



## IoT 센서연계장치를 이용한 고위험선박의 지능형 운항위험 분석 시스템 개발에 대한 연구

### A Study on the Implementation of Intelligent Navigational Risk Assessment System for High-risk Vessel using IoT Sensor Gateway

김도연\* · 김길용\* · 박계각\*\* · 정중식\*\*†

Do-Yeon Kim, Kil-Yong Kim, Gyei-Kark Park, and Jung-Sik Jeong†

\*(주)지엠티 기술연구소, \*\*목포해양대학교 국제해사수송과학부

\*e-Navigation System Center, GMT, Co., LTD

\*\*Dep. of International Maritime Transportation Science, Mokpo National Maritime University

#### 요 약

국제적인 불황이 이어지고 있는 상황에서도 해상물동량은 지속적으로 성장하고 있고 해양레저시장도 활성화되는 추세이다. 대한민국은 해상교통 센터 등의 시설운영을 통해 해상교통량을 제어하고 있지만, 이러한 추세로 해양교통상황이 복잡해지고 그에 따라 해양사고가 지속적으로 발생하고 있다. 해양사고는 그 특성상 환경적, 인적인 피해를 입었을 경우 회복이 어려우며, 선박건조기술이 발달하면서 사고의 규모가 대형화 되고 있는 추세이다. 여객선, 유조선 등 고 위험 선박의 경우 보다 상세한 해상상황 감시 및 분석이 필요하며 이러한 배경으로 특수선박 감시를 목적으로 한 다양한 연구가 진행될 바 있다. 하지만 현재 해상에서 연계되어 육상으로 전파되는 데이터 요소는 AIS, ARPA 정도의 한정된 정보가 전부이다. 우리는 다양한 자선 센싱 정보를 수집하여 육상으로 전파할 수 있는 IoT 선박센서수집 및 연계 시스템을 구현하고, 수집한 정보를 활용한 안전운항 상황 분석 시스템을 제시한다.

키워드 : IoT센서연계장치, 센서연계, 안전운항, 운항분석, 상관관계

#### Abstract

In the midst of continuing international recession, the rate of maritime traffic and marine leisure markets are consistently growing. The Republic of Korea controls the marine traffic volume through vessel traffic centers and various other management facilities. Nevertheless, the continuous growth and complexity of marine traffic is resulting in repeated occurrences of marine accidents. Recovery is very difficult in cases of human injuries or deaths caused by marine accidents due to its nature, and the scale of marine accidents is also becoming greater with advanced ship building technologies. Passenger ships, oil tankers, and other such vessels used for specific purposes requires a more detailed navigational status surveillance and analysis, and numerous research has been conducted with an objective for monitoring such special purpose vessels. However, the data elements transmitted from the ocean to the shore station are limited to AIS and ARPA. We are implementing IoT ship sensor collection and a syncing system capable of transmitting various ship sensing data to the shore station, and also proposing a Safe Navigation Status Analysis System utilizing the collected data.

Key Words : Maritime IoT Gateway, Sensor Connection, Safe Navigation, Navigational Analysis, Interrelation

Received: May, 10, 2016

Revised : Jun, 17, 2016

Accepted: Jun, 17, 2016

†Corresponding authors

jsjeong@mmu.ac.kr

## 1. 서 론

이 논문은 본 학회 2016년도 춘계학술대회에서 선정된 우수논문입니다.

이 논문은 2016년 한국산업기술진흥원(KIAT) 지원을 받아 수행된 국제공동기술개발사업(EUREKA) 연구임. (IoT 기반 스마트 연근해 해상 종합 감시 시스템 개발)

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.

최근 국제적인 불황이 이어지고 있는 상황에서도 표 1에서 보이듯 해상물동량은 지속적으로 성장하고 있고 해양레저시장도 활성화되는 추세이다[1]. 대한민국 정부는 해상교통 센터 등의 시설운영을 통해 해상교통량을 제어하지만, 이러한 추세로 해양교통상황이 복잡해져 표 2와 같이 해양사고가 지속적으로 발생하고 있다[2].

해양사고는 그 특성상 환경적, 인적인 피해를 입었을 경우 회복이 어려우며, 선박건조기술이 발달하면서 사고의 규모가 대형화 되고 있는 추세이다[3-4].

