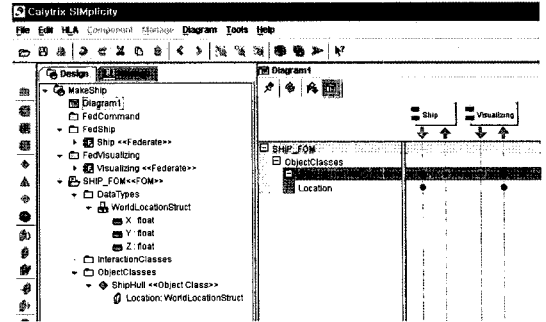


Fig. 1 Implemented example in SIMplicity

```

36 void Visualizing::initialize(sim::Reader& reader)
37 {
38     m_ship.time = 0.0F;
39     m_ship.px = 0.0F;
40     m_ship.py = 0.0F;
41     m_ship.pz = 0.0F;
42     m_pOut = fopen(OUTPUTFILE, "w");
43     m_bFileLock = false;
44 }
45
46 void Visualizing::simulate(sim::Time time)
47 {
48     m_ship.time = time;
49     while(m_bFileLock){};
50     m_bFileLock = true;
51     fprintf(m_pOut, "%11f %21f %21f %21f\n",
52           m_ship.time,
53           m_ship.px,
54           m_ship.py,
55           m_ship.pz);
56     m_bFileLock = false;
57 }
58 }

```

Fig. 2 Code for simulation

수행한 시뮬레이션은 RTI를 통하여 Federates 간에 TCP/IP 방식으로 교환되는 data와 UDP 방식으로 보내지는 data의 Publish/Subscribe가 정확히 일어나는 가를 확인하는 수준의 초보적인 단계였지만, OMT 형식을 갖는 FOM 파일의 구성과 Federation의 초기화 및 실행 등의 HLA의 개념을 정리 할 수 있는 성과를 얻을 수 있었으며, Federation 실행 중에 파일의 입출력이 가능함을 확인할 수 있었다.

3.3 시뮬레이션 결과의 가시화

선박거동의 시뮬레이션 결과를 바탕으로 가시화의 가능성을 검토하기 위하여 간단한 시스템을 구현 해보았다.

이는 시뮬레이션을 통해 생성된 선박거동 데이터를 이용하여 해수면이 표현된 환경에서 선박의 움직임이 얼마나 자연스럽게 가시화될 수 있는가를 확인하기 위해 구현된 환경이다.

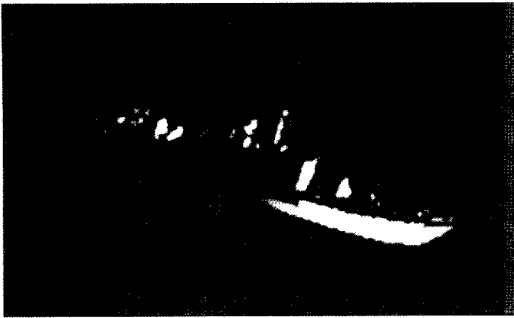


Fig. 3 Visualization using DrectX

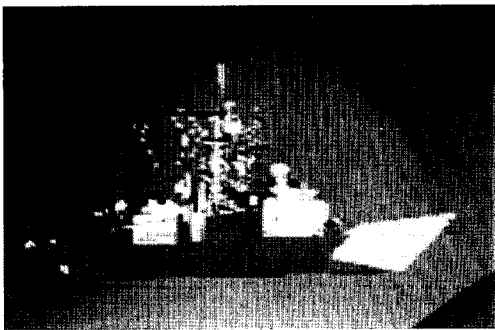


Fig. 4 Visualization using OpenGL

구현에는 각각 DirectX와 OpenGL을 이용해 보았으며, 각각의 경우 가시화한 것을 Fig. 3과 Fig. 4에 나타내었다.

가시화를 위한 선박모델은 DirectX의 경우 .x 형식의 파일을 이용하였고, OpenGL을 이용한 가시화에는 .3ds 형식의 파일을 이용하였다.

