

論文

# PC 기반 가상현실 선박조종 시뮬레이터

이규동\*, 임정빈\*\*, 정중식\*\*, 박성현\*\*, 김창경\*, 심영호\*, 최기영\*

\*목포해양대학교 대학원 해상운송시스템학과, \*\*목포해양대학교 해상운송시스템학부 교수

## PC Based Virtual Reality Ship Handling Simulator

Kyu-Dong Lee\*, Jeong-Bin Yim\*\*, Jung-Sik Jung\*\*, Seong-Hyeon Park\*\*, Chang-Kyeong Kim\*, Yeong-Ho Sim\*,  
Ki-Yeong Cho\*

\*Graduate School of Mokpo Maritime University, Mokpo 530-729, Korea

\*\*Division of Maritime Transportation System, Mokpo Maritime University, Mokpo 530-729, Korea

**요약** : 이 연구의 최종 목적은 PC를 이용하여 저가이면서 작동이 용이한 가상현실기반 선박조종 시뮬레이터를 개발하는데 있다. 이 논문에서는 가상 항해공간에 구축한 3차원 선박 객체를 선박조종계수로 제어하는 절차와 방법을 기술했다. 가상 항해세계 창출, 선박조종의 수학적 배경, 시스템 구성 등에 대해서도 검토하였다.

**핵심용어** : 선박조종 시뮬레이터, 가상현실, 선박조종계수, 가상항해세계, 3차원 선박 객체

**ABSTRACT** : The last goal of the study is to develop a low cost and a readily available Virtual Reality (VR) based Ship Handling Simulator using Personal Computer. This paper mainly describes procedures and methods to control the dynamic motions of the 3D ship object with maneuvering coefficients in a virtual navigation world. The creation of virtual navigation world, the mathematical background of a ship control, and the construction of the system are also discussed.

**KEY WORDS** : Ship Handling Simulator, Virtual Reality, maneuvering coefficient, virtual navigation world, 3D ship object

### 1. 서론

최근 해기사의 조선능력과 업무능력 향상을 위하여 각종 시뮬레이터를 이용한 체험교육이 이루어지고 있다. 이러한 시뮬레이터를 이용한 교육은 다수의 장점을 내포하고 있는 반면, 단점 역시 많다. 대표적 예로서, 완전입무형 선박조종시뮬레이터(Full Mission Ship Handling Simulator: FMSS)의 경우, 도입비용과 설치 공간, 유지보수에 있어 막대한 경비를 필요로 하며, 선박 모델과 지형 등의 추가 모델링 역시 숙련된 전문가를 요구한다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 저가의 개인용 컴퓨터를 이용한 가상현실(Virtual Reality: VR) 시뮬레이터 개발이 연구되고 있다[1]~[4].

현재 VR을 이용한 선박시뮬레이터 개발에 요구되는 일부 기술은 이미 본 연구자를 중심으로 개발한 바 있으나, 가상공간에 구축한 3차원 선박 객체를 제어하기 위한 조종성계수 산출과 조종성계수를 이용하여 3차원 선박 객체를 제어하는 기술은 미흡한 실정이다[5]~[7].

최근, 공학용 소프트웨어로 판매되고 있는 MATLAB®에는

가상공간과 수치계산결과를 링크(link)할 수 있는 기능을 제공하고 있다. 이 연구에서는, MATLAB®의 이러한 기능을 이용하여 PC 기반으로 선박조종 시뮬레이터를 개발코자한다. 연구방법은 우선, MATLAB®의 수치계산 도구를 이용하여 선박조종계수를 계산하고, 가상현실모델링언어(Virtual Reality Modeling Language)를 이용하여 3차원 선박 객체와 해상환경을 구축한 후, 선박조종계수를 이용하여 3차원 선박 객체의 동적 움직임을 제어하였다. 연구결과, 가상공간에 구축한 3차원 선박 객체가 선박조종계수에 의해서 제어됨을 확인하였다.

