

LoRa 네트워크를 사용한 위치 기반 스마트 구명조끼 시스템

김수재*, 장우석*, 권익주*, 김성민*, 황윤성*, 오병우**

Location-Based Smart Life Jacket System Using LoRa Network

Soo-Jae Kim*, Woo-Seok Jang*, Ik-Joo Kwon*, Seong-Min Kim*, Yoon-Seong Hwang*, and
Byoung-Woo Oh**

요 약

기존의 수상 안전 시스템에서는 GPS 기술을 활용해 현재 위치 정보를 보내는 기능만을 제공했다. 본 논문에서는 GPS 기술을 포함한 심박 센서, 온도 센서 그리고 가속도 센서 등을 활용해 근해, 수상 레저스포츠 사업장 등의 안전관리센터에서 착용자의 위급 상황 발생을 능동적으로 감지하고, 실시간으로 착용자의 상태를 확인할 수 있도록 하여 더 효율적이고 신속한 구조를 돕는 레저 가디언 시스템을 제안한다.

Abstract

In the existing water safety system, only the function of sending current location information was provided using GPS technology. In this paper, by using heart rate sensor, temperature sensor, and acceleration sensor including GPS technology, it is possible to actively detect the occurrence of an emergency situation of the wearer in safety management centers such as offshore and water leisure sports area, and to check the wearer's condition in real time. We propose a Leisure Guardian system that helps the rescue more efficiently and quickly.

Key words

leisure sports, smart life jacket, LoRa network, GPS, MQTT edge computing

1. 서 론

매년 여름 휴가철 해수욕장과 해변 등 바닷가를 찾는 피서객들이 숨지는 사고가 발생한다. 지난 2016년부터 2020년까지 5년간 연안 사고로 숨진 사람은 표 1과 같이 모두 475명으로 집계되었다[1]. 모두 계곡이나 하천, 해수욕장 등에서 피서 목적으

로 물에 들어갔다가 난 사고로 사망한 경우이다. 특히, 사망자 현황을 보면 부주의 266명, 수영 미숙 23명, 안전 미준수 40명 등 안전 장비를 착용했다면 발생하지 않았을 사망자가 329명에 달한다. 안전 장비를 착용하더라도 이안류에 의해 먼바다로 밀려나는 경우 체력이 다해 물가로 돌아오지 못하는 상황이 발생한다.

* 금오공과대학교 컴퓨터공학과 학부생

** 금오공과대학교 컴퓨터공학과 교수 (교신저자)

표 1. 최근 5년간 연안 사고 통계

Table 1. Coastal accident statistics for the last 5 years

사망, 실종	부주의	수영 미숙	음주	안전 미준수	기상 불량
475	266	23	58	40	18

기존 유사 시스템들은 GPS 통신기술과 발열체를 결합한 구멍조끼가 원양을 항해하는 함정에서 사용하는 용도로 설계되어 만에 하나의 상황에 대비하는 구호물자의 개념으로 시중에 유통되고 있다. 그러므로, 레저용으로 사용하기에는 용도가 맞지 않는다. 또한, 익수자가 제품을 사용하기 위해서는 제품의 전원을 직접 켜야 하는 단점이 있으므로 레저스포츠 상황에서 발생하는 위험 상황에 사용하기에는 문제가 있다. 본 논문에서는 기존 제품과 달리 레저스포츠 용도로 사용하기 적합하도록 GPS 실시간 위치 정보, 착용자의 체온, 심박수 등을 확인해 신속한 인명구조를 돕는 레저 가디언 시스템을 제안한다.

II. 관련 연구

2.1 기존 시스템과의 비교

기존 시스템에서는 표 2와 같이 주로 GPS나 안테나를 활용해서 착용자의 위치 정보만을 받는다[2-8]. 본 논문에서는 위치 정보뿐만 아니라 심박센서, 온도 센서, 가속도 센서 등을 통해 착용자의 정보를 더욱 자세하게 파악해 대처할 수 있다.