해상에서 발생하는 사고에 의한 인명과 환경 자원의 보호를 위해 해상 선박의 감시 및 분석이 필요하며 이러한 문제의 해결을 목적으로 한 다양한 연구가 진행되고 있다[5-8]. 하지만 현재 육상에서 수집할 수 있는 선박에 대한 실시간 데이터 요소는 AIS, ARPA 정도의 한정된 정보가 전부이다. 위치

표 1. 세계 물동량 추이

Table 1. World Seabome Trand by Commodities

Year	Trade volume
2004	7,127
2005	7,439
2006	7,794
2007	8,118
2008	8,336
2009	8,002
2010	8,774
2011	9,173
2012	9,562
2013	9,914
2014	10,326

(Million Tonnes)

표 2. 연도별 해양 사고유형

Table 2. Marine Accidents by Categories

Year	Collision	Contact	Stranding	Capsizing	Fire	Sinking	Distress	Casualty
2004	210	12	75	35	57	69	45	80
2005	172	10	46	22	71	45	16	34
2006	167	17	66	16	41	25	11	20
2007	148	9	39	21	37	19	8	11
2008	125	15	32	8	25	18	11	17
2009	160	10	43	18	34	22	16	21
2010	174	22	64	17	25	22	9	33
2011	208	23	64	38	57	27	41	82
2012	157	21	53	25	55	26	44	57
2013	149	21	58	20	43	13	19	42

기반 정보를 활용한 분석의 한계는 명확하며 일반 선박이 아닌 고 위험 선박은 자신의 상세한 상태를 육상으로 전파할 필요성이 있다.

우리는 다양한 자선 센싱 정보를 수집하여 육상으로 전파할 수 있는 선박센서수집 및 연계 시스템을 설계 및 구현하고, 수집한 정보를 활용한 안전운항 상황 분석 시스템을 제시한다.

## 2. 배경

### 2.1 해상 관제 체계 현황

현재 전 세계 항만 관리기관에서는 안전과 보안을 이슈로 AIS, Radar, CCTV 등으로부터 수집된 선박의 동적정보를 이용해 자국의 연안항만을 관제하고 있다. 해상 환경의 CCTV는 황천 상황, 선박의 과도한 동적움직임 등에 의해 의사결정을 보조하는 수단에 그치고 있으며, 실질적인 선박 관제 활용 정보는 GPS 위치기반의 AIS 데이터, 반사파 기반의 Radar가 주 관제 수단이다. 그림 1~4에서

현재 사용중인 육상 관제체계를 간략히 보인다.



그림 1. 육상용 레이더 안테나 예시  
Fig. 1. Example of shore radar antenna

그림 1은 육상용 관제 레이더용 안테나의 예시를 보인다. 지정한 RPM에 따라 선박 검출주기가 달라지지만 평균적으로 1.5초에 한번 갱신(회전)한다.

그림 2는 그림 1의 레이더 스캐너(안테나)를 통해 수신한 반사 타겟 정보이다. 레이더에서 움직이는 타겟은 꼬리를 남기며 이동하기 때문에 그를 이용해 이동체를 식별할 수 있다.

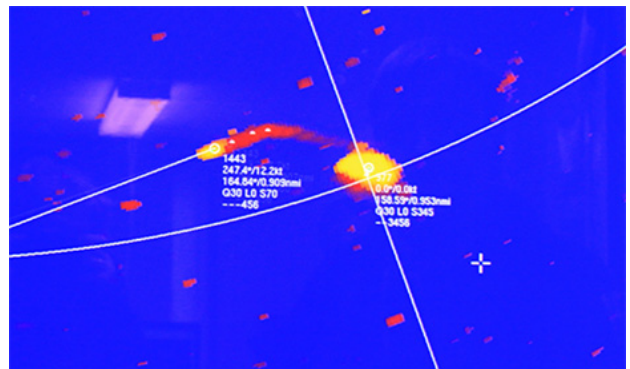


그림 2. 육상 레이더 시스템 예시  
Fig. 2. An radar example in shore side

그림 3은 스웨덴 CNS사의 AIS 장비이다. AIS는 Automatic Identification System을 의미하며, 선박이 주기적으로 자신의 GPS



그림 3. CNS CLASS A 선박용 장치  
Fig. 3. CNS's AIS Class A dev. for ship

위치를 주변에 송출하는 시스템이다. 선박이 주행하는 속도에 따라 송출 주기는 달라지며 14노트 이상일 경우 2초에 한번 자신의 위치를 송출한다.



