

# 가상현실을 이용한 항로표지 숙달 시뮬레이터 구축

김현라\*, 이규동\*, 박상문\*  
지도교수 : 임정빈\*\*

Abstract	4. 실험 및 평가
1. 서론	5. 결론
2. 이론적 배경	참고문헌
3. VR-NATS의 구축	

## Abstract

The paper deals with the design and implementation of Navigational Aids Training Simulator(VR-NATS) by Virtual Reality(VR). To gave interaction and immersible training situation to the user, prototype VR-NATS was developed based on the object-oriented operating system with 3D objects of navigational aids. Using the VR-NATS we created virtual navigation situation, and carried out simulation tests on the degree of knowledge for the navigational aids. As results from the assessment tests, students can obtain IALA(International Association of Lighthouse Authorities) rules for the navigational aids exactly and quickly comparing with conventional education methods. Thus, we found that the proposed VR-NAT is very effective for the next-generation simulation system.

### 1. 서론

우리나라의 해운산업은 1970년대 후반부터 장기적인 불황 속에서 침체되다가 1984년 '해운산업 합리화'라는 구조조정을 거쳤다. 그 후 1990년대 초부터 세계 경제회복에 힘입어 해운산업이 호황

을 맞고 있다. 해상 운송이 활발해짐에 따라 해기사의 기술 및 기능 향상이 특별한 관심의 대상이 되고 있다. 이러한 해기사 교육을 위하여 교육계에서는 종합 선교 시뮬레이터(Full Mission Bridge Simulator: FMBS)를 사용하여 실습교육을 강화하고 있다.

\* 국립 목포해양대학교 해상운송 시스템학부 정보전산전공 4학년  
\*\* 국립 목포해양대학교 교수

그러나, FMBS는 초등 해기교육 목적에 비하여 장비의 규모가 크고, 실제의 항법장치를 사용하므로 시스템의 업그레이드가 어려우며, 대규모 설치공간이 필요하여 비경제적이라는 여러 가지 문제점을 갖고 있다. 이러한 문제점은 시뮬레이터의 효율적인 사용을 제약하고 있기 때문에 새로운 방법을 이용한 시뮬레이터의 개발이 요구되고 있는 실정이다[1-3].

한편, 국내외적으로 가상현실(Virtual Reality: VR)을 이용한 다양한 응용 연구분야가 창출되고 있다. 특히, 해양분야에서는, 1997년부터 VR을 응용한 해양 가상화 시뮬레이터, 선박 시뮬레이터, 항법 시뮬레이터 등에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다[4-11].

따라서, 이 연구에서는 기존에 연구 개발된 VR 기술과 응용 기술 등을 적용하여, 기존 FMBS의 기능이나 성능과 유사한 가상현실 항로표지 속달 시뮬레이터(Virtual Reality-Navigation Aids Training Simulator: VR-NATS)를 연구하고 프로토타입을 개발하고자 한다. 연구 순서는, 먼저 항로표지의 이론적 배경을 조사하여, 항로표지를 가상공간에 구축할 때의 요구사항과 방법을 도출하였다. 그리고, 항로표지를 3차원 객체로 제작한 후, 가상 해양공간을 창출하고, PC를 기반으로 단일 사용자를 위한 실험용 VR-NATS를 구축하였다 [12-13]. 구축한 VR-NATS의 유효성은, 총 20명의 목포해양대학교 대학생을 대상으로 시뮬레이션 실험을 행한 후, 그들이 획득한 학습성과 정도로서 평가하였다.

## 2. 이론적 배경

### 2.1 항로표지

선박이 출발지에서 목적지까지 안전항해를 하기 위해서는 항상 선박의 위치 측정을 용이하게 할 필요가 있다. 따라서 항구(Port), 만(Bay), 해협(Strait), 암초가 많은 곳, 선박의 교통량이 많은 항로 등에서는 항로표지법에 의한 등광, 형상, 색채, 음향, 전파 등의 수단에 의하여 인위적인 시설물을

설치하고 있다. 이러한 설치 물표를 항로표지(Aids to navigation)라 한다[14]. 항로표지는 구조와 사용목적에 따라 다음 표 1과 같이 분류된다.

표 1. 항로표지의 종류와 기능.

