

해양응급현장에서의 사상자 정보 공유 방안에 관한 연구

A Study on Information Sharing Methods for Casualties in Maritime Emergency Scenes

김승용¹ · 황인철^{2*} · 김동식³ · 신정재⁴Seungyong Kim¹, Incheol Hwang^{2*}, Dongsik Kim³, Jungjae Shin⁴¹Professor, Department of Management Information System, Korea National University of Transportation, Chungju, Republic of Korea²Director, Secuware Inc., Cheongju, Republic of Korea³Vice Chairman, Terra International Management Company, Anyang, Republic of Korea⁴Adjunct Professor, Department of Graduate School of Arts & Design, Kyonggi University, Suwon, Republic of Korea

*Corresponding author: Incheol Hwang, ichwang@secuware.co.kr

ABSTRACT

Purpose: This study conducted research on the sharing of information to enhance the survival rate of emergency patients by swiftly transferring them to appropriate hospitals through sharing the patients' conditions, treatment histories, and transportation information with the Maritime Police Agency and relevant agencies when emergencies occur in the marine environment. **Methods:** In this study, emergency patient information classified in a smartphone app was received, stored, and transmitted using the LoRa communication method by electronic triage tags, and the transmitted emergency patient information was implemented to be collected in real-time through a hybrid triage system along with LoRa receivers. **Results:** Through the hybrid triage system, it was possible to receive emergency patient information according to the distance or confirm delayed reception. It was observed that most data were received when the distance was short, while data reception was unsuccessful in relatively longer distances. **Conclusion:** It was confirmed that in mass disaster environments where internet communication is impossible, rapid and accurate understanding of casualty information at disaster sites and appropriate disaster responses can be achieved using self-networking methods such as LoRa communication. However, limitations inherent in communication methods were also recognized. Further research on various communication methods is required to collect emergency patient information and transfer them to appropriate hospitals in situations where internet communication is unavailable.

Keywords: NFC, LoRa, Hybrid, Triage, Appropriate Hospital, Transfer

요약

연구목적: 본 연구는 해양 환경에서 응급환자 발생시 환자의 상태, 처치내역, 이송정보 등을 해양경찰청 및 유관기관과 공유하여 적정이송병원으로 신속하게 이송함으로써 응급환자의 생존율을 향상시키기 위한 정보공유 방안에 관한 연구를 진행하였다. **연구방법:** 본 연구에서는 LoRa 통신 방식을 활용하여 전자 트리아지 태그가 스마트폰 앱에서 분류된 응급환자 정보를 수신하여 저장하고 송신하며, 송신된 응급환자 정보는 LoRa 수신기와 함께 하이브리드 트리아지 시스템을 통해 실시간 수집할 수 있도록 구현하였다. **연구결과:** 하이브리드 트리아지 시스템을 통해 거리에 따라 응급환자 정보를 수신하거나 지연된 수신을 확인할 수 있었다. 거리가 가까운 경우 대부분의 데이터가 수신되었고, 비교적 거리가 먼 경우 데이터가 수신되지 못하는 것을 확인 하였다. **결론:** 대량 재난 환경에서 인터넷 통신이 불가능할 경우 LoRa 통신 등 자가망을 이용하여 재난 현장의 사상자 정보를 신속하고 정확하게 파악하여 적절한 재난 대응을 할 수 있음을 확인할 수 있었다. 다만, 통신 방식의 특성에 따른 한계점 또한 인식하였다. 향후 다양한 통신방식에 대한 연구를 통해 인터넷 통신이 불가능한 상황에서 응급환자 정보를 수집하고 적절한 병원으로 이송할 수 있도록 하는 추가 연구가 요구된다.

핵심용어: NFC, LoRa, 하이브리드, 트리아지, 적정병원, 이송

Received | 5 March, 2024

Revised | 11 March, 2024

Accepted | 11 March, 2024

OPEN ACCESS



This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted noncommercial use, distribution, and reproduction in anymedium, provided the original work is properly cited.