그림 4. 항만 CCTV 시스템  
Fig. 4. CCTV system in harbor

그림 4는 CCTV를 활용한 항만감시의 예시를 보인다. 항만에 고정 설치된 CCTV화면을 통해 해상의 실시간 영상정보를 확인하여 보다 안전한 관제를 지원하는 시스템이다. 최근엔 드론, 무인기 등을 활용하여 음영지역의 CCTV영상을 확보하는 연구가 제안되고 있다.

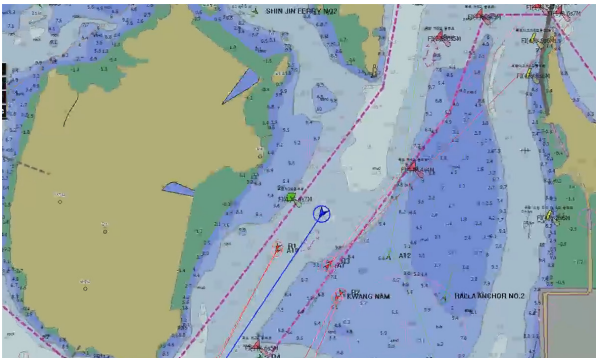


그림 5. AIS와 Radar로부터 수집한 선박정보  
Fig. 5. Collected information via AIS and Radar

그림 5는 위치 기반 관제의 예시를 보인다. 그림에서 A#n 태그가 붙은 타겟 정보가 AIS를 통해 수집된 선박정보이며, R#n 태그가 붙은 타겟 정보가 Radar를 통해 수집된 선박 정보를 나타낸다. 해당 그림의 해역은 대한민국의 목포권 해역이다.

AIS와 Radar를 통해 수집된 타겟 정보는 같은 선박에 대한 정보조차도 상이한 위치 식별 체계로 인해 약간의 오차를 가진다. 과거엔 Radar로부터 수집된 타겟정보를 우선하여 신뢰하여 AIS 정보를 보조정보로 활용하였으나 GPS 위치측위의 정밀도 향상으로 두 정보 모두 신뢰하여 사용하는 추세이다.

## 2.2. 고위험선박 실시간 선박센서 연계 시스템 구조도

현 상태의 위치기반 선박정보(Lon, Lat, COG, SOG)를 활용하여

충돌 위험도 평가, 이상 항해상태 점검, 장기간의 트랙데이터 누적을 통한 항로 위험도 평가 등의 연구를 지속하여 진행 중에 있으나, 분석에 필요한 기반정보의 부족함이 명백하다. 하나 지속적으로 대형화되는 해양사고로 고 위험선박(여객선, 유조선 등)을 대상으로 별도 관리체계에 대한 요구가 증대되고 있으며, 이러한 요구를 만족하기 위한 실시간 선박센서 수집 및 연계 시스템의 구조도를 제안한 바 있다.

시스템의 구조도는 그림 6에서 보인다. 기존 선박에 구비되어있는 각종 센서와 연계하여 연계되어있는 센서의 상태를 자동으로 분석하고 분석결과를 선박용 단말기와 육상으로 전파하는 연계노드의 형태로 제안하였다. 선박 내부 네트워크는 중간단 연계허브 역할을 수행하는 센서연계장치와 육상과 양방향 통신을 수행할 수 있는 IoT 센서연계장치로 구성하였으며, 육상-선박 간 통신은 데이터 양과 육상과의 거리에 따라 AIS/UHF, 3G/LTE를 자동으로 선택하여 사용하여 수행한다.

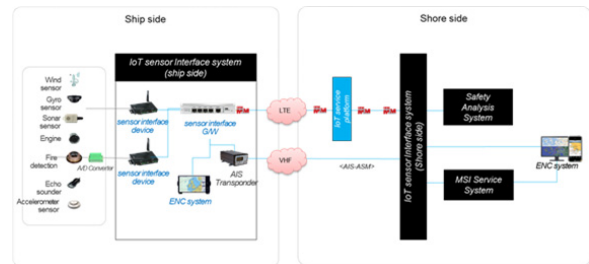


그림 6. 안전운항을 위한 IoT 센서연계장치 네트워크 구조도  
Fig. 6. The Structure of IoT Gateway Network for Safe Navigation

제안하는 하드웨어의 요구 스펙은 표 3과 같이 구성된다.

표 3. IoT 센서연계장치의 최소 하드웨어 요구사항  
Table 3. The IoT Sensor Gateway H/W Spec.

