

# 항로표지 시뮬레이션 시스템을 활용한 항로표지 교육모듈 개발에 관한 연구

정우리\* · † 조기정 · 문성배\*\*

\*해사산업연구소 전임연구원, † 한국항로표지기술원 기술연구소 소장, \*\*한국해양대학교 항해학부 교수

## A Study on the Development of Educational Modules for Aids to Navigation Using the Aid to Navigation Simulator

Woo-Lee Jeong\* · † Gi-Jong Jo · Serng-Bae Moon\*\*

\*Full-time Researcher, Research Institute of Maritime Industry, Busan 49112, Korea

† Executive Director, R&D Center, Korea Institute of Aids to Navigation, Sejong-si 30100, Korea

\*\*Professor, Division of Navigation Science, Korea Maritime and Ocean University, Busan 49112, Korea

**요 약** : 항로표지는 등광, 형상, 색채, 음향, 전파를 이용하여 선박의 안전항해를 돕기 위한 인위적인 시설을 의미한다. 국제항로표지협회에서는 이러한 항로표지의 설계, 배치, 관리 등을 위해 전문가 그룹에 대한 교육과정을 개발하여 운영 중에 있으며, 해기교육기관에서는 항해사들을 위한 선박조종항상교육 및 ECDIS 교육과정을 통하여 안전항해를 위한 다양한 교육을 운영하고 있다. 이에 더불어, 다양한 지형적, 환경적, 해상교통환경 등에 따른 항로표지의 오인으로 인한 해양사고를 예방하기 위해 항로표지 시뮬레이션 시스템을 활용한 교육이 필요하다. 본 연구에서는 기존의 선박조종시뮬레이터와 항로표지 시뮬레이터를 활용하여 다양한 환경에서 항로표지에 대한 정확한 이해과 활용을 위한 교육모듈 개발을 통해, 기존의 이론적인 관점에서의 교육을 보완하고 실무적인 활용도를 높여 교육효과 향상방안을 제시하였다.

**핵심용어** : 항로표지, 안전항해, 선박조종 시뮬레이터, 항로표지 시뮬레이터, 해양사고, 교육모듈

**Abstract** : Aid to Navigation (AtoN) is the artificial facilities to facilitate the ship's safe navigation using light, shape, color, sound, and radio waves. IALA has developed and operated the educational course for expert groups for the design, deployment, and management of AtoN. Also, maritime educational institutes have operated various educational courses for safe navigation through the ship's operation and ECDIS curriculum for seafarers. However, education using the AtoN Simulator System is needed to prevent marine accidents caused by misunderstanding of the AtoN according to various topographical, environmental, and maritime traffic environments. In this study, the existing ship handling simulator and AtoN simulator were applied to develop educational modules for accurate understanding and application of AtoN in various environments, enhancing the quality of education from the existing theoretical point of view and improving practical use to maximize educational efforts.

**Key words** : Aids to Navigation(AtoN), Safe Navigation, Ship Handling Simulator, AtoN Simulator, Marine Accident, Education Module

### 1. 서 론

선박이 안전항해를 위해 항상 기회가 있을 때마다 선위를 확인할 필요가 있다. 연안을 항해할 때나 입출항 때에는 육상의 뚜렷한 목표, 예를 들면 섬, 갑(곶), 산봉우리 등을 이용하지만, 뚜렷한 목표가 없는 곳이거나 야간에 항해할 때에는 이들 자연목표만으로는 만족스러운 선위의 확인이 곤란하다. 항로표지(Aids to Navigation, AtoN)는 선박의 교통량이 많은 항로, 항구, 만, 해협, 암초나 천소구역 등에 등광, 형상, 색채, 음향, 전파 등의 수단에 의하여 인위적인 시설을 설치하여 선

박의 안전항해를 지원한다(Yoon et al., 2017). 하지만 선박이 점점 대형화, 고속화되어짐에 따라 교통량은 빠르게 증가하여 해상교통환경 또한 점점 악화되어가고 있다. 항로표지는 이로 인한 해양사고를 줄이고 선박의 안전항해를 보장하기 위해 점점 더 다양해지고 있지만(Moon & Kim, 2019), 현재 해기교육기관들은 주로 이론적인 관점에서 항로표지의 종류, 등질, 특성 등에 대한 이론교육으로 이루어져 있어 실무적인 활용도가 낮은 실정이다. 이에 본 연구에서는 기존의 시뮬레이션 시스템을 활용한 선박조종능력항상교육과정(Ship Handling Simulation Training Course, SHS), 전자해도장치교육과정

† Corresponding author : 정희원, jgj@katon.or.kr 070)8611-9960

\* 종신회원, hdweworld@hanmail.net 051)410-4102

\*\* 종신회원, msbae@kmou.ac.kr 051)410-4280

(ECDIS)과 항로표지 전문가 양성을 위한 교육모델 코스를 분석하고, 항로표지 시뮬레이션 시스템을 활용하여 예비해기사들이 입체영상을 통한 동적 시뮬레이션을 활용하여 교육효과를 높일 수 있는 항로표지 교육모듈을 제시하고자 한다.