두 가지 방법 모두 간단한 가시화를 통하여 선박거동을 표현할 수 있음을 확인할 수 있었다. 하지만 원활한 시스템 확장을 위해 앞으로 설계할 시스템 프레임워크에서는 가시화 방법으로 이식성이 높은 OpenGL을 이용하기로 하였으며, 형상의 수정과 결과 확인이 용이한 형태의 포맷으로 선박 모델 파일을 만들기로 하였다.

4. 네트워크 기반의 시스템 구성

4.1 시스템 프레임워크

본 시스템은 선박의 안전성 평가를 위한 기법 중 컴퓨터 시뮬레이션에 의한 방법에 바탕을 두고

설계했으며, 시뮬레이션 방법으로는 HLA 개념이 적용된 네트워크 기반의 시뮬레이션 시스템을 이용했다. 시스템 프레임워크는 하부 해석 시스템들의 표준화와 재사용성에 초점을 두고 개발되었으며, 그래픽 사용자 인터페이스와 해상상태 및 선박의 거동을 가시화 하는 시스템을 분리하여 시스템의 유지·보수와 재사용이 용이 하도록 하였다.

선박의 안전성을 평가하기 위한 네트워크 기반의 시뮬레이션 프레임워크는 Fig. 5와 같이 구성하였다. 전체 시스템은 Fig. 5에서 보이는 것과 같이 크게 Modeling Module, Simulation Module, Visualization Module로 구성된다.

Modeling Module은 새로운 모델을 생성할 수 있으며, 기존에 만들어진 모델이 있는 경우 SHIP DB로부터 얻은 정보를 이용하여 모델을 생성할 수 있다. 또한 이를 Simulation Module과 Visualization Module에서 사용할 수 있는 새로운 형식의 데이터 파일을 생성하는 기능이 있다. Simulation Module은 해상상태 DB에서 얻은 정보를 이용하여 해상상태를 변화시키고 Modeling Module에서 생성된 주요목 데이터와 손상 및 하중상태 데이터를 이용하여 선박거동 해석과 구조 안전성 해석, 그리고 선박 복원성 해석을 수행한다. Simulation Module은 하부 모듈로 해상상태 변화, 선박거동 해석 시스템, 구조 안전성 해석 시스템, 선박 복원성 해석 시스템을 포함하고 있으며, 각각은 독립적으로 존재한다.

Visualization Module은 선박의 모델링을 돕는 그래픽 사용자 인터페이스 부분과 Modeling Module에서 생성된 선형 데이터와 Simulation Module에서 생성된 데이터를 이용하여 해상상태 및 선박의 거동을 표현하는 부분으로 구성된다.

4.2 하부 시스템 모듈

시스템 구성요소의 주요 기능은 다음과 같다. Modeling module은 안전성을 평가할 대상 선박의 선형, 구획 및 구조 부재의 표현은 물론, 손상 부위와 하중 상태를 표현할 수 있어야 한다. 이는 SHIP DB에서 정보를 가져오거나 새로운 모델의 생성이 가능해야하며, 그래픽 사용자 인터페이스를 통하여 보다 쉽고 빠른 모델링이 가능하여야

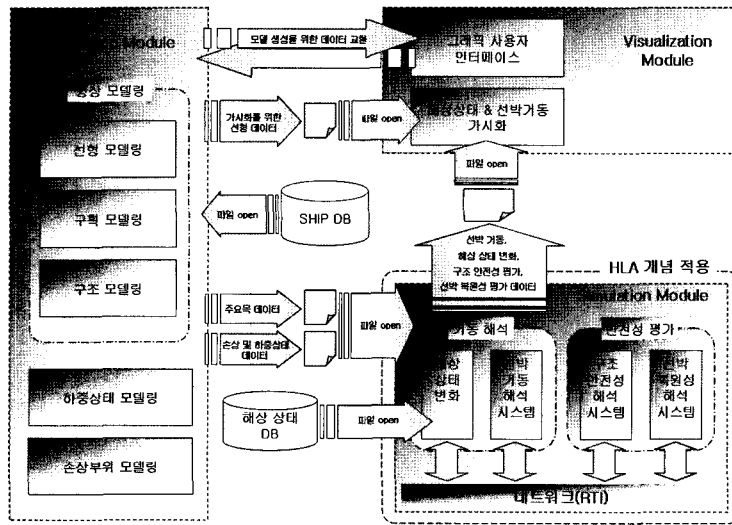


Fig. 5 System framework for safety assessment of ship

한다. 표현된 손상선박의 정보를 바탕으로 선박거동 해석과 구조 안전성 해석 및 선박 복원성 해석에 필요한 데이터 파일을 생성한다.