표지종류	기능
유인등대 (Light house)	해양에 돌출한 갑, 섬등 선박의 목표가 되는 위치에 설치한 광력이 큰 등대로 직원상주
무인등 (Unwatched Light house)	육지, 주요 변침점과 선위를 확인할 때 목표로 하기 위하여 연안에 설치한 구조물
등표 (Light beacon)	선박에 장애물의 존재나 항로의 소재를 알리기 위해 암초등에 설치하는 구조물
등부표 (Light buoy)	장애물과 항로 등을 알리기 위하여 설치하며 해저에 정착하여 해면상에 떠 있는 것
도등 (Leading light)	통항이 곤란한 수로, 좁은 만구의 항로를 표시하며, 항로의 연장선상 육지에 설치
등주 (Light staff)	항만의 소재, 항구 등을 나타내기 위하여 항만에 설치하는 기둥 모양의 구조물
임표(Beacon)	암초, 천소 등에 설치하는 구조물로 등광을 발하지 않는 것
부표(Buoy)	선박에 장애물 또는 항로 등을 알리는 것으로 등광을 발하지 않는 것
무신호 (Fog signals)	안개, 눈, 비로서 시계 불량시 음향으로 위치를 표시하여 부근 항해 선박에 알림
전파표지(Radio navigational aids)	전파의 재성질을 이용하여 선박이 위치결정을 가능하게 하는 각종시설

표 1에 나타낸 바와 같이, 항로표지는 야간표지(Lighted Marks)와 주간표지(Unlit Marks), 음향표지(Sound signal), 전파표지(Radio navigational aids)로 구별할 수 있다.

1957년 국제항로표지협회(International Association of Lighthouse Authorities: IALA)에서는 전세계의

해상부표식 (Maritime Buoyage System)을 A 지역과 B 지역으로 구분하였다. A 지역은, 부표의 방향에 따라 측방표지의 표면색과 광색을 기준으로 우현측이 녹색, 좌현측이 홍색이 되도록 규정하고, B 지역은 우현측이 홍색, 좌현측이 녹색이 되도록 규정하였다. 우리나라는 미국, 일본, 필리핀 등과 함께 B지역에 속해 있다. 다음 표 2에서 해상부표식의 종류와 그 의미를 정리하여 나타냈다.

## 2.2 등화의 광색

항로표지에서 사용하는 등화의 광색은 보통 백색

(White), 홍색(Red), 녹색(Green)의 3색이 쓰이며, 모든 등화의 색도는 국제조명위원회(International Committee on Illumination: ICI, 불어로는 La Commission Internationale de l'Eclairage: CIE)가 정한 해당 색도의 영역내에 있어야 한다. 이 연구에서도 3차원 항로표지 객체를 제작할 때, 이 항로표지가 구비해야할 광색을 CIE의 색도도표를 적용하였다. 그림 1에 CIE의 색도 도표를 나타낸다[15].

그림 1의 CIE의 색도 도표는 빛의 삼원색을 바탕으로, 각 색을 256단계의 명도값으로 나누고 있다. 그리고, 각 색상은 0에서 255 사이의 값을 갖는

표 2. 해상부표식의 종류와 의미.

종 류		의 미
측방표지	좌현표지 (Port Hand Marks)	표지의 위치가 항로의 좌측 한계에 있음. 표지의 우측에 가항수역이 있음. 표지의 좌측에 암초, 천소, 침선 등 장애물이 있음.
	우현표지 (Starboard Hand Marks)	표지의 위치가 항로의 우측 한계에 있음. 표지의 좌측에 가항수역이 있음. 표지의 우측에 암초, 천소, 침선 등 장애물이 있음.
	좌항로 우선표지 (Marks indicating Preferred channel to Port)	표지의 좌측에 우선항로가 있음.
	우항로 우선표지 (Marks indicating Preferred channel to Starboard)	표지의 우측에 우선항로가 있음.
방위표지	북방위표지 (North Mark)	표지의 북측에 가항수역 또는 항로가 있음. 표지의 남측에 암초, 천소, 침선 등 장애물이 있음. 표지의 북측에 항로의 입구, 굴곡부, 분기점 또는 합류점이 있음.
	동방위표지 (East Mark)	표지의 동측에 가항수역 또는 항로가 있음. 표지의 서측에 암초, 천소, 침선 등 장애물이 있음. 표지의 동측에 항로의 입구, 굴곡부, 분기점 또는 합류점이 있음.
	남방위표지 (South Mark)	표지의 남측에 가항수역 또는 항로가 있음. 표지의 북측에 암초, 천소, 침선 등 장애물이 있음.
	서방위표지 (West Mark)	표지의 서측에 가항수역 또는 항로가 있음. 표지의 동측에 암초, 천소, 침선 등 장애물이 있음.
고립장해표지 (Isolated Danger Marks)		표지의 부근에 암초, 천소, 침선 등의 고립장해물이 있음.
안전수역표지 (Safe Water Marks)		표지의 주위에 가항수역이 있음. 표지의 위치가 항로의 중앙에 있음.
특수표지 (Special Marks)		표지의 위치가 공사구역, 토사채취장 등 특별한 구역의 경계에 있음. 표지의 위치에 특별한 시설이 있음.

