

해상 부이 보호 및 선박 사고 예방을 위한 트레일 카메라-AIS 연계형 능동감시 및 접근경보 시스템 개발

황훈규^{1*} · 김배성¹ · 김현우¹ · 강용수² · 김대한²

A Development of Active Monitoring and Approach Alarm System for Marine Buoy Protection and Ship Accident Prevention based on Trail Cameras and AIS

Hun-Gyu Hwang^{1*} · Bae-Sung Kim¹ · Hyen-Woo Kim¹ · Yong-Soo Gang² · Dae-Han Kim²

^{1*}Research Institute of Medium & Small Shipbuilding, Busan 46757, Korea

²SeaTech co. Ltd., Busan 46918, Korea

요 약

해상 부이는 항로 및 위험물 표지, 기상 및 해양 환경 모니터링, 군사 전략 요소 등 다양한 목적으로 운용되는 설비이다. 이러한 해상 부이가 선박 충돌 등으로 인해 손상되면 해양이라는 특수성으로 인해 복구 및 교체 작업에 많은 시간과 비용이 소요되며, 표류 시 2차 사고의 위험성이 존재한다. 본 논문에서는 이러한 해상 부이를 보호하기 위하여 트레일 카메라 및 AIS를 활용한 능동감시 및 접근경보 시스템의 개발에 관한 내용을 다룬다. 이러한 시스템의 개발을 위하여 기존 국내의 연구 및 유사 시스템 개발 사례를 분석한 후, 개선 요구사항을 도출하고, 도출된 내용을 바탕으로 시스템을 설계한다. 설계 시 주안점을 둔 내용으로는 AIS와 트레일 카메라 연계형 능동 감시, 선박 접근에 대한 단계별 경보, 육상과 부이의 거리에 따른 선택적 통신매체 적용, 영상 처리를 통한 선박 식별 및 경보 제공, 열화상 카메라의 적용 등 크게 다섯 가지가 있다. 또한, 설계된 내용을 바탕으로 시스템을 개발하고, 실험실 혹은 필드 수준의 테스트를 통해 개발한 시스템의 유용성을 검증한다.

ABSTRACT

The marine buoys are operated in various domains, which are navigation route and danger maker, weather and environment monitoring, military strategical element, etc. If the marine buoy is damaged, there consumes many cost and time for recovery or replacement, because of severe environmental condition, and causes a risk possibility of secondary accident. In this paper, we developed an active monitoring and approach alarm providing system using trail cameras and AIS for protection for the marine buoys. To do this, we analyzed existing researches and similar systems, extracted requirements for enhancement, and designed the system architecture that applied the enhanced elements. The main considerations of system enhancement are: integration of AIS and trail cameras, adopting of phased alarm technique by approaching ships, applying of selective communication module, conducting the image processing of ships for providing alarm, and applying thermal cameras. After that, we developed the system using designed architecture and verified effectiveness of the system based on laboratory or field-level tests.

키워드 : 해상부이 보호, 해양사고 예방, AIS-카메라 통합, 능동감시, 접근경보

Keyword : Marine buoy protection, Maritime accident prevention, AIS and camera integration, Active monitoring, Approach alarm (warning)

Received 4 May 2018, Revised 14 May 2018, Accepted 4 June 2018

* Corresponding Author Hun-Gyu Hwang (E-mail: hghwang@rims.re.kr, Tel: +82-51-974-5572)

Research Institute of Medium & Small Shipbuilding, Busan 46757, Korea

Open Access <http://doi.org/10.6109/jkiice.2018.22.7.1021>

pISSN:2234-4772

©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.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서 론

해상 부이(등부표)는 과거부터 항해 안전을 위한 항로표지, 기상관측, 해양 환경 모니터링, 국방 감시 등 다양한 목적으로 운용되고 있는 설비이다. 만약, 이러한 해상 부이가 손상되면 환경적인 특수성으로 인해 복구 및 교체 작업에 많은 시간과 비용이 소요되며, 소실로 인한 표류 시 선박과 충돌하는 등 2차 사고의 발생 위험이 있다. 또한, 해양 기상관측 기능이 마비되어 큰 사회적 손실을 초래할 가능성이 있기 때문에 이를 방지하기 위하여 국내외적으로 많은 노력을 기울이고 있다[1-2].

대표적으로 미국 해양대기청(NOAA, national oceanic and atmospheric administration) 데이터부이센터(NDBC, national data buoy center)에서 해상 부이의 파손 및 구성 장비 도난 사고와 같은 공공기물 파손(vandalism)을 예방하고, 가해 선박을 추적하기 위한 목적으로 개발한 감시 시스템이 있다. 이는 일정한 주기마다 위성통신 기반으로 해상 부이에서 촬영한 영상을 육상 측에 송신하는 시스템으로, 이러한 시스템의 운용을 통해 실제 부이를 파손한 가해 선박을 검거한 사례가 있다[2]. 국내의 경우에도 해상 부이 파손으로 인한 피해를 겪고 있는 실정으로 지속적인 캠페인을 진행하는 등 예방을 위한 활동을 진행하고 있으나, 사고 발생 시 가해 선박의 검거에는 한계가 있는 실정이었다. 이러한 이유로 기상청에서는 해상 부이에 주기적으로 영상을 촬영하고 기록하는 블랙박스 시스템을 탑재하고[3], 정비 시에 회수하여 기록을 확인해보는 형태로 운용하고 있다. 하지만, 이러한 시스템은 해상 부이 파손을 실질적으로 예방하기 위한 것이 아니라 평상시에는 해양 환경 모니터링 등의 기능을 수행하고, 사고 발생 시에 기록의 보존이나 가해 선박의 추적과 같은 목적으로 운용되고 있다는 제약점이 존재한다[1-4].