© Society of Disaster Information All rights reserved.

서론

최근 재난의 다변화, 다빈도 추세에 따라 재난 발생시 다수의 사상자가 발생하고 있다. 특히, 대량 재해(Mass Casualty Incident)는 재해로 인하여 발생한 완자와 화자를 치료하기 위한 가용 자원 대비 발생 환자가 압도적으로 많은 사건, 즉 고속도로에서의 다중 교통사고, 항공기 사고, 대형 화재, 기차 탈선 사고, 건물 붕괴, 폭발물 사고, 테러 발생, 지진 발생, 태풍 발생, 허리케인 발생, 홍수 발생 등을 의미한다.

예를 들면, 화재가 발생한 경우 사상자를 구조하기에 충분한 앰블런스, 구조대원 및 의료기관의 자원이 없는 경우에 일어날 수 있는 사건이다. 일반적으로 위와 같은 대량 재해가 발생한 경우에, 환자의 중증도를 분류하기 위하여 종이로 제작된 트리아지(Triage) 태그(Tag)가 사용되고 있다.

그러나 종래의 트리아지 태그의 경우에는 종이의 특성상 트리아지 태그가 손상될 가능성이 높고 트리아지 태그에 기재될 수 있는 정보가 한정적이다. 또한 트리아지 태그에 기재된 한정된 정보조차 정확하게 수집하여 통합적으로 관리하기 어렵고 환자가 이송되는 중에 환자의 상태가 변경되는 경우 이를 수집된 정보에 반영하여 갱신하는 것이 어려운 문제점이 있다.

아울러 종이 기반의 트리아지 태그가 사용되지 않고 전자(Electronic)식의 이트리아지 태그가 사용되더라도 대규모 재해로 인한 기간 통신망의 장애에 의해 인터넷 통신이 불가능한 경우 재해 관리의 어려움 역시 있게 된다.

군 장비와 시설의 노후화, 첨단 무기체계 도입, 장병 복무기간 단축에 의한 숙련도 저하 등 안전에 영향을 미치는 변화가 진행 중이며 해군 역시 이런 변화에 따라 새로운 안전관리가 필요하며, 해군 부상자에 대한 효율적인 환자 이송 지침의 도입이 시급하다(Han et al., 2023).

해상 응급현장에서 다양한 연구가 진행되었는데 본 연구는 2017년 1월부터 2020년 1월까지 KNRM에 의해 수행된 모든 해상 응급 의료에 관한 분석이다. 이 연구는 361명이 참여하여 282건의 의료 작업을 수행했다. 고속단정에 응급 구급대원이 탑승한 응급환자(n=42)는 주로 심각한 외상 또는 부상을 입은 사람들로 구성되었고, 비응급 환자(n=188)는 가벼운 처치 상황이었으며, 익사 위험이 있는 사람들(n=43), 심폐소생술이 진행 중인 사람들(n=9) 순으로 해상 사고현장의 정보가 유관기관과 공유되지 않아 병원이송에 어려움이 있다고 지적하고 있다. 즉, 고속단정에 해경 구급대원의 역할, 소방 구급대원이 대기하고 있는 육지에서 구급대원, 및 통신관련 업무가 매우 중요한 정보 공유 이슈로 나타났다(Messelink et al., 2023).

다음은 해상에서 사고 선박에서 부상을 당한 선원들의 해상 이송에 대한 연구로 이 논문은 해상에서 부상을 입은 선원들을 어떻게 의료적으로 분류하여 이송의 우선순위를 정하여 이송하는지에 대한 프로세스를 논의한다. 선원들이 해상에서 부상을 입은 경우, 환자의 분류를 통해 이송 및 적절한 의료 서비스와 치료를 받을 수 있도록 해야하며 긴급도에 따라 안전하게 육상의 병원으로 이송하는 것이 중요함을 언급하고 있다(Nguyen et al., 2019).

