

선박이상운항감지 및 선박안전운항 가이드스 구현

김효승¹·김건홍²·나화진³·이서정^{4*}

¹국립한국해양대학교 대학원 박사과정, ²석사과정

³(주)지엠티 R&BD 센터 연구소장, ^{4*}국립한국해양대학교 해사IT공학부 교수

An Implementation of Detecting Abnormal Ship Navigation and Ship Safety Navigation Guidance

Hyoseung Kim¹ · Geonhong Kim² · Hwajin Na³ · Seojeong Lee^{4*}

¹Ph.d Candidate, ²Master's Course, Graduate school of National Korea Maritime and Ocean University, Busan 49112, Korea

³Chief Technology Officer, R&BD Center, GMT, Co., LTD, Seongnam-si, 13486, Korea

^{4*}Professor, Department of Marine IT Engineering, National Korea Maritime and Ocean University, Busan 49112, Korea

[요약]

선박의 위치를 측정하는 장비는 선박안전운항을 위해 SOLAS규약에 따라 선박에 의무적으로 탑재되는 장비로 이 장비들은 선박 자체에 설치된 센서의 데이터와 GPS 신호를 기반으로 장비가 운용되고 있다. 항해 중 다양한 이유로 통신 장애가 발생할 수 있으며 자동화 시스템이 증가되면서 발생확률도 점점 높아지고 있다. 하지만 항해 중인 선박은 이슈 발생시 외부에서 접근이 제한적이며 위협이 감지되었더라도 전체 시스템을 멈출 수 없는 특징이 있다. 본 논문은 선박에서 항해중에 발생할 수 있는 통신 장애를 빠르게 감지하고 항해사가 안전운항을 지속할 수 있도록 지원하는 선박안전운항 가이드스에 대해 기술한다. 본 논문에서는 운항 중 선박이상운항을 감지하고 과거 항적정보와 선박용 레이더 정보를 활용하여 선박의 위치 파악 및 안전운항을 지원할 수 있는 알고리즘을 구현하고 실험하였다. 본 실험을 통하여 이상운항을 인지하는 알람기능과 안전운항 구역으로 진입을 위한 방향과 거리를 제공하는 가이드스 기능이 정상적으로 작동되는 것을 확인할 수 있었다.

[Abstract]

The equipment that measures the position of a ship is mandatory to be mounted on a ship according to the SOLAS regulations for safe operation. These equipments are operated based on data from sensors installed on the ship itself and GPS signals. During navigation, communication failure may occur for various reasons, and the rate of occurrence is increasing as the number of automation systems increases. However, when an issue occurs, a ship in voyage has limited access from the outside, and the entire system cannot be stopped even if a threat is detected. This paper describes the guidance on safe operation of ships that quickly detects communication failures that may occur during voyage and supports navigators to continue safe operation. In this paper, the ship safety navigation algorithm was implemented and tested that can detect ship abnormal operation during operation and support ship location and safe operation by using historical ship navigation information and ship radar information. Through the experiment, it was verified to normally operate functions, and which were the alarm for detecting abnormal ship navigation and the guidance for provide bearing and distance to enter safe navigation area.

색인어 : 통신 장애, 선박이상운항감지, GPS 정보, 레이더 정보, 선박안전운항

Keyword : Communication failure, Detecting abnormal ship navigation, GPS information, Radar information, Ship safety navigation

<http://dx.doi.org/10.9728/dcs.2021.22.11.1903>



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 15 September 2021; **Revised** 19 October 2021

Accepted 10 November 2021

***Corresponding Author; Seojeong Lee**

Tel: +82-51-410-4578

E-mail: sjlee@kmou.ac.kr

I. 서론

선박의 승객과 승무원, 그리고 화물의 안전은 매우 중요한 문제이며 항해 중인 선박의 사고는 인명피해 또는 큰 경제적 손실을 불러올 수 있기 때문에 안전에 대비하는 것이 중요하다. 항해 중인 선박은 선내에 설치된 여러 장비를 통해 안전 운항과 관련된 정보를 제공받는다. 선박장비는 안전운항을 위해 SOLAS(international convention for the safety of life at sea)규약에 따라 선박에 의무적으로 탑재되는 장비로 선박자동식별장치(AIS; automatic identification system), 전자해도표시장치(ECDIS; electronic chart display information system), 선박용 RADAR(radio detection and ranging), 선박통합항해장치(INS; integrated navigation system) 등이 있다[1]. 이 장비들은 선박 자체에 설치된 센서의 데이터와 GPS(global positioning system)신호를 기반으로 장비가 운용되고 있다. 항해 중인 선박은 GPS를 통해 자신의 위치, 시간, 속도 등의 정보와 AIS 및 RADAR를 통해 타선의 위치 및 부가 정보를 전송받는다.

선박의 항해 중 다양한 이유로 인해 통신 장애가 발생할 수 있으며 선박 브릿지가 점차 전자화되면서 통신 장애의 발생 가능성은 점점 높아지고 있다[2]. 하지만 선박 외부에서 접근이 제한적이며 위협이 감지되었다라든가 전체 시스템을 멈출 수 없는 선박의 특성상 상황에 대한 빠른 인지와 장애상황 발생 시 운항에 차질이 없도록 대체 시스템에 대한 연구가 필요하다.

통신 장애가 발생하면 운항과 관련하여 사이버보안 가이드라인 등 최근 도입된 국제 규정 등에 따르는 조치가 이루어질 수 있다[3]. 본 연구는 GPS 장비 이상 또는 이상신호에 의한 장비 오류의 상황등 GPS를 사용할 수 없는 상황에서 과거 정상적인 안전항해시 기록된 항적정보와 현 항해의 레이더이미지, 주변 물표정보 등을 이용해 안전 운항에 필요한 정보를 도출한다.

