

선박 접안 사고 방지 위한 스마트 방충재 로봇

조형준*, 정대원*, 이수빈*, 임영주*, 김인수**

*경기대학교 전자공학과, **한전KDN(주)

junn7119@gmail.com, xodnjs200@naver.com, dltmq1009@naver.com,

ivj0326@naver.com, diun81@daum.net

Smart fender robot for preventing ship berthing accident

Hyeong-Jun Jo*, Tae-Won Jung*, Su-Bin Lee*, Yeong-Ju Im*, In-Soo Kim**

*Dept. of Electronic Engineering, Kyonggi University

**KEPCO Knowledge Data & Network Co.

요 약

불량 방충재 납입 사건에 따른 방충재 관리의 중요성 및 선박 접안사고가 화두가 되면서 본 논문에서는 현재 방충재 점검 시스템과 그로 인해 발생하는 선박의 접안사고 위험에 대해 문제를 제기한다. 문제를 해결하기 위해 본 논문은 “스마트 방충재 로봇”을 제안하며, 제안하는 로봇의 기능은 다음과 같다. 첫째, 부두에 부착된 방충재의 상태를 실시간으로 확인하고, 전용 애플리케이션을 통해 방충재를 관리한다. 둘째, 방충재 교체 시 부두 위치에 따른 해상조건을 수집하여 적합한 방충재를 추천한다. 셋째, 방충재 손상 또는 선박이 제한 접안속도 초과 시 스마트 방충재 로봇을 투입하여 선박의 접안사고를 방지한다.

1. 서론

최근 불량 방충재를 납입한 사건이 화두가 되면서 해상물류 사회에 방충재와 선박의 안전성 여부에 대해 문제가 제기됐다. 방충재는 펜더(fender) 라고도 불리며 부두에 배가 정박하려고 할 때 부두의 시멘트 벽에 세게 부딪히는 것을 방지하여 선박과 부두가 일정한 거리를 유지할 수 있도록 하는 장비이다. 방충재가 오래되었거나 불량임에도 불구하고 계속해서 부두에 존재하는 경우 방충재가 떨어져 나가거나 선박이 파손됨으로써 환경오염을 가속화하고 선박 업계에 막대한 피해를 준다.[1] 한국해양대학교 선박운항과 이윤석 교수에 따르면 현재 방충재 점검 시스템은 눈으로만 진행되며, 방충재의 교체 시기는 5~7년인데 이 기간 동안 제 역할을 수행하는지에 대한 점검 시스템이 마련되어야 한다고 지적했다.[2] 또한, 방충재 손상에 큰 영향을 미치는 접안사고는 진입 선박이 규정 접안속도를 준수하더라도 조류, 바람, 선박의 적화상태에 따라 좌우되어 발생하는 일이 많다.[3]

이에 따라 본 논문은 실시간으로 방충재의 상태를 점검하여 교체 시기를 알려주고 부두와 해상정보에 따른 방충재 추천 시스템, 선박의 접안속도에 따라 속도가 빠를 경우 선박이 안전하게 접안 할 수 있도록

해주는 스마트 방충재 로봇을 개발하여 안전한 선박 접안을 도모하기 위함을 목적으로 한다. 스마트 방충재 로봇의 기능은 크게 두 가지로 나뉜다. 첫 번째 기능은 OpenCV를 활용하여 실시간으로 방충재의 상태를 점검하고, 예상 교체 시기와 적합한 방충재를 추천함으로써 관리 소홀로 인한 접안사고를 예방한다. 두 번째 기능은 초음파 센서를 활용해 선박의 속도를 측정하여 속도가 빠를 경우 서보모터를 활용해 로봇팔을 작동시켜 방충재를 투입해 줌으로써 선박이 안전하게 접안 할 수 있도록 한다. 스마트 방충재 로봇은 실시간 점검을 통해 손상된 방충재가 방치되는 것을 막고, 선박의 접안사고로 인한 방충재의 파손을 방지함으로써 항만 시설에 긍정적인 영향을 줄 것으로 예상된다.

2. 본론

2.1 시스템 구성도

그림1은 스마트 방충재 로봇의 전체적인 시스템을 도식화 한 시스템 구성도이다. 먼저, 선박이 진입하지 않는 평상시에는 로봇이 부두를 이동하면서 로봇 몸체에 부착된 웹캠을 이용하여 방충재 상태를 확인하

고, 측정된 상태정보를 애플리케이션으로 전송한다. 또한, 방충재가 손상된 경우에는 부두의 환경을 고려하여 적합한 방충재를 추천해준다. 다음으로 선박 진입 시에는 초음파 센서를 이용하여 선박의 속도를 측정한다. 선박의 접근속도가 빠르거나 이전 단계에서 수행한 방충재 상태 점검 결과에서 방충재가 손상된 상태일 경우, 각각 1대씩 방충재 로봇이 투입되어 방충재 역할을 수행함으로써 선박의 접근사고를 예방한다.