### 2. 시뮬레이터 개발 방법

우선, 가상세계를 표현하기 위한 저작 도구로서 VRML을 채택하였다. VRML은 국제표준화기구(International Organization for Standardization: ISO)와 국제전기표준회의(International Electrotechnical Commission: IEC)에서 인터넷상의 3차원 영상을 표현하는 표준으로 공인되어 있다. VRML은 일종의 스크립트(script) 언어로서 컴파일이나 링크 등의 과정 없이 전용 해석기를 통해 3차원 영상을 구현할 수 있다. 또한, 공개 소스 언어로 다양한 방면에서의 접근이 가능하다.

VRML로 나타낸 가상공간상의 3차원 선박 객체는 단순한 입력신호에 의한 상호작용이 가능한데, 시뮬레이터에 적용하기 위해서는 선박 운동방정식에 따른 제어가 필요하다. 한 가지 대

\* 학생회원, devilldd@mmu.ac.kr

\*\* 중신회원, jbyim@mmu.ac.kr 061)240-7051

\*\* 정회원, jsjung@mmu.ac.kr 061)240-7238

\*\* 정회원, shpark@mmu.ac.kr 061)240-7127

안으로서, 외부조작 인터페이스(External Authoring Interface: EAI)를 이용한 방법이 있다. EAI는 VRML로 제작된 공간을 JAVA 애플릿을 통해 제어하기 위해 개발된 응용 방법이다.

본 연구에서는 선박 운동방정식을 이용하여 선박조종계수를 획득한 후, EAI를 통하여 가상공간의 객체를 제어하였다. 이상의 개발과정을 Fig.1에 나타냈다.

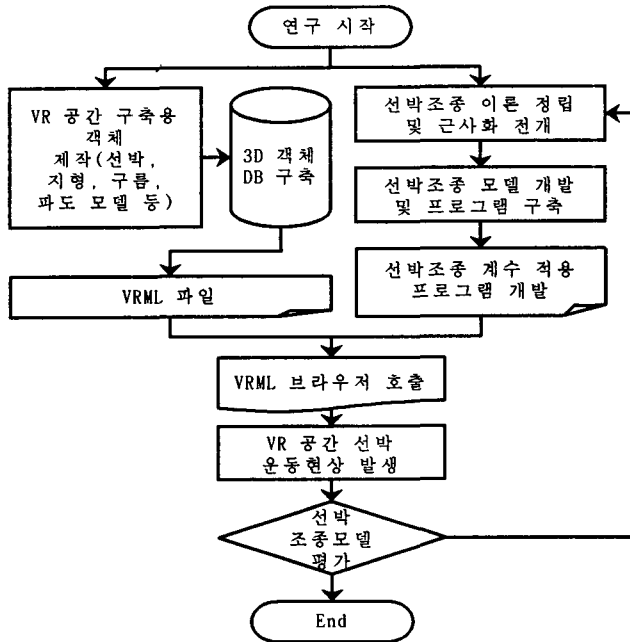


Fig.1 Construction procedure of the system

### 3. 가상 항해공간 구축

#### 3.1 구축방법

VR은, 현실세계와 유사한 가상공간에서 인간의 5감(시각, 청각, 후각, 미각, 통각)을 자극함으로써 실제 생활에서 발생하는 경험과 지식을 습득코자하는 기술이다. 인간이 직접 경험하기 어려운 극한 환경의 구현이 가능하며, 사용자와 상호작용 하는 3차원 객체를 사용하므로 실제 상황과 유사한 경험을 창출할 수 있다.

가상공간은 VRML을 이용하여 문서(texture)로서 표현되는데, 이러한 문서는 전용해석기를 통해 렌더링(rendering) 됨으로서 3차원 공간이 가시화된다. 이러한 전용해석기를 VRML 브라우저(Browser)라고 하며, VRML 전용 브라우저로는, 실리콘그래픽스의 Cosmo Player, 패러렐그래픽스의 Cortona, 슈퍼스케이프의 Viscap Universal, Blaxxun사의 Blaxxun Contact 등이 개발되어 있고, 무료로 사용할 수 있다[15],[16].