Simulation module은 선박의 거동을 해석하는 부분과 실질적인 안전성 평가를 담당하는 부분으로 나눌 수 있으며, 거동 해석 부분은 해상상태 DB의 정보를 이용하여 해상상태의 변화를 적용하고 이를 바탕으로 선박 고유의 움직임을 계산하여 거동을 해석할 수 있는 시스템을 포함한다. 또한 안전성 평가 부분은 손상된 부위와 선박의 하중상태 및 해상상태에 따른 파랑하중을 고려하여 종강도를 계산하고, 파도의 영향을 고려하여 거동을 해석한다.

Visualization Module은 손상선박 모델의 생성을 돕는 그래픽 사용자 인터페이스와 시뮬레이션의 결과로 만들어진 데이터 파일을 이용하여 해상상태 및 선박의 거동을 확인할 수 있는 요소를 포함한다.

4.2.1 Modeling Module

선박의 안전성을 평가하기 위한 선형 모델링에는 설계 시에 사용하는 것과 같이 매우 정교한 기능이 요구되지는 않는다. 시스템의 Modeling

module에 요구되는 기능은 다음과 같다.

- 상부구조를 포함한 선형 모델링 기능
- 내부구획과 구조부재의 표현 기능
- 손상부위 및 손상 구조부재의 정의 기능
- 적재상태 표현 기능
- 실적선 데이터를 이용한 모델링 및 변환 기능
- 테스트를 위한 간단한 선박모델 생성 기능
- 가시화를 위한 선형 데이터 파일 생성 기능
- 안전성 평가를 위한 주요목 데이터와 손상 및 하중 데이터 파일 생성 기능

시스템이 시작되면 Modeling Module은 Visualization Module의 그래픽 사용자 인터페이스의 도움을 받아 새로운 모델이 필요한 경우에는 직접 모델을 생성하고, 기존의 모델이 필요한 경우에는 SHIP DB로부터 파일을 open하여 모델을 생성한다. 생성한 선형 모델에 구획 모델링과 구조 모델링의 추가가 가능하며, 하중상태와 손상부위 또는 손상정도에 대한 표현을 할 수 있다. 모델의 생성이 완료된 후 앞으로 이용하게 될 선형 데이터, 주요목 데이터, 손상 및 하중 상태 데이터를 담은 파일의 이름을 지정하고 각각 새로운 파

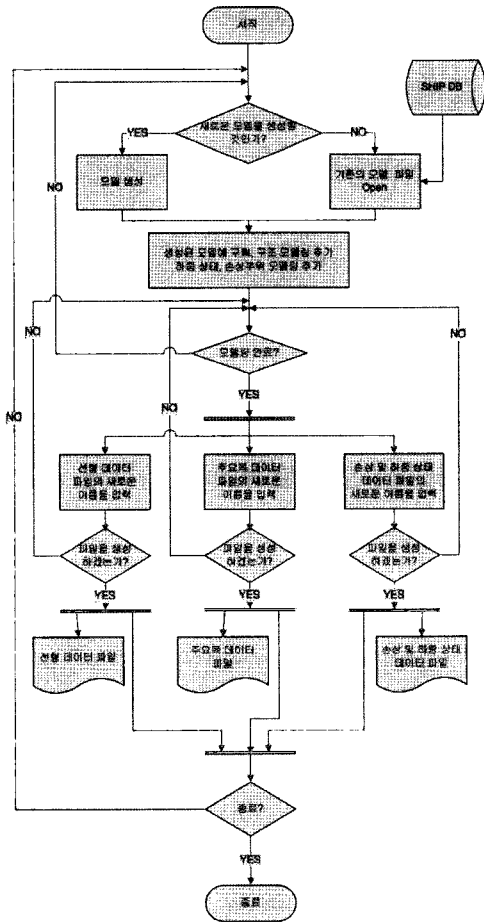


Fig. 6 Flow chart of modeling module

일을 생성할 수 있다. Fig. 6에 Modeling Module의 Flow Chart를 나타내었다.