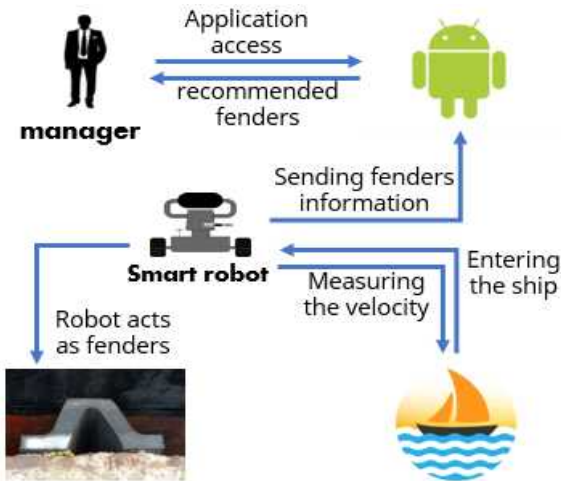


그림 1 시스템 구성도

2.2 시스템 기능

본 논문의 시스템 기능은 방충재 손상 여부 파악, 진입 선박 속도 측정, 방충재 긴급 투입, 교체 방충재 추천 기능으로 4가지를 제시한다.

첫째, 방충재 손상 여부 파악 기능은 로봇이 레일을 따라 이동 후 지정된 위치에서 멈추면 로봇에 연결된 웹캠을 통해 방충재를 촬영한다. 이후 촬영한 사진을 기준에 손상되어있지 않은 방충재와 비교하여 해당 방충재의 손상 여부를 파악하고, 이를 애플리케이션에 전송하고 데이터베이스에 저장한다.

둘째, 진입 선박 속도 측정 기능은 선박이 부두로 진입할 때 부두 벽면에 붙어있던 초음파 센서를 통해 측정하게 된다. 일정 시간 간격으로 초음파 센서를 통해 부두와 선박 사이의 거리를 측정하고 이를 통해 속도를 계산하여 애플리케이션에 전송하고 데이터베이스에 저장한다.

셋째, 방충재 긴급 투입 기능은 선박이 부두에 접근할 경우 부두에 손상된 방충재가 설치되어 있거나 접근속도가 기준치 이상일 경우에 실행한다. 스마트 방충재 로봇은 DC 모터를 통해 선박이 들어오는 선석으로 이동하고, 서보모터를 통해 로봇의 팔 각도를 조절하여 팔 끝부분에 부착된 방충재가 손상된 방충재

의 역할을 수행한다.

넷째, 방충재의 손상은 선박과의 충돌에 의해서만 발생하는 것이 아니라 해상의 염도나 파도의 강도에 의해서도 달라지기 때문에 교체 방충재 추천 기능은 기상청 RSS로부터 염도 등 현지 해상조건들을 불러와 고려하여 해상조건에 적합한 방충재를 추천해준다.

2.3 모바일 흐름도

그림 2는 전반적인 모바일 흐름 과정을 도식화한 것이다. 스마트 방충재 관리 애플리케이션을 시작하면 초기화면으로 회원가입 창이 나타난다. 사용자는 이 창을 통해 회원가입 후 로그인을 하여 메인 관리메뉴 창으로 넘어갈 수 있다. 관리메뉴에는 APP에서 사용할 수 있는 총 4가지의 주요 기능들을 볼 수 있다.

첫째, 방충재 정보/관리 창을 통해 방충재 설치 현황을 확인하고, 점검하고자 하는 방충재를 선택하여 설치 일자, OpenCV를 통해 파악한 훼손율, 교체 필요 여부, 예상 교체 시기를 한눈에 볼 수 있다.

둘째, 방충재 교체/추천 창을 통해 일정 이상의 훼손율을 넘어 교체가 필요한 방충재를 확인하고, 현지 해상조건에 알맞은 방충재를 추천받을 수 있다.

셋째, 도착 예정 선박 정보 창을 통해 도착 예정인 선박의 목록을 확인하고, 선박의 크기와 초음파 센서로 현재 속도를 측정하여 접근 시 사고 위험성이 판단되면 로봇을 출동시킨다.