본 연구에서는 MATLAB<sup>®</sup>의 VR Tool-Kit에 제공되어 있는 Blaxxun사의 Blaxxun Contact를 기본 브라우저로 채택하였다. VRML 파일과 EAI 및, VRML 브라우저의 데이터 흐름은 다음 Fig.2와 같다.

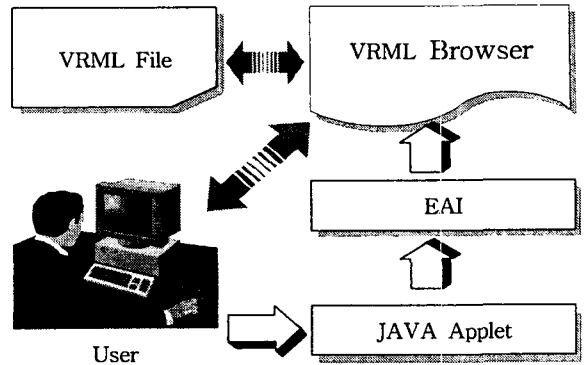


Fig.2 Data exchange between VRML-file and VRML Browser

#### 3.2 3D 객체 구현

실제 항해공간과 유사하게 VR 가상공간을 창출하기 위해서는 실제 파도, 구름, 안개, 지형, 물표 등에 대한 각각의 3차원 객체가 필요하다. 객체 제작에는 VRML Pad나, Superscape사의 3D Webmaster에서 제공하는 Shape Editor를 사용하고, 객체의 매핑(mapping)은 World Editor를 이용하였다.

먼저, 지형 객체를 제작하였다. 제작하고자 하는 객체의 위성사진과 해도 등을 참고하여 외곽선과 지형의 고저 데이터를 갖는 기본 모형을 제작하고, 지형에 맞는 위성사진을 3차원 객체 표면에 덧씌운다. Fig.3은 3D 지형객체 제작 과정이다. 그리고 Fig.4는 MATLAB<sup>®</sup>의 VRML Editor를 이용하여 VRML 문서 작성 예를 나타내고, Fig.5는 제작한 3차원 객체를 나타낸다.

