Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society
Vol. 17, No. 10 pp. 426-431, 2016

http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2016.17.10.426
ISSN 1975-4701 / eISSN 2288-4688

안벽공정 모니터링 시스템의 개념 설계에 관한 연구

김호경[1*], 고대은[2]
[1]목포대학교 조선해양공학과, [2]동의대학교 조선해양공학과

A Study on the Conceptual Design of Quay Process Monitoring System

Ho-Kyeong Kim[1*], Dae-Eun Ko[2]
[1]Department of Naval Architecture and Ocean Engineering, Mokpo National University
[2]Department of Naval Architecture and Ocean Engineering, Dong-Eui University

요 약 근래 조선소의 해양 프로젝트 비중이 증가함에 따라 작업 안전 환경과 공정 모니터링에 대한 요구 사항이 강화되고 있다. 이에 주요 조선소에서는 IT 기술을 접목하여 공정을 실시간으로 모니터링하고 작업자의 안전을 위해 작업 환경을 감지하기 위한 연구가 진행되고 있다. 조선소의 안벽 공정은 진수 후 안벽에 다수의 선박을 계류하고 선박 내부에서 의장 시스템 등의 마무리 공사 위주로 진행되며, 동시에 1,000여명 이상이 투입되어 진행되므로 인원의 관리와 안전 환경의 관리에 어려움이 많다. 본 연구에서는 이러한 안벽에서의 안전 작업을 위한 작업 환경을 모니터링하고 공정 진행 상황을 감지하기 위한 시스템의 개념 설계를 수행하였다. 현장 적용성을 높이기 위해 초기 투자비와 유지 운영비를 고려하여 6가지 구성 요소로 전체 시스템을 구성하였으며, 조선소 현장의 통신 환경을 고려하여 Wi-Fi와 LoRa 통신을 혼용하였고 현장에서의 데이터 송수신 기초 실험을 통해 그 적용성을 확인하였다. 설계된 시스템의 적용을 통해 안벽에 계류된 선박의 작업에 투입된 인원 현황, 작업 구역별 안전 현황을 실시간으로 감지하고 이를 기반으로 위험 상황 발생 시 단계별 알람을 발생하여 신속한 대피 및 대처가 가능하도록 함으로써 인명 손실 및 피해를 최소화 할 수 있다.

Abstract In quay processes in shipyards, it is difficult to manage workers and to maintain secure working environments because at least 1,000 people can occupy the quay at the same time. In this study, a system was designed to monitor the environment and processes of quay operation. In order to lower initial investments and the costs of maintenance and operation, the entire system consists of six connected components. Considering the communication environment of the shipyard site, Wi-Fi and the LoRa communication protocol were selected for the system. The feasibility of the communication protocols was verified by data transmission tests in the field. The designed system can provide real-time information about employees working in the quay area, the safety status of moored ships on the quay, and step-by-step alarms in dangerous situations based on the detected information. The system is expected to prevent or greatly reduce safety hazards.

Keywords : Hazard, LoRa, Process monitoring system, Quay process for shipbuilding, Working environment for safety

1. 서론

근래 해양 플랜트 물량 비중의 증가에 따라 주요 조선소들의 작업장에서는 안전 및 환경에 대한 각종 요구 사항이 강화되고 있다. 조선소의 작업 환경은 옥외작업장이 많아 실제 작업이 수행되는 곳과 작업을 관리하는 공

이 논문은 2016년 정보통신산업진흥원의 2016~17년 지역SW융합 제품 상용화 지원사업의 지원을 받아 수행된 연구임 (정보통신산업진흥원 - 2016-(NIPA-지역 SW-16-02)-(S0417-16-1025))
*Corresponding Author : Ho-Kyeong Kim(Mokpo Univ.)
Tel: +82-61-450-2736 email: crossho@mokpo.ac.kr
Received September 9, 2016 Revised September 22, 2016
Accepted October 7, 2016 Published October 31, 2016