4.2.2 Simulation Module

Simulation Module은 HLA 개념을 기반으로 하는 시뮬레이션으로 설계되었다. 이는 RTI 를 이용한 네트워크 기반의 구조로, 시스템은 Fig. 7과 같이 구성된다.

앞서 설명된 바와 같이 Federation은 전체 시뮬레이션 시스템을 말하며, Federation을 구성하는 각각의 하부 시뮬레이션 또는 시뮬레이터는 Federate로 정의 된다. 이 경우 Federate는 해상상태 변화, 선박거동 해석 시스템, 구조 안전성 해석 시스템, 선박 복원성 해석 시스템이다.

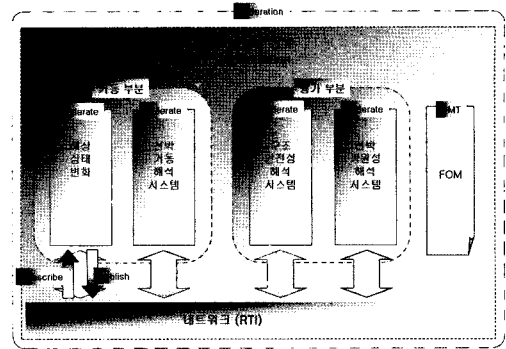


Fig. 7 HLA-based Simulation Module

Simulation Module은 앞서 소개된 Simplicity를 이용하여 Federate 및 FOM을 생성하고 Federation을 실행하는 것으로 진행된다. Federates 간의 데이터 교환에 대한 프로세스는 다음과 같다. 해상상태 변화 Federate는 해상상태 DB로부터 해상상태의 정보를 담고 있는 데이터 파일을 불러들여 동적인 해상상태의 변화를 반영하고, 선박거동 해석 시스템 Federate에서는 이 정보와 선박의 하중 상태 및 손상 부위를 나타내는 파일에서 얻은 정보를 기반으로 하여 선박 고유의 움직임을 계산한다. 구조안전성 해석 시스템 Federate는 선박모델에서 반영된 손상 부위와 선박의 하중 상태 및 해상상태변화 Federate에서 전달받은 해상상태에 따른 파랑하중, 그리고 선박의 주요목을 담고 있는 파일에서 얻은 정보를 고려하여 선박의 종강도를 비롯한 선박의 구조 안전성을 계산하고 시뮬레이션이 종료될 때까지 평가를 반복한다. 시뮬레이션의 종료는 시뮬레이션의 실행 전에 미리 정해진 시간이 경과 되었을 때, 또는 평가 결과 선박의 전복이나 침몰 등 안전성에 치명적인 평가가 내려졌을 때로 한다. 선박 복원성 해석 시스템역시 해상상태 변화 Federate에서 전달 받은 데이터를 이용하여 선박의 복원성을 반복적으로 평가한다. Federates들 간의 데이터 이동은 Fig. 8에서와 같은 Sequence Diagram으로 표현할 수 있다.

Simulation Module은 생성된 주요목 데이터, 손상 및 하중 상태 데이터를 담은 파일과 해상상태 DB에서 얻은 해상정보를 이용하여 선박의 거동을 계산하고, 사용자가 미리 지정한 해석 시간 동안 반복적으로 선박의 구조안전성과 복원성을 해석하여 선박의