본 논문에서는 선박 운항 중 이상운항을 감지하고 선박의 항적 정보와 선박용 레이더 정보와 주변 항로표지정보를 활용하여 선박의 위치 파악 및 안전운항을 지원할 수 있는 시스템을 구현하고 실험하였다. 2장에서는 최신 선박용 레이더와 운용규정과 항로표지정보, 선박용 레이더 등을 활용한 사례들에 대해 살펴본다. 3장에서는 선박의 이상운항을 감지하고 사용자에게 안전운항정보를 제공하는 가이드스 모듈에 대해 설명한다. 4장에서는 이를 구현한 결과와 실선 및 시뮬레이션을 통한 실험에 대해 설명한다.

II. 선박위치추정 및 과거운항정보수집 기준연구

2-1 GPS 오작동 대처에 대한 선박위치추정연구

선박 항해시 GPS가 오작동하는 경우에 대처 방안으로 많은 연구가 이루어졌다[4].

표 1은 선박의 추정 위치를 도출하기 위한 연구를 정리한

것이다. 해당 연구로는 자신의 추정위치를 도출하기 위해서 레이더와 해안선 맵을 이용한 위치 추정 연구가 있으며, GPS 오작동 및 고장에 대응하는 선박의 동적 위치 유지 시스템에 관한 연구, 그리고 선박의 전자 천측 항법 시스템이나 기타 선박의 위치 측정 방법에 관한 연구들이 있다.

표 2는 선박의 안전운항을 지원하기 위한 연구이다. 해당 연구로는 자신의 안전운항을 지원하기 위해서 선박 항해 감시 장치 및 방법에 관한 연구, 해상 이미지로부터 선박의 위치를 추정하는 방법에 대한 연구, 전자해도를 이용한 소형선박 항해 및 조업 보조 시스템, 그리고 레이더 장치 모니터링 영상분석을 통한 선박 충돌 회피장치 및 방법에 관한 연구들이 있다.

기존의 연구를 살펴보면 안전운항 및 선박의 위치를 추정하기 위해 레이더 및 해안선 맵을 이용하거나 천체항법을 이용하기도 한다. 또한 항해 구간별 표준모델을 도출하여 선박의 충돌 여부 판단 및 감시할 수 있는 방안에 대해서도 연구가 진행되는 등 안전운항과 선박의 위치 추정에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다.

표 1. 선박의 추정 위치를 도출하기 위한 연구

Table 1. Related research to derive the estimated location of the ship

Research Title	Objective	Primitive situation	Parameter
Apparatus and method for measuring position of ship using marine radar and coastline map	Estimated location of own ship	Unavailable to receive GPS	Binary raw image, Coastline image
System and method for dynamic positioning of vessel	Estimated location of own ship	Unavailable to receive GPS	Data of external forces (wind, waves, currents, etc.)
Position measurement method in a ship and its apparatus	Estimated location of own ship (Improved accuracy)	Problems with the inertial navigation system in situations of environmental external forces (currents, winds, waves, etc.)	Vessel Trajectory Data (bearing angle, speed, ship location) Inertial position data
Electronic celestial navigation system for ships	Estimated location of own ship	Unavailable to receive GPS	Celestial altitude data

표 2. 선박의 안전운항을 지원하기 위한 연구

Table 2. Related research to support the safety navigation of ships

Research Title	Objective	Primitive situation	Parameter
Ship safety navigation equipment and method	Monitoring and prediction of navigation of other ship	By collecting data for each vessel, a standard model for each section is calculated.	Navigation data of ship, Standard model of section to which machine learning is applied
A Method of Estimating the Locations of Other Ships from Ocean Images	Prevention of collision with other ship	A situation where machine learning for horizon detection through various data becomes	Video data
Small ship navigation assistant system using electronic chart	Portray the location of other ships on the own ship's electronic chart	Improvement of problems of existing AIS information	Radar image of your own ship, Electronic navigational chart, AIS data
Apparatus and method for avoiding ship collision by image analysis of monitor of radar device	Prevention of collision between own ship and obstacles	Improvement of problems of existing AIS information	Radar recording data, Ship collision avoidance device with machine learning applied

2-2 과거운항정보수집 기준연구

GPS 오작동에 대처하는 선박의 위치 추정 및 항해가이드스 제공을 위한 사전연구로 수집된 선박 항해 정보를 관리할 수 있는 시스템 개발 및 실험 연구가 진행되었다[5]. 이 연구는 선박의 SOLAS 규정에 따라 탑재가 의무화된 선박용 레이더 장비의 데이터를 수집하고 이를 활용하기 위해 수집된 데이터를 디지털화 하여 관리하는 방안에 대한 연구이다.

PK	AI	FK	Null	Logical Name	Name	Type
	✓	+	✓	System_Date	S_Date	DATE
		+	✓	System_Time	S_Time	DATETIME
✓		+	✓	Voyage_Time	V_Time	TIME
		+	✓	Voyage_Location	V_Location	VARCHAR(45)
		+	✓	Radarimage_ID	R_ID	INT

그림 1. 선박항해정보 메타데이터 데이터베이스

Fig. 1. The metadata database of ship navigation information

최근 논의되고 있는 자율운항선박 및 자동화 수준이 높은 선박 또는 원격조종선박에 레이더 데이터가 기반기술로 사용될 수 있으며 자동화 시스템 운용을 위해 데이터를 가공하여 관리할 수 있도록 시스템을 설계하고 구현하였다. 선내의 다양한 장비에서 레이더 이미지, 선박의 위도와 경도, COG(course over ground), SOG(speed over ground), 시간 등의 데이터가 주기적으로 수집이 되며 이를 그림 1과 같이 데이터베이스를 통하여 관리하고 특히 레이더데이터의 경우 이미지를 이진화하여 저장하기 때문에 자동화 시스템에 응용하는데 이점이 있다. 또한 동일한 항로표지에 대해 선박 위치에 따라 달라질 수 있는 항로표지 형태를 모두 저장하여 향후 선박안전운항정보를 제공하는 가이드스 시스템 개발에 응용할 수 있다.