이러한 이유로 본 논문에서는 해상 부이 보호 및 선박 사고 예방을 위하여 트레일 카메라와 AIS(선박자동위치식별장치)가 연계된 능동형 감시 및 접근 정보 시스템을 개발하는 것에 관한 내용을 다룬다. 개발하는 시스템은 접근 선박에 탑재된 AIS로부터 송신되는 신호를 기반으로 거리를 계산하여 특정 범위 내에 선박이 진입하는 경우, 혼(horn)과 경광등을 통한 단계별 경보를 제공함과 동시에 트레일 카메라를 활성화하여 영상을 촬영하고, 위성 통신 혹은 이동통신망을 통해 촬영된 영상을

육상으로 전송하는 기능을 한다. 본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서 관련 현황 및 관련 연구에 관해 기술하고, 3장에서 시스템의 설계에 관한 내용을 다룬다. 또한, 4장에서 설계한 내용을 바탕으로 시스템을 구현하고 검증하는 것에 관한 내용을 다루며, 5장의 결론 및 향후 연구로 끝을 맺는다.

II. 관련 연구

2.1. 국내외 해상 부이 관련 연구

해상 부이는 항로 및 위험물 표지, 기상 및 해양 환경 모니터링, 군사 전략 요소 등 다양한 목적으로 운용되기 때문에 국가적으로 매우 중요한 기능을 담당하고 있다. 이러한 부이를 활용하여 여러 연구가 진행되나 있다. 국내의 경우, 해양환경 모니터링을 위하여 표류식 부이에 수온 및 염분 측정 센서 등을 설치하고, 위성 통신을 활용하여 계측 정보를 육상으로 전송하며, 육상의 데이터 베이스에 저장하여 위치 및 센서 데이터를 웹 기반 전자 해도 상에서 조회할 수 있도록 하는 시스템을 개발한 연구[5]가 있다. 또한, 해양환경 모니터링을 위하여 각종 센서(온도, 기상, GPS 등)를 탑재하고, 원격지로 이동통신망 라우터 통해 계측 데이터를 전송하며, 인접 부이들과 데이터 교환은 지그비(ZigBee)를 활용하는 시스템의 개발에 관한 연구[6]가 진행된 바 있다. 관련 특허로는 카메라 및 충돌 감지센서를 장착한 후 충돌 전후 촬영된 영상을 이동통신망(3G 및 LTE)을 활용하여 육상으로 전송하는 해상 부이의 실시간 원격 모니터링 시스템[4]이 있다. 이러한 연구들은 부이를 활용하여 해양환경 정보를 계측하거나 접근 혹은 충돌 시 증거를 기록하기 위한 사후 대응 목적을 가지기 때문에 부이 자체의 보호를 위한 기능이 요구된다.

반면 국외의 경우, 선박에 의한 부이의 파손 및 침몰에 대한 피해의 심각성을 인식하여 부이 보호 시스템 개발 및 기술에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히, 카메라와 위성 통신을 활용하여 영상 수집 및 저장, 전달하는 시스템을 개발한 연구[2]가 있다. 이밖에도 카메라를 부이에 탑재하여 수집된 이미지의 영상처리를 통한 통항 선박 감시 및 물표를 탐지하는 연구 등이 진행되고 있다[7-8]. 이러한 연구는 해양 환경 모니터링이나 사고 시 원인 규명에 초점이 맞추어져 있으며, 선박의

접근 및 충돌에 대한 위험 경보를 제공하지 않는다.

2.2. 국내외 해상 부이 사고 및 관련 시스템 현황

만약 해상 부이가 손상되면 경제적 문제를 비롯하여 인명 피해까지도 이어질 수 있기 때문에 보호를 위한 기술적·정책적 해결책이 마련되어야 한다. 그러나 해양에 노출된 형태로 설치되는 해상 부이의 특성상 감시 및 보호에 대한 어려움이 존재하며, 이 때문에 충돌 혹은 구성 장비 도난 사고에 취약하다는 한계가 있다. 그림 1의 (a), (b)는 미국 데이터부이센터[1-2], (c)와 (d)는 국내 기상청(포항)[3, 9]의 해상 부이 사고 사례이다.