## 2. 기존교육 모델코스 분석

모든 교육과정의 성공적인 실행을 위해서는 철저한 준비가 필요하다. 모든 교육과정이 원활하고 효과적으로 운영되기 위해서는 지침서, 훈련장비, 적합한 교육실습장, 안전한 연안 해역, 부표 또는 항로표지 관련 선박, 안전장비 등이 갖추어져 있으며, 이에 대한 이용가능성이 충분히 고려되어야 한다 (IALA Model Course, 2019). 본 연구에서는 항로표지 교육과정(관리자, 기술직, VTS)과 선박조종 시뮬레이션 시스템을 활용한 SHS, ECDIS 교육과정에 대해 다음과 같이 분석하였다.

### 2.1 항로표지 관리자 과정

본 모델코스는 Table 1과 같이, 크게 5개의 모듈과 주요 계획수립에 대한 임무수행을 위한 과정으로 구성되었다. 각 모듈은 2개 이상의 세부과목으로 나누어져 있다. 본 코스의 교육대상자는 항로표지 관리자로서, 교육과정을 수료하면 국제적으로 인정된 항로표지자격증(AtoN Certificate)을 획득할 수 있다(IALA, 2018).

Table 1 Level 1 AtoN Manager

Module	Contents
1	International Organization and Law of the Sea
2A	Nautical Knowledge(General)
2B	Position, Navigation, Timing and Meteorology
3A	AtoN Provision; Design and Management
3B	Maintenance; Structures and Materials Contracts; Environment
3C	Historic Lighthouses and Human Resources
4A	Technical Functions-Visual AtoN
4B	Technical Functions-Radio AtoN and AIS
4C	Technical Functions-VTS and Routing
4D	Technical Functions-Sound Signals; Communication; e-Navigation; Tide Gauge; Remote Monitoring
5	Power Supply

### 2.2 기술직 과정

본 교육과정은 항로표지 기술직(Level 2)을 위한 것이며, 교육기관과 교육자들이 Table 2에서 보듯이, 항로표지 관련

본체, 부품, 수리, 유지 및 보수 등과 관련된 품질 및 효율성을 향상시키기 위해 기존의 항로표지의 성능을 향상시키고, 최신 화시키거나 가용성을 높이기 위한 내용으로 구성되어 있다. 각각 하위 모듈은 교육대상별, 항로표지 품질유지보수를 위한 보다 전문화, 세분화된 내용으로 구성되어 있다(IALA, 2012).

Table 2 Level 2 Technician courses

Module	Contents
1	Introduction to Aids to Navigation
2	Power Supplies
3	Lights and Marine Lanterns
4	Sound Signals
5	Painting and Coatings
6	AtoN Service Craft and Buoy Tenders
7	Radar Beacons(Racons)
8	Automatic Identification System(AIS)
9	Radionavigation and differential Global Navigation Satellite Systems
10	Remote Monitoring and Control
11	Structures, Materials and AtoN Maintenance

### 2.3 VTS 모델코스

본 모델 코스는 Table 3과 같이, 5개의 과정으로 구성되어 있으며, 이는 VTSO의 경력에 따른 교육의 지속성을 유지하기 위해 이전 수료한 교육내용과 경력 등에 대한 내용을 반영하여, 국제기준을 유지할 수 있도록 개발되었다(IALA, 2018).

Table 3 VTS model course V-103

Module	Contents
VTS Operators	1. Language
	2. Traffic Management
	3. Equipment
	4. Nautical Knowledge
	5. Communication co-ordination
	6. V H F-radio
	7. Personal attributes
	8. Emergency situations
VTS Supervisor	1. Advanced Traffic Management
	2. VTS equipment
	3. Additional personal attributes
	4. Responding to emergency situations
	5. Administrative functions
	6. Legal knowledge
VTS On-the-job Training (OJT)	
VTS On-the-job Training Instructor	
Revalidation Process of VTS Qualification and Certification	

## 2.4 선박조종능력향상 교육과정

선박조종능력향상 교육과정은 해양사고를 줄이고 해양환경을 보호하기 위하여, 해기인력에 대한 선박조종 및 선교에서의 효과적인 당직근무를 위한 훈련을 강화하고 있는 세계적인 공동의 노력에 발맞추어 개발한 항해사를 위한 교육과정이다. 선교 당직근무를 수행하는 항해사가 기본적으로 갖추어야 할 항해 및 선박조종술을 짧은 기간 내에 효과적으로 교육하고 아울러 실무와 유사한 환경 하에서 선박조종 시뮬레이터를 이용하여 다양한 시뮬레이션 훈련을 시행하여 보다 실감나는 체험교육으로 자신감을 배양하여 선박의 안전운항을 도모하는데 그 목적이 있다(Marine Edutech, 2019).

교육내용은 다음을 포함하고 있다.

