

무선센서네트워크 기반의 위험지역 출입통제관리 시스템 구축에 관한 연구

김 대 석^{1*} · 이 경 호¹ · 이 정 민¹ · 남 병 옥¹ · 박 개 명²

¹인하대학교 조선해양공학과, ²한국선급 IT융합연구팀

A Study of the Implementation of Wireless Sensor Network based Entrance Control Management Systems on the Hazard Area

Dae-Soek Kim^{1*}, Kyung-Ho Lee¹, Jung-Min Lee¹, Byeong-Wook Nam¹ and Kae-Myoung Park²

¹Naval Architecture and Ocean Engineering, INHA Univ., Incheon, 402-751, Korea

²Korean Register of Shipping, Seoul, 150-871, Korea

Abstract

The cargo of ships and offshore structures is the number of oil of combustibility and volatile, oil processing cargo. Furthermore heavy cargo of the vehicle or container box or bulk cargo are occupied the remainder of cargo. In addition, there is a possibility to move the location of the cargo and the vessel because it is received periodic / non-periodic a load of wave and ocean current. Therefore a shipboard hazard is much greater than onshore industry hazard. Monitoring and preparation for safety are necessary things because there is always risk of accidents arise from the impact of the freight and cargo of ships and offshore structures. In this study, we conducted a study with respect to the introduction of the wireless sensor network monitoring system to ensure the safety of the crew and workers on shipboard

Keywords : ubiquitous sensor network, wireless sensor network, shipboard safety, off-limits zone, industrial disaster

1. 서 론

인류는 석유자원을 기반으로 문명을 영위하고 있으며, 대체에너지를 안정적으로 확보하기 전까지 석유자원에 기반으로 한 환경은 당분간 지속될 것이다. 또한 환경문제가 대두되는 현재의 상황에서도 Fig. 1(EIA, 2007)에서와 같이 에너지 소비는 꾸준한 증가세를 보이고 있다.

석유자원의 채굴은 육상 유전을 위주로 이루어지고 있지만 해양개발 기술의 진보에 따라 해저 유전의 중요성도 증가하고 있으며, 2007년 원유 채굴량의 약 30퍼센트에 해당하는 생산량을 보이고 있으며, 육상 석유자원 및 가스자원의 고갈이 예견됨에 따라 그 생산량은 지속적으로 증가할 것이다. 그에 따라 해양 석유자원 및 가스자원의 중요성도 증가하고

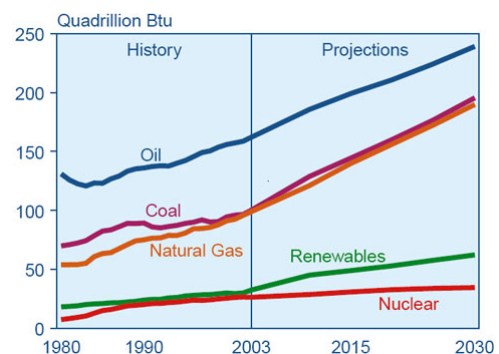


Fig. 1 International energy consumption and trend and prospect

있으며 해저 석유자원 개발을 위한 설비와 이것을 운송하기 위한 선박들에 대한 수요도 증가하여 발주가 지속적으로 이

* Corresponding author:

Tel: +82-32-860-8848; E-mail: kyungho@inha.ac.kr
Received October 24 2014; Revised December 1 2014
Accepted December 10 2014

©2014 by Computational Structural Engineering Institute of Korea

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.

루어지고 있으며, 이것은 기존의 낡은 선박 및 해양 플랫폼의 대체와 맞물려 앞으로도 유지될 것이다.

이러한 해양 플랫폼 및 선박의 건조 및 운용이 앞으로도 꾸준히 지속될 전망과 지속 가능한 개발을 목표로 하는 친환경 산업환경 조성에 따라 해양구조물의 건조 및 운용안전에 대한 관심이 고조되고 있다. 이에 따라 본 논문에서는 해양 구조물의 운용 안전을 보장하기 위한 위험 구획 출입관리 시스템을 구축하기 위한 연구를 진행하였다.