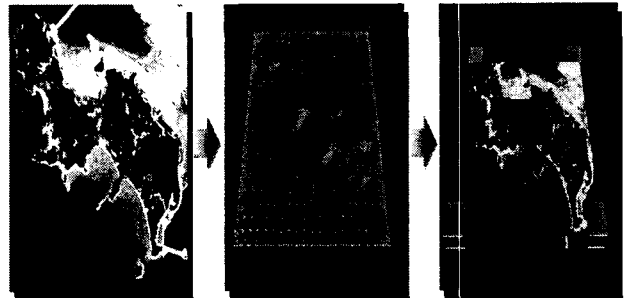


Fig.3 3D archipelago construction

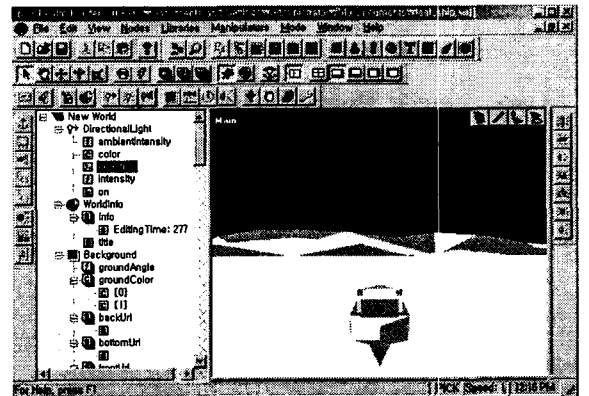
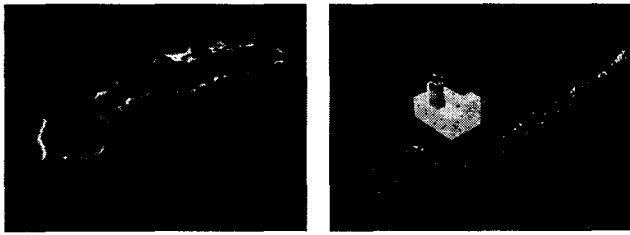
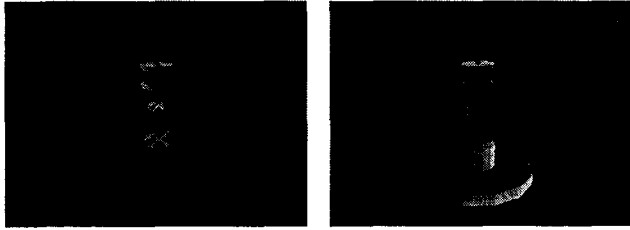


그림.4 VRML Editor in MATLAB<sup>®</sup>



(a) 3D mountain (b) 3D ship



(c) 3D lateral marker (d) 3D cardinal marker

Fig.5 Examples of 3D objects

3.3 가상공간 구축

위의 Fig.5에 나타난 다양한 3차원 객체를 가상공간에 배치하여 가상 해상공간을 구축하였다. Fig.6은 구축한 가상공간을 예로 나타낸다.



(c) Virtual space of an open sea

Fig.6 Examples of various virtual spaces

4. 선박조종 모델

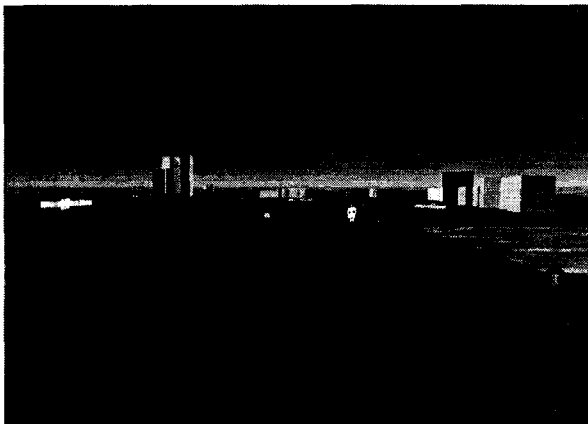
4.1 선박조종 이론

선박 운동방정식은 타력과 추진력 및, 외력 등에 의한 복합 운동으로 표현할 수 있다. 일반적으로 선박 운동은 다음 Table 1과 같이 구분할 수 있다.

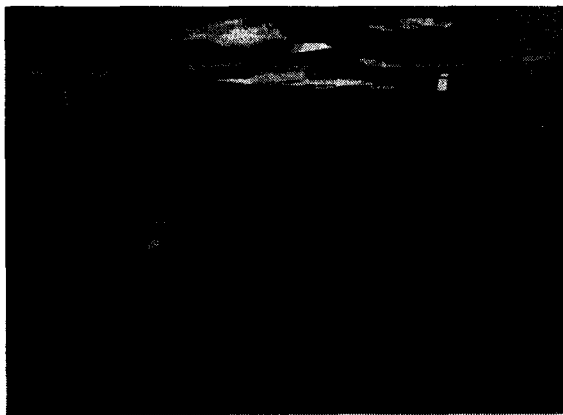
Table 1. Ship's motions

축계	X	Z	Y
X	횡표류(drifting), 좌우왕복(swaying)	선회(turning), 선회왕복(yawing)	횡경사(heel), 왕복경사(rolling)
Z	선회(turning), 선회왕복(yawing)	전진(ahead), 후진(astern), 전후왕복(surging)	종경사(trim), 왕복종경사(pitching)
Y	횡경사(heel), 왕복경사(rolling)	종경사(trim), 왕복종경사(pitching)	부상(floating), 침하(sinking), 상하왕복(heaving)

이 연구에서는 선박조종계수 산출을 위하여 손 등[2], Trygve 등[10], Tzeng 등[14]이 보고한 수학모델을 참고하였다. Fig.7은 선박운동을 표현에 사용되는 좌표계를 나타낸다.