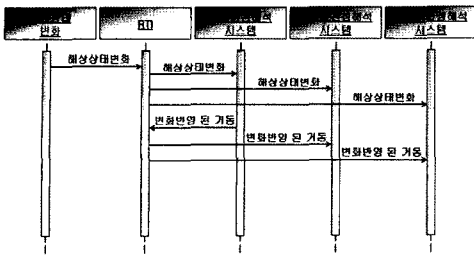


Fig. 8 Simulation Sequence Diagram

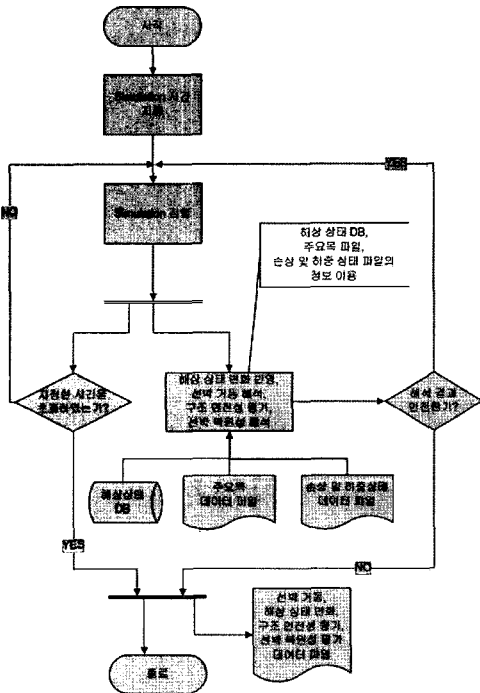


Fig. 9 Flow chart of simulation module

전복 유무 또는 안전성을 판단한다. 또한 종료 전에 선박거동, 해상상태 변화, 구조 안전성 평가, 선박 복원성 평가 데이터를 포함하는 파일을 생성하며, 선박의 침몰과 같이 더 이상 안전성을 평가할 수 없거나 지정된 시간이 모두 지났을 경우 종료된다. Fig. 9는 Simulation Module의 Flow Chart를 나타내고 있다.

4.2.3 Visualization Module

Visualization Module은 Modeling Module의 모델링 작업을 돕는 그래픽 사용자 인터페이스와 해

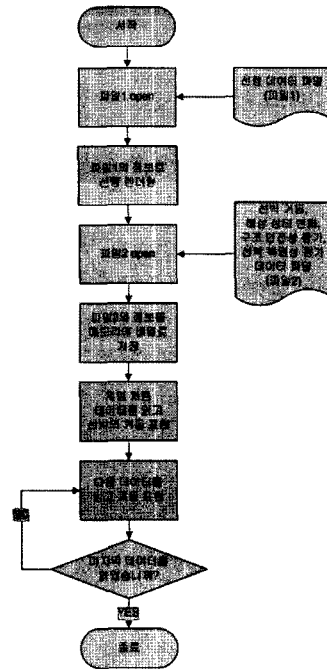


Fig. 10 Flow chart of visualization for ship motion

상상태 및 선박거동의 가시화를 표현하는 부분으로 구성된다.

그래픽 사용자 인터페이스는 MFC library를 기반으로 하여 개발하도록 설계하였다. 해상상태 및 선박거동을 가시화하는 부분의 인터페이스는 MFC를 기반으로 하고, 3차원 형상모델링 커널 및 3차원 그래픽 라이브러리인 OpenGL 을 이용하여 선박의 거동을 표현하도록 한다. Fig. 10에는 해상상태 및 선박거동을 가시화 하는 모듈의 Flow Chart를 나타내었다.

5. 시스템 설계 및 구현

5.1 모델링 시나리오 및 GUI

Modeling Module에서의 요구되는 기능에는 직접적인 모델링과 SHIP DB로부터 외부의 파일을 open 하는 것이 포함된다. 외부 파일을 open할 경우 파일의 구성 형식을 알아야 하고 이를 선박 거동 가시화에 필요한 파일로 다시 변환하여야 하는 기술이 필요하며, 직접적인 모델링을 위해서는

3차원 곡면의 표현 등의 기술들이 필요하다. 하지만 현재 설계·개발 단계에서는 간단한 테스트 모델의 생성과정을 통하여 전체 시스템 프로세스가 원하는 결과대로 정확하게 진행되고 있는 것인 가를 확인해야할 필요성이 있다. 이에 따라 본 시스템의 초기 구현단계에서는 테스트를 위한 간단한 선형모델을 생성하는 기능에 대한 시나리오를 진행하기로 하였으며, 위에 언급한 요구 기능에 대하여는 연구가 진행됨에 따라 차후에 개발하여 추가하는 것이 타당하다.