데, 예를 들어 색상 102-153-255의 의미는, 적색, 녹색, 청색의 빛의 강도가 각각 102, 153, 255 크기의 세기라는 것을 나타낸다. 그리고, 색상 0-0-0은 검정색을 나타내며, 색상 255-255-255는 흰색이 된다[6].

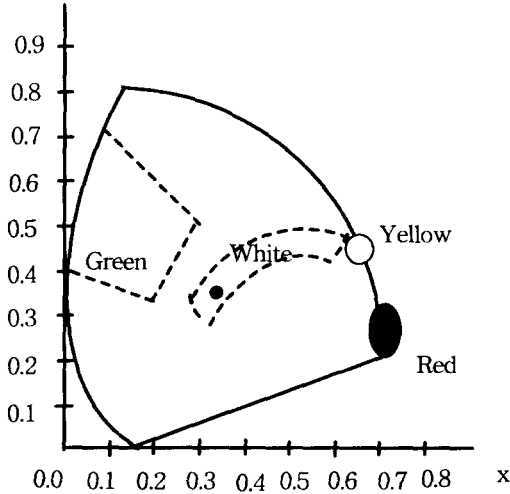


그림 1. CIE의 색도 도표.

### 2.3 광달거리

광달거리(Visibility of lights)는 야간에 선박이

항해할 때 항해자가 야간표지의 등(light)을 이용하여 확인할 수 있는 최대거리이다. 그 거리는 빛이 대기를 통과할 때 일어나는 산란, 흡수 또는 지구의 만곡 등에 의하여 감소된다.

광달거리는 '지리학적 광달거리'와 '광학적 광달거리'로 나뉜다. '지리학적 광달거리'는 둥글게 생긴 지구상에서 광원이 도달할 수 있는 거리를 나타낸다. 관측자의 안고(height of eye) 및 광원이 높아질수록 광달거리는 길어진다. 이러한 지리학적 광달거리는 다음 식 (1)과 같이 근사적으로 계산된다.

$$D = 2.074(\sqrt{H} + \sqrt{h}) \quad (1)$$

여기서,  $D$ : 지리학적 광달거리(mile),  $H$ : 수면 위의 등고(meter),  $h$ : 수면위의 관측자의 눈의 높이(meter).

이에 반해 '광학적 광달거리'는 청천암야에 등광을 볼 수 있는 거리이며, 일정한 계산식이나 실험에 의한 것이므로 정확하지는 않다. 광도가 약한 것은 옅은 안개만 끼여도 잘 안보이므로 시계가 좋지 않을 때에는 우선 등광의 광도를 고려하여야 한다. '광학적 광달거리'는 다음 식 (2)로 구할 수 있다.

$$D = \sqrt{\frac{I}{3.43 \times 10^6 \times T \times K^{-D}}} \quad (2)$$

여기서,  $I$ : 사용 상태 하에서의 광도(cd),  $T$ : 시

표 3. 등질의 분류와 약기호 표시 방법 및 그 의미.