2. 위험지역 출입통제관리 시스템

해양개발이 증가됨에 따라 선박 및 해양 플랫폼의 발주가 지속되고 있다. 그에 따라 해양개발 기술 및 해양구조물 건조 기술은 눈부신 발전을 이루었지만 건조에 따르는 산업재해는 줄어들지 않고 지속적으로 발생하고 있다.

조선 및 수상운수업종 관련 재해는 유사업종 재해발생 비율 평균과 비교하여 1.5~30배가량 높은 재해율(근로복지공단, 2008)을 보인다. 이 수치는 해운 및 해상어업을 모두 포함하는 수치이긴 하지만 그것을 고려하여 비교하여도 충분히 높은 재해율이다.

조선 및 수상운수 관련 산업의 재해는 단순히 종사자 및 관련 사업주에게 금전적 피해만을 미치는 것이 아니라 과거 여러 차례의 원유 유출사고를 통해 보이듯 환경적, 금전적, 정신적인 피해를 초래하게 된다.

이에 본 연구에서는 대재앙을 일으킬 수 있는 선박 및 해양 플랫폼에서의 안전을 위한 위험지역 출입통제관리 시스템의 구축을 목표로 연구를 진행하였다.

2.1 유해환경 분석

해양구조물에서 발생한 재해를 분석하여 우선적으로 관리되어야 할 재해유형을 분석하여 모니터링 대상을 선정하였다

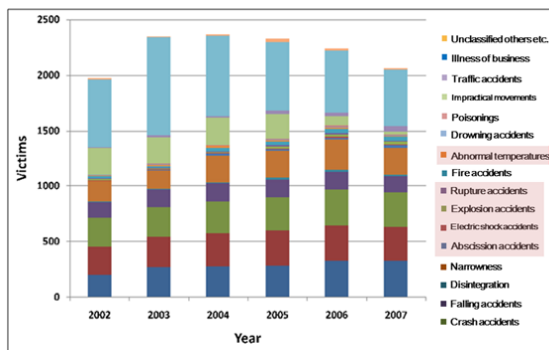


Fig. 2 The Industrial accident analysis in relation to shipbuilding industry

Table 1 The harmful environment and Object of monitoring

The harmful environment		Object of monitoring
Manufacture and repairs	NO, NO2	Monitoring of harmful material, Monitoring of critical regions, Monitoring of harmful environment
	Dust, Heavy metal	
	Electric shock, Vibration, Noise	
	High-temperature, High-pressure, Low-temperature	
Painting	Volatile organic compounds	Monitoring of harmful material
Harmful gas	CO, CO2	Monitoring of harmful material
Working environment	Moving heavy structure, Equipment	Monitoring of critical regions
	High altitude working environment	Monitoring of critical regions

다. Fig. 2(고용노동부, 2013)와 같이 조선 관련업 및 수상운수 관련업 재해는 낙하, 협착, 전도, 절단 등의 위치관련 재해와 폭발, 파열, 감전, 온도 및 기압 등의 생-화학적 반응에 의한 재해와 반복 업무 등에 의한 업무상 질병으로 분류할 수 있다. 이에 따라 본 연구에서는 재해유발 환경에 대한 모니터링 대상을 선정하였으며 그 내용이 Table 1에 나타나 있다.

2.2 연구 동향

본격적인 시스템 설계에 앞서 현재 안전 및 재난예방 관련 연구와 개발사례를 조사하였다. 무선센서네트워크를 활용하여 방재, 대상의 상태 및 위치추적을 위한 사례가 주를 이루었으며 그 조선 및 수상운수업과 관련된 대표적 사례를 정리하였다.

2.2.1 대우조선해양의 화재방지 시스템

대우조선해양(이하 DSME)에서는 자사 제품의 경쟁력 및 안전성을 제고하기 위해 무선센서네트워크를 활용한 화재방

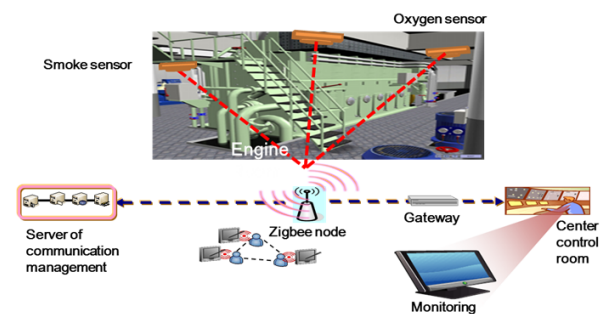


Fig. 3 Fire defense system of the DSME

지 시스템을 개발하여 건조 중인 선박에 설치하기 위한 프로젝트를 진행 중이다.