시나리오는 제안된 선형 중 원하는 형태를 선택하고 L, B, D를 입력한 뒤, 구획 조건과 손상부위를 선택하고, 하중을 입력하는 것으로 모델링이 완료되는 흐름을 갖는다.

1. Modeling.exe를 실행하여 새 모델 만들기를 선택한다.
2. 선형을 선택하고, L, B, D를 입력한다.
3. 선박의 전체 길이를 몇 구간으로 나눌 것인가를 결정한다.
4. 각 구간 별 하중을 입력한다.
5. 손상 부위 중 한 가지를 선택한다.
6. 파일 메뉴에서 선형 저장을 선택하여 생성될 파일의 이름을 입력하고 저장한다.
7. 같은 방법으로 주요목과 손상, 하중 상태에 대한 데이터 파일을 저장한다.

Modeling.exe의 메뉴 항목은 Fig.11과 같이 분류하였다.

메뉴 항목 중 새 모델 만들기를 실행하면 Fig. 12와 같은 화면이 구성된다. 선형1을 선택하고 시

- ↓ 파일
 - ↓ 새 모델 만들기
 - ↓ 기존 모델 불러오기
 - ↓ 열기
 - ↓ 저장하기
 - ↓ 선형 저장
 - ↓ 주요목 저장
 - ↓ 손상, 하중 상태 저장
 - ↓ 종료

Fig. 11 File menu

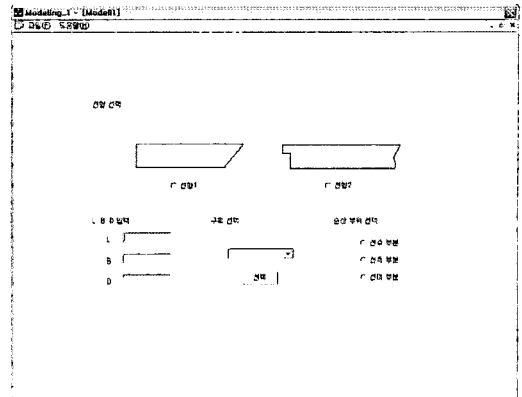


Fig. 12 Main frame

```

1 9
2 4
3 0.0 -0.05 0.05 0.0 0.0 -1.0
4 0.5 -0.05 0.05 0.0 0.0 -1.0
5 0.5 0.05 0.05 0.0 0.0 -1.0
6 0.0 0.05 0.05 0.0 0.0 -1.0
7 3
8 0.5 0.05 0.05 0.0 0.0 -1.0
9 0.5 -0.05 0.05 0.0 0.0 -1.0
10 0.57 0.0 0.05 0.0 0.0 -1.0
11 4
12 0.0 -0.05 0.05 -1.0 0.0 0.0
13 0.0 0.05 0.05 -1.0 0.0 0.0
14 0.0 0.05 0.0 -1.0 0.0 0.0
15 0.0 -0.05 0.0 -1.0 0.0 0.0
16 4
17 0.0 0.05 0.0 0.0 0.0 1.0
18 0.5 0.05 0.0 0.0 0.0 1.0
19 0.5 -0.05 0.0 0.0 0.0 1.0
20 0.0 -0.05 0.0 0.0 0.0 1.0
    
```

Fig. 13 Data format of model

나리오를 따라 각각의 과정을 진행한 뒤, 선형을 저장하면 Fig. 13과 같은 형식을 갖는 데이터 파일이 생성되게 되며, 이는 선박거동 가시화에 이용된다. 파일의 첫 번째 line은 생성된 모델이 9개의 면으로 이루어져 있다는 뜻이고, 두 번째 line부터는 각각의 면에 대한 정보를 나타낸다. 4는 이 면이 4각형이고 세 번째 line부터 여섯 번째 line까지는 이 면의 좌표와 정점의 벡터값을 나타낸다.