(a) Virtual space of INCHON inner port, Korea



(b) Virtual space of Busan Container Terminal, Korea

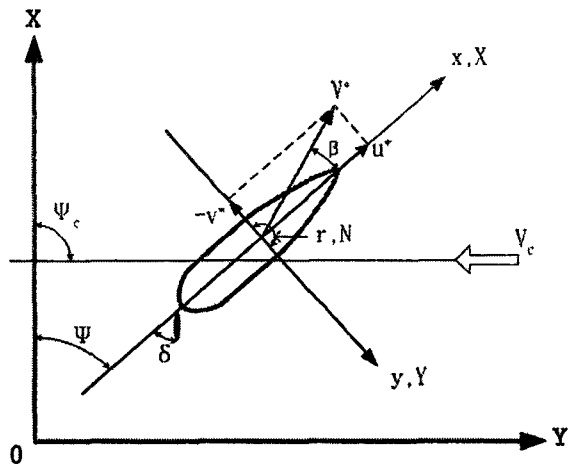


Fig.7 Coordinate system of ship's motion

Fig.7에서 선박 운동을 정의하기 위해, 선체 중앙에 좌표 원 점을 두었을 때 조종 운동방정식은 다음과 같이 표시된다[2].

$$\begin{aligned} m(\dot{u} - vr - x_G r^2) &= X \\ m(\dot{v} + ur + x_G \dot{r}) &= Y \\ I_{zz} \dot{r} + mx_G(\dot{v} + ur) &= N \end{aligned} \quad (1)$$

여기서  $m$ 은 선체 질량,  $I_{zz}$ 은  $z$ 축 주위의 관성모멘트,  $u, v, r$  등은 각각 좌표중심에서의  $x, y$ 축 방향 속도성분과  $z$ 축 방향 각속도 성분,  $x_G$ 는 무게중심의  $x$ 좌표,  $X, Y, N$ 는 각각  $x, y$ 축 방향 힘과  $z$ 축 주위의 모멘트를 나타낸다.

위의 식(1)에 부가질량을 고려하고 힘성분을 유체력과 외력 성분으로 분해하면 다음 식(2)와 같다.

$$\begin{aligned} (m + m_x) \dot{u} - (m + m_y)vr \\ - (mx_G + m_y a)r^2 &= X_H + X_P + X_R + X_W \\ (m + m_y) \dot{v} + (m + m_x)ur \\ - (mx_G + m_y a)\dot{r} &= Y_H + Y_P + Y_R + Y_W \\ (I_{zz} + J_{zz}) \dot{r} + (mx_G \\ + m_y a)\dot{v} + mx_G ur &= N_H + N_P + N_R + N_W \end{aligned} \quad (2)$$

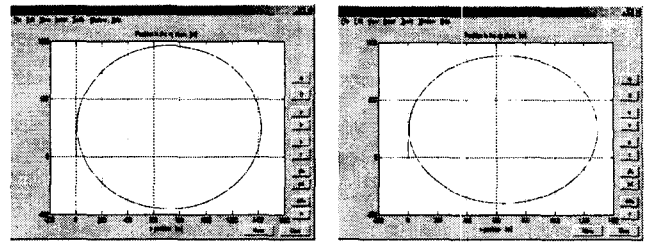
여기서, 첨자  $H, P, R, W$  등은 선체, 프로펠러, 타, 예선, 바람과 파도에 기인한 유체력 성분,  $m_x, m_y$  등은  $x, y$ 축 방향 부가질량,  $J_{zz}$ 은  $z$ 축 주위의 부가관성모멘트,  $a$ 는  $m_y$  중심의  $x$ 좌표를 나타낸다.