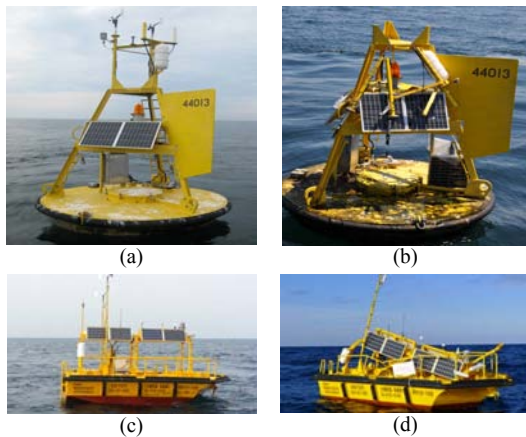


Fig. 1 Buoy accident cases (source : NDBC, KMA)
(a), (c) before collision (b), (d) after collision

우리나라 기상청의 경우, 해상 부이 파손으로 인한 피해를 예방하고자 지자체 및 어촌계 등을 대상으로 그림 2와 같이 캠페인 등 홍보 활동을 진행하고 있으나, 그 효과가 미미하고 사고 발생 시 가해 선박의 검거에는 현실적인 어려움이 존재하였다. 이를 해결하기 위하여 그림 3의 (a)와 같이 주기적으로 영상을 촬영하고 저장하는 블랙박스 시스템을 해상 부이에 탑재하여 정비 등을 위하여 인력이 접근하였을 때, 저장된 영상을 회수하여 확인하는 방식을 적용하였다. 그림 3의 (b)는 포항의 기상청 해상 부이에 탑재된 블랙박스 시스템에 의해 촬영 및 기록된 충돌 영상이다. 최근 들어, 위성 통신(Inmarsat)을 기반으로 촬영된 영상을 육상으로 전송하는 시스템을 개발하였으며, 해상 부이에 탑재하여 시범 운용 중에 있다. 2016년 기준 기상청 운용 부이 중, 블랙박스 시스

템이 탑재된 부이는 17개이나, 위성 통신 비용 등의 문제로 인해 육상으로 영상 전송이 가능한 부이는 2개(울릉도, 포항)에 불과하였다.



Fig. 2 Campaigns for buoy protection (source : KMA)



Fig. 3 Buoy monitoring system (source : self-taken)
(a) black box system (b) suspect ship

우리나라보다 더 많은 해상 부이를 운영하고 있는 미국의 경우, 해양대기청 산하 데이터부이센터 주도하에 파손 및 구성 장비 도난 사고 등을 예방하고 가해 선박을 추적하기 위한 목적(anti-vandalism)으로 해상 부이에서 촬영한 영상을 육상으로 위성(Iridium) 전송하는 시스템인 BuoyCAM을 개발하여 탑재하였다. 이를 통해 그림 4와 같이 전송된 영상을 기반으로 해상 부이를 파손한 가해 선박을 검거한 사례가 있으며, 현재 25여개의 주요 해상 부이에 탑재하여 운영 중이다[2].

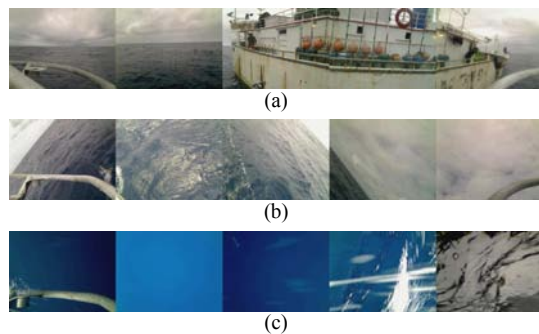


Fig. 4 Buoy accident images (source : NDBC)
(a) doubtful ship (b) after 4-days (c) last images

III. 시스템 요구사항 분석 및 설계

3.1. 요구사항 분석

본 논문에서 다루는 시스템은 기존 시스템 혹은 유사 연구의 개선점을 도출하고, 차별성을 확보하기 위해 **(1) AIS와 트레일 카메라 연계형 능동 감시, (2) 단계별 선박 접근 정보, (3) 거리에 따른 영상 전송 통신매체 변경 적용, (4) 육상 전송 영상의 처리를 통한 선박 식별 및 경보 제공, (5) 열화상 카메라 적용**의 크게 5가지 항목에 주요점을 두어 설계하였다.

첫째, **AIS와 트레일 카메라 연계형 능동 감시**의 경우, 기존 시스템의 주기적 혹은 접근·충돌시 영상 촬영 방법을 일부 개선하고, 해상 부이의 저전력 소모 요구를 충족하기 위한 기능이다. AIS와 트레일 카메라를 연계하여 주기적인 영상촬영과 동시에 접근 선박 AIS 신호를 기반으로 거리를 계산하여 관심 범위 내에 진입하게 되면, 대기 모드(sleep, 1mW 이하)에서 활성 모드(wake up, 0.5~12W 가변)로 능동 전환하여 영상 촬영 및 전송을 수행하며, 접근 정보 모듈로 부이와 선박간의 거리 정보를 전달한다. 이때, 트레일 카메라는 3개의 광각 렌즈 기반으로 전방위(300도 이상) 촬영 가능하도록 개발하여 적용한다.

둘째, **단계별 선박 접근 정보**의 경우, 기존 시스템에는 고려되지 않던 것으로 단계에 따라 혼과 경광등을 기반으로 소리 및 광원을 통해 복합적 위험 경보를 제공하는 기능이다. 이때, 청각적 위험 인지를 위하여 혼은 120dB 이상으로 소리를 제공하고, 야간이나 안개 등 시계가 제한된 상황에서의 시각적 위험 인지를 위하여 청색과 황색의 두 경광등을 선택적으로 활용한다.