다음은 해상 통신관련 연구로 최근 몇 년간 해상 통신 네트워크(MCN)를 개발하는 데 대한 관심이 증가하고 있고 이와 관련된 여러 연구가 진행되었다. 이 연구는 해상 통신의 다양한 측면을 다루고 있으며, 네트워크 아키텍처, RF 채널 모델, 자율 해양 시스템의 통신 및 네트워킹, 그리고 해상 환경에서의 사물 인터넷(IoT)과 같은 연구과제를 중심으로 다룬다. 넓은 대역폭 해상 통신을 위한 비디오 전송 일정에 대한 포괄적인 조사가 연구되었고(Yang et al. 2014) 그 다음으로, Zolich 등은 자율 해양 시스템 및 응용 프로그램의 주요 발전 동향을 검토하고 해상 통신 및 네트워킹 기술에 대한 전반적인 개요를 발표했다(Zolich et al., 2019). 최근 한국에서 진행 중인 재난안전망의 해상(LTE-해상) 프로젝트(100km의 해양 커버리지에서 10Mbps의 높은 데이터 속도를 제공)에 대한 내용을 언급하였다(Jo et al., 2019). 또한 넓은 커버리지를 제공하기 위하여 바

다에 떠다니는 기지국으로 작용하는 부표형 타워를 기반으로 새로운 해상 거대 세포망 (MagicNet) 아키텍처의 주요 기술과 응용 프로그램의 연구가 진행되었다(Aslam et al., 2020). 또한 Internet-of-Ships(IoS)로도 알려져 있는 해상 IoT 기술의 응용과 도전에 대한 포괄적인 연구가 진행되었다(Aslam et al., 2020). 하이브리드 위성-지상 해상 네트워크를 통해 해상 통신 및 IoT가 가능한 기술의 연구도 진행되었다(Wei et al., 2021).

최근 군에서는 미래군 의료시스템은 IoT를 기반으로 환자발생 현장에서부터 단위부대의 지휘통제실 및 군 병원까지 실시간으로 연결을 전제로 인공지능 환자분류 모델의 실현이 가능할 것이다. AI-Triage는 대량전상자 상황에서 부족한 의료인력을 보조 및 대체할 수 있으며, 신속하고 정확한 분류를 통해 기존보다 더 많은 인명 소생률을 높일 수 있는지에 대한 연구가 진행되었다(Park et al., 2023).

본 연구는 재난 안전 망의 해상-LTE와 환자를 분류하는 전자 트리아지(e-Triage) 태그의 LoRa 칩을 이용하여 하이브리드 형태의 통신을 구현하고 이를 통한 해상응급 환자의 효율적인 이송에 대한 방안을 제시하고자 한다.

본론

본 실험에서는 기존 종이 트리아지 기반의 구급활동 문제점을 개선하기 위한 전자 트리아지 기반의 다수사상자 대응시스템을 활용하였다. 다수사상자 대응시스템은 응급환자의 인적사항, 중증도, 이송정보 등을 기록, 전송할 수 있는 스마트폰 앱을 사용하며, 스마트폰 앱(e-Triage App)에서 전송된 사상자 정보는 웹 서버로 실시간 수집되어 재난 현장의 응급상황을 신속하고 정확하게 파악할 수 있도록 개발되었다. 스마트폰 앱에서 분류된 중증도 결과를 전자 트리아지 태그로 전송하여 표출할 수 있도록 하며, 다수의 사상자가 발생한 재난 현장에서 환자의 식별 및 이송의 우선순위를 표시한다.

스마트폰 앱에는 START(Simple Triage And Rapid Treatment), SALT(Sort, Assess, Life-saving interventions, Treatment and/or Transport), RTS(Revised Trauma Score) 등 다양한 중증도 분류 알고리즘이 적용되어 있어 재난 현장 상황에 맞게 선택하여 사용할 수 있다. 재난 현장에서 e-Triage App이 다양한 역할을 할 수 있음에도 불구하고 통신이 불가능한 상태에서는 환자의 집계, 이송현황 등 구급활동에 대한 상황판단 및 관리가 불가능하게 된다.