DSME의 화재방지 시스템은 Fig. 3와 같이 산소와 연기 센서 등을 활용하여 근본적인 선박의 안전성을 제고하며 화재사고 시 능동적인 대처를 통해 손실 및 인명의 피해를 최소화한다.

2.2.2 현대중공업-DMITRC 크레인 충돌방지모니터링 시스템
 현대중공업(이하 HHI)과 울산대학교 디지털제조정보기술 연구센터(이하 DMITRC)는 디지털 가상설계 및 생산기술을 활용하여 선박의 건조작업 시 크레인의 충돌로 인한 대형 사고를 미연에 방지하고자 생산 일정에 따라 크레인을 시뮬레이션할 수 있는 시스템을 개발하였다. 또한 크레인 충돌방지 모니터링 시스템을 개발하며 테스트 베드를 가상으로 꾸며 시뮬레이션에서의 거동과 실제에서의 거동을 비교 분석하는 연구도 진행하였다.

Fig. 4와 같이 WLAN(Wireless local area network)을 기반으로 현장과 모니터링 센터에서 시뮬레이션 데이터를 송/수신할 수 있도록 개발되었으며, 시뮬레이션의 간섭을 체크하여 크레인 운용의 안전성을 제고할 수 있도록 설계되었다.

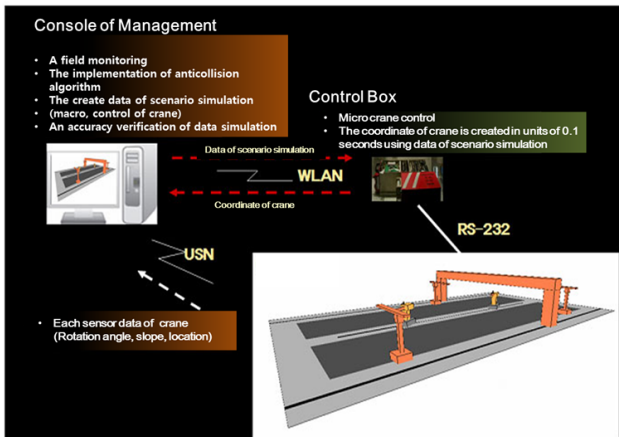


Fig. 4 System for preventing collision of crane of the HHI

2.2.3 해양수산부 선박모니터링 시스템

해양수산부(현 국토해양부)는 선박의 안전운항을 확보하고자 선박위치 자동발신 장치의 설치를 의무화하여 법제화하였다. 종전의 승무원 구두보고에 따르는 방식으로 인해 실시간 위치추적이 불가능하였던 점을 개선하여 선박 충돌사고를 방지하고자 이를 진행하였다. 선박의 위치정보는 자동으로 처리되어 서버에 저장되며, 이는 국가안보와 치안관련 기관 등과 정보망을 통해 공유된다. Fig. 5에서는 선박모니터링 시스템의 개념을 보여주고 있다.

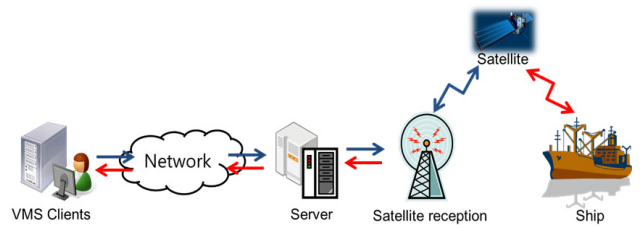


Fig. 5 Conception of vessel monitoring system

2.3 USN Framework

국내의 중/대형 조선소 및 원양항해가 가능한 중/대형 선박, 해양 플랫폼의 경우 독자적인 네트워크를 구축하여 설계, 생산 및 운용에 활용하고 있다. 하지만 유선 기반인 현재의 네트워크로는 효과적인 위험지역 출입통제관리가 불가능하다. 그 이유는 조선 및 수상운수 관련 산업의 특징과 밀접한 관련이 있다. 선박 및 해양 플랫폼의 경우 철제 구조물로 tightness 구획이 적용되어 각 구획에 따라 건조되어 운용되며, 조선 산업의 경우 매우 넓은 공간과 강철 부재를 가공하기 위한 수많은 장비, 작업장이 야드에 존재한다. 그렇기 때문에 모니터링이 요구되는 모든 공간을 연결하는 유선 네트워크를 증설하는 것은 현실적으로 매우 비합리적이며, 비효율적이다.