표 2. 기존 시스템과의 비교

Table 2. Comparison with existing system

시스템	GPS	LoRa	센서	웨어러블
레저 가디언	O	O	O	O
[2]	O	O	O	X
[3]	X	X	X	X
[4]	O	X	X	O
[5]	O	O	X	O
[6]	X	O	X	X
[7]	O	O	X	X
[8]	O	X	X	O

2.2 LoRaWAN 기술

기존 시스템은 LTE를 사용해 비교적 많은 전력을 소비했다. 본 논문에서는 이러한 단점을 해결하기 위해 LTE보다 저전력이면서 장거리 통신이 가능한 LoRa 통신기술을 사용한다. LoRaWAN 규격을 사용하면 국내 통신사에서 이미 구축한 통신망을 사용할 수 있지만, 실제 기기를 개발해 적용하려면 사업자 등록 후 B2B 계약을 통한 사용만 허용하고 있어 연구 개발용으로는 제약이 있다. 국내 통신사를 사용하지 않더라도 별도의 게이트웨이를 갖추어 사설망을 구축하면 LoRaWAN 통신기술을 사용할 수 있다. LoRaWAN 기술에서는 게이트웨이들이 인터넷을 통해 네트워크 서버와 통신하게 되어있다. LoRa 단말들의 신호를 게이트웨이가 수신하고 이 정보를 네트워크 서버가 저장한다. 레저 가디언 시스템의 서버가 네트워크 서버의 버퍼에 저장된 데이터를 API 요청을 통해 가져온 뒤 활용한다.

2.3 kubernetes의 부하 분산, 복구 자동화

서버는 안전 장비의 특성상 신뢰성을 확보하기 위해 Docker 컨테이너 기반 프로그램을 부하 분산 기능과 복구 자동화 기능을 지원해 서버의 부하에 따라 컨테이너의 자원 관리를 자동화하는 kubernetes로 관리한다[9].

III. 레저 가디언 시스템

3.1 시스템 구조

레저 가디언 시스템은 그림 1과 같이 구성되어 있다. 착용자는 GPS, 통신 모듈 및 각종 센서가 부착된 구멍조끼를 착용하며 부착된 장치는 DB에 사용자의 심박수 및 체온, 위치 정보들을 저장한다. 관리자는 저장된 데이터를 앱 또는 웹을 통해 실시간으로 착용자의 상태를 파악해 근처에 있는 안전요원의 신속한 구조를 돕는다.

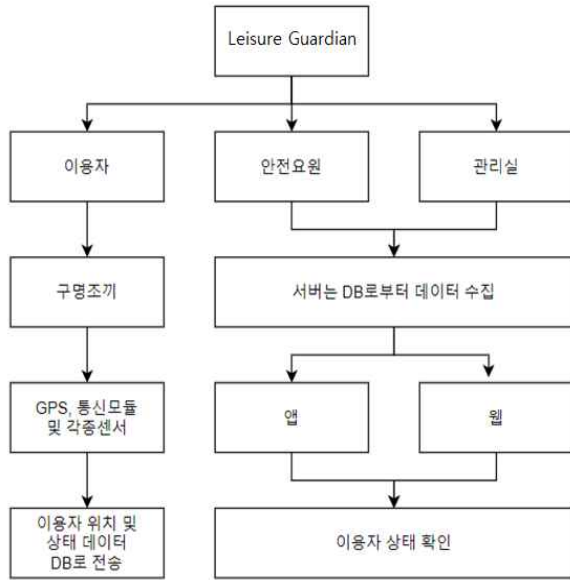


그림 1. 시스템 구조도

Fig. 1. System structure diagram

레저 가디언 시스템은 착용자의 정보를 볼 수 있도록 안드로이드 앱과 웹페이지를 제공한다. 안드로이드 앱과 웹페이지를 통하여 앱 서버(시스템 서버)에 저장된 모든 장치의 정보를 확인할 수 있다.

3.2 시스템 UI

시스템 관리자는 LoRa 네트워크를 통해 받은 기기의 정보를 그림 2와 같이 웹을 통해서 확인한다. 좌측에는 각 기기의 센서로부터 받은 정보를, 우측에는 지도상 착용자의 위치를 표시한다. 지도는 OpenAPI의 위도와 경도 값을 바탕으로 해당 위치에 표시하는 기능을 사용한다. 실시간으로 착용자의 위치를 전달받아야 하므로 계속해서 서버와 통신을 유지해야 한다.