III. 선박안전운항 가이드스 시나리오

본 연구에서 제안하는 선박안전운항 가이드스는 이상운항 여부를 모니터링하여 이상이 발생한 경우, 선박 항해사에게 알리는 단계와, 항해사가 이상으로 판단한 경우 선박의 현재 위치를 파악하고 안전한 항로로 재진입을 위한 각도와 거리를 계산하는 단계로 구성된다. 이상운항을 감지한 경우 GPS 정보 이외에 레이더이미지 및 과거항적정보를 이용하여 자선의 위치를 추정하고 항해사가 안전운항을 할 수 있도록 가이드스를 제공한다.

그림 2는 항해사에게 선박안전운항 가이드스를 제공하는 전체 흐름을 보여준다. 그림 2의 흐름은 다음과 같다. 먼저 Step A에서 동일한 시간 동안 항해한 거리를 과거항적과 비교한다. Step B에서 비교 결과에 따라 비교결과가 안전폭을 벗어나는 경우에는 Step C로 이동하고 벗어나지 않는 경우에는 Step D로 이동한다.

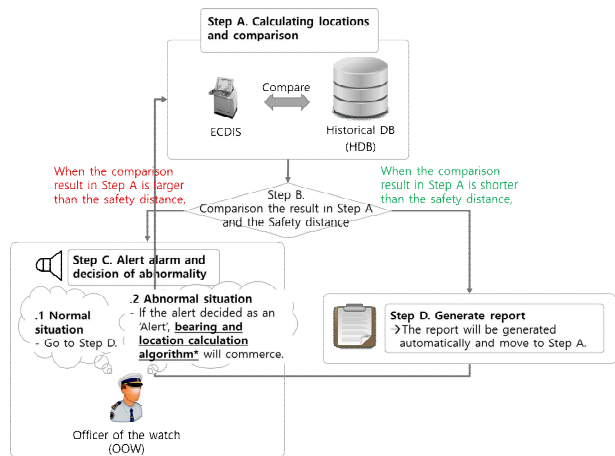


그림 2. 선박안전운항 가이드스 흐름도

Fig. 2. The flowchart of ship safety navigation guidance

Step C는 Step B에서 안전폭을 벗어났을 때 알람을 발생하고 항해사가 이상운항을 판단하는 단계이다. 이상운항이 감지되지 않으면 Step D로 이동하며, 이상상황이 감지된 경우 안전한 항로를 향해 선박의 타각 및 자선의 위치를 추정할 수 있도록 계산 알고리즘을 실행한다. Step D는 모든 상황에 대한 보고서를 작성하며 보고서 작성 후 Step A로 다시 이동한다.

IV. 선박안전운항 가이드스 알고리즘 설계 및 구현

본 장에서는 3장의 선박안전운항 가이드스 제공을 위하여 설계된 선박안전운항 가이드스 알고리즘에 대해 기술한다. 선박안전운항 가이드스 알고리즘은 선박이상운항감지, 안전구역 진입을 위한 방향 및 거리계산 단계로 구성되어 있다.

본 논문에서는 표 3과 같이 선박안전운항 가이드스 알고리즘을 선박의 이상운항을 감지하는 단계를 Ph1로, 선박의 안전구역 진입을 위한 방향 및 거리계산 단계 Ph2로 정의한다. Ph1은 StepA, StepB, StepC, StepD의 총 네 단계로 구성된다. Ph1-StepA는 현재 선박이 안전폭 및 시간 내에 운항하고 있는지 비교한다. Ph1-StepB는 선박의 현재위치와 과거 항적 범위 내에 운항하고 있는지 비교하는 단계이다. Ph1-StepC는 예상도착위치가 안전폭내에 위치하고 있는지 비교하며 Ph1-StepD는 알람메시지를 포출한다.

Ph2는 StepA, StepB, StepC, StepD의 총 네 단계로 구성된다. Ph2-StepA에서는 현재 선박이 선박의 추정위치 계산 및 레이더 준비한다.

표 3. 선박안전운항 가이드스 알고리즘 단계

Table 3. Steps of ship safety navigation guidance algorithm

Phases	Sub steps
Ph1 Detecting abnormal ship navigation	Ph1-StepA Confirm that current ship is navigating within safe area and right navigational time
	Ph1-StepB Confirm that current ship location is within historical ship location
	Ph1-StepC Confirm that the estimated location is in safe area
	Ph1-StepD Showing alarm messages
Ph2 Calculating bearing and distance to enter safe navigation area	Ph2-StepA Calculating ship's estimated location and preparation radar image
	Ph2-StepB Preparation historical radar data
	Ph2-StepC Mapping current radar image and historical radar image
	Ph2-StepD Calibration the estimated location and calculating bearing and distance to enter safe navigation area

Ph2-StepB에서 과거레이더데이터 호출 및 준비하며, Ph2-StepC에서 레이더 이미지를 매핑한다. Ph2-StepD에서는 추정위치 수정 및 안전구역진입을 위한 각도와 거리를 계산한다.

4-1 선박이상운항감지(Ph1)

선박이상운항감지(Ph1) 단계는 ECDIS의 Look-ahead 기능과 유사한 기능이며 현재 계획항로를 준수하여 선박이 운항하고 있는지 확인한다. 또 향후 30분/15분/5분 이내에 선박이 계획항로에서 벗어나지 않는지 모니터링한다.

Ph1-StepA는 현재 선박이 선박의 면허항로에서 선박이 운항할 수 있는 범위를 나타내는 안전폭 내에 위치하는지, 그리고 주어진 도착예상시간(ETA; estimated time of arrival)에 적정하게 운항하는지를 판별하기 위해 선박의 현재위치와 현재시각을 주변 세 개의 안전폭과 ETA에 비교해본다. 다음은 선박의 이상운항을 판단하는 방법이다.