셋째, **거리에 따른 영상 전송 통신매체 변경 적용**의 경우, 해상 부이는 3G 혹은 LTE 등 이동통신이 불가능 구역에 설치될 수 있기 때문에 통신 도달 범위가 고려되

어야 한다. 즉, 연안에 설치되어 이동통신망의 사용이 가능한 경우에는 GPRS(2.5G), WCDMA(3G), LTE(4G)를 기반으로 데이터를 전송하고, 이동통신망의 사용이 불가능 혹은 불안정한 경우에는 위성 혹은 VHF 통신을 활용하여 데이터를 전송해야 한다. 이에 본 논문에서 다루는 시스템은 해상 부이가 설치되는 지역에 따라 통신 모뎀만을 선택적으로 변경 적용하면, 영상 전송이 가능하도록 모듈화하여 설계하며, 이때 사용하는 통신에 따라 해상도 및 전송주기의 설정을 변경할 수 있도록 한다 [10].

넷째, **육상 전송 영상의 처리를 통한 선박 식별 및 경보 제공**의 경우, 육상에서 해상 부이로부터 수신된 영상을 처리한 결과, 영상 내 선박으로 인식되는 물체의 탐지 시 육상 관제 모니터링 서버에서 경보를 제공함으로써 운용·관리 인력이 위험 수준을 확인하고 필요한 조치를 취할 수 있도록 지원하는 기능이다.

다섯째, **열화상 카메라 적용**의 경우, 야간 혹은 시계가 좋지 않은 상황에는 기존 카메라의 특성상 근접하지 않거나 충분한 조명 없이는 촬영 등 영상 확보가 어려운 한계가 존재하는데, 이를 해결하기 위하여 본 논문에서 다루는 시스템에는 열화상 카메라를 적용함으로써 야간 감시의 단점을 부분적으로 극복할 수 있도록 한다. 기타 기본적인 레이더 반사기와 같은 안전 장비나 태양광 및 풍력 발전과 같은 전원 생산·공급 장비는 기존 해상 부이 탑재 장비와 간섭이 없으면서 호환이 가능한 형태로 차용 혹은 부분 개선한다.

3.2. 시스템 설계

분석한 요구사항을 기반으로 AIS 및 트레일 카메라 연계형 능동감시 및 접근정보 시스템의 아키텍처를 설계하였으며, 이를 그림 5에 나타냈다. 그림 5의 각 구성 요소에서 실선은 본 논문에서 개발을 다루는 부분이고,

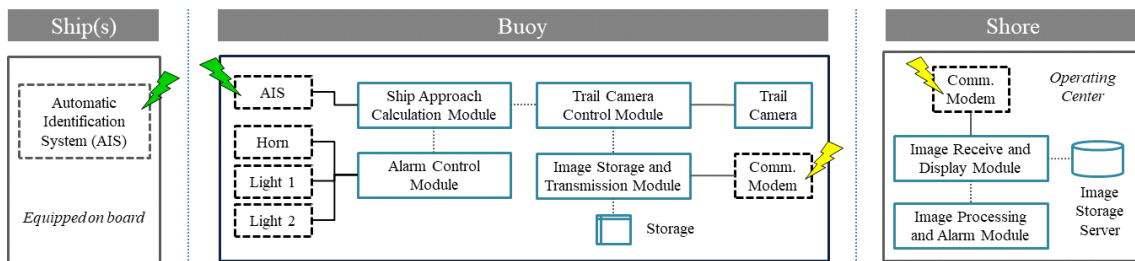


Fig. 5 Designed system architecture

점선은 상용 혹은 기존 제품을 나타낸다. 개발한 시스템은 해상 부이 측의 트레일 카메라, 트레일 카메라 제어 모듈, 이미지 저장 및 전송 모듈, 선박 접근 거리 계산 모듈, 알람 제어 모듈과 육상 측의 이미지 수신 및 표시 모듈, 이미지 처리 및 정보 모듈로 구성된다.

먼저, **트레일 카메라**는 약 100도의 촬영 범위를 가지는 렌즈를 3개 배열하는 형태로 설계하였으며, 렌즈를 제어하는 보드 등으로 구성된다. 또한, 가혹한 해양 환경에 노출되는 해상 부이의 특성상 기본적으로 방수 성능이 확보되어야 한다. 이를 위해 트레일 카메라 케이스는 IP67 수준의 방수 성능을 고려하여 그림 6과 같이 설계하였다. 그림 6의 (a) 및 (b)는 주간용 촬영 카메라의 조립도 및 설치 예상도이고, (c) 및 (d)는 상대적으로 렌즈 크기가 큰 야간용 열화상 카메라의 조립 및 설치 예상도를 나타낸 것이다. **트레일 카메라 제어 모듈**은 전원 공급이 제한적인 해양 환경에서 저-전력으로 운용될 수 있도록 트레일 카메라를 대기 모드와 활성 모드로 전환하여 영상을 촬영할 수 있도록 하는 기능을 하며, 모드의 전환은 선박 접근 및 설정된 주기에 따라 이루어지게 된다. 선박 접근 이외에는 기본적으로 매 5분마다 모드 전환 및 촬영이 이루어지며, 이러한 촬영 주기는 제어 메시지에 의해 설정 변경이 가능하다. 설계한 트레일 카메라 제어 모듈의 PCB(printed circuit board)는 그림 7의 (a)에 나타났다.