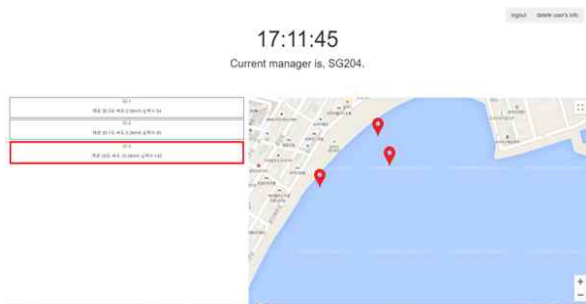


그림 2. 웹 실행화면

Fig. 2. Web execution screen

레저 가디언 시스템의 장치는 전원 꺼짐, 정상, 위험 3가지의 상태를 가진다. 장치가 정상 상태에서 위험 상태로 변경되는 경우 서버에서 push 알림을 통하여 앱을 사용하고 있지 않더라도 알림 기능을 수행한다. 또한, 앱에서는 그림 3과 같이 착용자의 위치를 표시할 수 있도록 지도화면을 제공한다. 지도화면에서는 각 착용자의 상태를 색이 적용된 핀을 사용하여 표시한다. 예를 들어, 위험에 빠진 착용자는 빨간색 핀으로 지도에 표시하고 정상 상태에 있는 착용자는 초록색 핀으로 표시한다.

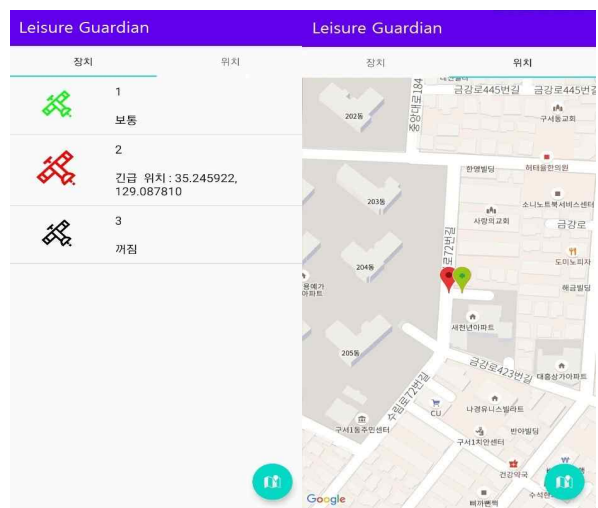


그림 3. 앱 실행화면

Fig 3. App execution screen

3.3 장치 구조

각 센서는 그림 4와 같이 모듈 형태로 되어있으며 MCU와 GPIO 통신을 통해 정보를 송수신한다.

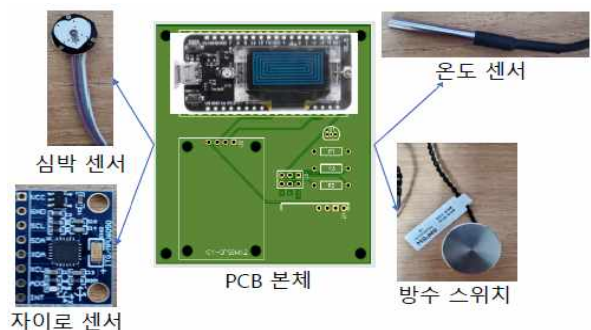


그림 4. 장치 구조도

Fig. 4. Device structure diagram

장치는 RTOS를 사용하며 크게 센서값을 읽는 sensorRead 스레드, LoRa 통신을 담당하는 LoRa 스레드, 장치의 버튼 작동을 확인하는 deviceButton 스레드 이렇게 총 3개의 스레드가 동작한다.

sensorRead 스레드는 각 센서로부터 1초에 한 번씩 센서값을 읽는다. LoRa 스레드는 sensorRead 스레드가 읽어온 각 센서값을 분석해 미리 입력된 역치값을 기준으로 착용자의 위험 상황을 판단한다. 위험 상황이라고 판단되면 LoRa 네트워크를 통해 앱 서버로 센서값의 데이터와 함께 판단된 착용자의 상태를 전송한다. deviceButton 스레드는 장치에 부착된 위험 신호 버튼을 감시한다.