간이 분리되어 있고 대형 강구조물을 주로 생산하고 있어 작업 현장의 정보 수집이 어렵고 정보의 정합성이 낮다. 이로 인해 시수, 인력, 장비, 품질, 안전 등의 관리에 많은 어려움을 겪고 있다[1]. 이에 대응하기 위하여 주요 조선사를 중심으로 IT 기술을 접목하여 공정을 모니터링하고 작업 환경을 감지하기 위한 연구가 진행 중에 있다[2-5]. 대표적으로 국내의 H 중공업은 조선소 작업장의 생산성 향상 및 작업 환경 개선을 위해 WiBro (wireless broadband internet) 등 무선통신과 전자태그를 이용하는 '디지털 조선 야드 기술'을 개발하였으며 시범 적용 중이다. 선박 건조를 위해 작업장에 흩어진 수백 톤의 대형 블록 구조물들의 위치를 RFID(radio frequency identification)로 실시간 모니터링 함으로써 작업 공정상의 위치 파악과 이동을 최적화 할 수 있도록 하였고 조선소에 WiBro 인프라를 구축하고 작업자 간 협업이 가능하도록 그룹통신 시스템과 멀티미디어 통합단말기를 개발하여 작업에 활용함으로써 생산성 향상을 추구하고 있다. 그러나 대형 강구조물을 주로 생산하는 조선소의 현장 상황에 의해 통신 및 IT 기기의 사용이 원활하지 못하며 이러한 한계를 극복하기 위해서는 대규모 투자가 따라야하므로 실용화에 한계가 있고 특히 중소형 조선소에는 적용이 어려운 실정이다.

본 연구에서는 중소형 조선소의 진수 후 공정 관리 능력 향상을 위해 공정 모니터링 시스템의 구축을 위한 설계 방안을 제시하였다. 본 연구의 주요 목적은 진수 후 안벽 공정에서의 안전 환경 개선에 두었다. 이를 위하여 조선소 안벽 공정 및 작업 환경을 분석하고 현장의 요구사항을 파악한 후 복잡한 형상의 대형 강구조물인 선박 내부에서도 원활히 작동할 수 있는 안벽 공정 모니터링 시스템의 개념 설계안을 제시하였다.

2. 작업 환경 분석

본 연구는 조선소에서 이루어지는 진수 이후의 공정을 대상으로 한다.

2.1 진수 공정

조선소에 따라 dry dock 또는 선대에서 탑재 작업이 수행된다. 탑재 작업이 완료되면 dry dock의 경우는 물을 채우고 dock gate를 개방하여 선박을 진수시킨다. 선대의 경우 floating dock를 이용하여 진수 작업을 수행한다. 선대에서 탑재 완료된 선박을 floating dock로 rail 또는 module transporter를 이용하여 이동시킨 후 floating dock를 적절한 수역으로 이동시켜 진수 작업을 수행하게 된다.

2.2 안벽 공정

진수된 선박은 안벽으로 이동 접안하여 의장 등 후행 공정을 수행하게 된다. 경남에 소재한 S 조선해양의 안벽 현황을 모델링한 Fig. 1에서 볼 수 있듯 안벽에는 조선소의 생산 공정과 안벽 용량에 따라 이중 또는 삼중 계류까지도 발생할 수 있다. 안벽에 계류된 선박은 서비스 타워 또는 브리지에 의해 육상과 연결되어 작업 인원의 통행이 가능하다. 안벽 공정을 위하여 투입되는 작업 인원들은 서비스 타워 등을 통해 육상에서 선박으로 승선한 후 작업이 이루어지는 공간별로 door, manhole 등을 통하여 해당 구역으로 이동하여 작업을 수행하게 된다.