- 항해시스템 설정 및 모니터링
- 안전대책, 복원력 검토 및 황천에서의 현상
- 수색구조
- 선박조종의 이론과 실제
- 예선사용 및 점·이안 시뮬레이션을 포함하는 대형선 운항
- 선박 유체역학의 이론적인 측면
- 각기 다른 해상상태에서의 여러 선박과 다양한 항만을 이용하는 시나리오 시뮬레이션 시행 등

## 2.5 전자해도장치교육과정(ECDIS)

전자해도장치(Electronic Chart Display and Information System, ECDIS)는 선박의 실시간 위치정보를 표시하여 항해사가 항로를 계획하고 감시하며 항해와 관련한 부가정보를 활용할 수 있도록 항해를 지원하는 시스템이다(IMO MSC.191(79), 2004). ECDIS장비 탑재가 법제화됨에 따라 ECDIS 설치선박에 승선하는 선장 및 항해사는 STCW(선원의 자격증명 및 당직근무의 기준에 관한 국제협약) Code A-2/1에 규정된 지식과 능력수준을 만족 또는 능가하는 훈련이수가 필수적이다. 실질적으로 선박에서 사용하는 ECDIS장비를 이용하여 ECDIS의 특성이나 제약사항을 이해하고 적절한 사용법이나 조작방법을 습득하여 효율적인 운항과 안전항해를 달성할 수 있는 능력을 향상시키도록 구성되어 있다(Marine EduTech, 2019). 본 과정의 교육내용은 다음과 같다.

- ECDIS 구성요소
- ECDIS 항해계획 및 모니터링
- ECDIS 경계
- ECDIS 물표, 해도 및 시스템
- ECDIS 책임요건 및 평가

또한, ECDIS 사용에 따른 법적 측면과, 요건, 주요 유형, 데이터, 센서, 기본 항법 기능 및 설정, 항법 정보의 기능, 해석오류, 상태표시, 백업장치, 과도한 의존에 따른 위험성 등을 다루고 있다.

## 3. 항로표지 시뮬레이션 시스템

항로표지 시뮬레이션 시스템은 우리나라 주요 해역의 지형적, 환경적 특성, 그리고 운항하는 선박들의 특성, 해상교통 특성 등을 종합적으로 고려한 시뮬레이션 환경을 구현하고 있다. 이를 통해, 항로표지 사용자(설계자, 항해사, VTSO, 관리자 등)가 항로표지 사용에 따른 최적의 안전성과 효율성을 가진 항로표지 설계, 항로표지 최적 배치 계획 등에 대한 의사결정을 지원할 수 있는 시스템이다(Yeo et al, 2018).

### 3.1 항로표지 시뮬레이션 시스템 구성

항로표지 시뮬레이션 시스템은 선박조종시뮬레이터와 항로표지 운영으로 구성되어 있다. 선박 조종시뮬레이터는 주요 항만의 지형적, 환경적 특성을 포함한 시뮬레이션 환경을 제공하고, 선박의 운항특성과 해상교통환경의 특성을 실행할 수 있도록 해상 DB, 선박 DB, 운영SW와 HW로 구성된다. 해역 DB와 선박DB는 시뮬레이션 대상영역과 대상선박의 데이터가 될 것이며, 선박조종과 운항을 위해서는 SW와 HW가 필요하다. 항로표지 시뮬레이터는 항로표지 DB, IG, 항로표지 모델, 항로표지 운영SW로 구성된다. 데이터베이스는 우리나라 전 해역에 설치되어 있는 항로표지의 속성(형태, 등질, 광달거리 등)이 저장되어 있다. 항로표지 운영SW는 사용자가 데이터베이스를 쉽게 수정 및 편집할 수 있도록 하고 시뮬레이터 및 시스템과 연계하여 직관적으로 확인할 수 있는 데이터베이스 관리 SW이다. 운영 SW의 구성은 다음 Fig. 1과 같다.

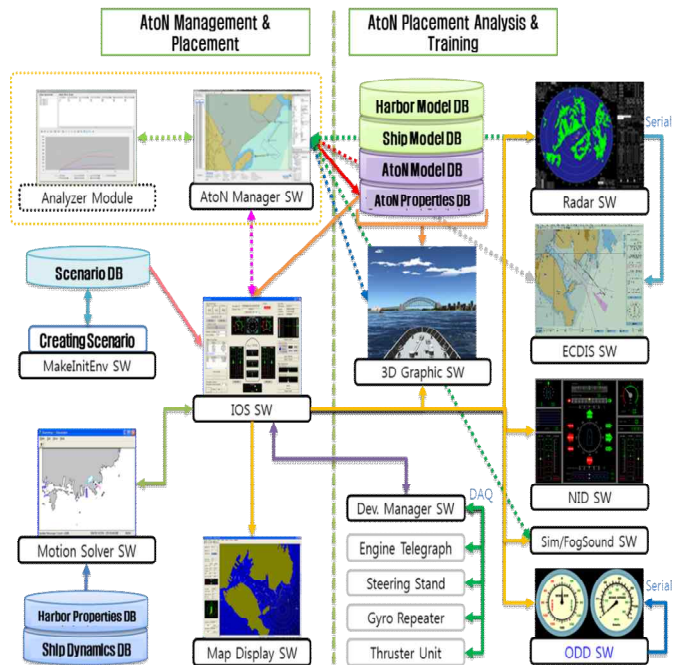


Fig. 1 Software Configuration Diagram of AtoN Simulation system

Source : Performance and Analysis of AtoN Properties and 3D Modelling for AtoN Simulation, e-Navi., 2018