Fig. 1과 같이 본 실험에서는 환자를 식별하는 전자 트리아지 태그를 활용하여 통신 불능 상태에서도 사상자 정보를 수집할 수 있도록 설계하였다.

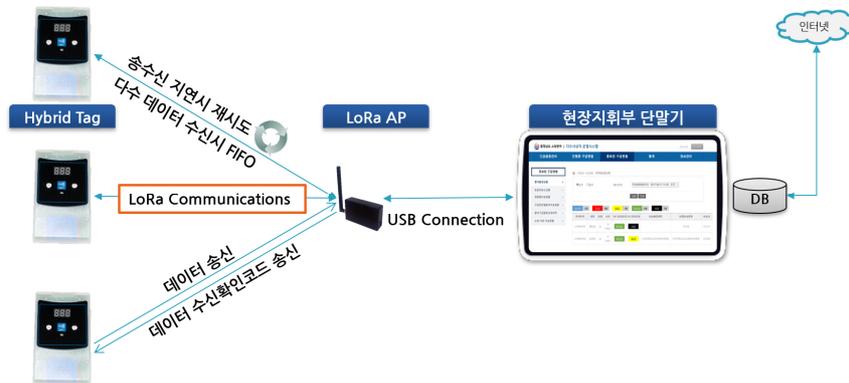


Fig. 1. Hybrid type triage system configuration diagram

첫째, 스마트폰 앱은 인터넷 통신이 가능한 상태에서는 현장의 응급환자 정보를 원격지 서버로 전송한다. 또한 응급환자의 상태에 따라 분류된 중증도 분류 결과는 스마트폰의 NFC 통신을 통해 해당 응급환자에게 부착된 전자 트리아지 태그로 전송하여 분류 결과(긴급-빨간색, 응급-노란색, 비응급-녹색, 사망/지연-흰색)를 표출하도록 한다. 본 실험에서는 스마트폰 앱이 구동될 때 인터넷 통신 가능 여부를 판단할 수 있도록 하여 인터넷 통신이 불가능한 경우 응급환자 정보 중 중요 정보를 전자 트리아지 태그로 전송할 수 있도록 Fig. 2와 같이 개발하였다.