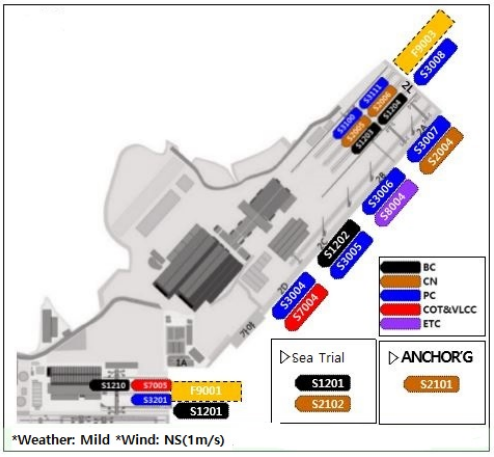

Fig. 1. Quay status in a shipyard

선박은 엔진룸, 화물창, 평형수창 등 다수의 구역으로 나누어져 있으며 안벽 공정은 작업에 따라 이러한 다양한 구역 내부에서 주로 수행된다. 작업 구역은 선종별로 다양한 형태로 구성되어 있으나 크게 분류하면 화물이 적재되는 화물창 영역, 평형수가 적재되는 ballast water tank, 주요 기기가 배치되는 엔진룸, 선원들의 거주를 위한 deckhouse 및 기타 공간으로 분류할 수 있다. 한척의 선박에도 50여개의 작업 구역이 형성되고 구역 당 접근을 위한 통로는 최소 2개 이상이 배치된다.

3. 기업 요구사항 분석

진수 후 공정관리를 위한 조선소의 요구 사항은 크게 작업에 투입되는 인원의 관리와 작업 구역 내 위험 발생 상황의 감지에 대한 사항이 주를 이룬다.

3.1 안벽호선 현황 정보

Fig.1 에 보인 바와 같이 다수의 선박이 안벽에 계류되어 있으며 수시로 이안과 접안이 이루어져서 계류 상황이 변화하게 된다. 이에 따라 선대 및 안벽에 계류된 선박의 정보와 호선 이동 계획, 기상 정보 등의 통합 관리 및 표시가 요구된다.

3.2 작업 구역 출입 인원 관리

안벽 작업을 위해 투입되는 인원은 조선소별로 차이가 있으나 중형 조선소의 경우 대략 1,000여명의 인원이 매일 투입되어 개별 선박과 구역에서 작업을 수행한다. 이에 따라 작업인원 관리에 어려움이 있으므로 사전 출입신고서 및 출입 허가 절차 관리, 출입용 Tag 관리, 실투입 인원 감지 및 관리 등이 요구된다.

3.3 위험 상황 정보 표시

허가받지 않은 작업자의 출입이 발생한 구역이나 유해 가스 등이 감지된 구역 등의 정보 획득 및 해당 수준에 따라 경보 및 관리자에게 즉각적으로 발생 상황에 대한 전파가 요구 된다. 유해가스, 화재 등과 같은 작업환경과 더불어 작업자 안전 상태(전도, 추락) 등에 대한 탐지도 요구되며, 사고발생 시 현황판에 현재 상황과 사고처리 및 대피 관련 정보 표시 가능이 추가적으로 요구된다. 가스 탐지 센서는 측정가스의 특성에 따라 설치되는 위치가 달라야 하므로 작업 구역의 형상과 발생 가스의 종류에 따라 적정 위치가 선정되어야 한다. 주요 탐지 가스로는 산소, 일산화탄소, 황화수소, 가연성가스 등이 있으며 발생 가스의 농도 측정도 요구된다.

3.4 야드 내 무선 네트워크 구축

최종 서버가 위치할 사무실과 실제 공정이 이루어지는 야드 안벽 간에 수집된 안벽 공정 및 작업 환경 정보의 전달을 위한 무선 네트워크 구축이 필요하다. 무선 네트워크는 Fig. 2와 같이 최종적으로 안벽구역 전체를 포괄할 수 있어야 한다. 안벽은 조선소 건조 상황에 따라 최대 3중 계류까지 활용될 수 있으므로 가장 바깥쪽에 계류되는 선박까지 통신에 문제가 없어야 한다.

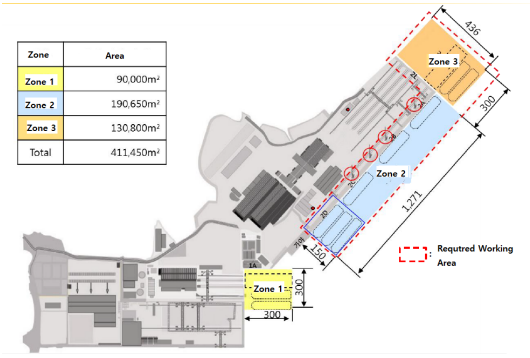

Fig. 2. Required working area for wireless network

4. 모니터링 시스템 설계

환경 분석과 요구 사항을 기반으로 진수 후 공정 관리 능력 향상을 위한 통합 관리 시스템의 개념 설계를 진행하였다. 전체 시스템은 Table 1에 나타낸 것과 같이 크게 6개의 요소로 구성하였다.