- ① 현재위치 주변의 거리상으로 가장 가까운 변침점 세 개를 루트 정보로부터 찾는다. 세 변침점 좌표와 각각의 ETA 그리고 미리 준비된 안전폭 정보를 가져온다.
- ② 그림 3과 같이 현재시간이 세 개의 변침점에 주어진 ETA의 최소값과 최대값 사이에 있는지를 확인하고 범위 내에 있다면 ③으로 이동한다. 그렇지 않다면, '안전운항 확인 필요 메시지'를 준비하고 ③으로 이동한다.
- ③ 현재위치가 그림 4의 사각형과 원형으로 표시된 안전폭 안에 위치하는지 확인한다.
- ④ 안전폭 안에 있다면, 안전운항상태로 판단하고 Ph1-StepB로 이동한다.
- ⑤ 안전폭 안에 있지 않다면, '경로 또는 GPS 위치 확인이 필요합니다.' 라는 메시지를 준비하고 Ph1-StepD로 이동한다.

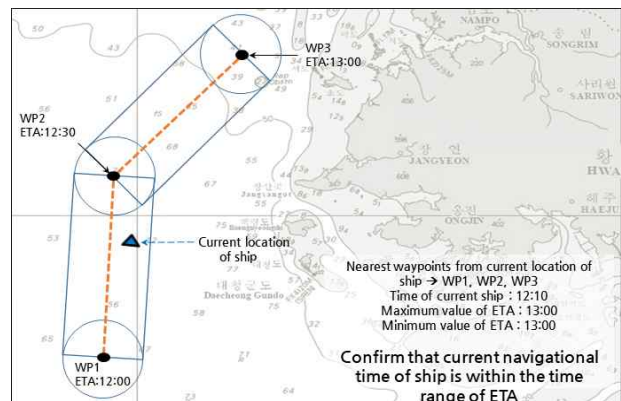


그림 3. 현재 선박의 시간과 선택된 ETA의 값을 비교
Fig. 3. Comparison the current ship time and the selected ETA

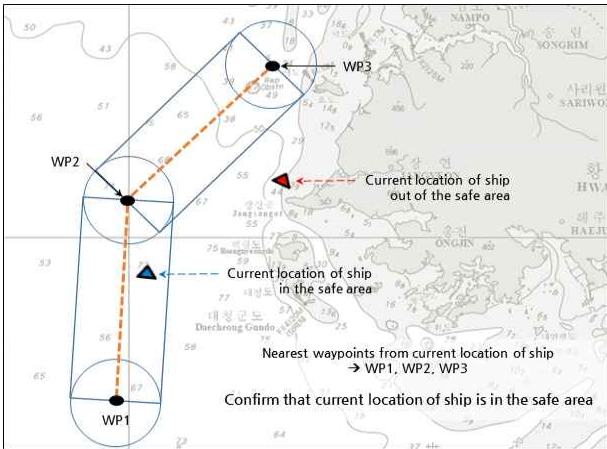


그림 4. 현재 선박의 위치가 안전폭 내에 위치하는지 비교
 Fig. 4. Compare the current ship's position is within the safe area

Ph-StepB는 이벤트가 발생한 시점의 과거 항적을 기반으로 생성된 안전범위 내에 현재 선박이 위치하는지 비교한다. 안전범위를 생성 및 선박의 이상운항을 판단하는 방법은 다음과 같다.

- ① 이벤트가 발생하는 시간을 기준으로 과거 항적 데이터의 해당시간의 1분 전과 후의 위치데이터를 호출한다. 전 후 시간 값은 사용자가 설정할 수 있다.
- ② 도출된 위치 데이터에 대하여 중간점(mid point) 좌표를 계산한다. 중간점 좌표는 위·경도 값의 평균값으로 계산한다. 중간점 좌표 계산식은 수식 (1)과 같다.

$$Pos_{Mid}(mLat, mLon) = \left(\frac{\sum(Latitude)}{Numberof(Latitude)}, \frac{\sum(Longitude)}{Longitude(Longitude)} \right) \quad (1)$$

PosMid : 중간점 좌표
 mLat : 중간점좌표의 위도 Latitude : 과거항적의 위도
 mLon : 중간점좌표의 경도 Longitude : 과거항적의 경도

- ③ 계산된 중간점 좌표를 기준으로 사분면을 설정한다. 각 사분면은 다음과 같다.

- $inLat > mLat \ \&\& \ inLon > mLon$
 1사분면에서 mLat가장 먼 거리를 갖는 점은 (inLat1, inLon1)
- $inLat < mLat \ \&\& \ inLon > mLon$
 2사분면에서 mLat가장 먼 거리를 갖는 점은 (inLat2, inLon2)

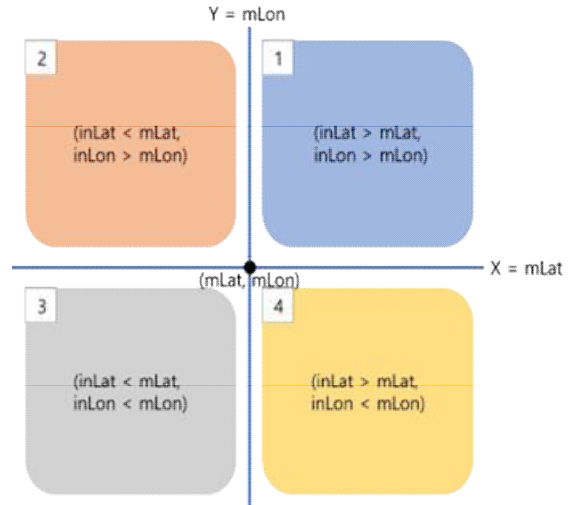


그림 5. 계산된 중간점 좌표를 기준으로 설정된 사분면
 Fig. 5. The quadrant based on mid point

- $inLat < mLat \ \&\& \ inLon < mLon$
 3사분면에서 mLat가장 먼 거리를 갖는 점은 (inLat3, inLon3)
- $inLat > mLat \ \&\& \ inLon < mLon$
 4사분면에서 mLon가장 먼 거리를 갖는 점은 (inLat4, inLon4)

그림 5에서 (inLat, inLon)은 과거항적 위치데이터 중 비교대상 시간에 기록된 좌표들의 집합에서 임의의 좌표를 의미한다.