이러한 유선네트워크의 단점을 보완하기 위해 본 연구에서는 기존의 유선네트워크에 무선센서네트워크를 접목하여(Cho et al., 2008) 유비쿼터스 개념의 위험지역 출입통제관리 시스템을 제안하였다. 또한 유비쿼터스 센서네트워크 시스템을 적용하기 위해 조선 및 수상운수 관련 산업의 특징을 분석하여 Fig. 6와 같은 USN(Ubiquitous sensor network) framework을 작성하였다.

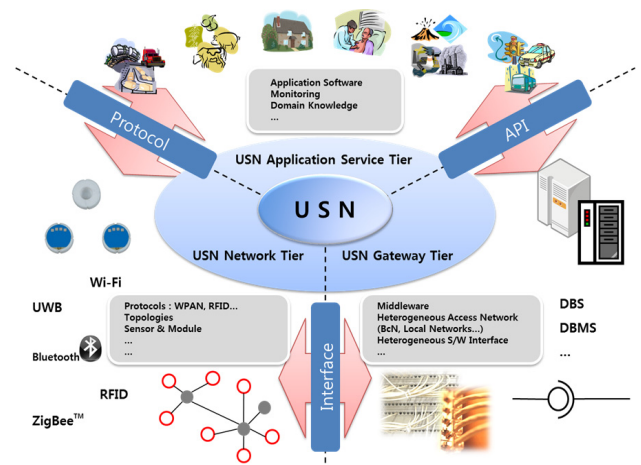


Fig. 6 Framework for USN application

2.4 System specifications

본 연구에서 개발하고자 하는 위험지역 출입통제관리 시스템은 우선적으로 선박 내의 위험지역을 중심으로 진행하였다. 선박 내의 모니터링에 대한 요구와 선내 네트워크 구축 추세를 활용한 유선네트워크 인프라의 사용이 용이하다는 장점과 조선소 야드 내에서의 환경과의 유사성으로 인해 선내 위험지역 출입통제 시스템을 확대 적용하여 야드용으로 개발할 수 있다는 유연성도 있기 때문이다.

그에 따라 앞서 분석한 위험요소들을 모니터링을 위한 환경에 대한 분석을 진행하였고 그 개략적인 개념이 Fig. 7에 나타나있다. 사용자는 작은 모듈 하나만을 소지하며 이것을 무선센서네트워크와 유선네트워크 인프라와 연계하여 중앙에서 모니터링하며 그 주변 환경을 통제할 수 있다.

이 뿐만 아니라 앞서 지적되었던 위험 요소에 대한 완전한 정립이 필요하며 이를 적용한 소프트웨어의 개발도 필요하다.

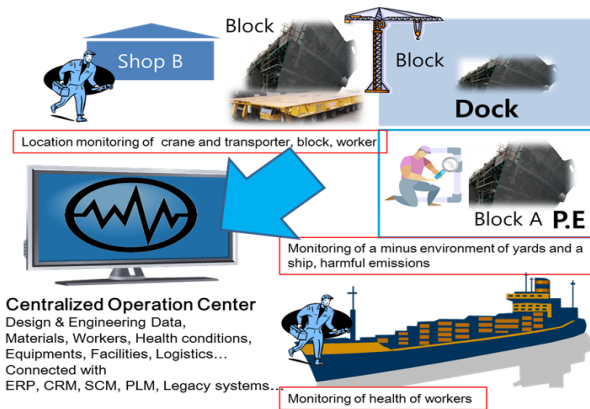


Fig. 7 Management system of admission control of hazard area

2.5 시스템 분석

유비쿼터스 기반의 위험지역 출입통제관리 시스템은 앞서 제안한 USN framework을 만족하기 위해 크게 가지의 모듈로 구성되어야 하며 각 모듈의 기능적 요구사항은 Table 2와 같다.