Table 1. System components list

Component	Description
① Quay Monitoring System	• Installed on Main Server • Information Management
② Ship On Site Alarm (Ship OSA)	• Installed at gates for moored ship at quay directly • Detect access workers • Display informations
③ Bridge On Site Alarm (Bridge OSA)	• Installed at gates for double banking or triple banking ship • Detect access workers
④ compartment On Site Alarm (compartment OSA)	• Installed at each access of ship • Detect access workers • Display informations of compartment
⑤ Sensors	• Fixed type: Installed inside of compartment • Movable type: Placed at Compartment OSA • Detect toxic gas and alarm
⑥ Mobile App	• Install on mobile phone • Display informations • Control eace compartment

4.1 안벽 관제 시스템

사무실 서버에 설치되어 안벽공정관리 시스템의 모든 정보를 취합하고 관리하는 메인 프로그램으로 현장에 설

치된 다른 구성요소들로부터 필요한 정보를 전송 받아 정보를 처리한 후 가공된 정보를 다시 다른 구성 요소로 전송한다.

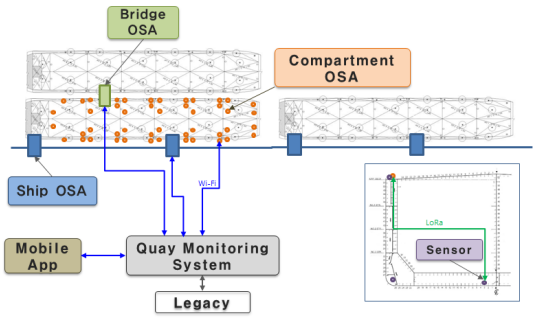

Fig. 3. Conceptual design of the system

4.2 호선 On Site Alarm(호선 OSA)

호선 OSA는 Fig. 3에서 볼 수 있듯이 안벽에 직접 계류된 선박의 출입구(service tower, bridge)에 해당 호선의 작업 현황 및 환경 정보를 표시하고 출입인원 정보를 파악하기 위하여 설치한다. 출입 인원을 확인하기 위하여 근접 센서와 tag reader가 각각 설치된다. 근접 센서는 출입인원수만을 감지할 수 있고 tag reader는 작업자가 출입 tag를 가지고 있을 경우 이를 감지하여 작업자의 신원을 확인할 수 있다. 근접 센서에 의해 작업자의 출입이 확인되었음에도 tag reader에서 tag를 감지할 수 없을 경우 허가된 인원이 아니므로 경보를 발생하고 해당 정보를 안벽 관제 시스템으로 전송한다. Tag reader에서 작업자의 신원 정보가 정상적으로 감지된 경우 호선 OSA는 감지된 출입인원 정보를 안벽 관제 시스템으로 전송하고 안벽 관제 시스템에서 호선 출입 인원 정보를 수정하여 호선 OSA에 전송한다. 모든 데이터의 무결성을 위하여 데이터베이스는 안벽관제 시스템에서 일원화하여 관리하고 다른 구성요소에서는 이 결과를 받아서 단순히 표시하여 주는 역할 만을 수행하도록 설계하였다. 호선 OSA에서 전송된 출입인원 정보가 안벽 관제 시스템에서 사전 등록된 작업 신청서의 허가 인원 정보에 허용된 인원이 아닐 경우 안벽관제 시스템은 비상 상황 발생을 해당 호선 OSA에 전송하여 경보를 발생하도록 한다.

호선 OSA는 해당 호선의 구역별 작업 인원 현황과 환경 현황을 안벽 관제 시스템으로부터 전송받아 Fig. 4와 같이 화면에 표시하여 준다.

