

## 위치기반 정보를 활용한 비상대피경로 안내 지원시스템 개발

김호경

목포대학교 조선해양공학과

### A Study of Evacuation Route Guidance System using Location-based Information

Ho-Kyeong Kim

Dept. of Naval Architecture and Ocean Engineering, Mokpo National University

**요약** 조선소의 안벽공정은 복잡한 구조물의 내부에 많은 인원이 투입되어 다양한 작업이 동시 다발적으로 이루어지고 있다. 이에 따라 폭발, 화재 등 중대재해 발생의 가능성이 높으나, 사고 발생 시 내부 인원에게는 사고 발생의 여부와 대피에 대한 정보가 효과적으로 전달되기 어려운 실정이다. 최근 조선소 안전사고의 증가에 따라 안전과 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. 본 연구에서는 밀집된 구역에 다수의 인원이 존재하는 상황에서 비상 상황이 발생하는 경우 대형 인명사고를 줄이기 위하여 모바일을 기반으로 화재 발생 등 위험 구역 정보와 사용자가 입력한 위치를 기반으로 안전하고 정확한 대피경로를 생성하여 제공하는 방법에 대한 연구를 수행하였다. 이를 위하여 지상의 건물에 대하여 진행되고 있는 화재 대피 시스템의 동향을 분석하고 탈출 경로 계산을 위한 다양한 알고리즘을 비교하여 본 연구에 적합한 알고리즘을 선정하고 프로그램을 수행하였으며 비콘을 이용한 위치 파악 기술의 적용 가능성을 확인하기 위한 기초 실험을 수행하였다. 제안된 방법은 초대형 선박 건조 현장, 여객선 및 대형 공공시설 등에 활용되어 안전사고 시 인명사고를 감소시킬 수 있을 것으로 기대된다.

**Abstract** The shipyard quay process struggles to control workers and maintain a secure working environment because of the presence of at least 1,000 people. Therefore, safety accidents such as an explosion or a fire are likely to occur. With the recent increase in safety accidents at shipyards, the requirements for safety and process monitoring have been strengthened. Major shipyards are conducting research to monitor the process in real time and to detect the work environment for safety. In this paper, we propose a safe and accurate evacuation route based on the information of the dangerous area and the user's location based on a mobile application to reduce the casualty accidents in the presence of many personnel in a concentrated area. To do this, we analyze the trend of the fire escape system on the ground building, compare various algorithms for escape route calculation, select appropriate algorithms for this study, and perform programming. A basic experiment was conducted to confirm the results. The proposed method is expected to be used in large ship construction sites, passenger ships and large public facilities to reduce accidents in the case of a safety accident.

**Keywords** : Evacuation route calculation, Mobile application, Quay process of shipyard, Safety accidents, Ship construction sites

본 논문은 2016년 정보통신산업진흥원의 2016~17년 지역 SW 융합제품 상용화 지원사업과 산업통상자원부의 출연금으로 수행한 대불산학융합지구조성사업의 지원을 받아 수행된 연구임.(정보통신산업진흥원-2016-(NIPA-지역SW-16-02)-(S0417-16-1025))

\*Corresponding Author : Ho-Kyeong Kim(Mokpo Univ.)

Tel: +82-61-450-2736 email: crossho@mokpo.ac.kr

Received July 27, 2017

Revised (1st August 23, 2017, 2nd August 28, 2017)

Accepted September 15, 2017

Published September 30, 2017

## 1. 서론

조선소의 선박 건조 공정은 대규모의 인원이 투입되어 동시 다발적으로 진행되는 공정으로 안전사고가 다수 발생되고 있으며, 주요 안전사고의 유형 역시 중후장대한 제품을 생산하는 특성으로 인하여 추락, 협착, 폭발, 질식 등의 다양한 중대 재해의 비율이 높다. 안전 사고가 발생하면 인명의 손실 뿐 아니라 작업 중지 등으로 인한 생산성의 저하도 필연적으로 동반되므로 주요 조선소들의 작업장에서는 안전 및 환경에 대한 각종 대처 방안에 대한 관심이 증대되고 있다[1]. 이에 대응하기 위하여 주요 조선사를 중심으로 IT 기술을 접목하여 공정을 모니터링하고 작업 환경을 감지하기 위한 연구가 진행 중에 있다[2-3].