모니터링 모듈은 모니터링이 진행되는 동안 위험요소 식별 정보, 위험지역의 출입정보, 위험지역의 모니터링정보 및 센서 노드와 네트워크 상태 등을 가시화하며, 위험요소의 발견 시 해당지역의 센서 및 위험요소 제거를 위한 동작을 제어하는 기능이 요구된다. 또한 모니터링 모듈을 통해 네트워크 요소를 원격으로 제어하는 기능을 갖추어야 한다. 데이터관리 모듈은 모니터링 정보가 수집되는 데이터 저장소 기능을 기반으로 수집된 데이터의 관리, 네트워크 및 센서, 노드의

Table 2 System module and requirement

Module	Requirement
Module of monitoring	Access control and visualization of risk factor
	Network sensor and node state control and node state visualization
	Information transfer system of area
Module of risk factor analysis	Risk factor analysis
	Decision of information of gate management due to area and position
Module of data management	Data management using for analysis of monitoring information
	Interface sharing for analysis of monitoring information
	Saving of network and sensor node state
	Network state information saving

상태 정보 저장, 외부 네트워크로의 데이터 교환을 위한 인터페이스를 지원해야 한다.

2.6 시스템 설계

요구사항 분석을 토대로 3개의 주요 구성요소를 갖는 시스템을 설계하였으며 그 내용이 Table 3에 나타나 있다.

시스템은 요구사항 분석에서 결정된 모듈과 그 기능들을 USN framework에 맞게 설계하였다. Application service tier에 해당하는 모듈은 사용자와의 인터페이스를 담당하는 모니터링 모듈과 위험요소분석 모듈이며, 이 두 개의 모듈은

Table 3 Each Module function and USN Tier

Module	System function	USN Tier
Module of monitoring	Access control and visualization of risk factor	Application service tier
	Network sensor and node state control and node state visualization	Application service tier
	Information transfer system of area	Application service tier
	Network state control and visualization	Application service tier
Module of risk factor analysis	Risk factor analysis	Application service tier
	Decision of information of gate management due to area and position	Application service tier
Module of data management	Data management using for analysis of monitoring information	USN network tier
	Interface sharing for analysis of monitoring information	USN network tier
	Saving of network and sensor node state	USN network tier
	Interface sharing for analysis of monitoring information	USN gateway tier

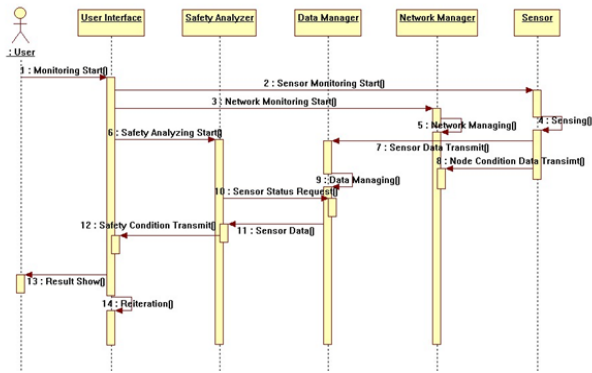


Fig. 8 Sequence diagram of monitoring starting scenario

domain knowledge를 포함하거나 응용하는 기능을 담당하게 된다. 위험지역 출입통제관리 시스템의 확장성, 응용성 및 연결성을 높이기 위해 데이터베이스 데이터관리 모듈은 두 개의 Tier에 걸쳐 설계되었다. 요구사항 분석 결과 데이터관리 모듈은 일종의 데이터베이스관리 시스템의 역할이 요구되며, 이에 따라 효율적인 데이터 교환이 필요하게 된다. 그러기 위해서 위험지역 출입통제관리 시스템의 데이터관리 모듈이 시스템 내부에서의 데이터 교환과 전사적 네트워크 인프라와 같은 외부 시스템과의 데이터 교환을 위한 기능을 수행해야 하며, 그에 관한 다이어그램이 Fig. 8에 나타나 있다.