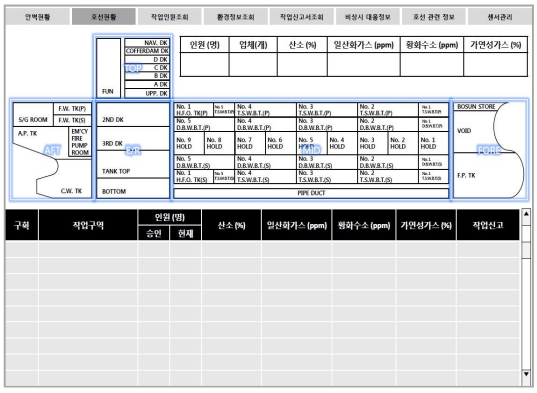

Fig. 4. Design for display of ship on site alarm

4.3 Bridge On Site Alarm(Bridge OSA)

다중 계류된 선박의 출입 인원 감지를 위하여 Fig. 3과 같이 upper deck에 설치되는 bridge에 bridge OSA를 설치한다. 다중 계류된 선박의 작업을 위한 작업자는 일단 안벽에서 안벽에 직접 계류된 선박으로 승선하게 되고 upper deck에 설치된 bridge를 통하여 해당 호선으로 최종 이동하게 된다. 이에 따라 안벽에 직접 계류된 선박의 호선 OSA를 통과할 때에 먼저 출입이 감지되고 그 호선의 탑승 인원으로 감지 관리된다. 그 후 작업자가 실제 목적하는 작업 호선으로 bridge를 통하여 이동하는 순간 bridge OSA에서 이를 감지한다.

Bridge OSA의 인원감지 장치는 호선 OSA와 같이 근접센서와 tag reader로 구성되어 같은 방식으로 동작한다. Bridge OSA에서 출입인원 정보가 감지되면 다시 안벽관제 시스템으로 정보가 전송된다. 안벽 관제 시스템은 출입 허가된 인원일 경우 안벽에 직접 계류된 선박과 이중 계류된 선박의 출입 인원 정보를 수정하여 호선 OSA에 정보를 회신한다. 허용 인원이 아닌 비상 상황 발생 시에는 bridge OSA와 호선 OSA에 알람 경보를 발생하도록 정보를 전송한다. 이중 계류된 선박의 정보 역시 안벽에서 보는 것이 현장 사용성이 높으므로 bridge OSA는 별도의 화면 표시 기능을 가지지 않고 다중 계류된 선박의 구역별 작업 인원 현황과 환경 현황 정보 등은 안벽에 직접 계류되어 연결된 선박의 호선 OSA에 같이 별도의 화면으로 표시한다.

4.4 구역 On Site Alarm(구역 OSA)

안벽 공정은 작업에 따라 선박 내부의 다양한 구역 내부에서 주로 수행된다. 작업 구역은 선종별로 다양한 형태로 구성되어 있으나 크게 분류하면 화물이 적재되는 화물창 영역, 평형수가 적재되는 ballast water tank, 주요 기기가 배치되는 엔진룸, 선원들의 거주를 위한 deckhouse 및 기타 공간으로 분류할 수 있다. 한척의 선박에도 50여개의 작업 구역이 형성되고 구역 당 접근을 위한 통로는 최소 2개 이상이 배치된다.

각 구역별로 환경과 출입인원의 감지를 위하여 구역별 출입구(access hole, door, manhole 등) 에 구역 OSA가 설치된다.

구역 OSA는 해당 구역에 출입하는 인원의 정보를 감지하기 위하여 호선 OSA와 같이 근접 센서와 tag reader로 구성되어 같은 방식으로 인원을 감지한다. 감지된 정보는 안벽관제 시스템으로 전송되고 안벽 관제 시스템은 구역 출입 인원 정보를 수정하여 해당 호선의 호선 OSA에 전송하여 표시한다. 또한 구역 OSA는 해당 구역 내부에 존재하는 환경 탐지 센서로 부터 정보를 전송 받아 안벽 관제 시스템으로 전송한다.