본 연구에서는 밀집된 구역에 다수의 인원이 존재하는 상황에서 비상 상황이 발생하는 경우 대형 인명사고를 줄이기 위하여 모바일을 기반으로 화재 발생 등 위험 구역 정보와 사용자가 입력한 위치를 기반으로 안전하고 정확한 대피경로를 생성하여 제공하는 방법에 대한 연구를 수행하였다.

이와 유사한 환경인 대형 건물의 사고 발생을 대비하기 위한 다양한 연구가 진행되었다. 센서들의 정보를 기반으로 대피 경로를 설정하고 건물 내 설치된 LED(Light Emitting Diode)로 대피 안내를 위한 방법을 연구 하였으나, 단순히 대피 방향만 제공하기 때문에 실시간 상황이 반영되어 경로가 변경되면 사용자에게 혼란을 야기할 수 있으며 화재 시 연기로 인하여 LED를 확인하지 못할 위험이 크다는 문제점이 있다[4]. Filippoupolitis, Avgoustinos 외는 화재 시 건물 내 설치된 센서 노드로부터 사용자가 소지한 휴대 기기로 센서 정보를 전송하는 시스템을 제안하였다. 센서 노드로부터 위험 정보와 노드의 위치를 전송 받은 휴대 기기는 그 정보를 기반으로 가장 적절한 대피 경로를 계산하도록 하였다[5]. Chu, Liou 외는 RFID(Radio Frequency Identification) 센서 태그를 활용한 화재 대피 시스템을 제안하였다. Active RFID 태그가 부착된 센서들로부터 NFC(Near Field Communication)를 통해 휴대 기기가 필요한 정보를 얻게 되는 구조이다[6]. 대피 경로 계산 시 건물 내 모든 사용자의 정보가 3G 통신으로 서버와 공유되기 때문에 사용자들의 위치를 고려하여 최적의 대피 경로를 계산할 수도 있다.

본 연구에서는 이러한 연구를 바탕으로 모바일 기반한 비상 상황 발생 시 위험지역 정보와 사용자의 위치를 기반으로 안전하고 신속한 대피 경로를 생성하여 모바일 기기를 통해 내부 사용자 및 외부 관리자에게 제공하는 방안을 개발하였다. 개발된 방법은 최근 대형화 및 지능화 되고 있는 선박, 건물 등의 환경에 적용될 수 있으며 비상상황 발생 시, 사건 현황과 환경에 익숙하지 않은 내부의 인원들에게 위험 구역과 최적 탈출 경로에 대한 정보를 신속하게 제공하여 인명사고 예방에 활용할 수 있다.

## 2. 대피 경로 시스템 개념 설계

본 연구는 밀폐된 구조물의 내부에서 화재 등 비상상황이 발생한 경우 구조물 내부의 인원에게 사고 발생 정보를 전달하고, 구조물의 도면을 제공하며, 사용자가 확인한 자신의 위치 정보에 따라 위험 구역을 피해 외부로 탈출할 수 있는 최적의 경로 정보를 산출하여 제공한다. 또한 내부에 존재하는 인원에 대한 정보를 외부의 관리자와 구조대원들에게 전달하여 사고 수습 및 인명 구조에 활용할 수 있도록 한다. 이러한 목적을 위하여 전체 시스템은 Fig.1과 같이 크게 세 개의 요소로 구성하였다.

