

선박의 연안항해시 안전 항해 영역 표시를 위한 기능 및 심볼 구현

김효승¹ · 김건홍² · 이상봉³ · 강성필⁴ · 이서정^{5*}

¹국립한국해양대학교 대학원 박사과정

²국립한국해양대학교 대학원 석사과정

³(유)랩오투원 대표이사

⁴(유)랩오투원 서비스팀 매니저

^{5*}국립한국해양대학교 해사IT공학부 교수

Implements of Function and Symbol to Portray Safety Navigation Area

Hyoseung Kim¹ · Geonhong Kim² · Sangbong Lee³ · Seongpil Kang⁴ · Seojeong Lee^{5*}

¹Ph.d Candidate, Graduate school of National Korea Maritime and Ocean University, Busan 49112, Korea

²Master's Course, Graduate school of National Korea Maritime and Ocean University, Busan 49112, Korea

³Chief Executive Officer, Lab021, Co., LTD, Busan, 48934, Korea

⁴Service Team Manager, Lab021, Co., LTD, Busan, 48934, Korea

^{5*}Professor, Department of Marine IT Engineering, National Korea Maritime and Ocean University, Busan 49112, Korea

[요 약]

선박 운항 사고는 인명과 재산에 막대한 손실이 발생할 수 있지만 해마다 많은 사고가 보고되고 있다. 선박사고의 유형은 충돌, 침몰, 좌초 등과 같이 여러 유형이 있을 수 있다. 특히 육지와 가까운 지역의 항해는 높은 확률로 좌초사고가 발생할 수 있다. 육지 근처에서는 해저면이 복잡하고 통행량이 많아 항해사들은 안전한 항해를 위해 많은 노력을 기울이고 있다. 본 논문은 이러한 지역을 운항하는 선박에 해저면과 선박의 간격이 좁은 영역을 찾아내어 전자해도에 표시하는 기능을 구현하였고, 표시를 위해 새로운 심볼을 제작하였다. 이 결과는 선박에 안전과 관련된 정보를 서비스하는 기존 시스템의 추가기능으로 구성하여 실험했다.

[Abstract]

Ship operation accidents can cause enormous loss of life and property, but many ship accidents are reported every year. There are various types of ship accidents such as collision, sinking, grounding, and so on. Especially ship navigation near land can highly make grounding accidents. Near the land, due to the complicated seafloor and heavy traffic, many navigators are putting a lot of effort into safe navigation. This paper describes the function of finding a narrow space between the seafloor and the ship for ships operating in these areas. And a new symbol was created to portray this information on the electronic navigational chart. This result was tested by configuring the additional functions of the existing system to service safety-related information to the ship.

색인어 : 전자해도, 선박 좌초, 선박 안전 운항, 선박 운항 사고, 전자해도 심볼

Key word : Electronic navigational chart, Grounding, Safety navigation, Ship operation accidents, Symbol of ENC

<http://dx.doi.org/10.9728/dcs.2021.22.2.367>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 31 December 2020; **Revised** 01 February 2021

Accepted 01 February 2021

***Corresponding Author; Seojeong Lee**

Tel: +82-51-410-4888

E-mail: sjlee@kmou.ac.kr

1. 서론

선박 운항에 있어 승객과 승무원, 그리고 화물의 안전은 매우 중요한 문제이다. 선박의 사고는 인명피해, 경제적 손실 등을 불러오기 때문에 일반적으로 해운선사에서는 선박 안전 관리에 많은 비용을 투자한다. 또한 국가차원에서 안전관리에 대한 정책을 수립하고 관련 연구를 통해 선박 안전에 대해 지속적으로 노력하고 있다.

전 세계의 해상안전과 해양환경의 안전을 담당하는 UN 산하 기구인 국제해사기구(IMO, International Maritime Organization)에서는 안전 운항과 해양 환경 보호를 위한 전략으로 e-Navigation을 수립하였다. 이 전략의 목표 중 하나는 선박을 자동화 및 전자화하고 이를 통해 선원의 과한 업무 비중을 줄이는 것이다[1]. 최근에는 e-Navigation 전략을 실행하기 위한 많은 연구가 이루어지고 있으며 다량의 데이터를 기반으로 분석된 자료를 통해 선박의 안전에 관한 정보를 제공하는 서비스도 제공되고 있다.

선박의 항해 중 육상에 가까운 구역은 수심은 얕고 주변 환경은 복잡한 가운데 통행량이 상대적으로 많아서 안전을 위협하는 요인이 많이 있다. 경험 있는 항해사, 선장이 직접 항해하거나 국가와 항구에서 정한 규정에 따라 도선사가 선박의 안전 운항을 대신 책임지기도 한다[2]. 직접 또는 책임을 대신하여 항해를 하는 것과 더불어 항로 정보를 확인하고, 주변 선박과 구조물 등을 확인하는 등의 다양한 기능을 포함하는 항해지원 장비들이 사용되고 있다[3].