4.5 환경 탐지 센서

환경 탐지 센서는 고정용 센서와 이동용 센서로 구성된다. 작업 구역 내의 상시적이고 완전한 위험 상황 감지를 위해서는 고정된 위치에 항시 설치되어 감지하는 방식이 유리하나 수시로 설치되고 회수 되어야 하는 운영경비 면이나 모든 영역을 감지하기 위해 필요한 센서의 초기 투자를 고려할 경우 고정용 센서 사용만으로 현실 적용성에 한계가 있다. 이에 본 연구에서는 최소한의 수량을 고정형으로 설치하고 일부 센서는 이동형으로 설계하여 구역 OSA에 거치하였다가 작업 구역에 진입하는 작업자가 소지하고 진입하도록 하는 방식으로 전체 시스템을 설계 하였다. 환경 탐지 센서는 산소농도, 아황산가스 등 4가지 유해가스를 감지하고 위험 상황 발생 시 자체적으로 알람을 발생하여 작업자에게 정보를 제공하고 해당 정보를 상위 구역 OSA에 전송한다. 구역 OSA는 비상 상황 발생 정보가 센서로부터 수신되면 자체적으로 알람을 발생하여 추가로 작업자가 그 구역에 접근하는 것을 방지한 후 해당 정보를 안벽 관제 시스템으로 전송한다. 안벽 관제 시스템은 비상 상황 정보를 호선 OSA와 호선 담당 관리자에게 모바일 앱으로 통보한다.

4.6 모바일 앱

관리자 및 시스템 사용자는 휴대폰에 모바일 앱을 설치하고 현장에서 모바일 앱을 통하여 안벽 관제 시스템으로부터 비상 상황 발생 정보 등 안벽 공정과 관련된 각종 정보를 전송 받는다. 또한 호선 OSA 등 각종 구성요소의 현장 설치 시 근거리 통신을 이용하여 해당 구성요소의 관리 및 제어를 수행한다.

Fig. 5에 전체 6개 구성 요소의 주요 기능과 구성 장치 및 구성 요소간의 통신 연결을 표시하였다.

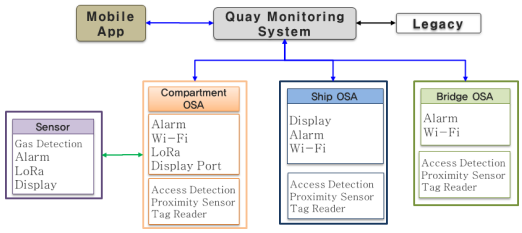

Fig. 5. Schematic diagram of the system

5. 데이터 전송 실험

전체 시스템을 구성하는 6가지 구성 요소 간에는 정보 교환을 위하여 무선 통신이 요구된다. 본 연구에서는 조선소의 환경과 적용 대상 구조물의 형상을 고려하여 Wi-FI와 LoRa(long-range sub-Ghz module) [6] 통신을 혼용하여 설계하였다. LoRa는 중장거리 무선통신 기술로 최근 다양한 응용분야에 적용되고 있다[7]. Fig. 5에 파란색 화살표로 표시되어 있듯이 안벽 관제 시스템과 직접 정보를 교환하는 호선 OSA, bridge OSA, 구역 OSA 및 모바일 앱은 비교적 방해물이 적은 공간에서 통신이 이루어지는 환경이므로 Wi-Fi 망을 구성하여 통신을 수행한다. Fig. 5의 녹색 화살표와 같이 구역 내부로 들어가서 통신이 이루어져야 하는 환경 탐지 센서와 구역 OSA 간의 통신은 LoRa를 적용하여 설계하였다. 해당 통신 프로토콜의 적정성을 검증하기 위하여 기초 실험을 수행하였다. 실험은 Fig. 6에 보인 바와 같이 시스템이 적용될 상황과 같이 upper deck의 출입구에 LoRa gateway를 설치하고 구역(cargo tank, ballast water tank) 내에 LoRa module을 가지고 이동하며 통신 품질과 음영 구역을 확인하였다. 4척의 다른 선종에 대하여 다양한 구역에 대해 실험한 결과 대부분의

구역에서 문제가 없었으나 대형 선박의 가장 깊은 위치인 이중저 중앙 구역의 일부에서 음영구역이 나타나는 것을 확인하였다. 이에 대해서는 추가 연구를 통하여 음영 구역의 해소 방안을 보완할 예정이다.