이 연구에서는 식(2)로부터 선박조종계수를 산출하기 위하여 'The Norwegian Institute of Technology Department of Engineering Cybernetic'의 Trygve와 Fossen 등이 Nomoto 모델을 기반으로 개발한 선박조종계수 산출 프로그램[10]을 이용하였다. 이 프로그램은 항공기나 수중비행체 및 고속 컨테이너 선, 탱커 등의 모델을 MATLAB® 프로그램으로 구현하여 제공하고 있다. Table 2는 Trygve와 Fossen 등이 사용한 모델 선박 재원을 나타낸다.

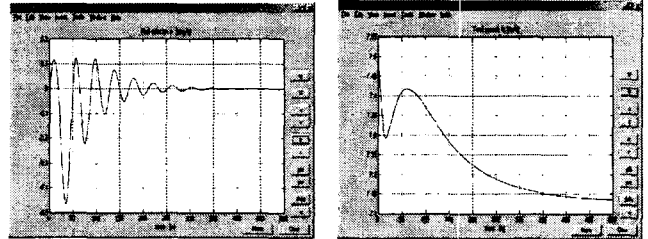
Table 2. Model ship's particularity

선종	고속 컨테이너 선박
선장	175 m
최대 엔진 회전수	160 rpm
타각	10 deg.

다음 Fig.8은 Trygve와 Fossen 등이 개발한 프로그램이 이용하여 모델 선박의 Turning circle과 여러 가지 선박조종특성을 예로 나타낸다.



(a) Turning circles with STB'D 10deg.(Left), and STB'D 35deg.(Right)



(b) Rolling(Left) and speed fluctuation(Right) with STB'D 10deg.

Fig.8 Examples of model ship's maneuvering characteristics

Fig.8과 같은 선박조종계수를 가상공간에 구축한 3차원 선박 객체에 적용하여 선박의 동적 운동현상을 구현하였다.

### 5. 시스템 구축

Fig.9는 가상공간과 선박조종계수를 이용하여 PC 기반 가상 현실 선박조종 시뮬레이터를 구축하는 과정을 나타낸다.

Fig.9에서, 사용자는 선박조종계수의 초기 값을 임의로 변경할 수 있다. 변경된 값들은 즉시 모델 선박에 입력된다. 따라서 사용자가 편리하게 시스템을 사용할 수 있다.

현재, 이 연구는 진행 중이기 때문에 모델 선박의 운동현상에 대한 실험결과는 학회에서 발표할 예정이다.

현재까지 연구결과, 가상공간에 구축한 3차원 선박 객체의 동적 움직임이 선박조종 계수에 의해서 제어 가능함을 확인할 수 있었다.

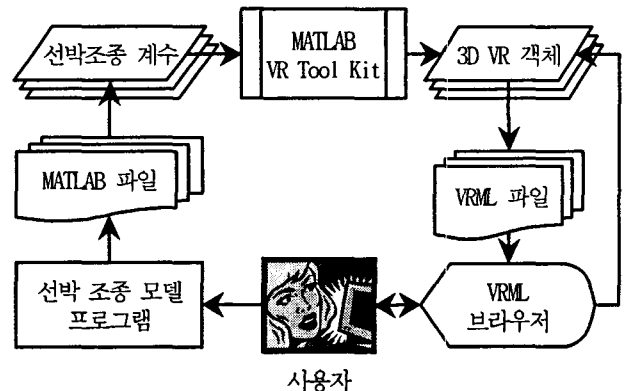


Fig.9 Procedure of system construction

## 6. 결론

VRML을 이용하여 3D 선박 객체, 3D 지형, 3D 물결 등, 3차원 가상객체를 제작하고 가상 항해공간을 구축하였다. 그리고 선박조종 계수를 산출한 후, 3D 선박 객체에 적용하였다.