### 3.2 항로표지 시뮬레이터의 활용

항로표지 운영SW는 기본적으로 통제용 SW와 연동되어 시뮬레이션의 전반적인 정보를 획득할 수 있다. 이를 통해 전자해도 기반으로 자선이나 타선의 위치를 확인하는 용도로 활용할 수 있다. 또한 네트워크 모듈을 통해 작업영역 내의 항로표지 목록을 전송하면 각 항로표지의 특성 및 목적에 맞게 가시화 시스템, 레이더, 음향 시스템으로 분류되어 전달된다. 특정 이벤트에 따라라도 해상네트워크 모듈을 통해 실시간으로 그 결과를 사용자에게 제공한다. 다시 말해, Fig. 2에서 보이는 것과 같이, 해양환경, 선박, 항로표지 운동특성 등 다양한 조건을 만족시킬 수 있는 IOS모드를 활용하여 모든 시스템을 연동할 수 있다. Fig. 3은 항로표지 운영SW를 통해 구현되어진 그래픽 유저 인터페이스를 나타내고 있으며, Fig.4는 실제 시뮬레이션 화면에 3차원으로 항로표지의 움직임까지 표현하고 있는 실물화면이다.

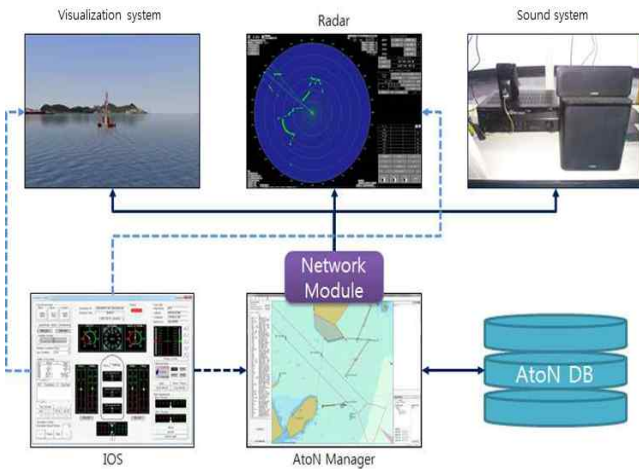


Fig. 2 Software Network Structure for AtoN Simulator

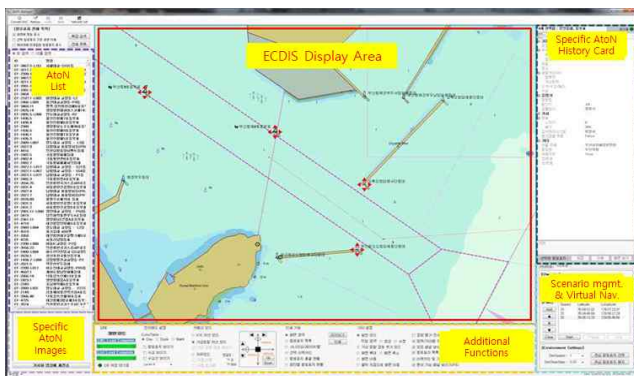


Fig. 3 Software GUI for AtoN Manager



Fig. 4 3-Dimensional Motion of AtoN

### 3.3 항로표지 시뮬레이터의 주요특성

항로표지 시뮬레이션 시스템의 주요특성은 항로표지의 설계 및 항로표지 배치방안의 기존방식을 완전히 변화시킬 수 있는 혁신적인 기술을 가지고 있다. 본 논문에서는 그 중에서 다음과 같은 두 가지 주요 특성에 대해 언급하고자 한다.

#### 1) 항로표지 시각적 인식에 대한 정량화 지수

국제항로표지협회(IALA)는 항로표지의 존재를 인지하여 항로표지가 지시하는 내용을 식별할 수 있도록 하는데 필요한 최소한의 빛의 빈도(Luminous Incidence)를 표준 요구 조도(Required Illuminance)로 규정하고 있다. 항로표지의 광원은 자체의 광원의 세기, 항로표지와 선박운항자 간의 거리에 따른 감쇠, 기상상태에 따른 감쇠 등과 같은 환경적 특성에 의하여 다양하게 변동되어 항해자에게 관찰되며, 이렇게 수신되는 빛의 빈도를 각막조도(Acquired Illuminance)로 규정할 수 있다.