- ④ 각 사분면에서 중간점 (mLat, mLon)으로부터 가장 거리가 먼 점을 선택한다. 각 두 위치 사이의 거리는 하버사인 공식을 사용한다[6]. 그림 6은 중간점에서 제일 먼 위치의 점들을 나타낸 그림이다.

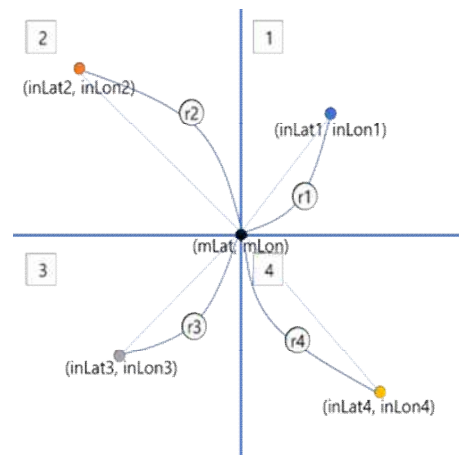


그림 6. 안전구역 도출을 위한 각각의 점
 Fig. 6. Each point for deriving a safe area

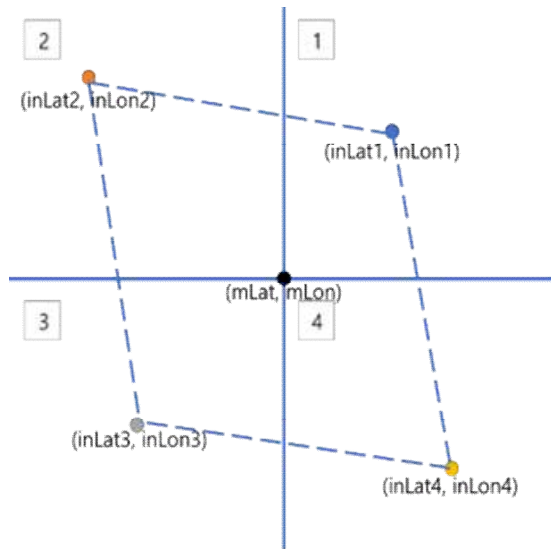


그림 7. 점들을 연결하여 도출된 안전구역
 Fig. 7. Safe area derived by connecting points

- ⑤ 안전구역내의 현재위치가 위치하지 않는다면 ‘경로 또는 위치 확인이 필요합니다.’ 라는 메시지를 준비하고 Ph1-StepD로 이동한다.
- ⑥ 최종적으로 ④에서 도출된 점들을 연결하여 그림 7과 같이 영역을 만들고 이를 안전구역이라고 한다. 안전구역 내에 현재 위치가 존재하는 경우 안전하다고 판단하고 Ph1-StepC로 이동한다.

Ph1-StepC는 Ph1-StepA와 Ph1-StepB에서 현재 위치가 사전에 정의된 안전폭 및 안전구역 안에 있다고 판단하여 ‘안전’한 상태인 경우, 다음 변침점에 도달할 때까지 안전운항이 기대되는지 확인하는 과정이다. 만약, Ph1-StepA와 Ph1-StepB에서 안전하지 않다고 판단되면 이 단계는 거치지 않고 Ph1-StepD로 진행한다. 선박의 이상운항을 판단하는 방법은 다음과 같다.

- ① 현재위치, 현재 COG, 현재 SOG를 사용하여 다음 변침점의 ETA에 도착하는 예상도착위치를 계산한다.
- ② 시간 간격은 5분에서 30분 사이로 설정하고 이는 항해 지역에 따라 사용자가 설정할 수 있다. 예를 들어, 항만 근처에서는 5분, 대양에서는 30분으로 기본값을 설정할 수 있다.
- ③ 예상도착위치 주변의 거리상으로 가장 가까운 변침점 세 개를 루트정보로부터 찾는다. 세 변침점 좌표와 미리 준비된 안전폭 정보를 가져온다.
- ④ ①의 예상도착위치가 사전에 정의된 안전폭 안에 있다면 안전운항상태로 판단하고 Ph-StepD로 이동한다.
- ⑤ 그림 8과 같이 ①의 예상도착위치가 사전에 정의된 안전폭 밖에 있다면 ‘경로 또는 위치 확인이 필요합니다.’ 라는 메시지를 준비하고 Ph1-StepD로 이동한다.

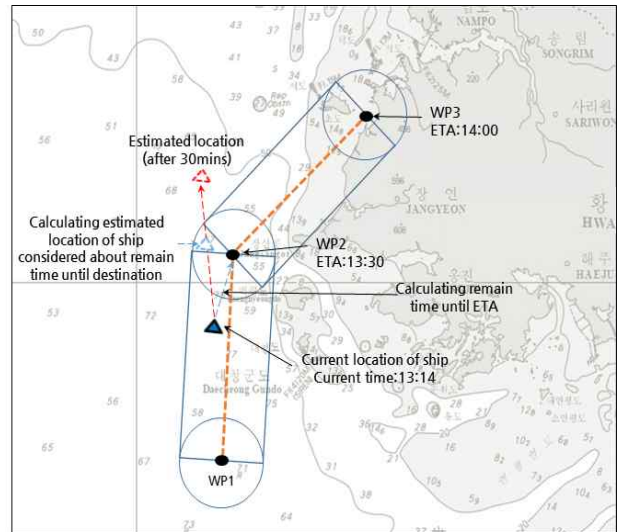


그림 8. 예상도착위치가 안전폭 밖에 위치하는 경우
 Fig. 8. When expected arrival location is outside the safe distance

Ph1-StepD는 앞선 세 단계(Ph1-StepA, Ph1-StepB, Ph1-StepC)에서 안전하다고 판단될 경우, 안전운항을 알리는 메시지로 녹색의 심볼을 사용자 인터페이스에 표출한다. 안전운항을 알리는 알람메시지 표출 단계는 다음과 같다.