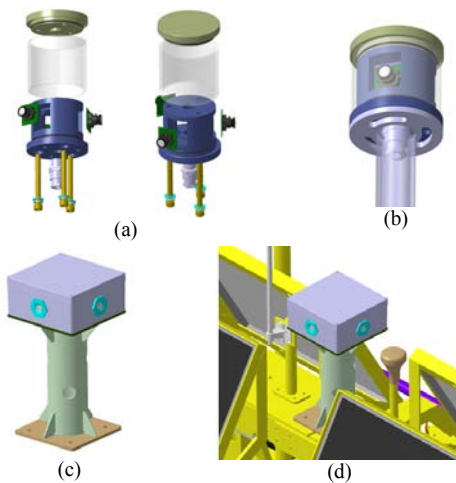


Fig. 6 Designed trail camera cases (a), (b) day time camera assembly and installation (c), (d) night time camera assembly and installation

이미지 저장 및 전송 모듈은 일반적인 상황에서는 촬영 영상을 저장하며, 선박 접근 거리 계산 모듈로부터 선박의 접근에 관한 메시지를 수신한 경우, 영상을 저장하고 육상으로 전송하는 기능을 한다. 통신 비용 문제로 인해 일반적인 경우, 이동통신망 사용 시에는 5분, 위성통신망 사용 시에는 1시간 주기로 전송하며, 이러한 전송 주기의 설정은 변경이 가능하다. 설계한 이미지 저장 및 전송 모듈의 PCB는 그림 7의 (b)에 나타났다.

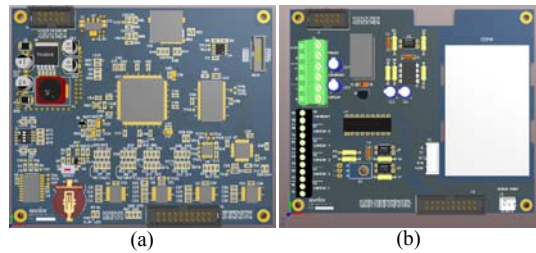


Fig. 7 Designed PCBs (a) trail camera control module (b) image storage and transmission module

선박 접근 거리 계산 모듈은 해상 부이의 설치 위치를 기반으로 AIS로부터 수신된 접근 선박의 좌표를 활용하여 거리를 계산하며, 계산된 결과를 바탕으로 접근 위험도를 트레일 카메라 제어 모듈 및 알람 제어 모듈로 전송하는 기능을 한다. 이때, 접근 위험도는 계산된 거리에 따라 표 1과 같이 정상-관심-주의-경계-심각의 다섯 단계로 구분하여 경보를 제공하며, 각 단계별 거리 구간은 설정 변경이 가능하다. **알람 제어 모듈**은 선박 접근 거리 계산 모듈로부터 선박 접근 정보를 수신하여 접근 위험도에 따라 단계별 알람을 발생함으로써 주변 선박에게 경각심을 주는 기능을 한다. 표 1에 나타난 것과 같이 혼을 비롯하여 청색 및 황색의 두 가지 색의 경광등을 이용하여 경보를 제공한다.

Table. 1 Phase of approach alarm

Level	Area (color)	Dist. (NM)	Horn	Light 1 (blue)	Light 2 (yellow)
0	Normal	~2	Off	Off	Off
1	Attention	2~1.5	Off	On	Off
2	Caution	1.5~1	On	On	Off
3	Vigilance	1~0.5	On	Off	On
4	Seriousness	0.5~	On	On	On

육상의 **이미지 수신 및 표시 모듈**은 해상 부이에서 전송한 영상 데이터를 수신하여 표시하고, 서버에 저장하는 기능을 한다. 육상 측에서는 이동통신망 사용 및 위성 통신 사용 해상 부이 모두에게 데이터 수신이 가능해야 한다. 또한 **이미지 처리 및 정보 모듈**은 수신한 영상을 이진화 및 윤곽선 추출을 통해서 처리한 후, 선박 인식 시에 육상 운용·관리자에게 경보를 제공하는 기능을 한다.

IV. 시스템 개발 및 검증

4.1. 개발 환경

본 논문에서 다루는 시스템의 개발 환경은 다음과 같다. PCB의 설계는 Altium 17을 사용하였고, 메인 칩셋은 ARM Core7 STM32F407ZGTb를 채택하였으며, 펌웨어는 Keil C를 활용하여 개발하였다. 또한, 육상 수신 및 처리 소프트웨어의 경우, Microsoft Visual Studio 2017을 사용하여 C++/MFC를 기반으로 개발하였고, OpenCV 라이브러리를 활용하여 영상처리를 구현하였으며, 해상 부이와 육상 간 통신은 GPRS 모뎀, CDMA (LTE) 모뎀, VHF 모뎀, Inmarsat 모뎀을 활용하였다.

4.2. 시스템 개발

설계된 내용을 바탕으로 시스템의 각 구성요소를 개발하였으며, 이를 그림 8~10에 나타내었다. 트레일 카메라는 그림 8과 같이 원통형 전용 방수 케이스 내부에 3개의 렌즈 모듈 등이 장착될 수 있도록 높이 94mm 직경(지름) 94mm로 최적화·소형화하여 개발하였으며, 방수방진 시험을 수행하여 IP67의 등급을 확보하였다.