3. 프로토타입 테스트를 통한 시스템 설계 검증

본 연구를 진행하며 시스템의 설계를 검증하기 위해 실험을 진행하였다. 실제 운용중인 선박에서 테스트를 진행하여야 하는 것이 타당하지만, 현실적으로는 안전, 보안 및 사내 네트워크 시스템의 안전성 등의 문제로 인해 실 환경에서의 테스트가 어렵기 때문에 실제 시스템과 가장 유사한 모델을 만들어 프로토타입 테스트를 진행하였다.

3.1 프로토타입 설계

본 프로토타입 테스트에서는 위험지역 출입통제관리 시스템에서 반드시 테스트가 필요한 부분을 우선적으로 모델에 적용하여 설계하였다.

선박에서 실제로 모니터링해야 할 대상은 Table 1과 같지만 각각의 위험요소를 카테고리화하여 모니터링 대상을 각각 유해물질, 위험환경, 위험지역으로 분류하였으며 프로토타입 시스템에서는 각각을 대표하는 모니터링 요소로 유해물질은 CO/CO2 및 메탄/프로판 가스, 유해환경으로 고온 환경, 위험 지역으로 고온 구획을 선정하여 작업자의 상태 및 환경에 대한 모니터링과 위험지역으로의 출입을 모니터링하도록 설

Table 4 Prototype monitoring element

Issue of system	Category	Issue of prototype	Distinction of risk factor
NO, NO2	Harmful substance	Gas and methane/propane	There are more than a certain gas concentration ideal environment
Dust, Heavy metal			
Volatile organic compounds (VOC)			
CO, CO2			
Shock, vibration, noise	Hazardous environment	High-temperature environments	Over 50°C environment
High-temperature, high-pressure, low-temperature			
Moving large structures, equipment	Risk areas	Hazard zone entry	Hazard zone of less than -10°C
High place working environment			

Table 5 Configuration of the prototype system

Main Category	Sub Category	Content
Hardware	Module control	MCU
	Network Hub	Ethernet switching hub
	Sensors	Analog and digital sensors
Software		C#.Net
		Distributed Environmental Monitoring
Network	Wired Network	Fast Ethernet 10-T
	Wireless Network	Zigbee(802.15.4)
	Wired network topology	Bus
	Wireless network topology	Bus Star

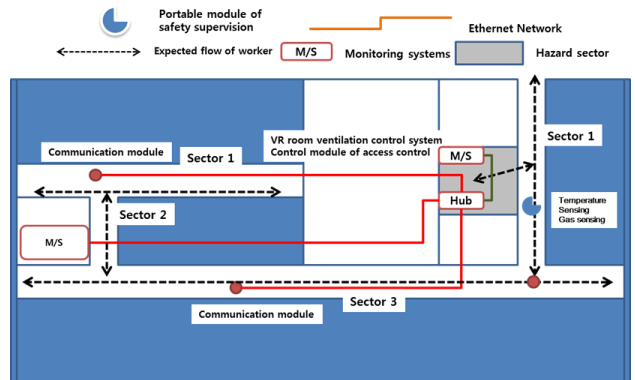


Fig. 9 Prototype conceptual diagram

계하였으며 그 개략적인 내용이 Table 4에 나타나 있다

Fig. 9에 보이듯 작업자는 휴대용 감지 모듈을 지닌 상태로 작업을 위해 작업구역을 이동해 다닌다.

이러한 이동 과정을 고정된 모니터링 모듈에서 감지하여 모니터링 시스템으로 전송하며 모니터링 시스템은 전달된 정보를 분석하여 위험요소가 예상되거나 감지되면 사용자에게 위험 정보를 전송하도록 설계하였다.

또한 프로토타입의 하드웨어와 기존의 USN 기반의 해양 구조물 모니터링 시스템 개념 연구(Lee *et al.*, 2008)와 Zigbee 네트워크에 관한 연구(Lee *et al.*, 2009)를 참고하여 설계하였으며, Table 5에 나타나 있다.

3.2 실험 및 결과

프로토타입 테스트는 선박과 같이 장애물이 많은 환경에서의 모니터링 신뢰도, 즉 작업자의 상태와 모니터링 시스템이 얼마나 정합을 유지하며 이에 영향을 끼치는 시스템 요소들을 분석하기 위한 데이터를 측정하였으며, 아래에는 프로토타입 테스트의 시나리오가 나타나있다.