분류	약기호	의미
부동등(Fixed light)	F	등색이나 광색이 바뀌지 않고 일정하게 빛을 내는 등
섬광등(Flashing light)	Fl	1주기내의 광의 합계시간이 암의 합계시간보다 짧으며 통상섬광의 출현이 등간적인 등
군섬광등(Group flashing light)	예: Fl(3)	숫자로 표시된 섬광군이 규칙적으로 반복되는 섬광등
급섬광등(Quick flashing light)	Q	1분간에 50섬광이상 80섬광 미만의 비율로 반복하여 섬광하는 등광
초급섬광등(Very quick flashing light)	V.Q	1분간에 80이상 160미만의 비율로 반복되는 초급 섬광등
호광등(Alternating light)	Alt	등색이 다른 종류의 빛(대부분 홍백 또는 녹백)을 교대로 내며 사이에 등광이 끼지는 일이 없는 등
섬호광등(Alternating flashing light)	Alt.Fl	섬광등의 일종이며 등색이 교대로 변하는 등
명암등(Occulting light)	Oc	1주기에 있어서 명간의 합계가 암간의 합계보다 길고 암간이 모두 통상 등 간격인 등광

광계수  $2 \times 10^7 \text{ lux}$ ,  $D$ : 등화의 시인거리(mile),  $K$ : 대기전달율 (13마일 정도의 시정을 기준한 경우 0.8).

NATS의 시스템 구성도로서, 서버(Server)와 클라이언트(Client) 개념으로 구성하였다.

## 2.4 항로표지의 등질

등질(Characteristics of lights)은 야간표지의 등화와 일반 등화와의 식별을 쉽게 하고 부근에 있는 다른 야간표지와 오인되는 것을 피할 목적으로 각 등화에 등광의 발사상태를 정한 것이다. 항로표지의 등질에 따른 분류와 항해에서 사용하는 약기호 및 그 의미를 다음 표 3에 나타냈다.

위의 표 3의 등질 분류를 기초로하여 해상부표식에서 사용하는 등색과 섬광주기 및 그에 따른 등질의 의미를 표 4에 나타냈다.

이 연구에서는 이러한 표 4의 등질을 이용하여 각 항로표지를 3차원 객체로 구성하였다. 항로표지에 부여할 등질의 섬광 주기는, 3차원 항로표지의 객체에 등질의 주기만큼 프레임(frame)을 계산할 수 있는 속성 부여 프로그램을 삽입하는 방법을 이용하였다.

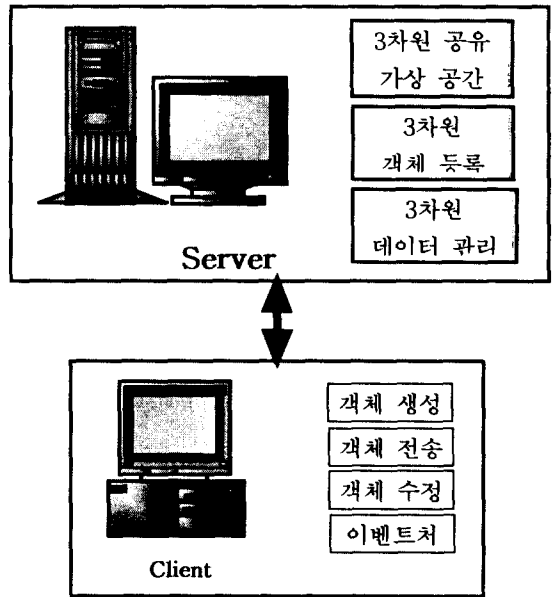


그림 2. VR-NATS의 시스템 구성도.

## 3. VR-NATS의 구축

### 3.1 VR-NATS의 설계

다음 그림 2는 단일 사용자용으로 설계한 VR-

그림 2에서, 서버는 3차원 공유 개념의 가상공간을 생성하는 부분과, 제작한 3차원 객체를 등록하

표 4. 해상부표식의 등색과 섬광주기에 따른 등질의 의미.