기본적으로는 장치가 위험을 판단하지만, 착용자가 위험하다고 판단했을 때는 위험 신호 버튼을 눌러 자신 혹은 주위 사람의 위험 신호를 수동으로 관리자에게 알릴 수 있다. 이때 착용자는 장치의 부저 소리를 통해 자신의 상태가 관리자에게 전달되고 있음을 알 수 있다.

3.4 LoRa 네트워크

레저 가디언 시스템은 위급 상황을 언제든 인식할 수 있어야 하므로 긴 배터리 시간이 요구된다. 그러므로 비교적 저전력이면서 장거리 통신이 가능한 LoRa 기술을 사용한다. 모든 무선 통신 기술은 수중에서 통신 거리가 급격하게 줄어드는 특성이 있으므로 단말기의 안테나는 착용자가 수중에 있을 때 수면과 가까운 목 부분에 위치하도록 설계한다.

LoRa 기술에서 단말들이 인터넷에 연결되기 위해서는 LoRa 네트워크와 인터넷망에 동시에 연결된 게이트웨이 필요하다. 그림 5와 같이 수상 레저 스포츠의 안전요원이 착용하고 있는 구명조끼가 게이트웨이의 역할을 해 게이트웨이와 게이트웨이 브로커 간의 통신이 불안정하거나 시스템의 서버가 다운되었을 때도 단말기의 정보를 처리할 수 있다. 그러나 다수의 게이트웨이가 하나의 단말의 신호를 동시에 수신하는 일이 발생할 수 있다. 그러므로 게이트웨이 사이의 네트워크에서 각 단말기의 LoRa 라디오 강도를 바탕으로 가장 가까운 게이트웨이에서 각 단말기의 정보를 수신하도록 게이트웨이 브

로커가 각 게이트웨이의 부하를 분산한다. 게이트웨이에서 수신한 단말기의 정보는 게이트웨이의 브로커 서버가 저장하고 있다가 서비스의 데이터 서버에서 API 요청을 통해 데이터를 수신하는 방식으로 설계되어 있다.

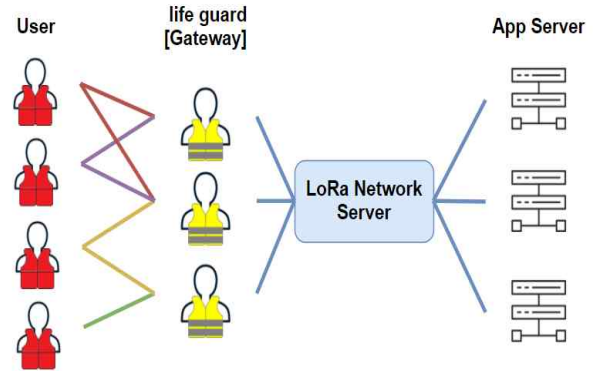


그림 5 네트워크 구조도
Fig. 5. Network structure diagram

3.5 시스템 서버

안전 관리 시스템의 특성상 서버는 항상 통신을 유지해야 하며, 유실되는 정보가 없어야 하므로 Docker 기반의 컨테이너에서 서버 프로그램이 동작하며, 서버 프로그램의 동작 상태를 kubernetes로 부하를 확인해 부하가 확인되거나 응답이 없으면 같은 기능의 컨테이너를 복제해 항상 서비스가 유지될 수 있도록 했다. 그림 6과 같이 다수의 컨테이너가 동시에 동작하는 과부하 상황에서는 라운드 로빈 방식으로 부하를 분산한다.