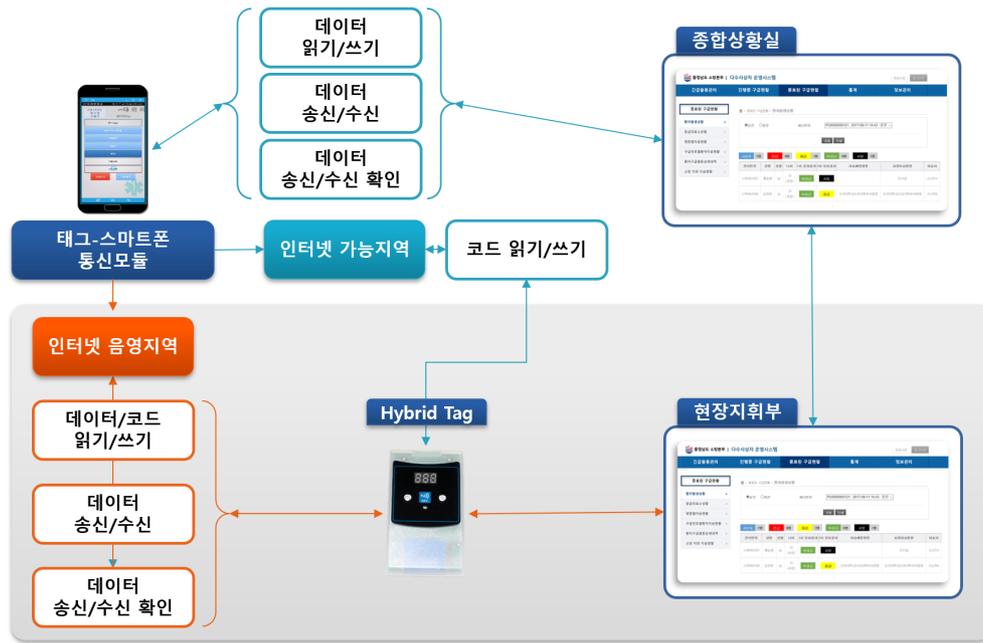


Fig. 2. Data communication diagram between e-triage app and hybrid tag

둘째, 기존 전자 트리아지 태그는 스마트폰 앱에서 결정된 중증도 분류 결과를 전자 트리아지 태그에 내장된 NFC 통신 모듈을 통해 수신하여 LED 라이트로 표출하는 기능을 가지고 있다. Fig. 3에서 보는 바와 같이 본 실험에서는 기존 전자 트리아지 태그와 달리 내부에 LoRa 통신 모듈과 데이터 저장공간을 확보하였다. 인터넷 통신이 불가능한 환경에서 스마트폰 앱이 응급환자 정보(중증도 분류 결과 및 인적 사항)를 NFC 통신을 통해 전송하면 전자 트리아지 태그는 해당 정보를 저장 장치에 저장한 후 LoRa 통신 모듈을 통해 전송한다. 이때 전송되는 데이터는 암호화된 상태로 전송하여 개인정보 유출의 위험을 차단한다.

본 실험에서 개발한 전자 트리아지 태그는 기존 전자 트리아지 태그와 구분하기 위하여 하이브리드 태그로 명명하였다.

셋째, 전자 트리아지 태그가 발신하는 응급환자 정보를 수집하기 위해 LoRa 통신 수신기가 부착된 하이브리드 트리아지 시스템을 개발하였다. Fig. 4의 하이브리드 트리아지 시스템은 전자 트리아지 태그에 적용된 LoRa 모듈과 통신 가능한 수신기를 기반으로 재난 현장의 응급환자 데이터를 수신하고, 수신된 데이터를 로컬 DB에 저장하여 재난 현장을 관리하는 관리자에게 여러 가지 형태의 정보를 제공할 수 있도록 개발하였다. 또한 인터넷 통신이 재개되면 하이브리드 트리아지 시스템에 저장된 응급환자 정보를 원격지 서버로 전송하는 기능을 개발하여 재난 현장의 구급대응 및 상황실에서 원활한 구급활동 관

리가 가능하도록 개발하였다. 하이브리드 트리아지 시스템은 LoRa 수신기가 장착될 수 있는 컴퓨터(데스크탑, 노트북, 태블릿 등)에 설치하여 현장에서 사용할 수 있다.