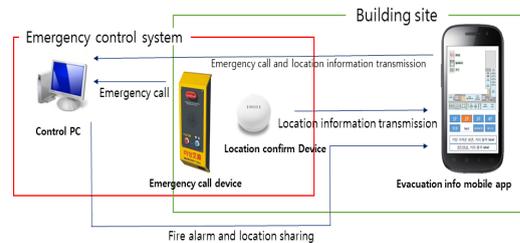


Fig. 1. Conceptual design of the system

### ① 비상 관제 시스템

사무실 서버에 설치되어 구조물의 출입하는 출입 인원을 감지하고 비상상황 발생 시 최적 탈출 경로를 계산하여 대피 정보 모바일앱을 통하여 대피 경로를 구조물 내부의 인원에게 전송한다.

### ② 대피 정보 모바일앱

사용자의 모바일 기기에 설치되어 진입한 구조물에 비상상황이 발생할 경우 그 구조물의 비상 관제 시스템

과 연동하여 사용자의 현재 위치를 확인하고 위험 구역 및 최적의 탈출 경로를 표시하여 준다.

### ③ 위치 확인 장치

구조물의 특정 위치에 설치되어 구조물 내부에 있는 인원의 대피정보 모바일앱에 현재 위치 정보를 제공하여 준다.

전체 시스템의 동작 시나리오는 우선 대피 정보 모바일앱이 설치된 모바일기기를 소지한 출입자가 구조물에 진입하는 경우 입구에 설치된 위치 확인 장치의 정보를 받아 대피 정보 모바일앱이 비상관계 시스템과의 연동 여부를 출입자에게 확인한다. 연동을 허가할 경우 출입자의 모바일기기에 대한 정보를 비상관계 시스템으로 전송한다. 비상상황이 발생하게 되면 비상관계 시스템은 내부에 있는 연동을 허가한 출입자의 대피 정보 모바일앱으로 비상상황 발생 경보를 전송한다. 출입자가 경보를 인지하여 대피정보 모바일앱으로 자신의 현재 위치 정보를 입력하면 대피정보 모바일앱은 이를 비상관계 시스템에 전송한다. 비상관계 시스템은 위험구역과 출입자의 위치를 기반으로 최적의 탈출 경로를 계산하여 대피 정보 모바일앱으로 전송하여 준다. 출입자가 위치를 따라 이동하게 되면 대피정보 모바일앱은 특정 위치에 설치되어 있는 위치 확인 장치를 감지하여 출입자가 제공된 경로에 따라 이동하고 있는지 확인하고 경로를 이탈할 경우 출입자에게 경보를 표시하고 현재 위치의 재확인을 요청한다. 출입자가 위치를 재확인하면 출입자에게 새로운 경로 정보를 제공하는 과정을 반복한다.

## 3. 위치정보 수집을 위한 통신기술 분석

설치환경에 따라 신속하고 정확하게 위치 확인장치 설치계획을 세우기 위하여 신호 세기에 따른 통신 거리 측정을 통해 통신기술 분석을 하였다.

통신기술 분석 테스트를 위한 Beacon 모델의 통신 프로토콜과 테스트 구성은 Fig. 2,3과 같으며, Beacon 송신주기는 640ms(초당 1.56회)로 테스트 하였다.