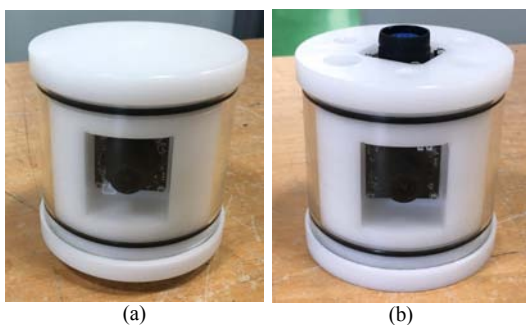


Fig. 8 Developed the trail camera (a) top side view (b) bottom side view

트레일 카메라의 제어 모듈, 이미지 저장 및 전송 모듈, 선박 접근거리 계산 모듈은 그림 9의 (a)~(d)와 같이 개발하여 AIS와 연계하였으며, 각 보드는 방수 케이스에 탑재되어 해상 부이 내부공간에 설치된다.

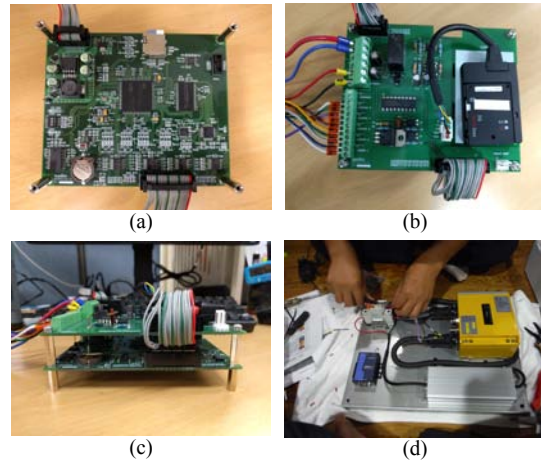


Fig. 9 Developed components (a) trail camera control and image storage module (b) transmission module (c) ship approach calculation module (bottom) (d) connected with AIS

알람 제어 모듈은 그림 10과 같이 경광등과 혼을 제어할 수 있는 형태로 개발하였으며, 버튼을 통해 수동으로 알람 발생이 가능하도록 하였다. 그림 10의 (a)는 개발한 알람 제어 모듈, 그림 10의 (b)는 장착 예정인 청색과 황색의 경광등을 나타냈다. 그 이유는 적색, 녹색, 백색은 각각 야간에 선박의 좌현, 우현, 중앙을 식별하기 위한 항해등(navigation lights)의 색상이기 때문에 주변 항해 선박의 혼란을 방지하기 위함이다. 또한, 청색(특수 목적) 및 황색(예인 등) 경광등은 기존 등명기와 점멸 주기 및 각도를 달리하여 구분한다.

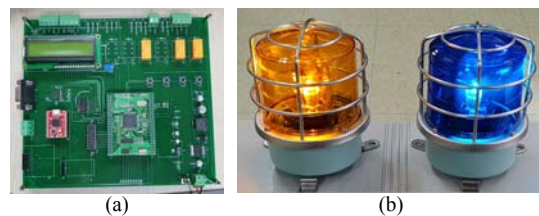


Fig. 10 Developed components (a) alarm control module (b) alarm lights (blue/yellow)

4.3. 시스템 검증

개발한 시스템을 각 모듈별로 실험실 혹은 필드 수준의 테스트를 통해 유용성 검증을 수행하였으며, 이를 그림 11~15에 나타내었다. 그림 11은 해상 부이에 트레일 카메라 등 시스템을 설치한 모습이며, 그림 12는 트레일 카메라로부터 촬영된 영상 데이터를 육상에서 수신하여 표시한 화면이다. 또한, 그림 13은 선박을 탐지하여 경보를 제공하기 위한 영상처리 및 알람 모듈의 테스트한 화면이며, 그림 14는 가상 AIS 데이터를 기반으로 접근 거리에 따른 단계별 알람 기능을 테스트한 화면이다. 그림 15의 (a)는 열화상 카메라가 장착된 모습, (b)는 실제 선박이 촬영된 화면으로 현재는 1개만을 탑재하여 테스트를 하였으며, 4개를 탑재하는 형태로 확장 개발을 진행 중이다. 단계별 접근 경보를 위한 알람 제어 모듈과 혼, 경광등은 실험실 수준의 테스트를 완료하였으며, 나머지 구성요소는 실제 해상에서 테스트를 완료하였다. 알람 제어 모듈과 관련된 요소는 방수성능 시험을 실시한 후, 해상 부이에 탑재하여 필드 테스트를 진행할 예정이다. 표 2에 국외 및 국내의 유사 시스템[1-2,4]과 본 논문에서 다루는 시스템의 주요 특징을 비교하여 나타냈다.