- ① 앞선 세 단계에서 안전운항으로 판단되지 않은 경우, 각 단계에서 준비한 알람메시지를 표출한다.
- ② 안전하지 않다는 알람이 표출된 경우 사용자는 안전구역 진입을 위한 방향 및 거리계산 알고리즘 실행 여부를 결정한다. 알람이 표출된 경우라도 사용자가 안전하다고 판단하면 알람을 해제할 수 있다. 이 경우 선박이상운항감지 알고리즘을 다시 시작한다.
- ③ 반대로 선박이상운항감지 알고리즘에서 안전하다고 판단된 경우라도 사용자 판단에 의해 안전구역 진입을 위한 방향 및 거리계산 알고리즘을 실행할 수도 있다.

4-2 안전항로 진입을 위한 방향 및 거리계산(Ph2)

선박이상운항감지 알고리즘의 결과를 통해 현재위치가 안전폭 및 안전구역에서 벗어났다고 사용자가 판단한 경우, 안전폭 안으로 진입하기 위해 선박이 이동해야 하는 각도 (bearing)와 거리를 계산한다. Ph2-StepA는 선박의 추정 위치를 계산하고 선박의 레이더 장비로부터 레이더 이미지를 준비하며 단계는 다음과 같다.

- ① 직전 안전한 상태의 선박위치와 해당 위치에서의 선속 및 COG를 추출한다. 이 값을 사용하여 선박의 현재 추정 위치를 계산한다.
- ② 선박에 탑재된 레이더 장비로부터 현재 레이더 이미지를 캡처한다.

- ③ 캡처한 레이더 이미지는 바이너리 형태의 래스터 이미지로 변환한다.
- ④ 그림 9와 같이 레이더 신호가 없는 부분은 투명으로, 신호가 있는 경우에는 파란색으로 변경한다.

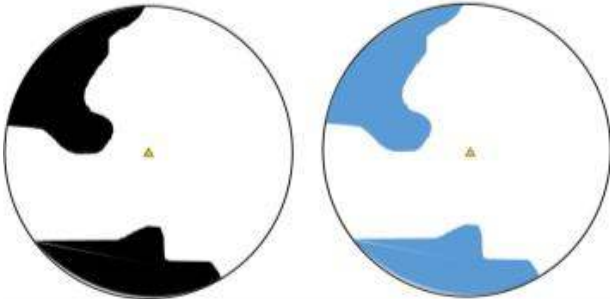


그림 9. 현재 레이더 이미지의 색상화 및 투명화
 Fig. 9. Colorization and transparency of the current radar image

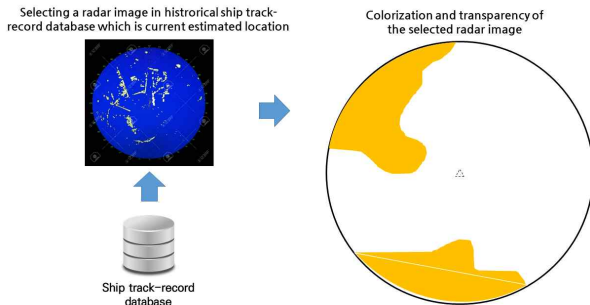


그림 10. 선택된 레이더 이미지의 색상화 및 투명화
 Fig. 10. Colorization and transparency of the selected radar image

Ph2-StepB는 과거 레이더 이미지를 포함한 지리참조레이더정보를 선택하고 준비하며 단계는 다음과 같다.

- ① 데이터베이스에서 레이더 이미지, 중심좌표, 등 미리 저장된 지리참조레이더정보를 불러온다. 레이더 이미지의 경우 저장될 당시에 정북(또는 north-up)으로 저장되어 있어야 한다.
- ② 두 개 이상의 지리참조레이더정보가 검색될 경우 하나만 선택한다. 지리참조레이더정보의 중심좌표가 현재 선박의 추정위치에 가장 가깝고 지리참조레이더정보의 COG가 현재 COG와 근접한 값을 갖는 정보를 선택한다. 이는 같은 위치에서 수집한 레이더 이미지라도 레이더 신호를 받는 각도에 따라 동일한 물체에 대해 주변 구조물 등의 영향으로 다른 모양을 얻을 수 있음을 감안한 고려이다.
- ③ 캡처한 레이더 이미지는 바이너리 형태의 래스터 이미지로 변환한다.
- ④ 그림 10과 같이 레이더 신호가 없는 부분은 투명으로, 신호가 있는 경우에는 노란색으로 변경한다.

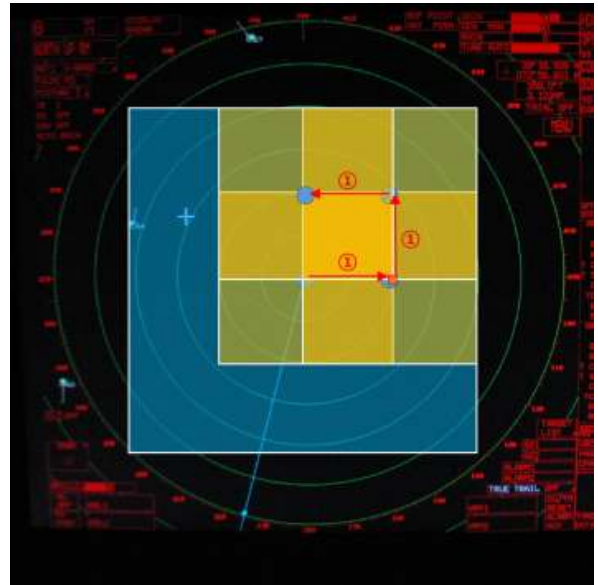


그림 11. 중심점 이동을 통한 이미지 비교 과정
 Fig. 11. Image comparison process by moving the center point

Ph2-StepC는 현재 레이더 이미지와 과거 지리참조레이더정보의 이미지를 매핑한다. 과거 이미지의 중심좌표부터 일정영역을 선택하고 영역 내 그림과 일치하는 부분을 찾는다. 그림 11은 중심점 이동을 통해 과거이미지와 비교하는 단계를 보여주며 그 단계는 다음과 같다.