선박의 사고는 IMO 해상안전위원회(MSC, Maritime Safety Committee)와 해양안전심판원 등에서 정의한 9가지 분류가 대표적이다[4]. 이에 따라 선박의 사고 유형은 충돌, 침몰, 기름유출, 좌초, 전복, 화재, 폭발, 기관고장, 인명사고로 분류한다. 충돌은 선박간의 물리적 충돌 또는 선박과 해양 구조물의 충돌을 말하며 외부적인 충돌이라고 할 수 있다. 침몰은 선박이 수면 아래로 완전히 가라앉은 상태를 말하며 운송을 위해 적재한 원유를 유출하거나 선박 운항 시 필요한 연료를 유출했을 때를 기름 유출로 정의한다. 좌초는 선박이 해저의 지형 또는 구조물에 얽혀 손상을 입는 경우이며 전복은 선박이 정상적으로 수면에 떠 있지 않은 상태를 말한다. 화재는 선박에서 작업 중 일어나는 화재 혹은 주거구역에서 일어나는 화재를 말하며 폭발은 선내에서 가연성 연료 혹은 다른 이유로 인해 폭발이 발생하는 경우를 말한다. 선박의 운항 중에 전자적 또는 기계적 고장이 발생한 경우를 기관고장으로 분류한다. 위의 사고를 제외하고 작업자 및 운항자 또는 승객이 피해를 입었을 경우를 인명사고로 분류한다.

본 논문은 선박의 사고 중 좌초의 위험을 판단하는데 활용할 수 있는 안전지역 표시 기능을 소개한다. 선박의 출항 전 수립한 계획항로와 현재 위치 그리고 주변 해역의 수심정보 등을 이용해 주변의 항해 안전 지역의 경계를 표시해주는 기능이다. 이를 위해, 경계를 표시하는 심볼을 정의하였고, 대상 선박의 항해 정보와 해당 선박이 운항하는 항구 주변의 수심정보를 기반

으로 안전지역의 경계를 찾아 이를 기존 서비스에 추가기능으로 구현하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 본 논문에서 심볼을 정의하기 위해 조사한 선박 항해용 장비 심볼의 종류와 기존의 수심정보를 활용한 항해 안전 정보 제공 서비스를 소개한다. 3장에서는 해양 환경 요소를 고려하여 선박 안전 정보 제공 서비스를 위해 선박 안전 항해 영역을 도출하는 과정을 설명한다. 4장에서는 3장에서 도출된 항해중 선박의 주변 안전 항해 영역을 전자해도 기반 시스템에서 활용할 수 있도록 심볼을 정의하고 기존의 시스템에서 사용하던 심볼의 형태를 고려하여 새로운 심볼을 제작하는 과정에 대해 기술한다. 마지막으로 5장에서는 본 논문에서 구현한 전자해도 기반 표출 시스템에 대해 설명하고 구현 결과를 설명한다.

II. 관련 연구

이 장에서는 본 논문에서 심볼을 정의하기 위해 조사한 기존 선박운항과 관련된 심볼의 종류에 대해 설명하고, 수심정보를 기반으로 도출한 안전 운항 경계 표시 기능을 구현한 기존 시스템에 대해 소개한다.

2-1 선박 항해용 심볼의 종류

선박의 안전 운항을 위해서 다양한 심볼이 국제표준과 민간 표준을 통해 개발되어 있다. 본 논문의 안전 항해 영역을 표시하기 위한 심볼을 정의하기 위해 기존 심볼에 대한 종류와 용도를 조사했다.

먼저 국제수로기구(IHO, International Hydrographic Organisation)에서는 종이해도 사양에 대한 규정으로 S-4 규정을 배포하고 있다. S-4 규정은 연관문서로 기호, 약어 및 용어 등을 제공하는 INT1, 경계와 그리드 등에 대한 내용을 제공하는 INT2, 심볼과 약어 등의 사용 사례를 제공하는 INT3으로 S-4 규정의 내용을 보완하고 있다[5].

N Gebiete und Grenzen		Areas and Limits		
12.4		Tiefwasser-Ankergebiet. Ankergebiet für tiefgehende Schiffe. Deep water anchorage area. Anchorage area for deep-draught vessels.	431.3 436.1	
12.5		Ankergebiet für Tanker. Tanker anchorage area.		
12.6		Ankergebiet mit zeitlicher Begrenzung bis zu 24 Stunden. Anchorage area for periods up to 24 hours.		
12.7		Ankergebiet für Schiffe mit Gefahrgut. Dangerous cargo anchorage area.		
12.8		Quarantäne-Ankergebiet. Quarantine anchorage area.		
12.9		Reserviertes Ankergebiet. Reserved anchorage area.		Reserviertes (keine Vermerke!)
Anmerkung: Bei kleinen Gebieten wird die Grenze ohne Ankersymbol dargestellt. Ankergebiete mit anderen Angaben sind möglich. Note: Anchors as part of the limit symbol are not shown for small areas. Other types of anchorage areas may be shown.				
13		Operationsgebiet für Wasserflugzeuge. Seaplane operating area.	446.6	
14		Ankerplatz für Wasserflugzeuge. Anchorage for seaplanes.	446.6	