넷째, 현재 해상정보 창이다. 기상청과 애플리케이션을 연동시켜 현재 지역의 기온, 날씨, 풍향, 풍속을 창에 띄워 자세한 정보를 파악할 수 있다.



그림 2 모바일 흐름도

2.4 방충재 관리 / 투입 알고리즘

그림 3은 방충재를 관리하고 투입을 위한 알고리즘이다. 선박이 부두로 들어오지 않는 상황에서는 스마트 로봇이 방충재 상태 점검과정을 수행한다. Open CV를 이용하여 방충재의 외부 손상 여부를 확인한다. 공압형 방충재의 경우에는 먼저 공기압을 측정한다. 공기압이 충분하면 외부 손상 확인 단계로 넘어가고, 공기압이 부족하다면 공기압을 충전한 뒤, 외부 손상 확인 단계로 넘어간다. 고무형 방충재의 경우, 바로 외부 손상 확인 단계를 수행한다. 확인 결과, 방충재가 손상되지 않았다면 교체를 권장하지 않고, 손상되었다면 교체를 권장하며, 염도에 의한 부식을 고려하여 방충재를 추천한다. 항구의 염도는 33psu를 기준으로 한다.[4] 33psu 이하이면 현재와 동일한 방충재, 이상이면 염도에 강한 소재의 방충재를 추천한다. 이 정보들을 애플리케이션으로 전송한다.

선박이 부두로 진입하는 상황에서는 부두에 설치된 초음파 센서를 이용하여 선박의 접근속도를 측정한다. 안전한 접안을 위해 기준 속도를 6cm/s로 설정한다.[3][5] 접근속도가 6cm/s 미만이면 로봇을 투입하지 않고, 6cm/s 이상이면 방충재 역할을 수행하기 위해 로봇을 1대 투입한다. 또한, 방충재 손상 확인이 되어 교체를 권장하는 경우에는 접근속도와 관계없이 로봇을 1대 투입한다. 즉, 방충재 손상과 동시에 접근속도가 기준치 이상일 경우에는 로봇을 2대 투입한다. 투입된 로봇은 팔을 뻗어 방충재 역할을 수행한다.

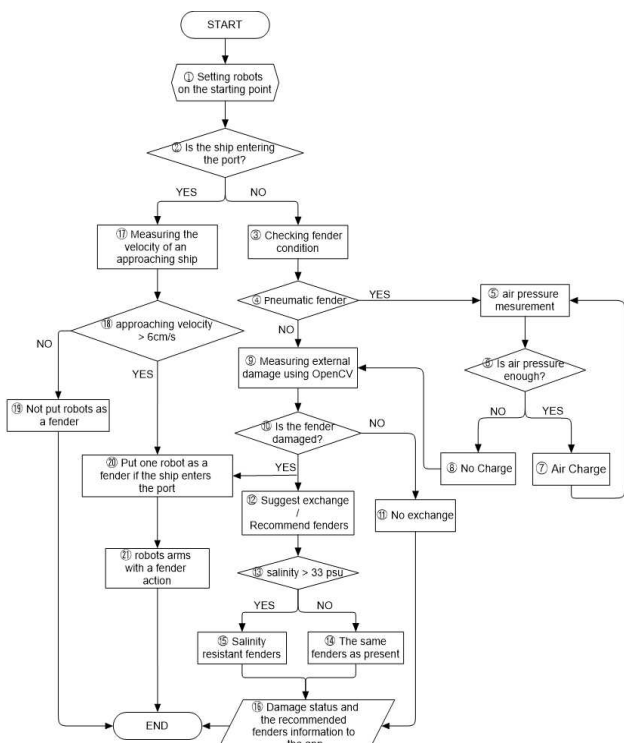


그림 3 방충재 투입 / 관리 알고리즘

2.5 H/W 흐름도

그림 4는 방충재 손상 여부와 선박의 접안속도에 따른 로봇의 동작에 대한 H/W 흐름도이다. 본 기능은 센서로 읽어 들인 값에 따라 모터를 작동시키며, 읽어 들인 값은 애플리케이션으로 송출한다. 먼저, 방충재 손상에 대한 로봇 투입이다. 스마트 방충재 로봇이 부두에 달린 방충재를 OpenCV를 통해 손상 여부를 판단한다. 부두 크기와 방충재 간 간격에 따라 속도와 시간 값이 정해진 DC모터를 작동시켜 손상되지 않았을 시는 다음 방충재로 이동하여 위와 같이 반복한다. 반대로 방충재가 손상되었을 경우의 선박 접안 시에는 DC 모터를 정지시키고 서보모터를 작동시켜 로봇팔을 동작하게 한다. 이후 로봇팔에 달린 방충재로 선박이 안전하게 접안 할 수 있도록 한다. 다음으로, 선박이 부두로 진입할 시 선박의 접근속도에 따른 로봇 투입이다. 초음파 센서로 위치와 시간에 따른 선박의 접근속도를 측정하여 6cm/s 이상일 경우 선박의 접안사고 예방을 위해 로봇을 투입 시킨다.