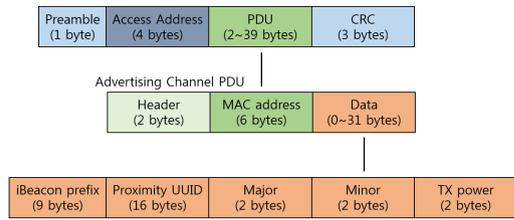


Fig. 2. iBeacon Communication Protocol

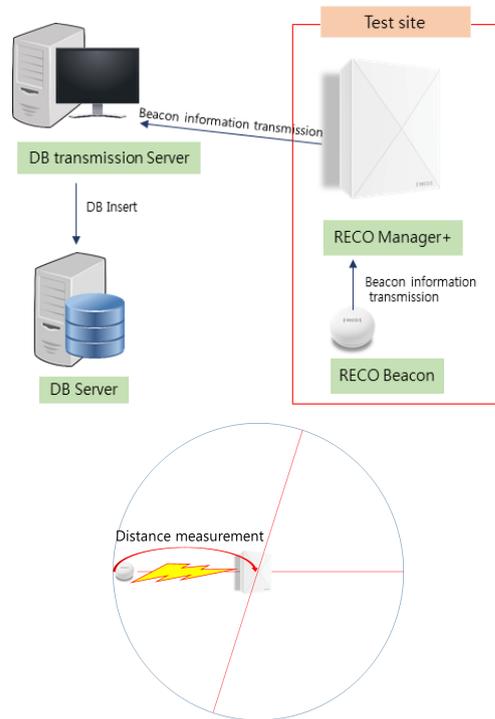
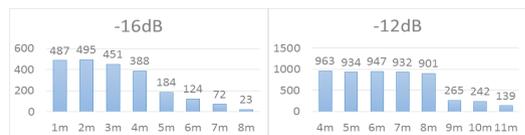


Fig. 3. Test Configuration Diagram

수신용 Beacon Manager를 중심으로 변경 가능한 신호세기(-16dB, -12dB, -8dB, -4dB, 0dB, 4dB)에 따라 수집되는 데이터의 개수를 확인한 결과 Fig. 4와 같은 결과를 얻었다. 이를 바탕으로 수집되는 데이터의 개수를 비교한 결과 확연히 차이가 나는 구간을 확인할 수 있었으며 Table 1과 같이 적정 반경을 설정하였다.



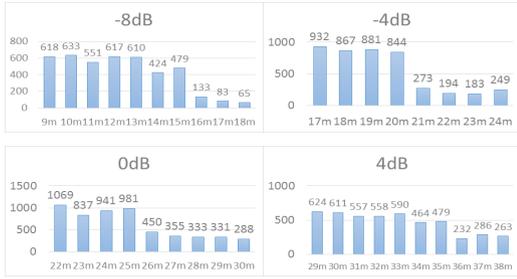


Fig. 4. Test Results(Received Data Quantity)

Table 1. Effective Coverage

Signal Strength	Effective Distance
-16dB	about 4m
-12dB	about 8m
-8dB	about 15m
-4dB	about 20m
0dB	about 25m
4dB	about 35m

#### 4. 최적 경로 산출

위의 신호 세기에 따른 거리측정을 통하여 Table 1에 주어진 적정 반경을 기반으로 Beacon을 설치하고, 송신되는 RSSI(Received Signal Strength Indication)를 이용하여 안드로이드 폰을 통해 현재위치를 추정, 비상상황 발생 시 최적의 탈출경로를 안내한다.

최적 경로 산출은 실행시간이 빠르고 각 지점마다 거리에 대한 가중치가 양수인 점을 고려하여 음의 가중치가 없는 그래프에서 한 노드에서 다른 모든 노드까지의 최단거리를 구하는 다익스트라(Dijkstra) 알고리즘을 선택하였다[7]. 구현된 알고리즘은 Fig.5와 같으며 각 Beacon간 거리를 가중치로 두어 동작하며 가중치는 0.3m당 1로 설정하였으며 비상상황 발생 시 비상상황이 발생한 지역의 Beacon과 연결된 노드의 가중치를 5000으로 설정, 위험지역이 포함된 탈출 경로를 회피 하도록 하였다.

개발된 프로그램의 성능을 확인하기 위하여 Fig.6과 같이 건물 한 층을 대상으로 실험을 수행하였다.

```

dist[s] ← 0
for all v ∈ V={s}
    do dist[v] ← ∞
S ← ∅
Q ← V
while Q ≠ ∅
do u ← mindistance( Q , dist )
S ← S ∪ {u}
for all v ∈ neighbors[u]
do if dist[v] > dist[u] + w( u , v )
then d[v] ← d[u] + w( u , v )
return dist
    
```

Fig. 5. Pseudo code of Evacuation Route Calculation



Fig. 6. Test Area

Fig.6의 테스트 대상을 Fig.7과 같이 모델링하였으며, 비상구에 해당하는 Beacon은 노란색, 일반 Beacon은 파란색으로 표시한다. 또한 App 실행 시 RSSI 신호를 약 1초간 받아, 저장한 후 평균 필터를 통하여 각 Beacon RSSI 평균값을 구한다. 이를 Sorting 하여 가장 강한 신호를 현재 위치로 판단하게 되며, 가장 가까운 위치에 있는 Beacon을 Fig. 7과 같이 초록색 점으로 표시한다.