그림 1. INT1 심볼 표준 - 영역과 경계
Fig. 1. INT1 standard - Area and Limit

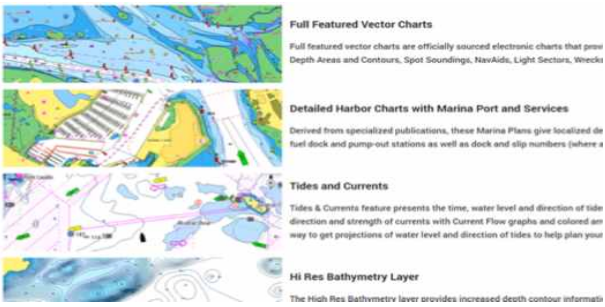


그림 2. C-MAP 피쳐 가이드
Fig. 2. C-MAP Feature guide

현재 주로 사용되는 전자해도 시스템에는 국제수로기구의 전자해도 사양인 S-52 표준과 S-57 표준을 사용한다. S-52 표준은 종이해도 사양을 기반으로 전자해도에 표시할 심볼의 모양과 표현방법을 기술하였으며 S-57 표준은 수로정보에 대한 기본적인 교환 표준이다. 최근 육상지리정보 표준을 접목하여 새로운 수로 정보 교환 표준으로 S-100을 발표하고 S-100 기반 전자해도 표준인 S-101 표준을 시작으로 해저 지형, 해류 정보, 항해 위험, 항해 경고 등 각각의 수로 정보를 표준화 하여 개발하고 배포하고 있다[6].

선박의 항해를 지원하는 장비로는 전자해도표시정보시스템(ECDIS, Electronic Chart Display and Information System) 이외에도 전자해도 기반의 장비들을 다양하게 사용한다. 특히 포터블 장비 혹은 웹 서비스에 많이 사용되는 전자해도는 C-MAP이다. C-MAP 기존 전자해도 양식을 참고하여 심볼을 단순화 하거나 개선하여 용도에 맞게 사용할 수 있도록 심볼 및 기타 서비스를 제공한다[7]. 그림 2는 C-MAP을 활용할 수 있는 여러 분야를 보여준다.

2-2 항해 안전 정보 제공 서비스 - Vessel link

본 논문의 구현결과를 부가적으로 제공할 기존 시스템인 Vessel link는 선박의 데이터 수집부터 수집된 데이터를 분석하여 안전 운항 및 경제운항에 대한 데이터를 제공하는 서비스이다. 선박용과 육상용으로 제공되며 선박용 서비스에서는 자동화된 데이터 보고 시스템, 선박 연료유 절감, 자체 데이터 검증 시스템 등이 있다.

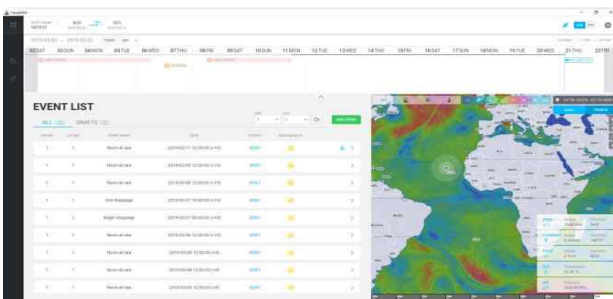


그림 3. Vessel link - 동정보고시스템
Fig. 3. Vessel link - Noon reporting system

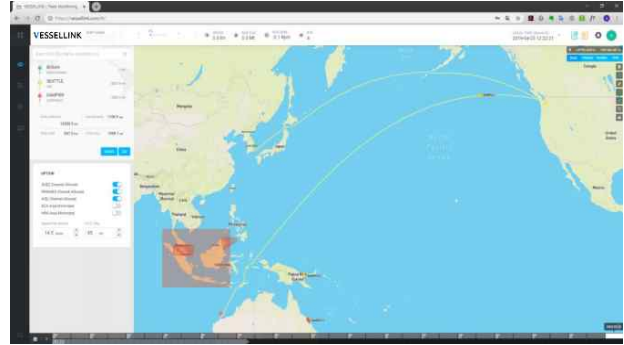


그림 4. Vessel link - 항구정보 제공 및 운항거리 계산 기능
Fig. 4. Vessel link - Port information & Distance calculation

육상용 서비스에서는 선박관리 및 데이터 관리, 선박 성능 분석 서비스 등이 있다. 선박의 안전 운항을 위하여 항구 정보 및 운항거리 계산 기능을 탑재하고 있으며 미국해양대기청(NOAA, National Oceanic and Atmospheric Administration)의 기상정보를 이용한 해양기상 예보 서비스를 제공한다.