선박운항자에 대해 상대적으로 다양한 위치에 있는 항로표지는 선박운항자 위치에서 다양한 수신조도를 가지게 되며, 선박운항자는 요구조도보다 높은 수신조도를 가지는 항로표지를 식별할 수 있다. 항로표지의 시각적 인식량은 각막조도가 요구조도보다 높은 경우에 두 조도의 차이 값의 합으로 정의할 수 있다. 항로표지 시인개수는 수신조도가 요구조도보다 높은 경우에 항로표지의 수량으로 정의할 수 있다. 이 때, 조도차합계와 인식 수량은 항로의 전 구간에 대하여 연속적인 그래프로 도출하여 항로표지 배치에 대한 시각적 인식에 대한 정량화 지수로 활용할 수 있다.

IALA Recommendation E1001에 따르면, 야간에 배경광이 존재하지 않는 경우에 요구조도는  $2 \times 10^{-7}$  lux이며, 주간에 요구조도는  $1 \times 10^{-3}$  lux로 지정하여 권장하고 있다. 표준 요구조도는 야간에 항로표지 주변의 배경발광 또는 배후광(Background Luminance)이 없는 것을 기준으로 하고 있다. 주간의 요구조도는 하늘 발광휘도에 따른 기상학적 조건에 맞추어 결정되어야 하며, 야간 요구조도는 배경광의 상태변화에 맞추어 결정된다. 항로표지 시뮬레이션 시스템은 배후광의 상

태는 배후광의 유무, 영역, 세기 등을 포함하는 배경발광 비율을 정의하여 반영하였다. 이러한 특성들을 반영해야 하는 이유는 항로표지는 해안의 항구불빛이나 인근의 빌딩 불빛과 같은 배경발광에 의해 선박운항자의 인지를 방해할 수 있다. 다음 Fig. 5는 항로표지에 대한 배경발광 간섭사례를 그림으로 표현한 것이다.

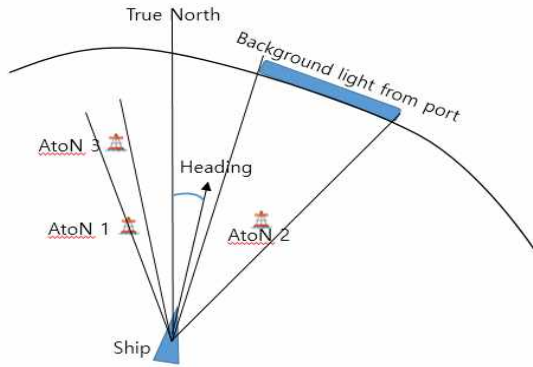


Fig. 5 Interference of Background Light(Example)

Source : Development of Performance Measures based on Visibility for Effective Placement of Aids to Navigation, International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering, 2015.

IALA는 Allard의 법칙에 기초하여 선박운항자의 눈에 수신되는 빛의 조도를 결정할 수 있는 방법을 제안하였다. Allard의 법칙은 안개 또는 구름 등에서 전파되는 빛의 가시거리를 결정하는데 매우 유용하게 사용되는 물리법칙이다. 선박운항자의 눈에 도달하는 빛의 조도를 각막조도라고 하면 IALA가 제안하는 각막조도는 광원의 광도(Luminous Intensity), 광원과 선박운항자 사이의 상대거리(Nautical Mile), 대기전송계수(Transmissivity)에 따라 결정된다. 또한 ITU(International Telecommunication Union)은 국제가시거리 코드(Table 4)를 권고하고 있으며 기상학적 가시거리를 결정하면 대기전송계수를 결정할 수 있다.

Table 4 International Visibility Codes for Weather Conditions

Wether Condition	Meterological Visibility(M)	Transmissivity
Dense fog	0.03	4.29E-44
Moderate fog	0.16	7.39E-9
Light fog	0.35	1.92E-4
Very light fog	0.54-1.03	3.90E-3-5.46E-2
Light mist	1.08-2.16	6.24E-2-0.2498
Very light mist	2.16-5.4	0.2498-0.5742
Clear air	5.4-10.8	0.5742-0.7578
Very clear air	10.8-27.0	0.7578-0.8950

Source : Development of performance measures based on visibility for effective placement of aids to navigation, 2015

이처럼 각막조도에 대한 공식은 시야각 효과, 양안시야비율로 인한 각막조도에 대한 감쇠효과를 고려하여 다음과 같이 구성될 수 있다.

$$E_r = \frac{I}{3.43 \times 10^6} \frac{T^R}{R^2} p_e \quad (1)$$

여기에서,  $E_r$  : 각막조도(Lux)

$I$  : 광원의 광도(Candela)

$R$  : 광원과 선박운항자의 상대거리(NM)

$T$  : 대기전송계수

$p$  : 양안시야비율을 의미한다.

2) 항로표지 운동특성

바다 위에 떠있는 등부표의 경우, 파도, 조류, 바람 등에 의해 그 위치나 경사각이 변하게 된다. 본 항로표지 시뮬레이터에서는 Fig. 6에서 보여지듯이, 파도에 의해 발생하는 등부표의 경사각 변화와 조류와 바람에 의해 발생하는 등부표의 위치변화를 구분하여 그 기능을 구현하고 있다.

