

## 드론을 활용한 효율적인 선박 센서 네트워크

홍성화<sup>1</sup> · 김병국<sup>2\*</sup>

### The Efficient Ship Wireless Sensor Network Using Drone

Sung-Hwa Hong<sup>1</sup> · Byoung-Kug Kim<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Associate Professor, Division of Navigational Information System, Mokpo National Maritime University, Mokpo, 58628 Korea

<sup>2\*</sup>Assistant Professor, Department of Computer Software, Induk University, Seoul, 01878 Korea

#### 요 약

현재 무인 선박에서의 데이터 전송을 위해 기존 LTE-M 및 LTE 네트워크에서의 USN을 이용하여 기지국 역할로 동작 시키기 위한 방안으로 드론을 USN의 이동 기지국으로 사용하는 방안을 채택하고자 하고 있다. 따라서 이후 이동 기지국인 드론은 LTE 통신 모듈 혹은 근거리 통신 모듈을 탑재한 싱크 노드로 선박 운항의 안전 정보를 센서 노드로부터 수집하여 선박에 전송하거나 선박 간의 정보를 상호 전송할 수도 있다. 따라서 드론을 이용하여 근거리 네트워크 망을 형성하게 되면 무인 선박 주변의 통신망을 형성하게 되고 환경 및 보안 센서를 활용한 정보 수집에 유리하게 된다. 본 논문에서는 향후 무인 선박의 AI 운항에 필요한 주변 정보를 확보하기 위한 드론을 활용한 선박 주변 내의 환경 센서 데이터 전송 및 선박 간 통신 활용방안을 제시한다.

#### ABSTRACT

Currently, the drone is considered as a mobile base station of USN as a method to act as a base station using USN in existing LTE-M and LTE networks for data transmission in unmanned ships. Therefore, the drone, which is a mobile base station, is a sink node equipped with an LTE modem or a short-range communication modem, and can collect safety information of ship operation from the sensor node and transmit the safety information to the ship or transmit the information between the ships. As, if a short-range network is formed by using drones, it will form a communication network around unmanned ships and will be advantageous for collecting information using security and environmental sensors. In this paper, we propose a method to transmit environmental sensor data and to utilize communication between ships using drones to secure the surrounding information necessary for AI operation of unmanned ships in the future.

**키워드** : 드론, AIS, 무인선, 무선 네트워크

**Keywords** : Drone, AIS, Unmanned ship, Wireless network

Received 29 November 2021, Revised 8 December 2021, Accepted 16 December 2021

\* **Corresponding Author** Byoung-Kug Kim(E-mail:dearbk@induk.ac.kr, Tel:+82-2-950-7267)  
Assistant Professor, Department of Computer Software, Induk University, Seoul, 01878 Korea

**Open Access** <http://doi.org/10.6109/jkiice.2022.26.1.122>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

© 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.  
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

## I. 서론

해양 통신 기술은 전통적으로 위성 통신을 비롯한 원거리 통신을 기반으로 한 무선통신 기술을 중심으로 진행되어왔다. 그러나 이러한 무선통신 기술들은 이동성의 자유를 제시하였지만 제한된 통신 대역으로 인한 저속 고비용으로 제공되어왔으나 최근 무선 통신기술의 발달로 이러한 제약이 많이 사라지고 있다. 하지만 아직 많은 비용이 드는 위성 통신을 일상적으로 사용하기에는 가격 부담이 높으므로 활용도가 높으며 저비용인 무선통신 기술의 필요성이 높아지고 있다. 이러한 무선통신 기술의 필요성은 현재 무인 선박 및 e-Navi 관련 항행 기술에 대한 논의에서 계속되어가고 있다. 그러나 고비용 무선통신과 별도로 RFID/USN(radio frequency identification/ubiquitous sensor network) 기술은 통신 비용이 적게 사용되어지며, 물류, 교육, 환경, 홈 네트워크, 군사, 의료, 방재 등 다양한 분야에 적용되고 있으나 RFID/USN 기술의 지속적인 발달에도 불구하고 열거본적인 해양 환경의 특성상 해양 산업현장에 적용하기에는 많은 문제점을 가지고 있다. 해양 환경에서 사용 가능한 해양 센서와 센서 노드와 관련된 기술 및 풍력, 파력, 조력, 태양열 등 다양한 해양 에너지원으로부터 전원을 공급받는 소형 에너지 공급기술, 해양 산업의 효율화 및 고도화를 위한 기기 간 통신 접속 기술 개발이 필요하며 해양 분야 RFID/USN의 4차 산업 서비스와의 연계를 고려할 필요가 있다 [1]-[3].