III. 해양 환경 요소를 고려한 선박 안전 운항 정보 서비스

본 장에서는 해양 환경 요소를 고려한 선박 안전 운항 정보를 도출하고 서비스를 제공하는 과정을 기술한다. 먼저 선박의 제원과 해양 환경 정보를 통해 안전 항해 영역 도출을 위한 요소를 분석한 다음, 분석된 요소를 바탕으로 선박의 안전 항해 영역을 표시하기 위한 좌표를 추출한다.

3-1 선박 안전 항해 영역 도출을 위한 요소 분석

선박의 안전 운항을 위한 안전 항해 영역을 도출하기 위해 선박의 제원 및 해양 환경 정보를 분석한다. 본 논문에서는 파랑계수, 수심정보, 수선면적, TPC(Tons Per Centimeter), 물의 비중, 배수량, 방형비척 계수, 속력을 사용한다. 각각의 의미는 다음과 같다.

1) 파랑계수

파랑이란 바다나 호수, 강 등에서 바람에 의해 이는 물결을 의미한다. 파랑계수란 파랑이 영향을 끼치는 정도이다. 파랑의 정도에 따라 가중치를 두어 그 영향을 감안하여 계산하는데 공식적으로 정해진 값은 없고 대부분 자체 기준을 정하여 대입하는 방식이다. 파랑의 영향은 연안에 가까워질수록, 바람이 영향이 많을수록 높게 적용을 한다. 예를 들어, 파랑의 영향이 적은 수역일 경우 0.1 또는 0.15, 영향이 큰 경우 0.3 이상의 값을 사용한다. 본 논문에서는 기상데이터의 바람의 세기의 단계에 따라 자체 기준을 선정하였으며 이에 따른 파랑계수를 적용하였다.

2) 수심정보

수심정보는 전자해도(ENC, Electronic navigational chart)에 표시되는 수심정보를 말하며 본 논문에서는 C-MAP의 수심데이터와 선박의 LOG 데이터에 저장된 수심데이터를 사용하였다.

3) 수선면적

선박의 일정 수선(waterline)에서 선박이 차지하는 면적을 의미한다. 수선면적이 클수록 선박의 저항이 커지고 파랑의 영향을 받기 쉽다. 본 논문에서 수선면적은 대상선박의 TPC(Ton per centimeter)와 비중을 사용하여 값을 도출하였다.

4) TPC(Ton per centimeter)

선박이 물위에 떠 있을 때 선체가 가라앉은 깊이 즉 선체의 맨 밑에서 수면까지의 수직거리를 선박의 흘수라고 한다. TPC는 선박의 흘수가 1cm 변화하는데 필요한 중량을 말하며 대상 선박의 배의 제원에서 데이터를 수집할 수 있다.

5) 물의 비중(SG, specific gravity)

물의 비중은 물의 밀도를 나타내며 일반적으로 해양은 1.025t/m³, 민물은 1t/m³이다. 물의 비중 값을 측정된 비중을 사용할 수 있으며 본 논문에서는 해양 평균값인 1.025t/m³을 사용하였다.

6) 배수량(DT, displacement tonnage)

배수량은 배의 무게를 말하며 화물 적재량에 따라 값이 달라진다. 배의 제원상 무게와 적재된 화물 무게의 합으로 계산한다.

7) 방형비척 계수(Cb, block coefficient)

수면 아래의 선체부피와 그 형체에 외접하는 직육면체 용적간의 비율이며 값이 1이면 정사각형이며 Cb가 작아질수록 수면 아래의 형상이 날카로워진다. 대략 0.5에서 0.9사이의 값을 가지며 해양조사선 또는 예안선의 경우 0.5, 화물선은 0.9정도의 값을 가진다. 직육면체 형태를 가지는 바지선의 경우는 1.0의 값을 가지며 본 논문에서는 선박의 제원에서 데이터를 수집하였다.

8) 선박의 속력

선박의 속력은 선박이 운항할 때 물에 대한 속력인 대수속력을 사용하였다. 대수속력 값은 선박의 LOG에 저장된 데이터를 사용하였다.

3-2 선박 안전 항해 영역 도출

3.1 절에서 선박의 제원 및 해양 환경 정보 분석을 통해 얻어낸 값들을 이용하여 선박이 안전하게 운항할 수 있는 영역을 도출한다. 이를 위해, 선박과 해저면 사이의 안전거리를 계산하여 안전하게 항해를 할 수 있는 영역에 대한 좌표를 추출한다. 내수면 혹은 연안과 같이 수심이 얇은 지역에서 항해할 경우 수심이 얇아 선박의 바닥 즉 용골이 닿아 발생하는 좌초사고의 위험이 높으므로 이를 파악하고 인지하는 것은 안전 운항에 중요하다. 그림 5는 안전 항해 영역을 계산하는 과정을 도식화하여 나타낸 그림이다. 각 단계는 이전 단계를 수행하여 나온 결과 값을 입력으로 사용하므로 다음 단계에 따라 순서대로 수행된다.