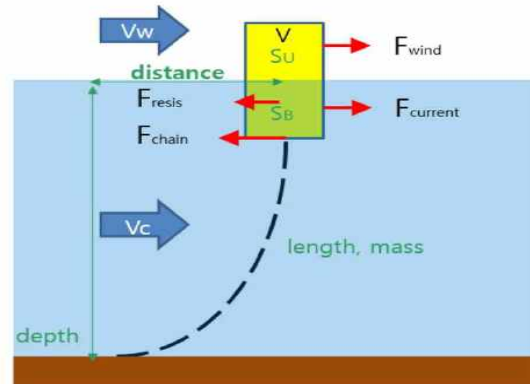


Fig. 6 Motion modelling of Floating buoy

$$F_{wind} = \frac{1}{2} \rho_w C_w S_u V_w^2 \quad (2)$$

$$F_{current} = \frac{1}{2} \rho_w C_c S_b V_c^2 \quad (3)$$

$$F_{chain} = f(depth, distance, length, mass) \quad (4)$$

$$F_{resis} = \frac{1}{2} \rho_w C_{D1} S_B V^2 + \frac{1}{2} \rho_w C_{D2} S_B V \quad (5)$$

$$Distance_{max} = \sqrt{length^2 - depth^2} \quad (6)$$

여기에서  $F_{wind}$  : 풍력,  $F_{current}$  : 조류력,

$F_{chain}$  : 체인에 걸리는 힘,  $F_{resis}$  : 저항력,

$\rho$  : 공기 또는 해수의 밀도( $kg - f - s^2/m^4$ )

$C$  : 항력계수

$V$  : 바람 또는 조류 속도(m/s)

$S$  : 투영면적( $m^2$ ) 의미한다(KC code, KDS, 2017).

Fig. 6에서 등부표의 이동거리는 체인의 길이와 등부표의 깊이에 따라 관계가 있으며 최대거리의 식(2)에서 (6)을 사용하여 계산된다.

#### 4. 항로표지 교육모듈

선박항해에 영향을 미치는 다양한 요인들을 오인할 경우 심각한 사고와 불필요한 준사고로 이어질 수 있다. 모든 선박은 기상, 선위, 해상교통환경 등의 다양한 조건에서 종합적인 판단을 통해 항해를 한다. 이에 본 연구에서는 선박용 시뮬레이션 시스템에 의해 구현된 선박안전운항을 위한 항법이론을 이해하고 항로표지 시뮬레이션에서 구현할 수 있는 다양한 시나리오를 통한 항해상황을 제시하여 항로표지 교육모듈을 제시하고자 한다.

시뮬레이터를 통한 실습은 일반적으로 해상교통 상황별로 다르기 때문에 참여자는 특정상황에서 선박의 조종성능과 항법을 적용하여 연습할 수 있다. 이러한 목표를 달성하기 위해서는 우선, 최첨단 선박조종 시뮬레이터 및 항로표지 시뮬레이터가 필요하다. 선박조종 시뮬레이터는 선박의 조종특성을 재현할 수 있는 다양한 선박모델을 갖추어야 하며, 항로표지 시뮬레이터는 앞서 3.3에서 언급한 바와 같이 선박운항자의 시인성 지수를 결정하는 항로표지의 표준요구조도와 배후광의 여부, 그리고 여러 가지 기상여건에 따라 움직이는 등부표의 운동특성이 반영된 3차원 가상운항환경이 재현될 수 있어야 할 것이다. 이를 바탕으로 모든 참여자는 선박의 안전한 항해를 위한 실질적인 교육결과를 얻기 위해서는 개별실습을 할 수 있는 기회가 주어져야 할 것이다.

##### 4.1 모듈개발지침

항로표지 시뮬레이션 시스템의 여건과 모듈식 교육과정 수립에 대한 이론적 배경을 고려하여 Tyler의 개선된 모듈개발 모형을 적용하여, 항로표지 교육모듈개발의 기본지침으로 다음과 같이 1) 모듈의 목적, 2) 모듈의 범위, 3) 모듈의 구성, 4) 모듈의 개수와 시간배분 등을 규정하였다(Jeong & Moon, 2013). 항로표지 교육모듈은 과목별로 항로표지 교육에 포함되어야 할 주요 내용을 정하고, 교육대상과 유형에 따라 선별적으로 활용하여 다양한 교육프로그램을 운영할 수 있도록 구성하였다.

###### 1) 모듈의 목적

항로표지 교육모듈은 STCW(International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers, 1978) Code A-II/1과 A-II/2의 해기능력의 최저 기준을 만족하고 항로표지 교육의 효과적인 지도 및 평가기능을 개발한다.

###### 2) 모듈의 범위

항로표지 교육모듈은 크게 이론교육과 시뮬레이션 교육으로 구분하여 각 주제별로 융합하여 조정한다. 또한, 기존 시뮬레이터를 활용한 교육과정에 일부모듈을 추가하여 운영할 수도 있을 것이다. 예를 들어, 선박조종항상교육과정에 부산신항 입항시 배후광의 유무를 반영한 가상공간을 추가하여 선박운항자의 합리적 판단을 유도할 수 있도록 모듈을 추가하여 교육효과를 극대화시킬 수 있을 것이다.