Detail	Specification
Power In	12~ 24V
Power Out	12V IN 5V, 3.3V
RS422	Communication by RS422
RS232	Communication by RS232
CAN	Communication by CAN2.0
Ethernet	Data Link, Setting value relay and data networking
Digital Input	Interface for DIO
Digital I/O Spare	Variable I/O(H/W, S/W Adapt)
Memory	SD card, Save config data

## 3. IoT 선박센서 수집 및 연계 시스템 구현

### 3.1. 선내 센서 및 안전 항해 필요요소구분

선박은 다양한 센서를 장착하여 안전운항에 활용하고 있으며, 대부분의 경우 해상선박에서 사용하는 표준인 IEC61162와 NMEA

표 4. 안전 운항을 위한 최소 필요 요소  
Table 4. A necessary elements for safe navigation

Data Type	Device	Standard	Integrated
Ship's position	Loran C, GNSS	NMEA	◎
Speed	Speed Log	NMEA	×
Heading	Magnetic Compass, Gyro Compass	NMEA	◎
Depth	Echo Sounder	NMEA	◎
Bridge Audio	Microphone	Analog Sound Signal	×
Communication Audio	VHF Radio	NMEA Analog Sound Signal	×
Radar	ARPA Radar	NMEA	◎
Main alarm	BNWAS	NMEA	×
Rudder order and response	Steering Controller	NMEA	×
Engine and truster order and response		NMEA	×
Hull opening status	Hull Door System	NMEA	×
Watertight and fire door status	Watertight Door Monitoring System	NMEA	×
Acceleration and hull stresses	Hull Stress Monitoring System	NMEA	×
Wind speed and direction	Anemometer	NMEA	◎
AIS	AIS	NMEA	◎
Rolling motion	MRU(Motion Reference Unit)	NMEA	◎
Electronic log book	Electronic log book		×
Fire Detect	Fire Detector	Analog, NMEA	◎
Auto Pilot	Auto Pilot	NMEA	×

데이터포맷을 지원하고 있다. 이 연구에서 제안하는 표준, 비표준 센서를 모두 연계할 수 있는 IoT 센서 연계 장치 개발을 위해 현재 선박에서 사용하고 있는 장비 및 센서의 종류와 관련 데이터 표준을 조사하여 필요 센서를 도출하였다. 선박 센서와 관련하여 조사된 내용은 표 4와 같다. 우리는 선원의 프라이버시나 안전과 직접적인 영향을 미치지않는 요소는 배제하고 안전 분석에 활용할 수 있는 선박의 정보를 DGNSS, Gyro, Depth, 선박관점에서의 Radar 타겟정보, 풍향풍속, AIS, Rolling motion, Fire detection alert 로 정의하였다. 이 정의는 추후 실질적인 데이터 분석을 통해 유연하게 변경 가능하다.

3.2. IoT 선박센서 수집 및 연계 시스템 상세 설계

그림 7은 IoT 선박센서 수집 및 연계 시스템의 요구사항을 분석한 ER Diagram이다. 요구사항은 크게 표준/비표준 센서와 연계하여 데이터를 수집하는 기능, 통신망 연결 기능(AIS, UHF, 3G, LTE), 최적 통신망 자동탐색 기능, 센서 Plug&Play 기능, 장치 설정기능,

센서/장치조회기능, 센서상태 조회기능, 센서 로그 조회기능, 원격 펌웨어 업데이트 기능, 웹 서비스 기능, 고장 자동감기 기능이 필요하다고 정의하였다.

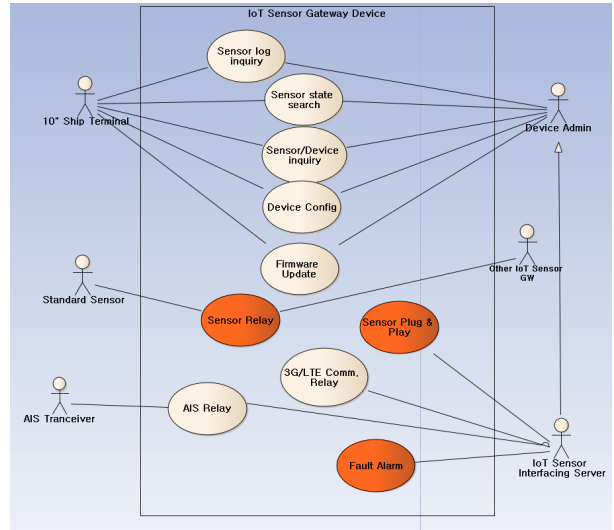


그림 7. IoT 센서연계장치를 위한 요구사항 정의  
Fig. 7. An requirement define for IoT Sensor Gateway