본 논문에서 제안하는 안전 항해 영역 도출 과정은 기존에 사용되는 단위 계산들을 조합하여 만들었다. 현재 수심을 계산하고, 물의 밀도와 저항을 고려한 선속의 감쇄, 파랑에 따른 선수각의 영향 등에 활용되는 수식은 있으나 안전 항해 영역을 도출하는 목적의 단일 알고리즘에 대한 연구결과는 찾아볼 수 없다[8].

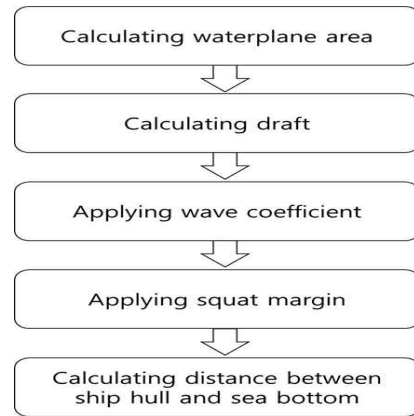


그림 5. 안전 항해 영역 도출 과정
Fig 5. The process of calculating safety navigational area

국제수로기구에서 표준화를 추진하고 있는 S-129 선저여유 수심관리(UKCM, Under Keel Clearance Management)는 선박의 항해 중 외부 혹은 탑재된 별도의 시스템에서 여유수심을 계산한 결과를 전자해도 기반 장치에 표시하는 것에 대한 내용이다[10]. 안전 운항을 위한 영역을 계산하는 내용은 포함되어 있지 않고 서비스제공자(service provider)에 의해 제공받는 것으로 명시되어 있다[10].

전자해도표시정보시스템의 UKC기능은 선박 출항전 항로 계획당시를 기준으로 계산된 해저면과 선체사이의 거리를 표시해준다. 이는 해당지점에 도착한 시점의 주변상황을 고려하지 못하여 항해사들에게 실질적으로 도움을 주기 위한 서비스로 호주의 OMC international는 DUKC(R)을 제공하고 있고 관련 결과가 발표되었으나 구체적인 방법은 회사의 자산에 속하므로 이를 공개하지는 않는다. 해외 연구사례로 수심이 얇은 제한구역내 초대형 선박의 항해를 위한 선저여유수심을 계산하는 방법과 항만구역에서의 선체 구조를 고려한 UKC계산에 대한 연구가 있다[11][12].

기존의 방법들은 선박 현재 위치의 선저여유수심을 계산하는 것을 목적으로 하고 있으며, 본 논문의 결과를 추가 기능으로 구현할 대상시스템인 Vessel link에 유사한 기능이 있다. 본 논문에서 제안하는 방법은 기존 방식에 파랑계수와 부력에 영향을 주는 물의 밀도를 추가적으로 고려한다. 또한, 선박의 진행방향 주변의 영역에 항해 위험 영역의 경계를 도출하는 것이 기존 방법과 차이가 있다. 다음의 단계를 따라 선박 안전 항해 영역을 도출하기 위한 비중을 고려한 선박의 흘수와 선체 침하를 반영한 선박과 해저면 사이의 안전거리를 도출한다.

(1) 먼저 물의 밀도와 선박의 무게에 따라 달라지는 선박의 흘수를 구한다. 선박의 흘수는 수선면적을 고려해야 하기 때문에 물의 비중에 따른 수선면적(Aw)을 구한다.

$$Aw = \frac{(0.01m) \times SG_{water}}{TPC} \tag{1}$$

(2) 구해진 수선면적(Aw)과 물의 밀도(SG)를 이용하여 배수량(DT)과 물의 밀도를 이용해 선박의 흘수(Draft)를 구한다.

$$Draft = \frac{DT}{SG_{water} \times Aw} \quad (2)$$

물의 밀도는 일반적으로 해양은 1.025t/m³, 민물은 1t/m³이며 본 논문에서는 해양의 평균밀도를 사용하였다. 이후 파랑의 영향에 따른 선박의 흘수와 수심값을 이용하여 선박과 해저면 사이의 거리를 구할 수 있다.

(3) 앞 단계에서 구한 흘수에 파랑의 영향에 따라 파랑계수를 적용한다. 파랑계수는 파랑의 영향에 따라 다르게 적용하지만 본 논문에서는 바람의 세기에 따라 파랑계수를 설정한다. 예를 들어 풍속 값이 7 이하인 경우 0.1을 적용한다. 그림 6은 본 논문에서 참고한 보퍼트 풍력 계급표이다.