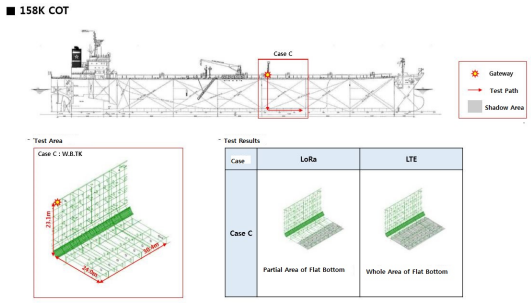

Fig. 6. Communication Protocol Test

6. 결론

본 논문은 조선소 야드에 설치하여 진수 후 공정을 모니터링하기 위한 시스템의 개념 설계 방안을 제시하였다. 현장 적용성(초기 투자비와 유지 운영비)을 고려하여 6가지 구성 요소로 전체 시스템을 구성하였으며, 조선소 현장의 통신 환경을 고려하여 Wi-Fi와 LoRa 통신을 혼용하였다. 또한, 현장에서 데이터 송수신 기초 실험을 수행하여 적용성을 검토하였다. 본 시스템을 이용하면 안벽에서 이루어지는 각종 공정에 투입되는 인원의 실시간 관리가 가능하고 작업 구역의 안전 환경 탐지와 비상 상황 발생 시에 빠른 대응을 위한 정보 제공이 가능할 것으로 기대된다. 향후 연구에서는 센서 배치 등을 위한 위험도 평가와, 시스템 설치 작업 간소화를 위한 위치 자동 인식 연구를 수행할 예정이며 최종적으로 본 연구의 성과에 따라 시스템을 개발 제작하여 중형 조선소의 안벽 공정에 실 적용할 예정이다.

References

[1] H.S. Oh, D.J. Kim, S.R. Jang, “A Development of HSE Management System based on Smartwork”, Bulletin of the Society of Naval Architects of Korea, vol. 50, no. 2, pp. 38-43, 2013.

[2] K.S. Han, S.C Han, J.H. Park, “IT Convergence on Ocean Plant and Shipbuilding”, Journal of the KSME, vol. 53, no. 11, pp. 48-53, 2013.

[3] M.S. Hwang, “Domestic Research Stasus on IT Convergence Technology on Shipbuilding”, TTA Journal, no. 126, pp. 34-37. 2009.

[4] D.Y. Cho, H.C. Song, J,H. Cha, “Monitoring and Simulation of Block Logistics”, Bulletin of the Society of Naval Architects of Korea, vol. 48, no. 4, pp. 24-29, 2011.

[5] J.H. Yu, H.K. Kim, R.S Leem, H.J. Shin, “A study on Development of Auto Steel-Plate Pile System Using Measurement System”, Proceedings of the SAREK 2008 Winter Annual Conference, pp. 424-428, 2008

[6] http://lora-alliance.org/

[7] Y.D. Yoo, Y. S. Lee, “The Design and Implementation for Smart Iot Device and Application Solution based on Long-Range wiress network technology,” Proceedings of The Korean Institute of Communications and Information Sciences, vol. 57, pp. 105-106, 2015.

김 호 경(Ho-Kyeong Kim) **[정회원]**

- 1996년 2월 : 서울대학교 공과대학 조선해양공학과(공학석사)
- 2002년 8월 : 서울대학교 공과대학 조선해양공학과(공학박사)
- 2003년 8월 ~ 2015년 3월 : STX 조선해양 기술연구소
- 2016년 3월 ~ 현재 : 목포대학교 조선해양공학과 교수

<관심분야>
선박 생산 자동화, 선박 건조 기술

고 대 은(Dae-Eun Ko) **[정회원]**

- 1993년 2월 : 서울대학교 공과대학 조선해양공학과(공학석사)
- 1998년 8월 : 서울대학교 공과대학 조선해양공학과(공학박사)
- 2002년 10월 ~ 2008년 2월 : 삼성중공업(주) 구조설계팀
- 2008년 3월 ~ 현재 : 동의대학교 조선해양공학과 교수

<관심분야>
선박 및 해양구조물 구조설계, 용접변형 및 용접설계