- ① 과거 이미지는 아래에 위치시키고, 그 위에 현재 이미지의 일부(이하 이미지윈도우)를 올린다. 이미지윈도우를 정하는 기준은 다음과 같다. 그림 10과 같이 축척(scale range)상 현재 이미지의 중심점으로부터 세 번째 원까지의 거리가 대각거리가 되는 사각형이다.
- ② 과거 이미지의 중심좌표와 이미지윈도우의 중심좌표를 일치시킨다.
- ③ 추정위치 방향으로 중심점을 이동하면서 비교 알고리즘을 실행한다. 비교 알고리즘은 자카드 지수를 이용한다[7]. 자카드 지수는 수식 3과 같이 계산한다.

$$\text{일치율}(\%) = \frac{S}{A+B-S} * 100 \quad (3)$$

A : 과거이미지 비교영역의 1로 표시된 픽셀의 수

B : 이미지윈도우의 1로 표시된 픽셀의 수

S : A와 B를 논리연산 AND로 연산한 값이 1인 픽셀의 수

- ④ 중심점을 이동하며 이미지를 비교한다. 중심점 이동방향은 추정위치와 과거 이미지의 중심좌표의 차이에 따라 윈도우 슬라이딩기법을 이용하여 비교한다. 추정위치에 따라 추정위치를 향해서 왼쪽/오른쪽으로 먼저 이동하고, 위/아래로 이동한다.

- ⑤ 그림 11은 중심점을 통한 이미지 비교 과정이다. 그림에서 과거 레이더 이미지의 비교영역을 설정한다. 이 영역의 크기는 설정된 이미지 윈도우의 4배이다. 이미지의 이동은 이미지 윈도우의 중심점이 과거 레이더 이미지의 경계를 벗어나지 않을 때까지 이동할 수 있다. 이미지가 경계 지점에 도달했을 때의 중심점은 기록해두어야 한다.
- ⑥ 이미지가 매칭되는 것을 확인을 하면 사용자는 ‘확인’ 버튼 누른다. 이미지가 매칭되지 않는 경우 ⑤에서 기록된 중심점에서 반대방향(예를 들어, 위로 갔다면 아래방향으로 이동)으로 중심점을 이동시키면서 이미지를 매칭시킨다.

Ph2-StepD는 선박의 추정위치를 수정하고 각도와 거리의 차이를 계산하며 단계는 아래와 같다.

- ① Ph2-StepC에서 사용자가 확인버튼을 누르면 이미지윈도우의 중심좌표를 최종추정위치로 설정한다.
- ② Ph2-StepC를 수행하는 동안 선박이 운행한 시간과 COG, SOG를 고려하여 의 최종추정위치를 보정한다.
- ③ 선박의 최종추정위치가 안전폭 내에 있지 않으면 다음 번 침점과의 이격 각도와 거리를 계산하고 이 값을 표출한다. 사용자는 이 값을 참고하여 운항을 지속한다.

V. 선박안전운항 가이드스 알고리즘 구현

본 장에서는 3장의 알고리즘 구현을 위하여 실선 및 시뮬레이션 실험의 진행과 알고리즘 성능검증을 위해 구현한 결과에 대해 설명한다.

5-1 알고리즘 구현을 위한 사전 데이터 수집 및 실선 실험

본 절에서는 알고리즘 구현을 위해 필요한 사전 데이터를 식별하고 실선 및 시뮬레이션 실험을 통해 데이터를 수집한 결과를 설명한다.

선박안전운항 가이드스 알고리즘은 선박의 과거항적을 기반으로 동작하기 때문에 선박의 속도, COG, SOG, 위도 및 경도, 레이더 정보 등을 미리 수집하였다. 실험대상항로는 그림 12와 같이 인천항을 출발하여 덕적도항에 입항하는 편도 약 2시간 이내의 항로이다. 데이터 수집은 실선 및 시뮬레이션을 통해 수집할 수 있는 데이터 중 표 4와 같이 알고리즘에 필요한 9종의 데이터를 수집하였고 알고리즘에 필요한 정보로 가공하여 데이터 테이블로 저장하였다.

그림 13은 실험 대상 선박으로 약 10톤급의 선박을 섭외하였으며 선박의 RADAR 장비와 인터페이스를 통해 항해중 주변 도서지역을 RADAR 원시 데이터로 수집하였다. 그림 14는 실험에 사용된 시뮬레이션 장비로 실선의 사양을 반영하고 실선의 항해를 충분히 모사할 수 있도록 환경을 조성하고 실험을 진행하였다.



그림 12. 실험 대상 항로 : 인천 ↔ 덕적도 구간

Fig. 12. Test route: Incheon ↔ Deokjeokdo

표 4. 알고리즘 구현에 필요한 데이터 9종

Table 4. Nine types of data required for algorithm implementation

Nine types of data required for algorithm implementation	
- Acceleration(Acc)	- Longitude(Lon)
- Course over ground(COG)	- Time
- Speed over ground(SOG)	- Gyro(Roll, Pitch, Yaw)
- Heading(HDG)	- Radar
- Latitude(Lat)	(Video, Trigger, ACP, ARP)



그림 13. 실험 대상 선박

Fig. 13. Testing target ship



그림 14. 실험 대상 시뮬레이션 장비

Fig. 14. Testing target simulation equipment

5-2 선박안전운항 가이드스 알고리즘 구현 및 검증

본 절의 항해가이드스 시스템은 3장의 항해가이드스 알고리즘의 성능을 측정하기위해 구현하였다. 그림 15는 시스템 기본화면을 보여준다.