파랑의 영향은 파랑계수(k)를 적용하고 선박의 흘수(Draft)와 수심 값(Depth)을 이용하여 선박과 해저면 사이의 거리(d1)를 구할 수 있다.

$$d1_{ship-seafloor} = Depth_{water} - (Draft \times k_{tidal}) \quad (3)$$

(4) 선박의 안전 항해 영역을 도출하기 위해서 선체 침하를 반영한다. 선체 침하(SM, squat margin)란 선박이 천수 영역을 운항할 때, 선저 부분의 압력 변화로 인하여 흘수가 변하는 현상을 나타낸다. 선체 침하는 방형비척 계수(Cb)와 속력을 사용하여 구하며 이를 공식화 하면 다음과 같다.

$$SM = \frac{Cb \times V^2}{100} \quad (4)$$

(5) 최종적으로 선체 침하를 반영하여 선체침하와 비중에 고려한 선박과 해저면 사이의 거리(d)는 다음과 같다.

$$d_{ship-seafloor} = d1_{ship-seafloor} - SM \quad (5)$$

3-3 대상 영역 설정

3.2절의 과정에서 계산한 선박과 해저면 사이의 거리가 일정한 기준 값 이하로 떨어지는 경우 선박이 좌초 위험에 노출되었음을 감지할 수 있다. 선박과 해저면 사이의 거리에 대한 기준 값은 세계의 각 나라별로 다른 기준을 가지고 있으며 항구의 상태나 주변 해저지형에 따라 달라질 수 있다. 다만 모든 해역의 수심정보를 모두 수집하고 계산하기 위해서는 많은 시간이 소요되기 때문에 본 논문에서는 이를 해결하기 위해 사용자가 일정 영역을 선택하고 해당 영역에서 안전 항해 영역을 위한 좌표를 도출할 수 있도록 한다. 추후 자동화 및 선박 운항을 고려하는 알고리즘을 추가하여 사용 편의성을 높일 수 있다.

PRO-PLAN CHART NO. 19.

BEAUFORT SCALE				
Scale Number	Wind Speed mph	Wind Name	Noticeable Effects of Wind on Land	Noticeable Effects of Wind on Sea
0	< 1	CALM	Smoke rises vertically.	Sea is mirror smooth.
1	1-3	LIGHT AIR	Direction shown by smoke drift, but not by vanes.	Small wavelets like scales, but no foam crests.
2	4-7	LIGHT BREEZE	Wind felt on face. Leaves rustle. Wind vane moves.	Waves are short and more pronounced.
3	8-12	GENTLE BREEZE	Leaves and twigs in motion. Wind extends a light flag.	Crests begin to break. Foam has glassy look.
4	13-18	MODERATE BREEZE	Raises dust and loose pages. Wind moves small branches.	Wave caps are longer. Many whitecaps.
5	19-24	FRESH BREEZE	Small trees in leaf begin to sway.	Waves more pronounced. Foam crests all over.
6	25-31	STRONG BREEZE	Large branches move. Phone wires whistle.	Larger waves form. Foaming crests more extensive.
7	32-38	MODERATE GALE	Whole trees in motion.	Sea heaps up. Foam begins to flow in streaks.
8	39-46	FRESH GALE	Twigs break off. Progress generally impeded.	Waves increase visibly. Foam in dense streaks.
9	47-54	STRONG GALE	Slight structural damage. Chimney pots removed.	Waves increase visibly. Foam blown in dense streaks.
10	55-63	WHOLE GALE	Trees uprooted. Considerable structural damage.	High waves with overhanging crests. Great foam patches.
11	64-75	STORM	Damage widespread around hurricane edges.	Waves so high that ships hidden in troughs. Air full of spray.
12	> 75	HURRICANE	Devastation.	Devastation.

그림 6. 보퍼트 풍력 계급표

Fig 6. The table of beaufort scale

IV. 심볼 정의

본 장에서는 3장에서 도출된 항해하는 선박의 주변 지역의 안전 항해 영역에 해당하는 좌표를 전자해도 기반 시스템에 표시하기 위한 심볼을 고안하였다. 기존 시스템에서 사용하고 있는 심볼과 충돌이나 혼동이 없고 사용자들이 쉽게 인지할 수 있는 심볼을 선정하기 위해 다음 사항을 고려했다. 여기서 의미하는 심볼은 특수한 모양의 표기뿐만 아니라 선, 면과 이에 정의된 색상을 모두 포함한다.

- C-MAP에 포함된 모든 심볼 제외
- 국제수로기구의 기존 전자해도 사양인 S-52 표준에서 사용하는 심볼 제외
- 국제수로기구의 새로운 전자해도 표준 개발을 위해 S-100 워킹그룹에서 논의되는 모든 심볼 제외

그림 7은 본 논문의 연구진, 분야전문가, 기존 Vessel link 사용자들의 논의와 자문의 결과로 결정된 심볼을 보여준다.