###### 3) 모듈의 구성

항로표지 교육모듈은 크게 시스템의 개요, 환경특성, 선박특성, 야간항해, 기상조건외의 5개의 핵심모듈에서 각각 2~6개의 단위모듈을 Table 5와 같이 구성하였다. Table 5의 단위모듈이 다른 핵심모듈의 단위모듈과 결합하여 새로운 형태의 교육모듈이 될 수 있으며, 또한 기존의 시뮬레이터를 사용한 SHS, ECDIS 교육과정과 결합하여 운영할 수도 있다. 예를 들어 '단위모듈 1 광과표지'를 다른 핵심모듈의 '단위모듈 10 TSS(Traffic Separation Scheme)'와 조합하여 광과표지의 개념과 실제 TSS 구역을 항해할 때 선박운항자의 시인성을 평가하고 올바른 항법을 사용하여 안전하게 통항할 수 있도록 체험하게 될 것이다.

Table 5 Modules for AtoN Education

Part	Module
A. Introduction of AtoN System	Module 1: Visual Aids(13types) Module 2: Shape Aids(5types) Module 3: Audible Aids(4types) Module 4 : Radio Aids(4types) Module 5 : Special Signal Marks Module 6 : Other Functional Special Navigational Aids(10types)
B. Environmental Features	Module 7 : Entry of Port Module 8 : Navigational Width (Narrow Channel etc.) Module 9 : With Current Module 10 : TSS(Traffic Separation Scheme) Module 11 : Deep Water Route Module 12 : Congested Water
C. Ship's Performance Features	Module 13 : Ship's Types Module 14 : Ship's Speed Module 15 : Ballast/Laden Voyage
D. At Night Navigation	Module 16 : Navigation at Night Module 17 : Navigation at Daytime
E. Meteorological Condition	Module 18 : Good Weather (Atmospheric transmittance) Module 19 : Heavy Weather Module 20 : Foggy Weather

4) 모듈의 개수와 길이

모듈의 개수는 단위모듈의 길이에 따라 달라진다. 교육대상의 경험과 사전이론교육의 정도에 따라 필수모듈과 선택모듈이 조합될 수 있도록 한다.

이와 같이 항로표지교육의 구조와 모듈식 교육과정 개발의 분석을 통하여 항로표지 교육과정에 모듈식 접근법이 효율적으로 이용될 수 있도록 모듈개발지침을 작성하였다.

4.2 항로표지 교육모듈

모듈개발지침에 따라 모듈의 목적을 달성하고, 모듈의 범위를 이론교육과 시뮬레이션 교육으로 정하고, 모듈의 목표에 맞는 교육내용을 선정하여, 교육의 길이를 정하였다. 다음의 5개의 대분류에 대한 총20개의 단위모듈 중에서 모듈범위가 각기 다른 3개의 단위모듈에 대한 예시이다.

1) 모듈 5 특수신호표지

특수신호표지는 좁은 해협, 수로 등에서 선박의 교통량 또는 조류의 방향등에 관한 정보를 주야간에 전파 또는 형상물로서 항행선박에게 정보를 제공하는 표지이다. Table 6에서와 같이, 항로표지 시뮬레이션 시스템의 향상된 항로표지 구현기술을 이용하여 피교육자에게 보다 현실성 높은 체험환경을 제공할 수 있을 것이다.

Table 6 Module 5 Special Signal Marks

Objective	Understanding & Application of Special Navigational Aids
Scope	Simulations
Content	① Definition of Special Signal Marks ② Type 1 Tidal Signal Mark, VTS, AIS and Marine Weather Signal Aids) ③ Type 2 VTS(Vessel Traffic System) ④ Type 3 AIS(Automatic Identification system) ⑤ Type 4 Marine Weather Signal Aids
Leadtime	3.5 Hours(Theory+Simulation)

2) 모듈 9 조류의 영향

항로표지는 조류의 세기에 따라 끊임없이 움직이기 때문에 선박운항자가 정확한 자신의 위치와 항로표지의 위치를 기반으로 올바른 판단을 하기 위해서는 실제와 매우 흡사한 가상공간에서 체험할 수 있도록 해야 할 것이다. 특히, Table 7과 같이, 항로표지 시뮬레이션 시스템에서 항로표지의 운동특성을 반영한 시뮬레이션 환경에서 자신의 조정특성을 이해하고 판단해 볼 수 있는 교육이 될 것이다.

Table 7 Module 9 With Current

Objective	Understanding of Current Effect
Scope	Simulations
Content	① Ship performance with current ② Buoy motion with current
Leadtime	3 Hours(Theory+Simulation)

3) 모듈 16 야간항해

야간항해모듈은 Table 8과 같이, 야간표지의 발광특성 및 항로표지 이외의 배후광 및 간섭으로 인한 다양한 사고발생방지를 위한 효과적인 교육결과를 가져올 수 있을 것이다.