종 류	등색	섬광 주기	등 질
좌현표지	녹색	임의	모든 종류의 섬광등질이 적용됨. 단, 1군이 (2+1) 섬광의 복합군섬광은 우선항로표지에 대해서만 적용됨.
우현표지	홍색	임의	
좌향로 우선표지	홍색	FI(2+1)	(2+1)의 복합군섬광등으로서 1주기는 16초 이상일 것.
우향로 우선표지	녹색	FI(2+1)	
북방위표지	백색	Q	연속급섬광
동방위표지	백색	VQ(3)5s	주기가 5초로서 3섬광 1군의 군초급 섬광
남방위표지	백색	VQ(6)+LF1.10s	주기가 10초로서 2초 이상의 장섬광이 뒤따르는 1군이 6섬광의 군초급섬광
서방위표지	백색	VQ(9)10s	주기가 10초로서 9섬광 1군의 군초급 섬광
고립장해표지	백색	FI(2)	주기가 5초이며 2섬광 1군의 군섬광
안전수역표지	백색	LF110s	주기 10초의 장섬광
특수표지	황색	임의	군명암광

는 부분 그리고, 이러한 3차원 데이터를 관리하는 부분으로 구성하였다. 가상 공간 구성은, 선박 모델, 항로표지와 같은 3차원 객체들로 구성된다. 그리고, 클라이언트 부분에서는, 이벤트 처리와, 객체 전송 및 객체 생성, 객체 수정 등의 일을 할 수 있도록 구성하였다. 생성된 가상공간은 PC의 모니터를 통하여 볼 수 있도록 하였다[16-17].

### 3.2 VR-NATS의 구축 결과

그림 3은, 3차원 그래픽 저작도구인 Superscape사의 3D-Webmaster를 이용하여 제작한 3차원 항로표지의 일부를 나타낸다. 그림 3(a)는 동쪽 방향을 나타내는 동방위표지를 나타내고, 그림 3(b)는 서방위표지, 그림 3(c)는 남방위표지, 그림 3(d)는 북방위표지를 나타낸다.

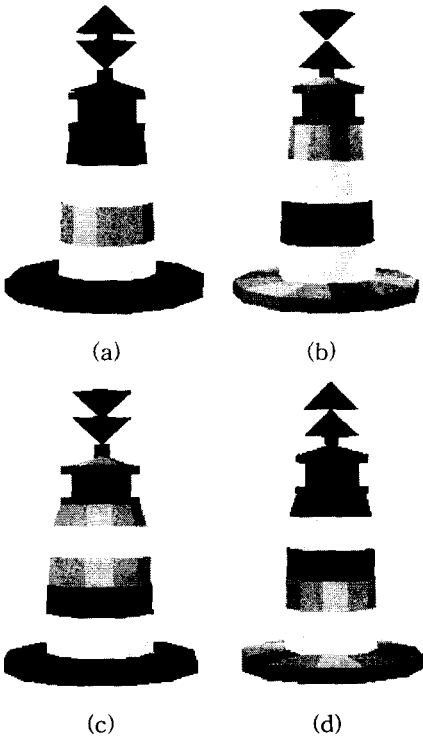


그림 3. 제작한 방위표지의 3차원 객체에 대한 그래픽 표시.

(a) 동방위표지, (b) 서방위표지, (c) 남방위표지, (d) 북방위표지.

그림 4와 그림 5는 VR-NATS을 작동할 때의 결과를 나타낸다. 그림 4는 주간표지에 대한 VR-NATS이고, 그림 5는 야간표지에 대한 VR-NATS이다. 그림 4와 그림 5에서, 선박은 이러한 항로표지로부터 안전항로를 파악할 수 있고, 우리 선박이 항해해야할 방향을 찾을 수 있다. 특히 야간에는 주위의 지형지물이 보이지 않기 때문에 항로표지에서 발사하는 등을 이용하여 안전한 항로를 찾을 수 있다. 따라서, 항해사는 주간과 야간에 각종 항로표지가 발생하는 등질이나 주기를 정확히 파악할 수 있는 능력이 필요하다.



그림 4. 가상항로에 구축한 주간표지의 작동결과.

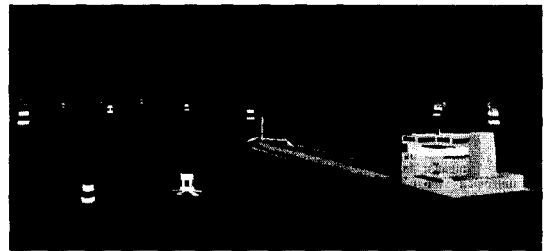


그림 5. 가상항로에 구축한 야간표지의 작동결과.