그림 7. 안전 항해 영역 표시를 위한 심볼

Fig 7. A symbol to portray safety navigational area

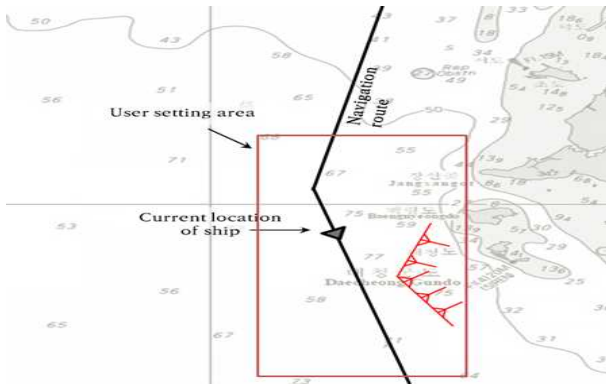


그림 8. 안전 항해 영역 표시 구현 예상 결과
Fig 8. The implement example of portrayal safety navigational area

그림 8은 심볼을 구현한 결과를 보여주는 예시이다. 앞서 3.2 절에서 도출한 선박 안전 항해 영역 좌표 정보를 토대로 전자해도 기반의 표출 서비스를 제공한다. 기능이 실행되면 사용자는 먼저 안전 운항 정보를 얻고자 하는 대상 영역을 설정한다. 이후 대상 영역 내에서 3장의 계산 과정이 실행된다.

선박이 운항 경로를 따라 지나갈 때 주변 연안의 수심을 파악하여 안전 운항 정보를 도출하며 설정한 값 이하일 때 그 영역을 항해 위험 구역 혹은 항해 불가 구역으로 설정한다. 일정 간격을 두고 해당하는 좌표에 그림 6의 심볼을 표시하며 심볼에서 수직으로 그어진 선을 통해 선의 방향이 해당 영역임을 표시한다.

V. 응용 사례

이 장에서는 본 논문의 결과를 구현한 결과에 대해 설명한다. 심볼을 항해 위험 경계 영역에 표시하기 위해 경계 영역의 좌표를 도출하고 이를 디스플레이하는 기능을 구현했다. 대상 선박은 전장(L.O.A) 283.14m, 수선간장(L.B.P) 282.2m의 주요 제원을 가지고 있으며 선박의 종류는 벌크 선이다. 중국-호주-한국의 계획 항로를 가지고 있으며 표출실험은 중국항만에서 진행하였다.

3장에서 설명한 안전 항해 영역을 표시하기 위해 계산한 결과는 모듈 내부적으로 생성되어 심벌표출단계로 전달된다. 그림 9는 도출된 결과에 따라 안전 항해 영역을 표시할 수 있도록 좌표를 목록화한 그림이다. 그림 10은 4장에서 정의한 심벌을 도출된 영역의 좌표에 따라 표시한 결과이다.

No	Latitude				Longitude			
1	30	°	17.128	N	121	°	2.18	E
2	30	°	16.114	N	120	°	59.41	E
3	30	°	14.99	N	120	°	55.954	E
4	30	°	13.884	N	120	°	53.288	E
5	30	°	13.231	N	120	°	48.588	E

그림 9. 안전 항해 영역 표시를 위한 좌표리스트(일부)
Fig 9. The position list to portray safety navigational area(part)

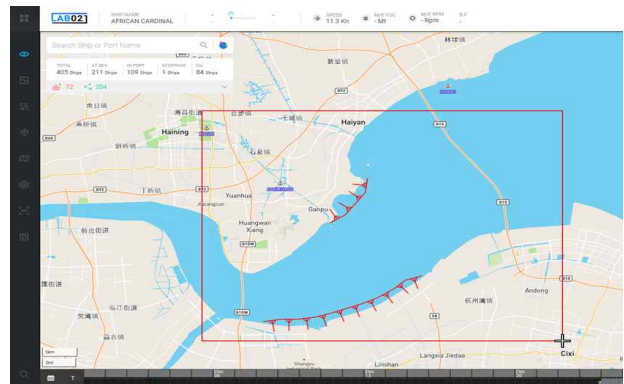


그림 10. 안전 항해 영역 표시 구현 결과 (Vessel link)
Fig 10. The implement result of portrayal safety navigational area (Vessel link)

VI. 결론

본 논문은 선박이 육상과 가까운 연안을 항해할 때 해저면과 선박의 간격이 좁아서 발생할 수 있는 좌초의 위험에 대비해서 항해사들이 안전 항해 영역을 판단하는데 도움을 주는 기능을 구현하였고, 파악한 안전 항해 영역을 전자해도기반 기존 장비에 표시하기 위해 새로운 심볼을 정의했다.

선박의 출항 전 수립한 계획항로와 현재 위치 그리고 주변 해역의 수심정보 등을 이용해 주변의 안전 항해 영역을 표시해주는 기능으로 대상 선박의 항해 정보와 해당 선박이 운항하는 항구 주변의 수심정보를 기반으로 안전 항해 영역을 찾아 이를 기존 서비스에 추가기능으로 구현하였다.

향후 기능개선을 위해 안전 항해 영역에 해당하는 좌표를 찾는 방법을 개선하여 계산시간을 줄이고, 본 논문에서 제안한 심볼을 다양한 전자해도기반시스템에 실험을 통해 심벌의 적절성을 파악하여 효과를 입증하고 그 결과를 국제표준기구에 제안할 계획이다.