그림 8은 IoT 센서연계장치의 블록 다이어그램을 나타낸다. 센서 인터페이스는 선박의 각종 인터페이스표준(IEC61162-1 등)을 지원하는 인터페이스 포트를 제공하는 동시에 GPIO등을 활용하여

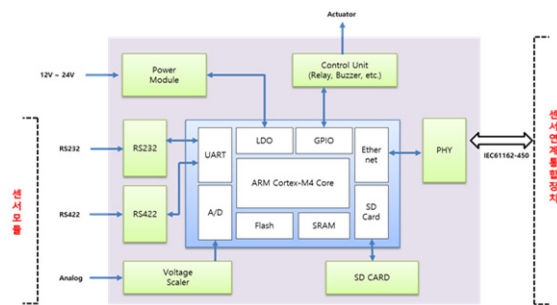


그림 8. IoT 센서연계장치의 블록 다이어그램  
Fig. 8. A block diagram for IoT Sensor Gateway

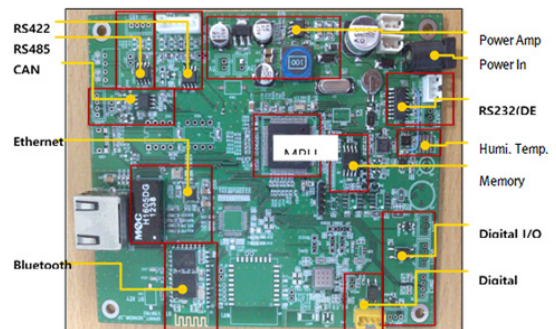


그림 9. IoT 센서연계장치를 위한 테스트 보드 제작  
Fig. 9. The test board for IoT Sensor Gateway

비표준 인터페이스 장치에 대응하도록 설계하였으며, 또한 컨트롤러 모듈과의 인터페이스를 위한 각종 통신도 함께 제공하여 분리개발이 가능하도록 설계하였다.

그림 9는 설계 내용에 따라 구현한 IoT 센서연계장치의 테스트보드를 보인다. 현재 테스트 보드는 안정성테스트를 진행하고 있으며 저전력 장기간 운영을 통해 제작 보드의 타당성을 검증할 예정이다.

## 4. IoT 센서연계장치를 활용한 안전운항 분석시스템 설계

### 4.1. 안전운항 분석시스템 개념설계

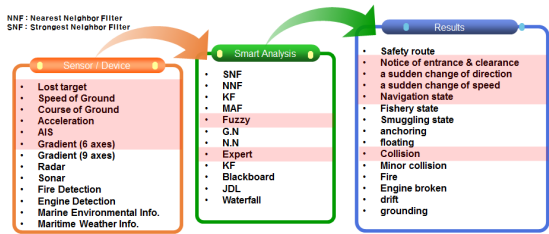


그림 10. IoT 센서연계장치를 활용한 안전운항상황 판단  
Fig. 10. Assessment navigational state by IoT Sensor Gateway

그림 10은 IoT 센서연계장치를 통해 수집한 항행정보를 연계하여 운항상황을 분석하기 위한 상관관계를 정의한 것이며, 과거사고사례 데이터를 기반으로 분석한 결과 운항위험도에 영향을 많이 미치는 파라미터로 위치소실, COG/SOG변화량, 기울기변동, 고공속파고(황천), 엔진이상이 있었다. 관계사의 의사결정을 보조하는 지능형 운항분석 시스템 구현의 타당성 검증에 위해 현재 기존 AIS, Radar에서 수집한 선박 위치정보와 일부 시험선박에 설치되어 수집중인 6축 선박 기울기 센서를 퍼지기법과 전문가 시스템을 활용해 분석한