Table 8 Module 16 Navigation At Night

Objective	Safe Navigation At Night
Scope	Simulations
Content	① Characteristics of Lights ② Period of Lights ③ Color of Lights ④ Range(Geographical/Visual/Luminous/Nominal) ⑤ With Background Lighting
Leadtime	3.5 Hours(Theory+Simulation)

4) 모듈 18 황천항해

선박을 운항하는데 있어 기상상황은 매우 많은 영향을 미치는 요소 중에 하나이다. Table 9의 황천항해 모듈은 대기 투과도에 따른 항로표지 등광의 대기전파율이 황천항해 시 선박운항자가 어떠한 방식으로 항로표지를 인지하고 대응하는지에 대한 교육모듈이다.

Table 9 Module 18 Navigation Under Good Weather

Objective	Understanding of Character of Lights
Scope	Simulations
Content	① Obscuring Phenomena Due to Sea Return ② Radar Reflector ③ Morse Code ④ Transmissivity
Leadtime	3.5 Hours(Theory+Simulation)

5. 결 론

항로표지는 등광, 형상, 색채, 음향, 전파 등을 사용하여 선박의 안전항해를 지원하는 시설이다. 이러한 항로표지에 대한 교육은 STCW Code A-II의 해기사에 대한 해기능력의 최저

기준명세에 포함되어 있는 해기사 자격을 갖추기 위한 필수 교육내용이다. 하지만 이에 대한 교육은 항로표지의 종류 및 등질 등에 대한 이론수업에 한정되어 있어 교육효과 측면에서 이론수업에 추가하여 시뮬레이션을 통한 교육내용을 추가할 필요가 있다. 이를 위해서, 본 연구에서는 기존의 선박조종 시뮬레이션 시스템과 항로표지 시뮬레이션 시스템을 활용하여 실무적 활용도가 높고 교육효과를 극대화할 수 있도록 항로표지 교육모듈을 개발하였다. 각 모듈별로 국제협약에서 요구하는 항로표지에 관한 주요 내용을 정하고, 교육대상과 유형에 따라 선별적으로 활용하여 다양한 교육프로그램을 운영할 수 있도록 구성하였다. 또한, 기존의 선박조종능력향상교육과정(SHS), ECDIS 교육과정에 일부 모듈을 선택적으로 융합하여 항로표지에 대한 교육이 이루어질 수도 있을 것이다. 현재 개발된 항로표지 시뮬레이션 시스템의 적극적인 사용을 통해 항해사의 교육의 품질과 그 효과를 극대화할 수 있을 것이다.

하지만 본 연구에서 제시한 교육모듈은 해기사를 위한 초기 핵심모듈과 일부 단위모듈로 구성되어 있으므로 항로표지 시뮬레이션 시스템을 활용한 교육효과 분석과 이를 통해 수 정보완 등에 대한 추후연구가 필요하다.

[9] Ministry of Oceans and Fisheries(2017), Korea Design Standard(KDS 64 90 30 2017), Ch. 16.  
 [10] Moon, B. S. and Kim, T. G.(2019), “Study on Development of Social cost Estimating Model for Aids to Navigation Accident(II)”, Journal of Korean Navigation and Port Research, Vol. 43, No. 3, pp. 166-171.  
 [11] Yeo, J. M., Yu, Y. S., Han, J. S. and Kim, J. U.(2018), “Performance and Analysis of AtoN Properties and 3D Modelling for AtoN Simulation System”, International Journal of e-Navigation and Maritime Economy 10, 022-031, pp. 22-31.  
 [12] Yoon, Y. J., Jeon, S. H. and Moon, S. B.(2013), Geo Navigation, Korea Maritime and Ocean University, pp. 25-56.

Received 25 November 2019

Revised 9 December 2019

Accepted 19 December 2019

## References

[1] Fang, T. H. et al.(2015), “Development of Performance measures Based on Visibility for Effective Placement of Aids to Navigation”, International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering, Vol. 7, No. 3, pp. 640-653.  
 [2] International Association of Marine Aids to navigation and Lighthouse Authorities(2012), IALA World Wide Academy.  
 [3] International Association of Marine Aids to navigation and Lighthouse Authorities(2019), IALA Model Course, <http://iala-aism.org/product-category/publications/model-courses>  
 [4] International Association of Marine Aids to navigation and Lighthouse Authorities(2017), Guideline G1100, pp. 5-9.  
 [5] International Association of Marine Aids to navigation and Lighthouse Authorities(2018), IALA Model Course, pp. 6-16.  
 [6] IMO(2004), IMO MSC.191(79), pp.9.  
 [7] Jeong, W. L. and Moon, S. B.(2013), “A Study on the Development of Module for the Ocean Education-Focus on Busan Metropolitan City”, Journal of Korean Navigation and Port Research, Vol. 37, No. 1, pp. 23-28.  
 [8] Marine EduTech(2019), Education Courses, <http://kmou.ac.kr/edutech/main.do>