감사의 글

본 논문의 산업통상자원부의 지원을 받아 수행된 국가혁신 융복합단지지원(R&D) 사업의 지능정보 기반 선박 안전관리 시스템 개발(P0015263)의 연구결과입니다.

참고문헌

[1] J Jung, S Lee, "Definition and Case Study of Effectiveness Metrics for e-Navigation Usability Testing", The Journal of Korea Multimedia Society, Vol. 20, No. 8, pp. 1338-1346, August 2017.

[2] C.K Lee, "Research on Collision Avoidance of Autonomous Ship in Narrow Channels", in proceeding of KOSOMES biannual meeting, Incheon, pp. 77-77, 2018.

[3] S.J Cho, H.J Choi, "Recent Trends and Their Implications of Marine Activities Mapping for Marine Spatial Planning" Journal of the Korean Society for Marine Environment & Energy, Vol. 21, No. 4, pp. 270-280, Nov 2018.

[4] H Kim, C Mun and S Lee, "A Design of Data Model for Marine casualty based on S-100", The Journal of Digital Contents Society, Vol. 18, No. 1, pp. 151-159, Feb 2017.

[5] H Kim, G Kim and S Lee, "Improvement of Maritime Safety Information Symbols for Electronic Navigational Charts", Journal of The Korean Society of Marine Environment and safety, Vol. 21, No. 1, pp. 1-4, Feb 2020.

[6] International Hydrographic Organization, "S-100 – UNIVERSAL HYDROGRAPHIC DATA MODEL edition 4.0.0", International Hydrographic Organization, Dec 2018.

[7] C-MAP. C-MAP RECREATIONAL MARINE page [Internet]. Available: <https://www.c-map.com/home/>

[8] S. R. Kim, "Elements for safe shipbuilding", The Journal of Korea Maritime Pilots's Association, Vol. 55, No. 9, pp. 46-55, July 2013.

[9] International Hydrographic Organization, "IHO UNDER KEEL CLEARANCE MANAGEMENT INFORMATION PRODUCT SPECIFICATION", International Hydrographic Organization, 2019.

[10] H Kim, S Lee, "Implementation of Under-Keel Clearance Management Information and Onboard Test of Supporting System for Safety Navigation", Journal of Digital Contents Society, Vol. 19, No. 1, pp. 1-4, Feb 2018.

[11] W. Guo, J. Liu, Q. Xu, Y. Fu and Z. Liu, "The calculation method of DUKC for ultra large-scale ships in restricted waters," in proceeding of 2019 5th International Conference on Transportation Information and Safety (ICTIS), Liverpool, pp. 324-328, 2019.

[12] Galor, Wieslaw, "Optimization of under-keel clearance during ship's manoeuvring in port water areas", 2007. [Internet]. Available: https://www.researchgate.net/publication/283552553_Optimization_of_under-keel_clearance_during_ship's_manoeuvring_in_port_water_areas

김효승(Hyoseung Kim)



2008~2012 : 한국해양대학교 IT 공학부 학사
2012~2014 : 한국해양대학교 대학원 컴퓨터공학전공 석사

2014~현재 : 한국해양대학교 대학원 컴퓨터공학전공 박사과정 재학

※관심 분야 : 소프트웨어 품질 인증 및 평가, 해양 소프트웨어, e-Navigation, 해양 IoT, 전자해도

김건홍(Geonhong Kim)



2013년~2020년 : 한국해양대학교 IT 공학부 학사
2020년~현재 : 한국해양대학교 대학원 컴퓨터공학전공 석사과정 재학

※관심 분야 : 해양 소프트웨어, 전자해도, 자율운항 선박, 해양 IoT

이상봉(Sangbong Lee)



2010 ~2015 : 뉴월드마리타임 연구소장
2015~ 현재 : 램오투원 대표이사

※관심 분야 : 해양빅데이터, 자율운항선박

강성필(Seongphil Kang)



2008~2012 : 한국해양대학교 기관공학 학사
2018~2020 : 부산대학교 ICT 융합학 석사
2012 ~2016 : 한진해운
2016 ~현재 : 램오투원 서비스팀 매니저

※관심 분야 : 해양빅데이터, 자율운항선박, 해양 IoT

이서정(Seojeong Lee)



숙명여자대학교 학사 (전산학, 1989)
동대학교 대학원 석사 (전산학, 1991)
동대학교 대학원 박사 (전산학, 1998)

2004년 : 숭실대학교 연구교수

2005년~현재 : 한국해양대학교 해사 IT 공학부 교수

2009년~현재 : 해양수산부 국제해사기구 정부대표단 활동

2015년 : 바다의날 해양수산부 장관 표창(국제해사기구 해양 소프트웨어품질보증 표준개발)

※관심 분야 : 해양소프트웨어품질, 소프트웨어 기능 안전, 전자해도