특히 해양 통신기술의 주된 사용자인 선박에서의 활용도는 점차 증대되고 있다. 선박 내 통신이나 위성을 통하지 않은 상태에서의 선박 간 통신 혹은 선박 주변이나 특정 지역 내의 환경 센서를 이용한 근거리 무선 통신기술에 대한 활용도가 높아지고 있어 현재 많은 관심을 가지고 있는 상태이다. 또한 이러한 해양 통신 분야 접근을 위해서는 육상 통신과는 다르게 무선을 활용하여 손쉽게 무선 통신 네트워크를 구성할 수 있도록 드론의 역할이 크다. 현재 AI를 활용한 무인 선박 기술들의 필요성이 높아지고 있으므로 육상에서의 원격 운항 외에도 자율적인 선박 내의 운항 기술 정보 확보를 위한 근거리 무선통신 기술의 필요성이 높아지고 있다. 현재 3GPP(3rd generation partnership project) 국제표준기구는 해양 통신 환경을 토대로 해양통신서비스에 적합한 표준기술 개발을 위해 연관 해양기구들과 연락문서 등

을 통해 국제표준개발과 관련된 협력을 논의 중이다. 국제 항로 표지 협회(IALA: international association of marine aids to navigation and lighthouse authorities)와 3GPP 간 공식 국제협력 관계 형성하고 있으며 IMO-ITU Expert Group 회의에서 해사안전 솔루션으로 5G 및 위성을 결합하는 3GPP 국제표준화안에 대한 검토·착수하고 있으나, 실제 원양에서 무인 선박 주변 통신 네트워크를 구성하기 위한 방안은 아직 미개발 상황이다 [3].

본 논문에서는 향후 무인 선박의 AI 운항에 필요한 주변 정보를 확보하기 위한 드론을 활용한 선박 주변 내의 환경 센서 데이터 전송 및 선박 간 통신 활용방안을 제시한다. 이를 위해 2장에서는 관련 상세 기술들을 제시한다. 3장에서는 통신 활용 방안을 설계하고, 4장에서는 실험 후 성능을 평가한다. 최종적으로 5장에서 본 논문을 결론짓는다.

## II. 관련 기술

해상에서 무인 선박 활동은 기존 상선 혹은 해양 선박과 VTS(vessel traffic service)에서 운용되고 있는 기존 해상통신시스템과의 상호 교신이 가능한 기본적인 VHF(very high frequency) 음성통신, AIS(automatic identification system) 통신과 같은 전송수단은 유지되어야 할 것으로 보이며, EPIRB(emergency position indicating radio beacon) 및 SART(search and rescue radar transponder), VHF DSC(digital selective calling)에 의한 해상조난 및 안전통신의 운용도 가능하여야 할 것이다. 이러한 기존 해상통신시스템과의 통신채널 설정을 기본으로 하여 개발 중인 무인 선박의 통신 시스템은 육상통제센터 또는 모선에 의한 무인 선박의 제어를 위하여 모선과 무인 선박 간에는 전용통신이 확립되어야 한다. 무인 선박의 통신네트워크는 기본적으로 가시선과 비가시선 링크로 구성하며 비가시선 통신은 가시선 통신으로 전용통신이 끊어질 경우에 위성링크의 사용을 고려하여야 한다. 가시선 통신은 무인 선박과 모선을 위한 전용통신망에 의한 통신(음성 및 데이터)과 무인 선박-유인선박(모선-유인선박 포함), 무인 선박-VTS(모선-VTS를 포함)간에 이루어 질 수 있는 VHF 음성통신과 AIS 및 AIS-ASM 메시지 전송에 의한 데이터 전송, TTS(text to speech)에 의한 방송통신을 기본으로 한

다. 가시선 통신의 경우에도, 무인 선박을 제어하는 모선이 주변의 유인선박 및 VTS와 통신이 끊겨질 경우를 대비하여 무인 선박-유인선박 및 무인 선박-VTS간 직접통신을 통하여 무인 선박에서 모선으로 유인선박 및 VTS에서 전송되어 오는 정보를 전달하는 방법을 포함하고 있다 [4][5].