Simulation Module에 대한 부분은 SIMplicity를 이용하여 Federate와 FOM을 생성한다. 현 단계에서는 안전성을 평가하는 기준에 대한 정식화와 선박의 거동을 계산할 수 있는 연구가 이루어져있지 않으므로 각각의 Federate는 수행할 연산이 없는 형태로 설계되었다. 하지만 선형 연구에서 Federates 간의 data 교환이 원활이 이루어지는 것과 파일의 입출력이 가능한 것을 확인 했으므로 Simulation Module을 구성하는 각각의 Federates

간의 data 교환과 선박의 거동 및 안전성 평가를 위한 연산, 그리고 필요한 데이터 파일의 생성이 이루어졌다고 가정을 하고 다음의 가시화 단계를 진행하였다.

5.3 선박거동의 가시화

선박거동을 나타내기 위한 데이터 파일에는 다음과 같은 내용들이 포함 되어 있으며, 이 파일은 Simulation Module의 진행 완료 후 자동적으로 생성되었다고 가정하였다.

- x, y, z 좌표
- 각 축에 대한 회전각을 나타내는 θ , ψ , ϕ
- 파장, 파고, 파의 입사각
- 풍향, 풍속
- 구조 안전성 해석 결과
- 선박 복원성 해석 결과

해상상태 및 선박의 거동을 가시화하는 모듈은 선형 정보를 가지고 있는 파일을 이용하여 선형을 렌더링하고, 위의 거동에 대한 정보를 이용하여 거동을 표현한다. Fig. 14는 OpenGL을 이용하여 선박거동을 가시화한 그림을 보여주고 있다.

선박거동에 대한 가시화를 진행하며 가장 미흡하게 진행이 되었던 부분은 해상상태를 표현해야

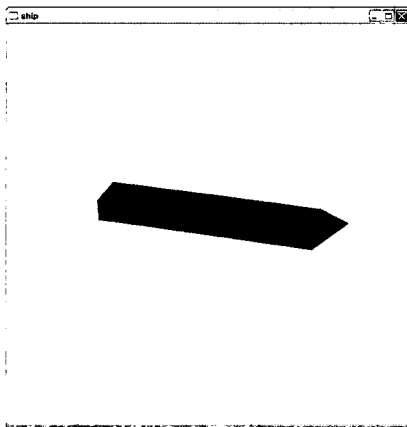


Fig. 14 Visualization for Ship motion using OpenGL

하는 것이었다. 바람의 표현은 무시 한다 하더라도 파도의 움직임 표현하지 않고서는 현실적인 가시화를 기대할 수는 없다. 그러므로 연구가 더욱 진행된다면 3차원 가상환경을 표현하는 새로운 데이터 표준으로 주목 받고 있는 SEDRIS (Synthetic Environment Data Representation & Interchange Specification)를 통하여 해상상태의 표현을 고려해 보아야 할 것이다. SEDRIS는 미국방부의 각종 군사용 시뮬레이션에 활용되고 있는 3차원 데이터 표현 및 교환기술로 단순 데이터 포맷이 아닌 데이터 모델을 통해 환경 영역을 표현함으로써 육지, 바다, 우주공간, 해저 등과 같은 공간적 영역뿐 아니라 땅의 상태, 바람의 방향, 건물의 속성 및 속도, 날씨의 변화와 같은 대기의 변화 등도 표현할 수 있다(SEDRIIS). 이에 따라 지리정보, 기상, 건설, 시뮬레이션, 컴퓨터게임, 애니메이션 등 현실세계 (real world)를 컴퓨터로 표현하는 모든 산업영역에 적용이 가능하기 때문에 가시화에 SEDRIIS를 적용하면 파도의 움직임뿐만 아니라 날씨와 바람의 표현도 쉽게 가시화 할 수 있을 것으로 판단된다.

6. 결론 및 향후 계획

최근 해양에서 발생하는 사고는 재산상의 손실뿐만 아니라 인명피해와 심각한 환경오염을 일으키고 있으며, 국제간의 교역이 확대됨에 따라 이용되는 선박의 대형화·고속화로 인하여 해양사고의 위험은 더욱더 증대되는 실정이다. 이런 모든 위험으로부터 인명, 재산 및 환경을 보호하기 위해 국제법규 및 기준이 강화되는 추세에 있으며, 설계단계에서부터 선박의 안전성 확보를 위한 노력이 시도되고 있다. 안전성 확보를 위한 여러 가지 평가 방법 중 컴퓨터 시뮬레이션을 통한 안전성 평가는 정의된 시나리오 및 변화하는 환경조건에 반응하는 선박의 고유 특성에 근거하여 안전성을 평가하는 방법으로 설계단계에서 성능평가에 응용하려는 많은 연구가 진행되고 있다. 더욱이 HLA개념의 표준화된 시뮬레이션 시스템을 개발하면 시스템의 확장과 하부 시스템의 재사용 및 유지·보수에 큰 도움을 얻을 수 있다.