- 작업자는 구간 1~4를 오가며 작업한다.
- 작업자의 휴대형 감지장비는 온도와 가스, 연기 상태를 모니터링한다.
- 작업도중 위험구역으로 지정된 공간에 들어간다.
- 위험구역의 출입감지 시스템이 동작하여 모니터링 시스템에 작업자의 출입을 알린다.
- 위험구역의 출입감지 시스템이 환기장치, 조명장치를 활성화시킨다.
- 모니터링 시스템은 위험구역의 시스템을 제어하여 출입 잠금장치를 비활성화시킨다.
- 사용자가의 온도 감지 장치가 고온 경고를 사용자와 모니터링 시스템에 보낸다.
- 작업자가 5분이상 고온구획에 있을 경우 모니터링 시스템이 경고를 보내 작업자의 안전을 체크하는 루프를 반복한다.
- 사용자가 작업을 완료하고 위험구역에서 나간다.
- 위험구역의 출입감지 시스템이 작업자가 나갔음을 모니터링 시스템에 알린다.
- 위험구역의 출입감지 시스템이 조명장치를 비활성화 시키며, 환기장치를 설정에 맞게 조정한다.
- 작업자는 구획 1~4를 오가며 작업한다.

또한 프로토타입 테스트를 위하여 앞서 설계한 시스템의

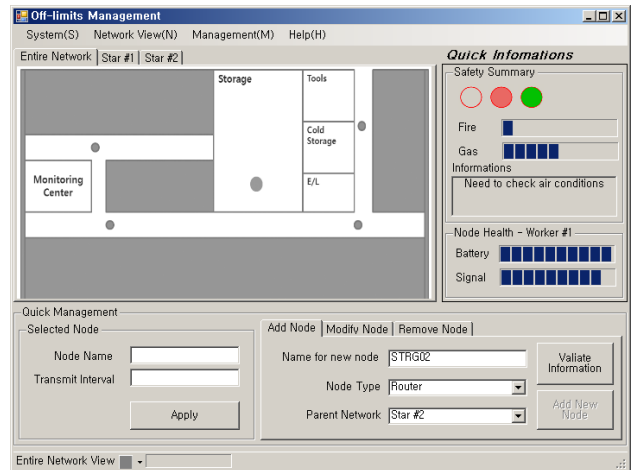


Fig. 10 Monitoring software for prototype

구성요소를 간략화하여 모니터링 및 관리 소프트웨어를 제작하였으며 그것이 Fig. 10에 나타나 있다.

실험 결과 유무선 복합 네트워크 환경에서 무선네트워크 노드의 거리는 30m 이내, 4~8초가량의 전송대기 시간을 갖는 것이 가장 효율적으로 나타났으며, Table 5 소개하였듯이 여러 개의 유선네트워크가 연결되어 하나의 Backbone 네트워크를 구성하므로 이를 처리하기 위한 Ethernet switching hub와 같은 네트워크 부하 제어 장비를 사용하여 네트워크 트래픽을 분산시키는 장비가 필요하다는 것을 확인할 수 있었다.

무선네트워크의 경우 현재 적용된 버스형 및 스타형 토폴로지 적용에 따라 네트워크 트래픽 등의 어려움 없이 원활한 제어가 가능하였다.

또한 하드웨어 관점에서 경우 개선이 필요한 것을 확인할 수 있었다. 현재 프로토타입의 각 모듈들은 용이한 시스템 구축 및 실험을 위해 MCU 기반 장치 사용으로 인해 휴대형 모듈의 경우 휴대가 불편할 정도로 크기가 크게(가로×세로×높이, 15×10×10cm³) 제작되었다. 또한 MCU 기반 장치의 사용으로 인해 배터리의 소모도 매우 크게 나타나, AAA 타입의 알카라인 건전지 사용 시 2초 전송주기를 갖는 경우 1일(네트워크 코디네이터)에서 4일(휴대형 모듈) 정도의 수명을 보여주었다. 이 밖에도 모서리 부근, 장애물 바로 뒤쪽 같은 특정 위치에서의 전송 신뢰도가 크게 불안정한 결과도 확인하였다.