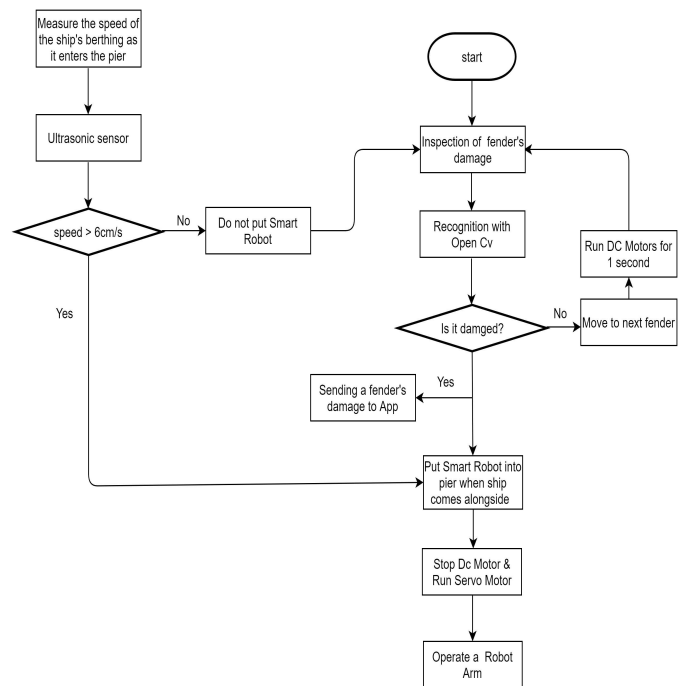


그림 4 H/W 흐름도

2.6 구현 결과

그림 5-1, 5-2, 5-3은 개발이 완료된 스마트 방충재 로봇의 전반적인 형태를 나타낸다.

그림 5-1은 스마트 방충재의 정면을 촬영한 사진으로, 방충재의 손상정보를 파악하기 위한 웹캠, 로봇의 이동을 위한 DC모터와 바퀴, 아두이노 우노보드와 모터 드라이버 쉴드를 설치했다. 또한, 충돌

가능성이 발생했을 때 집안 사고를 방지하기 위해 로봇팔에 방충재를 부착했다.

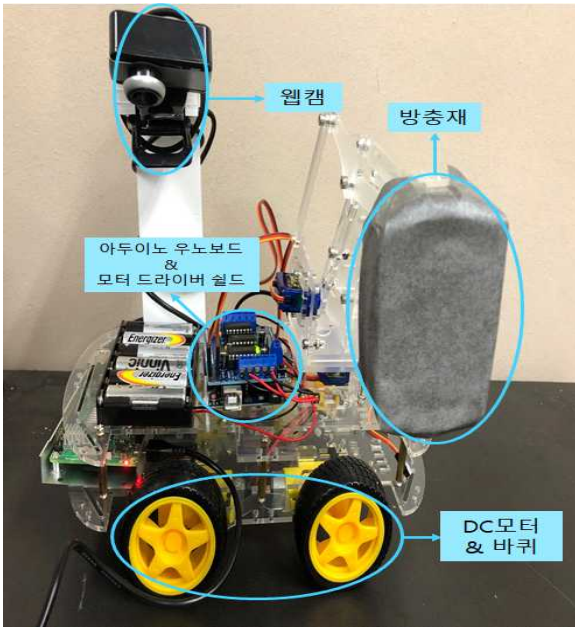


그림 5-1 스마트 방충재 로봇 정면

그림 5-2는 스마트 방충재 로봇의 측면 부분으로, 방충재를 긴급으로 투입 해야할 때, 로봇팔의 각도를 조절하기 위한 서보모터, 아두이노 우노보드와 모터 드라이버 칩드에 전원을 공급하기 위한 배터리, 웹캠을 통해 촬영한 사진을 바탕으로 Open CV를 사용하여 방충재의 손상 여부를 파악하기 위한 라즈베리파이를 설치했다.