Fig. 7. Display for Evacuation App

현재 위치를 찾은 뒤, 비상상황을 설정 하면 Fig. 8과 같이 빨간색 점으로 표시가 된다.



Fig. 8. Display for Emergency Alarm

개발된 프로그램에 의해 제시되는 탈출 경로는 Fig. 9와 같이 초록색 선으로 표시된다. Fig. 9의 a)와 b)를 보면 출발점이 같더라도 비상구역의 발생 여부에 따라 탈출 경로가 변경되어 계산됨을 확인할 수 있다. 또한 Fig. 9의 c), d)에서 볼 수 있듯이 현 위치와 위험 발생 구역의 위치를 기반으로 최적의 탈출 경로가 계산되어 제공되고 있음을 확인할 수 있다.



(a) (b)



(c) (d)

Fig. 9. Evacuation Route

(a) Case I (b) Case II (c) Case III (d) Case IV

## 5. 결론

본 논문은 복잡한 구조물의 내부에 다수의 인원이 존재하는 경우 비상 상황 발생 시 내부 인원에게 최적 대피 경로를 제공하기 위한 시스템의 개념 설계 방안을 제시하였다. 밀폐된 구조물의 내부에서 화재 등 비상상황이 발생한 경우 모바일앱과 비상관제시스템 및 위치 확인 장치가 연동하여 구조물 내부의 인원에게 사고 발생 경보를 전달하고, 구조물의 도면을 제공하며, 사용자가 확인한 자신의 위치 정보에 따라 위험 구역을 피해 외부로 탈출할 수 있는 최적의 경로 정보를 산출하여 제공하도록 구성하였다.

밀폐구역 내부의 통신 연결성을 검증하기 위하여 통신 실험을 수행하여 신호세기별로 적정 설치 거리에 대한 기초 데이터를 추출하였다.

위험 발생 구역과 현재 위치를 기반으로 최적 대피 경로 산출을 위하여 다익스트라 알고리즘을 사용하여 빠른 계산 시간으로 유용한 경로 산출이 가능함을 검증하였다.

본 시스템을 통하여 동시에 다수의 인원이 존재하는 선박이나 대형 건물에 비상 상황 발생 시 모바일앱을 통하여 신속하게 발생 현황과 대피 경로를 전달하여 인명 사고의 위험을 감소시킬 수 있을 것으로 기대된다. 향후 연구에서는 센서 배치 등을 위한 위험도 평가와 위치 자동 인식 기능에 대한 연구를 수행할 예정이며 최종적으

로 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] H. K. Kim, D. E. Ko, "A Study on the Conceptual Design of Quay Process Monitoring System", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, vol. 17, no. 10, pp. 426-431, 2016.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2016.17.10.426>
- [3] 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.
- [4] Y. W. Kim, D. H. Kim, H. Y. Kwak, H. D. Park, "A Study of Fire Shunt Guidance Based on Wireless Sensor Networks", Korea Multimedia Society, vol. 11, no. 11, pp. 1547-1554, 2008.
- [5] A. Filippoupolitis, G. Loukas, S. Timotheou, N. Dimakis, and E. Gelenbe, "Emergency response systems for disaster management in buildings", the Information Systems and Technology Panel Symposium, pp. 15-1, 2009.
- [6] L. Chu, J. W. Shih, "A Real-time Fire Evacuation System with Cloud Computing", Journal of Convergence Information Technology, vol. 7, 2012.  
DOI: <https://doi.org/10.4156/jcit.vol7.issue7.26>
- [7] E. W. Dijkstra, "A note on two problems in connexion with graphs", Numerische Mathematik, vol. 1, no. 1, pp. 269-271, 1959.  
DOI: <https://doi.org/10.1007/BF01386390>

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