시스템을 구성하여 간단한 실험을 수행한 결과, 3D 선박 객체가 이론적인 선박운동 특성에 따라서 제어 가능함을 확인하였다. 따라서 PC 기반 가상현실 선박 시뮬레이터가 개발 가능함을 알 수 있었다.

앞으로 학계에 보고된 다양한 선박의 수학 모델을 대상으로 실험하여 가장 신뢰성 있고, 3차원 선박의 운동을 실제 선박과 유사하게 가시화 할 수 있는 선박 모델을 확보할 예정이다. 또한, MATLAB<sup>®</sup>의 Simulink 기능을 활용하여 2대의 PC로 선박 조종계수 추출과 가상 해상환경 창출 시스템을 분리하여 보다 안정적인 PC 기반 가상현실 선박 시뮬레이터를 개발할 예정이다.

## 참 고 문 헌

- [1]. 임정빈, 이상집, "인공현실기술을 이용한 선박조종시뮬레이터 구현에 관한 기초연구", 해양안전학회 정기학술발표회 논문집, 1997.05 pp.3-18
- [2]. 손경호, 이성욱, "PC를 이용한 선박 조종 시뮬레이터의 개발에 관한 연구", 해양안전학회지, 제4권, 제2호, pp. 25~33, 1998.7.
- [3]. 임정빈, 박계각, "가상현실을 이용한 차세대 선박 시뮬레이터의 시스템 설계", 해양환경안전학회지, 제6권, 제1호, pp. 1-9, 2000.1.
- [4]. 임정빈, "가상현실 선박시뮬레이터의 배경 구현", 해양환경안전학회지, 제6권, 제1호, pp. 11-22, 2000.1.
- [5]. 임정빈, "상황변화 실시간적용 3D-VR 시뮬레이터 개발 연구," 2000 해양산업연구소 춘계학술세미나 발표논문집, 제5권(제1호), pp.54-68, 2000.5.
- [6]. 임정빈, 공길영, 구자영, "HMD를 사용한 가상현실 시뮬레이터 시스템의 프로토타입 개발,"한국항해학회지, 제24권, 제3호, pp.133-140, 2000.6.
- [7]. 김현라, 이규동, 박상준, 임정빈, "가상현실을 이용한 항로표지 숙달 시뮬레이터 구축," 한국항해학회 추계학술발표회 논문지, pp.159-166, 2000.11.
- [8]. 임정빈, 구자영, "해양경찰청의 위기상황 가시화 시스템 구축," 한국항해학회 추계학술발표회 논문지, pp.45-49, 2000.11.
- [9]. 임정빈, "가상현실 모델링 기법을 적용한 해양안전사고 예보시스템 개발에 관한 연구(1) : 개발개념," 2002년도 해양환경안전학회 추계학술발표회, pp.161-175, 2002.11.
- [10] Trygve Lauvdal, Thor I. Fossen, "Documentation for Matlab Simulation Program for Marine and Flight Vehicles", Univ. TRONDHEIM, 1994.
- [11] Jed Hartman and Josei Wernecke, *The VRML 2.0 Handbook*, Addison Wesley Developers Press, USA, 1996.
- [12]. Superscape Inc., *3D Webmaster User Guide*, England, 1997.
- [13] The Virtual Reality Modeling Language ISO/IEC 14772-1:1997.
- [14] Ching-Yaw Tzeng and Ju-Fen Chen, "Fundamental Properties of Linear Ship Steering Dynamic Models", *Journal of Marine Science and Technology*, Taiwan, Vol. 7, No. 2, pp. 79-88. 1999.
- [15] Parallel Graphics 홈페이지, [www.parallelgraphics.com](http://www.parallelgraphics.com)
- [16] Web3D Consortium 홈페이지, [www.web3d.org](http://www.web3d.org)