## 4. 실험 및 평가

### 4.1 실험방법

위의 그림 4와 그림 5에 나타난 것과 같은 VR-NATS를 이용하여 학생들이 항로표지를 얼마나 쉽고 정확하게 파악할 수 있는지 실험하였다. 실험방법은, 가상항로에서 사용자가 선박을 조종하면서 항로표지를 인식하도록 한 후, 평가지를 통하여 시험을 치루어 취득한 점수로 평가하였다. 실험

환경은 다음과 같이 정하였다.

- a) 1년 이상의 항해경력이 있고, VR-NATS을 이용하여 교육을 받은 대학교 4학년 남학생 5명. 이 5명의 피실험자 집단을 G-1이라고 정함.
- b) 항해 경험이 전혀없으나, 항로표지 이론 교육과 VR-NATS에 의한 시뮬레이터 교육을 받은 대학교 2학년 남학생 5명. 이 5명의 피실험자 집단을 G-2라고 정함.
- c) 1년 이상의 항해경력이 있고, 항로표지에 대한 이론 교육만을 받은 대학교 4학년 남학생 5명. 이 5명의 피실험자 집단을 G-3라고 정함.
- d) 항로표지 이론교육만을 받은 대학교 2학년 5명. 이 5명의 피실험자 집단을 G-4라고 함.

위의 피실험 집단 G-1, G-2, G-3, G-4의 구성은 20- 25세의 남자를 대상으로 하였고, 모두 목포해양대학교 해상운송시스템학부 학생들이다. 그리고, 실험환경은 실험 하루 전에 피실험 집단 G-1, G-2, G-3, G-4에게 30분 동안 항로표지에 관한 사전교육을 실시한다. 피실험 집단 G-1과 G-2에게만 VR-NATS을 이용하여 주간표지와 야간표지 시뮬레이션 교육을 각각 10분씩 교육한다.

반면, 피실험 집단 G-3와 G-4에게는 VR-NATS 교육을 시키지 않고 이론교육만을 시킨다. 실험횟수는, 4회로 정하고, 실험평가는 항로표지의 도색, 형상, 두표, 등색, 등질 등에 대해서 총 50문항을 만들어 시험을 보고, 이 점수를 평가하였다.

#### 4.2 실험 결과 및 평가

표 5는 G-1, G-2, G-3, G-4에 대하여 실시한 평가결과이다. 100점만점을 기준으로 하고, 항해경력이 있으며, VR-NATS으로 교육시킨 피실험집단 G-1의 4회 때의 평균점수는 93.6점이며, 항해경력은 없으나, VR-NATS으로 교육시킨 G-2의 평균점수는 평균 90.6점이다. 반면에 항해경력은 있으나, 이론 교육만을 시킨 피실험집단 G-3의 평균점수는 87.6점이며, 이론 교육만을 행한 G-4의 평균점수는 80.8점이다. 따라서, VR-NATS에 의한 시뮬레이터 교육이 이론 교육 보다 학습효과가 높음을 알 수 있다.

또한, 항해경력이 있으면서 VR-NATS 교육을 받은 피실험 집단 G-1의 평균점수가 93.6점이고, 항해경력은 없으나 VR-NATS 교육을 받은 피실험집단 G-2는 평균점수가 90.6점인 결과를 나타냈다. 따라서, 항해경험의 유무에 따른 학습효과의 차이를 알 수 있었다.

표 5. G-1, G-2, G-3, G-4에 대하여 실시한 평가 결과.

(a) G-1과 G-2의 평가결과.

피실험자 실험횟수		A	B	C	D	E	평균
		G-1					
G-1	1	65	70	80	86	90	78.2
	2	77	75	87	90	94	84.6
	3	82	87	92	93	95	89.8
	4	90	93	94	95	96	93.6
G-2							
G-2	1	45	54	57	370	48	48.2
	2	56	67	65	49	60	59.4
	3	70	80	84	63	78	75.0
	4	87	94	95	84	93	90.6

(b) G-3과 G-4의 평가결과.