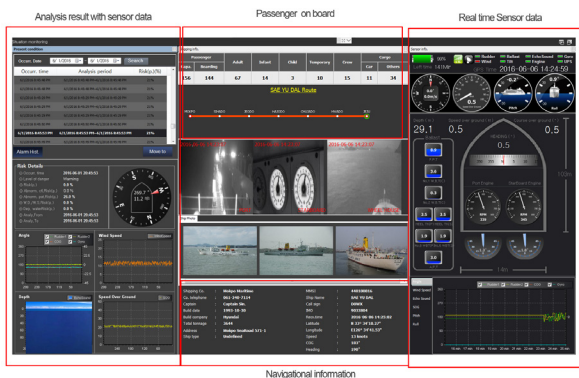


그림 11. 안전 운항분석 시스템 목업디자인 설계  
Fig. 11. A Mokup design of safety navigation analysis system

결과 선박의 자동 입출항상태 확인, 급변침, 급가속, 선박 충돌 위험도, 변침 위험도 판단을 수행하였다. 그림 11은 해당 결과를 표출하기 위한 목업 디자인 화면설계서이며, 다양한 센서 정보를 연계하여 육상에서 표출하고 있는 예시화면을 구상하였다.

### 4.2. 안전운항 분석시스템 상세설계



그림 12. 선박안전상황 통합분석서버  
Fig. 12. The total analysis server for Navigational Safe State

그림 12는 현재 테스트 장비인 IoT 센서연계장치를 통해 수집한 선박 위치정보(AIS, Radar, DGNSS), 선박 기울기 정보를 분석하여 선박의 이상상황을 판단할 수 있는 선박안전상황 통합 분석서버의

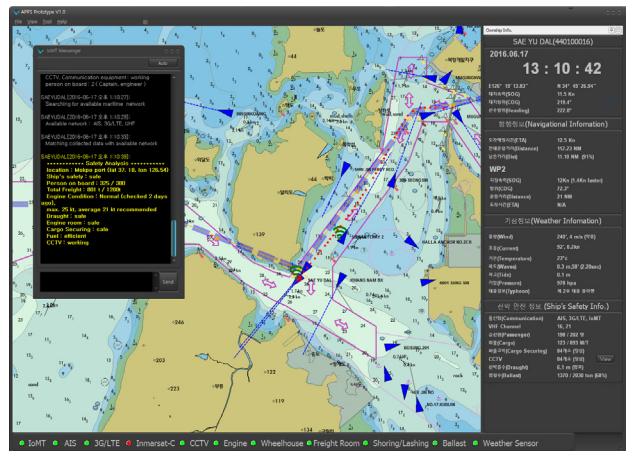


그림 13. IoT 센서연계장치를 통한 안전운항분석시스템 프로토타입 구현  
Fig. 13. The prototype for Safety navigation analysis system by IoT Sensor Gateway

시제품이다. 충돌, 침몰, 급변침 등 위 상관관계를 정의한 그림 9에서 명시한 분석은 진행중에 있으나, 실제 해상환경에서 IoT 센서연계장치를 통해 연계하려는 화재, 엔진, 9축기울기, 발라스트 등의 추가 센싱은 현재 실제 선박에 설치가 어려운 관계로 지연 중에 있다. 그림 13은 IoT 센서연계장치 및 선박 안전상황 통합분석서버에서 전달되어 연계되는 안전운항정보를 표출하는 관계 소프트웨어(선박, 관계 공용)이다. 선박의 타겟정보와 IoT 센서 연계 상태, 육상으로의 자동 선박상태 보고 등의 시나리오 시연용으로 제작하였으며 실제 선박의 데이터를 연계하여 추가 검증 예정에 있다.

제안한 시스템을 통해 해상에서 수집한 모든 정보를 육상에서 유관기관 정보와 연계하여 분석할 수 있다면 지금보다 안전한 항행상황을 보장할 수 있을 것으로 예상된다.

### 5. 결론

본 연구는 현재 연안 환경에서 수집가능한 선박 정보에 대한 소개와 그 정보의 한계에 대해 소개하였으며, 그를 통한 선박정보 추가 센싱에 대한 필요성을 보였다. 또한, 그 필요성에 의해 도출된 기존선박 센싱정보 연계 시스템을 제시하고 구현하였으며, 구현한 시스템에서 수집된 항행 정보를 일부 분석한 결과를 보임으로써 제안하는 시스템 체계에 대한 타당성을 보였다.

기존 선박 통신망 한계인 AISM이나 위성을 통한 위치정보 수집체계에서 IoT 센서연계장치를 이용한 다중통신망 선박정보 보고체계로 전환되고 정상적으로 모든 위험 관리 선박에 설치되어 선박센서 상세정보를 육상으로 연계될수있다면, 해상교통관제센터 등 기타 유관기관 정보와 함께 분석하여 고 위험선박의 해양사고 30% 절감 효과에 기여할 것이 예상된다.