4. 결론 및 향후 연구계획

본 연구에서 수행한 프로토타입 테스트에서 기존의 유선 네트워크를 활용하여 USN 기반의 위험지역 출입통제관리를 위한 시스템을 개발하기 위한 연구를 진행하며, 시스템을 설계하고 이 설계를 검증하기 위해 프로토타입 테스트를 진행

하였다. 그 결과 기존의 유선네트워크를 활용한 무선 센서 네트워크 기반 모니터링 시스템의 선내에 대한 적용 가능성을 확인하였다. 이 밖에도 프로토타입 테스트를 통해 몇몇 개선점을 얻을 수 있었다.

첫 번째로, 센서 노드 배터리 수명 개선에 대한 것이다. 현재 사용 중인 하드웨어에 SoC(System on chip) 기반의 장치를 채용하여 배터리 성능을 재고할 수 있을 것이며,

두 번째로, 현재 사용한 Zigbee 모듈의 칩 안테나 대신 소형 안테나를 채용하는 방법을 적용하여 송/수신 안정성을 확보하는 방안 등을 채용하여 추후 연구를 진행해야 할 것이다.

마지막으로, 앞서 수행한 프로토타입은 본 연구에서 목표로 하는 위험지역 출입통제관리 시스템을 축소화시켜 놓은 실험이므로 본 시스템과 동일한 모니터링 이슈를 테스트하는 과정을 통해 시스템이 야드에 실제로 설치 및 운용되었을 때 설계에서 의도된 결과를 나타낼 수 있도록 개선하는 연구가 필요할 것이다.

감사의 글

본 연구는 (a) 지식경제부 산업융합원천기술개발사업(10041790, 국제 해양 GIS 표준기술 기반 차세대 항행 정보지원 시스템 기술개발), (b) 인하대학교의 지원으로 이루어진 연구결과와 일부이며, 지원에 감사 드립니다.

References

- Daewoo Shipbuilding & Marine Engineering co., Ltd, <http://www.dsme.com>
- Hyundai Heavy Industries Co., Ltd, <http://www.hhi.co.kr>
- Jo, S.L., Baek, B.G., Lee, D.G., Bae, B.D., Yoon, J.H. (2008) A Design of Ship Signaling System using Power Line Network, *Research and Applications of Joint Conference of the Korean Association of Ocean Science and Technology Societies*, pp.1842~1851.
- Korean Workers' Compensation & Welfare Service (2002~2007) Industrial Accident Compensation Insurance and Employment Insurance Collection Data & Analysis.
- Lee, K.H., Choi, S.Y., Han, Y.S., Lee, J.M., Lee, B.H. (2008) Research and Applications of Sensor Network System on Shipboard using Zigbee, *Koran Soc.f CAD/CAM Eng.*, pp.592~598.
- Lee, K.H., Choi, S.Y., Han, Y.S., Lee, J.J., Lee, B.H. (2008) Research and Applications of USN on Conceptual Design of Ocean Structure Monitoring System, *The Collection of Dissertations of The Korean Society of Ocean Engineers of the Autumn Symposium*, pp.222~226.
- Ministry of Trade, Industry and Energy(present-The Ministry of Knowledge Economy), 2007, *Journal of New & Renewable Energy*.

요 지

선박 및 해양구조물의 화물 중 많은 수가 가연성, 휘발성의 석유 및 석유 가공 화물이다. 뿐만 아니라 컨테이너 박스, 벌크 화물, 차량 등의 중량 화물이 그 나머지를 차지한다. 게다가 선박은 파랑, 해류 등의 하중을 주기/비주기적으로 받기 때문에 화물의 위치 및 이동 가능성이 존재한다. 그렇기 때문에 선상 사고 위험은 육상의 산업현장 보다 훨씬 크다. 선박 및 해양구조물은 화물 및 화물의 영향으로 인한 사고 위험성이 항상 존재하기 때문에 그 모니터링과 대비가 반드시 필요하다. 이에 본 연구에서는 선상에서 선원 및 작업자의 안전을 보장하기 위해 무선센서네트워크를 도입하여 모니터링 시스템을 구축하기 위한 연구를 진행하였다.

핵심용어 : 유비쿼터스 센서네트워크, 무선센서네트워크, 선상안전, 출입통제, 산업재해