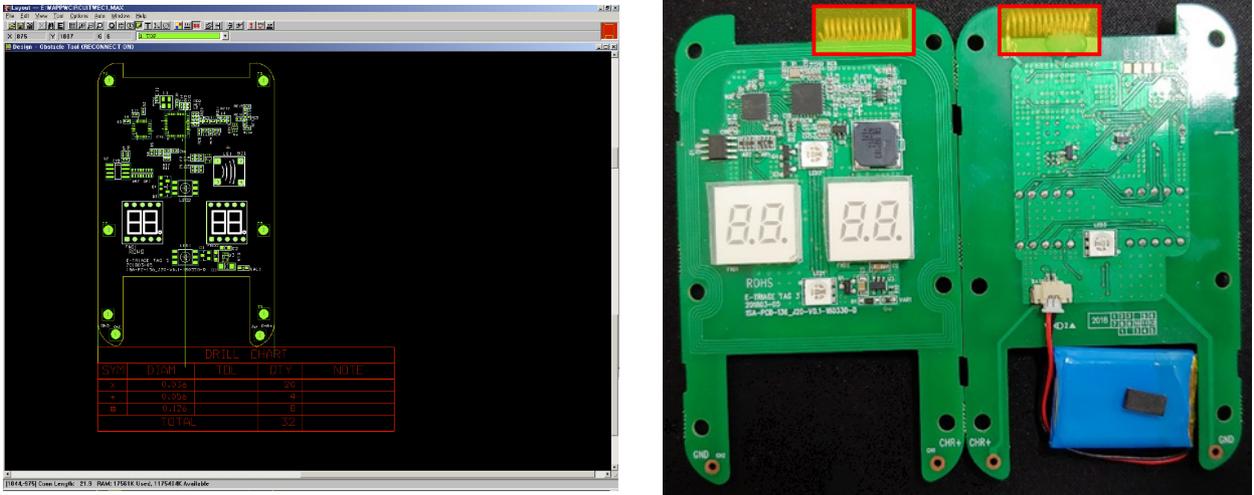


Fig. 3. Hybrid tag design and implementation

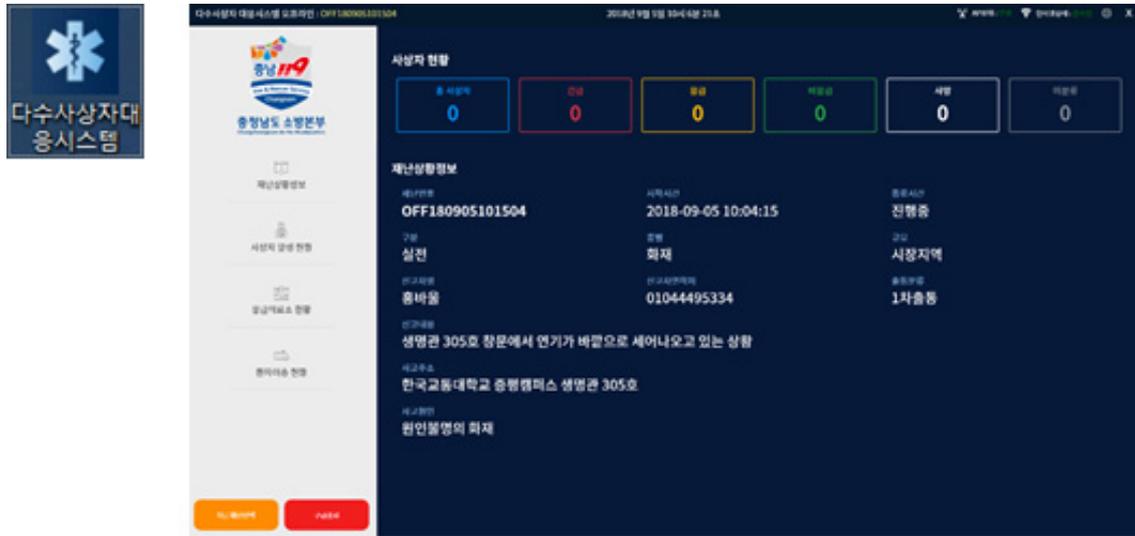


Fig. 4. Hybrid triage system

특히, LoRa 통신은 비면허 대역의 주파수를 사용하고 있어 별도의 사용승인 없이 현장에서 자가망을 구축할 수 있는 장점이 있어 통신이 원활하지 않은 해양환경 등에 적용할 수 있다.

본 실험에서는 상기 구현된 하이브리드 시스템을 기반으로 훈련용 재난을 생성하고 가상의 응급환자를 대상으로 응급환자 정보가 하이브리드 태그를 통해 정상적으로 전송되는지 실험하였다. Fig. 5와 같이 실험 장소는 학내에서 몇 개의 수신 지점을 설정하여 데이터 통신을 실험하였다.



Fig. 5. Hybrid triage system field test

실험결과

본 실험결과 인터넷 상황에 따라 가변적으로 기능을 하는 스마트폰 앱을 활용하여 응급환자의 정보를 하이브리드 태그를 통해 전송하고 수신기가 부착된 하이브리드 트리라이 시스템을 통해 수집할 수 있다는 것을 확인할 수 있었다. 다만, 거리에 따라 데이터의 수신, 지연, 미수신 등 품질의 차이를 보였다.