무인 선박의 활동범위를 특정해역으로 한정시키기는 어렵지만 항만 및 연안 해역에서 모선/육상제어센터와는 항상 통신이 가능한 가시선 통신을 기본으로 하고, 이러한 가시선 통신링크가 끊겨질 경우에는 백업통신 수단으로 위성통신시스템으로 전환이 가능하여야 할 것이다. 모선에서 주변의 유인선박과 VTS와 통신이 끊겨질 경우에는 무인 선박이 자율적으로 주변의 해당 유인선박 및 VTS와 통신이 가능한 범위 내에서 안전운항을 위한 통신이 이루어져야 하며 이는 그림 1에서 보여준다. 그러나 이 경우에도 모선과 무인 선박은 항상 통신이 가능하여야 할 것이다. 또한 안전운항을 위해서는 선박의 안전운항을 위한 선박 주변의 여러 정보를 활용할 수 있는 센서 혹은 이동형 장비들의 원활한 통신 및 전송을 위한 방안이 고려되어야 한다.

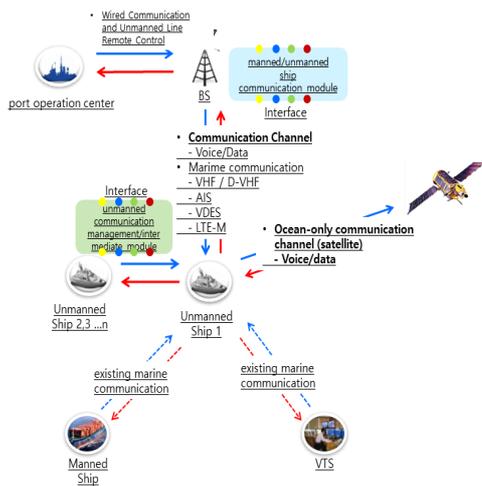


Fig. 1 Communication network configuration

무인 선박 데이터 통신환경에 대한 요구사항은 다음과 같다.

- 카메라 및 레이더 및 소나 등으로부터 얻어지는 대용량 정보 필요
- 실시간으로 관제소로 전송하기 위한 빠른 전송 속도

- 파도 등의 해양 환경에 적합한 무선 통신용 안테나의 안정성

기존 해상통신망의 무인 선박 통신용 주파수대 적용 가능성을 확인하기 위해서는, VHF 통신망은 무인 선박과의 근거리 통신용 또는 무인 선박과 유인선박 간의 상호 통신용으로 가장 적합하지만 전송속도가 채널당 약 50kbps 이내로서 느리고 데이터 통신기술 개발이 필요하다. MF/HF 통신망은 중장거리 통신이 가능하다는 통신거리에서의 장점은 있으나 대역폭이 좁고 전송속도가 매우 낮으며 혼신 가능성이 매우 높기 때문에 무인 선박 보조통신용으로 적합하지 않다. AIS 통신망은 무인 선박과의 근거리 통신용으로 적합하지만 전송속도가 9,600bps로 매우 느리다는 단점이 있다. 인마셋 (inmarsat) 위성통신망은 장거리 통신이 가능하기 때문에 무인 선박의 통신 채널로 적합하지만 전송 속도가 최대 432kbps로 다소 느리며 고가의 통신비가 발생한다는 단점이 있다 [6].