이 연구는 실제 항행중인 여객선 등에 부분 설치하여 선박 상세정보를 연계하여 얻은 실측 데이터를 이용한 항행상황 분석과 항행 상황 분석 알고리즘의 실질적인 검증이 추후 연구로 남는다.

### References

[1] Clarkson, Shipping Review & Outlook, Spring, 2014.  
 [2] KMI Maritime and Fisheries Statistics, "Marine accident statistics by type", Available: <http://www.kmi.re.kr>, 2014, [Accessed: March 8, 2016]  
 [3] Yun Sub Kim and Myeong Rae Cho, "The Value of Future Research Next 100 Years of Maritime Rescue & Salvage

Association of Korea", *The Korean Society Of Marine Environment & Safety fall conference*, pp. 28-31, 2014.  
 [4] Kwang-Soo Kim, "Overview of Major Oil Spill at Sea and Details of Various Response Actions", *Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety*, Vol. 19, No. 2, pp. 129-137, 2013.  
 [5] Jong-Sung Kim, "A Basic Study on the VTS Operator's Minimum Safe Distance", *Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety*, Vol. 19, No. 5, pp. 476-482, 2013.  
 [6] Young-Ha Ryu, Gyei-Kark Park and Hwa-young Kim, "A Study on the Advancement Structure Model of Maritime Safety Information System(GICOMS) using FSM", *Journal of Korean Institute of Intelligent Systems*, Vol. 24, No. 3, pp. 337-343, 2014.  
 [7] Kwang-Il Kim, Jung Sik Jeong and Gyei-Kark Park, "A Study on the Development of Ship's Passage Risk Assessment Simulator", *Journal of Korean Institute of Intelligent Systems*, Vol. 23, No. 3, pp. 220-225, 2013.  
 [8] Eun-Kyoung Kim and Yong-Gi Kim, "A Study on the Information Management System Support for the Intelligent Autonomous Navigation Systems", *Journal of Korean Institute of Intelligent Systems*, Vol. 25, No. 3, pp. 279-286, 2015.  
 [9] Do-yeon Kim, Kil-yong Kim, Gyei-kark Park and Jung-sik Jeong, "A Study on the Safety Navigation Analysis of Specialized Ship for Maritime Sensor Integration and data processing method", *Proceedings of KIIS Spring Conference 2016* Vol. 26, No. 1, 2016.

### 저자 소개



**김도연(Do-yeon Kim)**

2009년 : 목포해양대학교 소프트웨어과 공학사  
 2011년 : 목포해양대학교 전자통신 공학석사  
 2014년 : 목포해양대학교 해상운송시스템  
 해양정보시스템학전공 공학박사  
 2014년~현재 : (주)지엠티 선임연구원

관심분야 : Intelligent navigation information system, AI

Phone : +82-2-488-6502

E-mail : dykim@gmtc.kr



**김길용(Kil-Yong Kim)**

2009년 : 한국해양대학교 컴퓨터정보공학과  
공학사

2016년 : 한국해양대학교 컴퓨터정보  
공학대학원 공학석사

현재 : (주)지엠티 기술연구소 책임연구원

관심분야 : e-Navigation, 선박자동식별 시스템, SQA

Phone : +82-2-488-6502

E-mail : yonjjang@gmtc.kr



**정중식(Jung-Sik Jeong)**

1987년 : 한국해양대학교 항해학과 공학사

1993년 : 동 대학교 대학원 전자통신 공학과  
공학석사

2001년 : 일본동경공업대학 이공학연구과  
전기전자 전공 공학박사

2002년~현재 : 목포해양대학교 교수

관심분야 : 해양정보통신망, 해양안전시스템, 해상교통시스템,  
선박충돌회피, 통계적 파라미터 추정

Phone : +82-61-240-7173

E-mail : jsjeong@mmu.ac.kr



**박계각(Gyei-Kark Park)**

1982년 : 한국해양대학교 항해학과 공학사

1986년 : 한국해양대학교 대학원 수송공학과  
공학석사

1993년 : 일본동경공업대학 시스템학과  
공학박사

2010년 : 전남대학교 무역학과 경영학박사

1995년~현재 : 목포해양대학교 교수

관심분야 : Fuzzy, Game theory, International logistic

Phone : +82-61-240-7560

E-mail : gkpark@mmu.ac.kr