Table 1의 실험결과에서 보듯이 174m와 300m 거리에서는 LoRa 통신을 통해 모든 환자의 데이터가 송수신된 것을 확인할 수 있다. 600m 수신 지점에서는 환자1, 환자10 사례를 제외하고는 모든 데이터를 송수신 하였으나 대부분 지연(1분 이상 소요된 사례)된 수신을 하여 분초를 다투는 현장에서 구급활동을 파악하는데 어려움이 예상된다. 1km 지점에서는 2개의 지연 사례를 제외하고는 모두 미수신 되었다.

본 실험결과를 통해 LoRa 통신의 장점인 자가망 구축을 통한 데이터 송수신을 확인하였으나 송수신 거리 및 시간에 대한 품질 개선이 요구된다.

Table 1. Hybrid triage system data transmission and reception results

구분	환자1	환자2	환자3	환자4	환자5	환자6	환자7	환자8	환자9	환자10
174m	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
300m	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
600m	×	△	△	△	○	○	△	△	△	×
1km	×	×	×	×	×	△	×	×	△	×

[범례] ○: 수신, △: 지연, ×: 미수신

결론

본 연구에서 대량의 재난 상황 발생시 인터넷 통신이 불가능한 현장에서 응급환자의 정보를 송수신할 수 있는 방안에 대하여 연구하였다. 재난현장에서 LoRa 통신을 활용하여 자가망을 구축하고 응급환자의 정보를 송수신할 수 있는 하이브리드 형태의 트리아지 시스템은 기존 종이 트리아지 및 인터넷 통신 전용의 전자 트리아지 시스템을 보완하여 통신상황에 따라 가변적으로 활용할 수 있는 방안을 제시하였다.

해상 등 통신이 열악한 응급환자 발생환경에서 하이브리드 트리아지 시스템은 재난현장의 사상장 정보를 신속하고 정확하게 파악하고 인터넷 통신 개시에 따라 원격지 서버로 전송할 수 있음을 보여주었다. 동시에 LoRa 통신 방식의 한계도 확인할 수 있었다.

향후 연구에서는 LoRa 통신의 한계를 개선하고 다양한 자가망 통신 방식을 연구하여 다양한 재난 환경에서 응급환자를 신속하게 평가하고 적정 병원으로 이송할 수 있도록 지원하는 고도화된 시스템 구현이 요구된다.

Acknowledgement

본 연구는 2022년 한국교통대학교의 지원을 받아 수행하였음.

References

- [1] Aslam, S., Michaelides, M.P., Herodotou, H. (2020). "Internet of ships: A survey on architectures, emerging applications, and challenges." *IEEE Internet of Things Journal*, Vol. 7, No. 10, pp. 9714-9727.
- [2] Han, J., Kim, K., Lee, W., Park, K. (2023). "Reviewing the operation of the navy safety management system and its direction." *Journal of the Society of Disaster Information* Vol. 19, No. 4, pp. 859-868.
- [3] Jo, S.-W., Shim, W.-S. (2019). "LTE-maritime: High-speed maritime wireless communication based on LTE technology." *IEEE Access*, Vol. 7, pp. 53 172-53 181.
- [4] Messelink, D.M., van der Ploeg, G.-J., van der Linden, T., Flaming, R.D., Bierens, J.J.L.M. (2023). "Medical emergencies at sea: an analysis of ambulance-supported and autonomously performed operations by lifeboat crews." *BMC Emergency Medicine*, Vol. 23, 108.
- [5] Park, B., Cho, N. (2023). "Reinforcement learning model for mass casualty triage taking into account the medical capability." *Journal of the Society of Disaster Information*, Vol. 19, No. 1, pp. 44-59.
- [6] Wei, T., Feng, W., Chen, Y., Wang, C.-X., Ge, N., Lu, J. (2021). "Hybrid satellite-terrestrial communication networks for the maritime internet of things: Key technologies, opportunities, and challenges." *IEEE Internet of Things Journal*, Vol. 8, No. 11, pp. 8910-8934.
- [7] Yang, T., Shen, X.S. (2014). *Maritime Wideband Communication Networks*. Springer, USA.