본 논문에서는 성능기반 접근방법론, 즉 컴퓨터 시뮬레이션에 의한 안전성 평가의 한 방법으로 HLA 개념을 적용하여 선박의 안전성 평가를 위한 네트워크 기반의 시뮬레이션 시스템 프레임워크를 제안하였다.

이를 위하여 선박의 안전성 평가를 위한 시뮬레이션기법 및 HLA기반 시뮬레이션에 대한 동향을 살펴보고, 시스템 프레임워크를 제안하였다. 시스템은 크게 Modeling Module과 Simulation Module 및 Visualization Module로 나뉘며, 하부 해석 시스템의 표준화와 재사용성을 추구하였다. 그리고 그래픽 사용자 인터페이스와 해상상태 및 선박의 거동을 가시화 하는 시스템을 분리하여 유지·보수와 재사용이 쉽도록 하였으며, 선박거동에 대한 간단한 시뮬레이션을 적용하여 시스템의 가능성을 확인하였다.

앞으로 이 시스템을 선박 안전성을 평가하는 효율적인 도구로 구체화하기 위하여 계속적으로 몇 가지 연구를 진행할 것이다. 첫째, Modeling Module이 기존의 선형 정보를 담고 있는 파일을 open 하여 정보를 읽고 수정하는 것이 가능하도록 하며, 선박의 선형 곡면 모델의 실시간 생성과 직접적인 하중 상태 및 손상 부위의 모델링 또한 가능하도록 개발할 것이다. 둘째, Simulation Module의 정확한 해석 평가를 위해 해석에 필요한 파라 중 선박의 거동을 나타내는 운동방정식 및 안전성과 복원성 계산의 정식화를 진행할 것이다. 셋째, Visualization Module이 보다 더 실제적인 가시화를 구현할 수 있도록 해상상태의 변화를 가시화할 수 있는 기술의 개발과 시뮬레이션을 돕는 그래픽사용자 인터페이스에 대한 연구를 진행할 것이다. 마지막으로 SIMplicity에 의존하지 않고 HLA 기반의 시뮬레이션을 할 수 있도록 하는 툴을 개발하여야 할 것이며, 데이터베이스의 구축을 위하여 가능한 많은 선박과 해상상태의 변화에 따른 정보의 수집도 병행할 계획이다.

후 기

본 연구는 인하대학교의 지원에 의해 연구되었음.

참 고 문 헌

- 안경애, 2002, HLA란.. 응용분야 넓어 ‘차세대 기술’ 부상, 디지털타임스, <http://www.dt.co.kr>
- 여인철, 2003, “FSA(Formal Safety Assessment, 공식안전성평가),” 대한조선학회지, 제 40권, 제 1호, pp. 24-35.
- 윤석준, 2003, 시뮬레이션과 시뮬레이터, 선학사, pp.385-404.
- 이동근, 2003, “손상선박의 생존성 평가 시스템에 관한 연구,” 대한조선학회 논문집, 제 40권, 제 2호, pp. 34-40.
- 이순섭, 이종갑, 박범진, 2004, “선박설계에서의 안전성 평가,” 대한조선학회 추계기술대회 논문집, pp. 224-229.
- Calytrix Technologies, <http://www.calytrix.com>
- DMSO, <https://www.dmsol.com/public>
- SEDRIS, <http://www.sedris.org>
- SSRC, <http://www.ssrc.na-me.ac.uk>
- Vassalos, D. 1999, “Design for Safety,” Design for Safety Conference, pp.1-15.



< 이 경 호 >



< 김 화 섭 >



< 오 준 >



< 박 종 훈 >