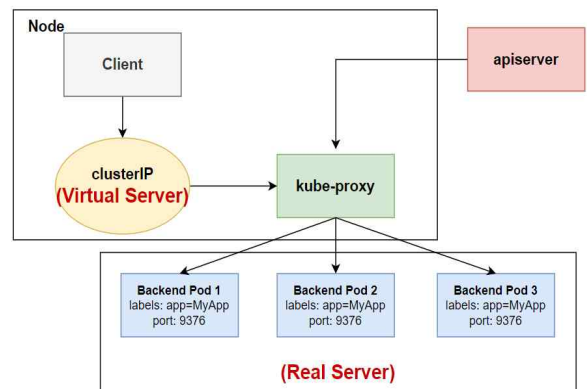


그림 6. kubernetes 부하 분산
Fig. 6. kubernetes load balancing

각 단말기의 정보를 읽어 해당 단말기의 상태 정보를 확인하는 작업은 서버에서 담당한다. 사전 설정된 센서 역치값을 통해 상태 정보를 확인할 수 있으며, 각 단말기의 평균적인 데이터를 바탕으로 회귀 분석을 통해 센서값의 변동이 급격한 경우 주의 또는 위험 알람을 생성한다. 생성된 알람은 push 서버를 통해 전시 장치로 전송되도록 설계한다.

IV. 결 론

본 논문에서는 수상 레저스포츠 공간에서의 안전 사고, 조난, 또는 위험 상황에서 안전요원의 신속한 구조를 돕는 레저 가디언 시스템을 제안했다. 레저 가디언 시스템은 LoRa 기술을 활용하여 GPS, 심박, 체온, 가속도 등의 센서를 통해 착용자의 상태와 위치를 수집한다. 수집된 데이터는 kubernetes로 관리되는 MSA 서버로 전송되어 관리실에서 앱 또는 웹을 통해 실시간으로 착용자의 상태를 파악한다.

향후 개선 과제로는 드론과의 연계를 통한 실시간 모니터링 기능과 iOS 기반 앱 개발 등이 있다.

참 고 문 헌

- [1] 연안체험활동 종합정보, 해양경찰청, <https://imsm.keg.go.kr/CSMS/main/csiAcndt/CsiAcndtSttusRB.do>. [Accessed: May. 11, 2021]
- [2] P. S. Dehda, S. Jayram, A. M. Abu-Mahfouz, and K. Ouahada, "A Sea Rescue Operation System Based On LoRa", 2019 International Conference on Advances in Big Data, Computing and Data Communication Systems (icABCD). IEEE, pp. 1-6, August 2019.
- [3] Y. J. Park, G. S. Yang, S. H. Jung, and D. K. Park, "Design of Life-jacket Integrated Multiband Antenna for Rescuing Distressed People", Journal of Navigation and Port Research, vol. 39, no. 6, pp. 473-478, 2015.
- [4] J. H. Lim, G. S. Yang, S. H. Jung, and D. K. Park, "Lifejacket-Integrated Antenna for Search and Rescue System" Journal of Navigation and Port

Research, vol. 38, no. 4, pp. 367-371, August 2014.

- [5] Y. J. Sun, K. B. Kim, E. J. Han, and S. R. Kwon, "Design of smart life jacket management system based on LoRa communication", 한국통신학회 학술대회논문집, pp. 1313-1314, 2020.
- [6] J. T. Chong and J. C. Cho, "A Study on the Seafarers Safety Management System of based on LTE", Korea Institute Of Communication Sciences, pp. 677-678, June 2018.
- [7] Y. S. Song, K. H. Chung, and Y. K. Kim, "Study of medium long-range identification and tracking victims in offshore using GPS and RF technology", Proceedings of the Korean Institute of Information and Communication Sciences Conference, pp. 310-313, 2016.
- [8] J. H. Lim, G. S. Yang, S. H. Jung, and D. K. Park, "Inflatable Lifejacket-Integrated Flexible Multiband Antenna", The Journal of Korean Institute of Electromagnetic Engineering and Science, vol. 26, no. 5, pp. 455-462, May 2015.
- [9] 서비스, 로드밸런싱, 네트워킹, kubernetes, https://kubernetes.io/ko/docs/concepts/services-networking/_print. [Accessed: May. 16, 2021]