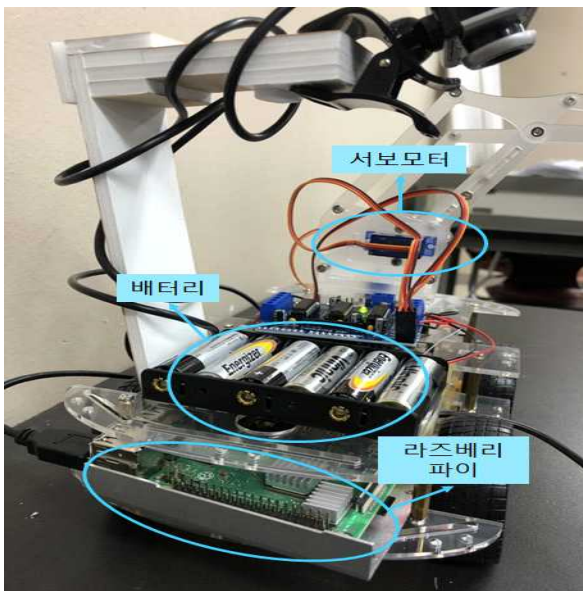
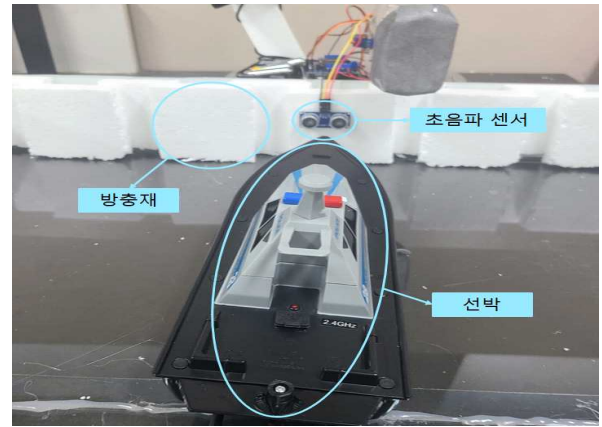


그림 5-2 스마트 방충재 로봇 측면

그림 5-3은 부두의 모습을 보여주는 사진으로 부두의 벽면에는 선박의 접안속도를 측정하기 위한 초음파 센서와 방충재를 설치했다.



5-3 부두 및 방충재

3. 결론

본 논문의 궁극적인 목표는 사람의 눈으로 직접 확인하고 판단해야 했던 기존 방충재 관리시스템의 문제점을 해결하고, 선박 접안사고를 방지하는 데에 있다. 본 논문에서 제시한 스마트 방충재 로봇은 이러한 목표를 실제로 구현한 개발 제품이다. 제시된 제품은 방충재의 손상 여부를 로봇을 통해 주기적으로 파악함에 따라 노동시간과 인건비를 절감할 수 있다. 또한, 선박 진입 시 속도나 방충재 손상에 따른 충돌 사고 가능성이 판단될 경우 로봇팔에 부착된 방충재를 긴급 투입함으로써 접안사고를 방지하는 역할을 기대할 수 있다. 향후 로봇에 설치된 방충재 크기를 선박 규모에 맞게 교체하는 방안을 추가적으로 연구하는 것이 필요할 것으로 사료된다.

Acknowledgement

본 논문은 해양수산부 실무형 해상물류 일자리 지원사업의 지원을 통해 수행한 ICT멘토링 프로젝트 결과물입니다.

참고문헌

- [1] 신용주, 정태권, “안벽 방충재의 개선에 관한 연구” 한국항해항만학회 2011년 춘계학술대회 2011 June 09
- [2] 박민경, “정박 사고 막는다던 방충재, 몽땅 ‘불량 제품’이었다!”, KBS NEWS, 2020.01.28, <https://news.kbs.co.kr/news/view.do?ncd=4370118>
- [3] 김철승, 이윤석, 이충로, 조익순, “대형 컨테이너선의 천수역 영향을 고려한 접안에너지 산출에 관한 연구” 한국항해항만학회지 Vol. 29, No. 8, 2005
- [4] 이충일, 이종희, 김동선, “한국 서해에서 수온 및 염분에 미치는 기상 인자의 영향” 해양환경안전학회지 Vol.13, No.1, 2007
- [5] 조익순 외 2인, “선박 접안속도의 실측데이터분석에 관한 기초 연구” 한국연안방재학회지 Vol.5, No.2, 2018