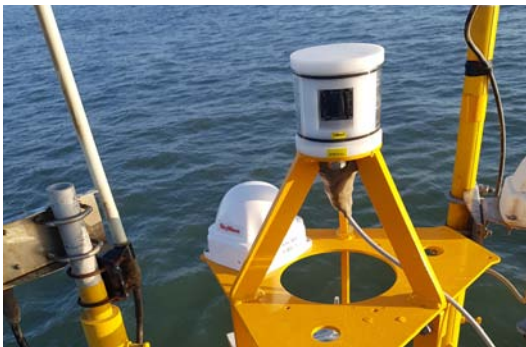


Fig. 11 Installed the buoy side modules

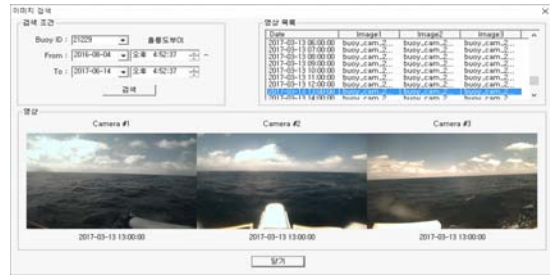


Fig. 12 Testing of image receive and display module

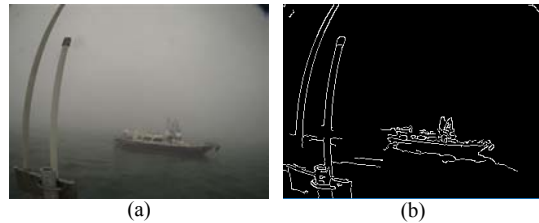


Fig. 13 Testing of image processing and alarm module (a) image for ship with fog (b) image processing for detection and alarm

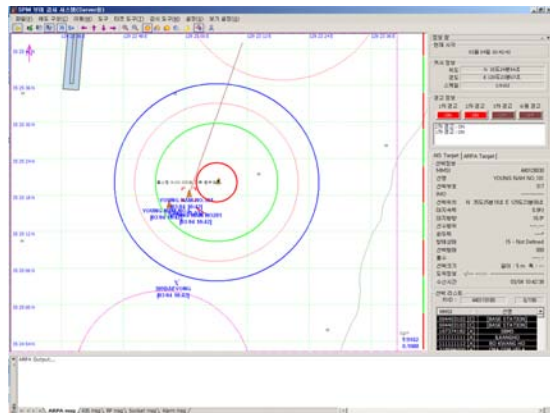


Fig. 14 Testing of alarm control module based on virtual AIS

Table. 2 Comparisons with other existing systems

	System A	System B	Developed system
Angle of view	300 ° (5 cameras)	Unknown	300 ° (3 cameras)
Data communication	Mobile	-	O (GPRS/3G/LTE/VHF)
	Satellite	O (Iridium)	-
Collision detection supporting	-	Gyro and laser sensor	AIS and image processing
Collision protection supporting	Devices by IALA rules	Unknown	Devices by IALA rules, additional lights and horn

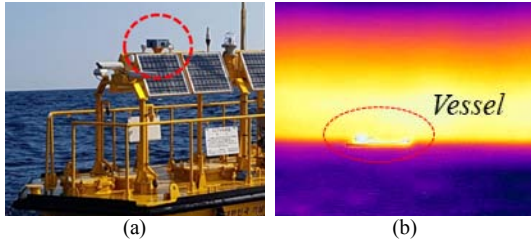


Fig. 15 Testing of thermal camera (a) installed on buoy (b) captured thermal image of a vessel

V. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 해상 부이를 보호하고 선박 사고를 예방하기 위한 목적으로 트레일 카메라 및 AIS를 활용한 능동감시 및 접근경보 시스템의 개발에 관한 내용을 다루었다. 이를 위하여 기존 국내외 연구 및 유사 시스템 개발 사례를 분석하고 개선 요구사항을 도출하였으며, 도출된 내용을 바탕으로 시스템을 설계하였다. 이때, AIS와 트레일 카메라 연계형 능동 감시, 선박 접근에 대한 단계별 경보, 거리에 따른 선택적 통신매체 적용, 영상 처리를 통한 선박 식별 및 경보 제공, 열화상 카메라의 적용 등 크게 다섯 가지에 주안점을 두었다. 또한, 설계된 내용을 바탕으로 시스템을 개발하였으며, 실험실 및 필드 수준의 시험을 통해 개발한 시스템의 유용성을 검증하였다.

향후 연구로는 카메라의 추가 등을 통해 개발한 시스템이 가지는 약 60도의 음영구역을 없애기 위한 연구를 진행 중에 있다. 또한, 접근 경보 및 열화상 카메라와 관련된 요소들의 방수성능 공인인증 시험, KC 인증 등을 통해 신뢰성을 확보한 후, 해상 부이에 탑재하여 필드 테스트를 진행할 예정이다. 2016년 기준 기상청 해상부이 17개 중 2개에만 탑재되어 있던 트레일 카메라 및 영상 전송 시스템은 그 필요성이 인정되어 2018년 현재 16개로 적용이 확대된 상태이다. 나아가 더 많은 부이 혹은 해상 시설물에 설치되어 여러 목적으로 활용할 수 있을 것으로 기대된다. 이처럼 수집된 영상 데이터는 부이의 보호 목적 뿐 아니라, 육상에서 먼 바다의 해상 상태를 영상으로 확인하여 기상 예보에 참고하는 등 다양하게 활용될 수 있기 때문에 이를 기반으로 하는 여러 파생 연구를 진행할 예정에 있다.