기본적으로 GPS가 정상작동하는 것을 전제로 하며 정상일 때 자선과 타겟을 표출한다. 여기에 실시간 RADAR 스캔 이미지를 오버레이 하여 표출한다. 그림 16은 이상상황이 발생했을 때 선박의 위치를 추정하는 추측선위모드가 활성화된 화면이다. GPS연계가 이상하거나 소실되었을 경우 또는 재밍상황 발생시를 가정하여 GPS 수신부를 끄고 자선에서 추측선위모드를 발동한다. 추측선위모드는 사용자에게 자체 알고리즘을 통해 추정된 선박의 위치를 제공한다. 자선의 위치가 지정된 경로의 안전폭을 벗어나는 경우 알람을 발생하여 사용자에게 안내하고 사용자가 이상상황을 인지하고 안전운항을 지속할 수 있도록 판단하는데 도움을 준다.



그림 15. GPS 정상 작동시 기본모드 실행화면

Fig. 15. Basic mode screen when GPS is operating normally



그림 16. 이상상황 발생 시 추측선위모드 실행화면

Fig. 16. Location estimation mode screen when an abnormal situation occurs

VI. 결 론

본 논문은 선박의 안전운항을 위해 선박 운항 중 이상운항을 감지하고 과거 안전한 항해에 수집된 레이더 정보와 주변 항로표지정보를 활용하여 선박의 위치 파악 및 안전운항을 지원할 수 있는 선박안전운항 가이드스 알고리즘을 설계하고 구현하였다. 알고리즘은 이상운항여부를 모니터링하여 이상이 발생한 경우, 선박 항해사에게 알리는 단계와 항해사가 이상으로 판단한 경우 선박의 현재 위치를 파악하고 안전한 항로로 재진입을 위한 각도와 거리를 계산하는 단계로 구성된다. 알고리즘의 구현을 통해 항해사가 이상운항을 감지하는 경우 안전운항을 지속할 수 있는 검증실험을 진행하였다. 추후 알고리즘 실현을 위해 다양한 실험해 기반 데이터 및 시뮬레이션 데이터와 알고리즘 보완연구를 계획하고 있다.

감사의 글

본 논문은 과학기술정보통신부 산하 정보통신산업진흥원(울산정보산업진흥원)의 지원으로 수행되는 SW융합클러스터 2.0(조선해양 ICT융합 기술 고도화 및 상용화 지원사업) 연구사업의 “GPS 장애 시 자율운항 선박의 안전운항을 위한 항적 기반 항해 가이드스 시스템 개발(과제번호: S0312-20-1001)” 과제에 의하여 이루어진 연구로서 관계 부처에 감사드립니다.

참고문헌

- [1] IMO Resolution MSC.194(80), 2005. Adoption of Amendments to the International Convention for the Safety of life at Sea 1974, as Amended.
- [2] B Kim “Analysis on the AIS functioning effect by the internal GPS,” in Proceedings of the Korean Institute of Navigation and Port Research Conference, Mokpo National Maritime University: MMU, pp. 293-295, 2015.
- [3] Baltic and International Maritime Council. The Guidelines on Cyber Security onboard Ships - Version 4 [Internet]. Available: <https://www.bimco.org/about-us-and-our-members/publications/the-guidelines-on-cyber-security-onboard-ships>.
- [4] G Kim, H Kim, H Na, H Kim and S Lee “Analysis of existing research to prepare for ship’s GPS malfunction,” in Proceedings of KOSOMES biannual meeting, Online: Online, pp. 33-34, 2021.
- [5] H Kim, G Kim, S Lee, S Kang and S Lee, “Implements of Function and Symbol to Portray Safety Navigation Area”, Journal of Digital Contents Society Vol. 22, No. 2, pp. 367-373, Feb. 2021.

[6] S Lee, “Applying Different Similarity Measures based on Jaccard Index in Collaborative Filtering”, Journal of The Korea Society of Computer and Information Vol. 26, No. 5, pp. 47-53, May. 2021.

[7] J Choi, Y Lim and H Lim, “Location-based Area Setup Method and Optimization Technique for Deviation Detection”, The Journal of the Korea Contents Association Vol. 14, No. 4, pp. 19-28, Apr. 2014.

김효승(Hyoseung Kim)



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

2014년~현 재 : 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
 2020~현재 : 한국해양대학교 대학원 컴퓨터공학전공 석사과정 재학

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

나화진(Hwajin Na)



2000년 : 숭실대학교 산업정보시스템공학과 (공학사)
 2005년~현 재: (주) 지엠티 R&DB센터 연구소장

※관심 분야 : 빅데이터, 선박 교통관제, 인공지능, 레이더 시스템, 클라우드 소싱

이서정(Seojeong Lee)



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

1998년~2003년: 동덕여자대학교 강의 교수
 2003년: 미국 카네기멜론대학교 SEI 소프트웨어품질전문가 연구수
 2004년: 숭실대학교 연구교수
 2005년~현 재: 한국해양대학교 해사 IT 공학부 교수
 2009년~2019년 해양수산부 국제해사기구 정부대표단 활동
 2012년: 미국 University of New Hampshire 해양연구소 방문학자(LG연암재단 지원)
 2015년: 바다의날 해양수산부 장관 표창(국제해사기구 해양소프트웨어품질보증 표준개발)
 2019년: 노르웨이 HVL Department of Maritime guest professor
 2019년~현 재: SSN SIG(Smart Ship Navigation Special Interest Group)의장
 2021년~현 재: 해양수산부 소프트웨어프로젝트심의위원, 해양조사원 S-100협의체 위원
 ※관심 분야 : 해양소프트웨어품질, 소프트웨어 기능안전, 차세대 전자해도표준