피실험자 실험횟수		A	B	C	D	E	평균
		G-3					
G-3	1	66	65	79	85	88	76.6
	2	75	70	85	87	90	81.4
	3	77	75	90	92	93	85.4
	4	80	78	92	93	95	87.6
G-4							
G-4	1	47	50	56	42	45	48.0
	2	54	62	63	50	57	57.2
	3	65	72	75	64	70	69.2
	4	73	85	87	76	83	80.8

## 5. 결 론

이 연구에서는 선박의 안전운항 확보 및 선박교통 질서의 효율성을 극대화시키기 위하여 VR-NATS의 필요성을 인식하였다. 그래서 기존의 대형 시뮬레이터 시스템의 한계적인 업그레이드에 유연성이

약하고, 대규모의 설치공간이 필요하므로 비경제적이며 시간적인 제약이 있어서 비효율적이라는 점을 분석하여 이에 대한 해결방안을 제공하기 위한 시스템의 설계하고 구축하였다.

이 연구결과, 구축한 VR-NATS의 특징은 다음과 같다.

첫째, 가상현실을 이용하여 항로표지 속달 시뮬레이터를 구축하였다.

둘째, PC상에서 구현되는 시스템으로 실선에 탑재되어 교육 또는 훈련용으로 이용될 수 있을 뿐만 아니라 특정 항만에도 효과적으로 사용될 수 있다. 셋째, 소프트웨어의 변경으로 업그레이드가 신속하게 되도록 하였으며, 시간적이고 공간적인 제약에 따른 문제점을 해결하였다.

앞으로 VR-NATS의 개발에는 현장감이 있는 해상환경 구축과 다중 사용자를 위한 네트워크, 상호작용인 시스템 구현, 선박조종성능을 고려하면서 이 연구에서 제시한 설계 개념을 토대로 세부 요소 기술을 점진적으로 연구 개발하면서 VR-NATS를 구축해 나갈 것이다.

## 참고문헌

- [1] 임정빈, 박계각, "가상현실을 이용한 차세대 선박 시뮬레이터의 시스템 설계," *해양환경안전학회지*, 제6권(제1호), pp.1-9, 2000.3.
- [2] 임정빈, 이상집, "인공 현실 기술을 응용한 선박조종 시뮬레이터 구현에 관한 기초연구," *해양안전학회 학술발표회논문집*, pp.5-18, 1997.5.
- [3] Technical Manual for TRANSAS MARINE SIMULATOR SYSTEMS, Transas Marine Company, January 1996.
- [4] Michael Deering, "High Resolution Virtual Reality," *Computer Graphics*, Vol.26(No.2), pp.195-201, July 1992.
- [5] Jeong-Bin Yim, "Development of Navigation Training Simulator by Virtual Reality," *Proc. IAIN World Congress in Association with U.S. ION Annual Meeting*, June 26-28, 2000.
- [6] 임정빈, "가상현실 선박조종 시뮬레이터 구현을 위한 3차원 음장생성(I):머리전달합수 모델링," *한국항해학회지*, 제22권(제3호), pp.17-25, 1998.9.
- [7] 임정빈, "가상현실 선박조종 시뮬레이터 구현을 위한 3차원 음장생성(II):음장제어," *한국항해학회지*, 제22권(제3호), pp.27-34, 1998.9.
- [8] 임정빈, "가상현실 선박시뮬레이터의 배경 구현," *해양환경안전학회지*, 제6권(제1호), pp. 11-22, 2000.1.
- [9] 임정빈, 공길영, 구자영, "HMD를 사용한 가상현실 시뮬레이터 시스템의 프로토타입 개발," *한국항해학회지*, 제24권(제3호), pp.133-140, 2000.6
- [10] 손경호, 이성욱, "PC를 이용한 선박 조종 시뮬레이터의 개발에 관한 연구," *해양환경·안전학회지*, 제6권, 제1호, pp. 11-22, 2000. 1.
- [11] 정명선, "항법학 I," 북음출판사, pp. 17-43, 1996. 8.
- [12] 윤점동, "국제해상충돌예방규칙 및 관련된 국내법규해설," 세종출판사, 1996.
- [13] 정문렬, "가상현실 시스템에서의 이벤트 핸들링 및 행위결정," *정보처리학회지*, 제5권, 제2호, pp. 3-8, 1998. 3.
- [14] 송경준 외 4인, "대규모 분산 가상현실 시스템을 위한 다중 서버-다중 클라이언트 구조," *정보처리학회지*, 제5권, 제2호, pp. 9-16, 1998. 3.