ACKNOWLEDGEMENT

This work (Grants No. C0541300) was supported by Business for Cooperative R&D between Industry, Academy, and Research Institute funded by the Ministry of SMEs and Startups (MSS, Korea) in 2017.

References

- [1] C-C Teng, S. Cucullu, S. McArthur, C. Kohler, B. Burnett and L. Bernard, "Buoy vandalism experienced by NOAA National Data Buoy Center (NDBC)," *Proceedings of the Oceans 2009 MTS/IEEE Conference*, Biloxi: MS, pp. 1-8, 2009.
- [2] NDBC's BuoyCAM and Anti-Vandalism (INMARTECH 2014) [Internet]. Available: <https://www.irso.info/inmartech-2014-symposium-presentations/>.
- [3] Article of buoy accident (Herald Corporation) [Internet]. Available: http://news.heraldcorp.com/view.php?ud=20110427000399&md=20120422155833_BL.
- [4] B. G. Lee, The realtime remote monitoring system of buoys on the sea, KR Patent 10-1633812, to Edinet Co., Ltd., Korean Intellectual Property Office, Daejeon, 2016.
- [5] Y. H. Yu, Y. S. Gang, W. H. Lee, "Development of a Floating Buoy for Monitoring Ocean Environments", *Journal of the Korean Society of Marine Engineering*, vol. 33, No. 5, pp. 705-712, Jul. 2009.
- [6] W. H. Lee, H. J. Kwon, S. M. Kim, S. H. Jeong, J. C. Kim, "Implementation of a Buoy System Based on Multi-Hop Relay Networks for Ocean Observation", *Journal of Advanced Navigation Technology*, vol. 20, No. 3, pp. 182-189, Mar. 2016.
- [7] D. Blosi, F. Previtali, A. Pennisi, D. Nardi, M. Fiorini, "Enhancing Automatic Maritime Surveillance Systems With Visual Information", *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 18, No. 4, pp. 824-833, Apr. 2017.
- [8] S. Fefilatye, "Algorithms for Visual Maritime Surveillance with Rapidly Moving Camera", Ph. D. dissertation, University of South Florida, Tampa, FL, 2012.
- [9] Article of buoy accident (Asia economy News) [Internet]. Available: <http://www.asiae.co.kr/news/view.htm?idxno=2011042707294403550>.

- [10] H. G. Hwang, B. S. Kim, I. S. Shin, S. K. Song and G. T. Nam, "A Development of Smartphone-connected Fishing Net Tracking and Management System," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, no. 21, vol. 2, pp. 401-408, Feb. 2017.



황훈규(Hun-Gyu Hwang)

2009년 : 한국해양대학교 IT공학부 (공학사)
2011년 : 한국해양대학교 대학원 컴퓨터공학과 (공학석사)
2016년 : 한국해양대학교 대학원 컴퓨터공학과 (공학박사)
2013년 ~ 2016년 : 한국해양대학교 IT공학부 시간강사
2016년 ~ 현재 : 중소조선연구원 해양IT융복합소재연구본부 선임연구원
※ 관심분야 : 해양CT융합기술, 선박 네트워크, 정보보안, 모델링 및 시뮬레이션, 신뢰성 분석



김배성(Bae-Sung Kim)

2010년 : 동서대학교 전자공학과 (공학사)
2012년 : 한양대학교 전자전기제어계측공학과 (공학석사)
2017년 : 한국해양대학교 대학원 제어계측공학과 박사수료
2012년 ~ 2013년 : LG이노텍 부품소재연구소 연구원
2013년 ~ 현재 : 중소조선연구원 해양IT융복합소재연구본부 선임연구원
※ 관심분야 : 전기/전자 제어 시스템, 해양CT융합기술, 임베디드 시스템, 항해통신장비, 안전항해지원시스템



김현우(Hyen-Woo Kim)

1999년 : 부산대학교 조선해양공학과 (공학사)
2004년 : 부산대학교 조선해양공학과 (공학석사)
2001년 ~ 현재 : 중소조선연구원 연구장비운영실 책임연구원
※ 관심분야 : 선박 구조해석, 모니터링 시스템, 선박 신뢰성



강용수(Yong-Soo Gang)

2005년 : 동서대학교 정보통신공학부 메카트로닉스공학전공 (공학사)
2009년 : 한국해양대학교 대학원 제어컴퓨터공학과 (공학석사)
2012년 : 한국해양대학교 대학원 제어계측공학과 박사수료
2016년 : 서울대학교 해양정책 최고과정(Advanced Marine Policy Program) 수료
2004년 ~ 2016년 : ㈜신동디지텍 해양기술사업부 본부장
2017년 ~ 현재 : ㈜씨텍 연구소장
※ 관심분야 : 해양CT융합기술, 영상감시시스템, 스마트 자율선박, 에너지효율관리시스템



김대한(Dae-Han Kim)

2005년 : 동서대학교 정보통신공학부 메카트로닉스공학 (공학사)
2005년 ~ 2017년 : ㈜신동디지텍 해양기상관측부이 국산화 개발팀장
2017년 ~ 현재 : ㈜씨텍 생산개발팀장
※ 관심분야 : 해양CT융합기술, 임베디드시스템