자율운항 통신 서비스 관점에서의 운항을 위한 메시지 포맷 요구사항 분석을 하면 현재 선박과 선박, 육상 운영 센터의 게이트웨이와 연근해 운항 선박과의 통신을 위한 고속 무선 통신망을 위한 데이터 통신 포맷 분석이 필요하게 된다. 기존 해상 통신 데이터 포맷 분석 및 자율 운항 선박의 실시간 제어 및 통합 관제를 위한 자율 운항 선박과 육상 운영 센터 간 통신 서비스를 위한 송수신된 데이터를 활용방안 연구도 필요하며, 이를 그림 2에서와 같이 보여줄 수 있다.

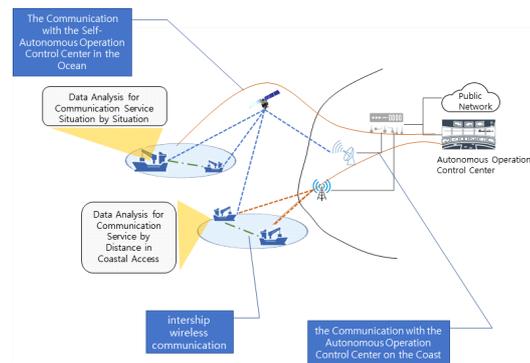


Fig. 2 Communication Scenarios

해상무선통신을 활용하기 위해서는 육상 운영 센터를 사용하거나 위성통신을 활용하는 방안을 사용하여

야 한다. 그러나 무인 선박의 안전 운항을 위해서는 선박 주변의 여러 환경을 감지하기 위한 여러 장비를 활용하는 중심적인 장치가 필요하며, 또한 무인 선박 간의 저비용 무선 네트워크를 활용하여 상호 간의 데이터를 전송하는 방안이 필요하며 그림 3과 같이 구성된다. 현재 무인 선박에서의 데이터 전송을 위해 기존 LTE-M 및 LTE 네트워크에서의 USN을 이용하여 기지국 역할하기 위한 방안으로 드론을 USN의 이동 기지국으로 활용하는 방안을 고려하고 있다. 따라서 이후 이동 기지국인 드론은 LTE 모뎀 혹은 근거리 통신 모뎀을 탑재한 싱크 노드로 선박 운항의 안전 정보를 센서 노드로부터 수집하여 선박에 전송하거나 선박 간의 정보를 상호 전송할 수도 있다. 따라서 드론을 활용한 근거리 네트워크를 형성하면 무인 선박 주변의 통신망을 형성하게 되고 보안 및 환경 센서를 활용한 정보 수집에 유리하게 된다.

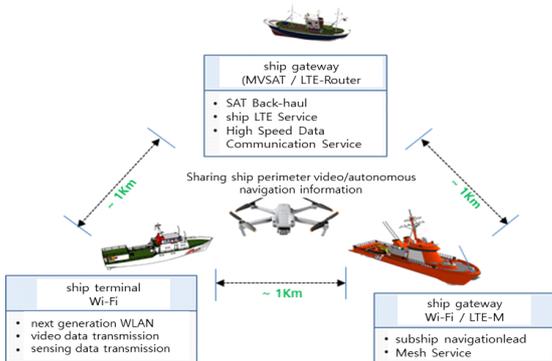


Fig. 3 Network Configuration Using Drone

### III. 제안 설계

제안하는 알고리즘은 그림 4와 같은 시나리오로 동작한다. 센서 네트워크는 실제적으로 선박을 중심으로 3개의 드론을 싱크 노드로 구성하여 선박 주변의 안전 정보를 제공하는 센서 노드를 배치되어 동작한다. 기존 센서 네트워크는 고정된 지역 내의 무작위 배치로 설계되지만 제안한 알고리즘은 선박 해상 통신을 기반으로 선박 내 운항 전자 장비 간 통신에 중점을 두고 있다. 이에 적지 않은 수의 센서 노드들을 무작위로 배치할 필요가 없다. 처음 노드들이 배치되게 되면 센서 노드들에게 전원이 공급되면서 센서 노드들은 자발적으로 계층적

멀티홉 통신망을 구성하게 된다. 센서 필드 내의 모든 노드들은 이동성이 거의 없는 정적인 노드와 선박에 탑재되어 선박과 같이 이동하는 센서 노드를 가정한다. 그 뒤 센서 노드들은 싱크 노드로부터 요청 쿼리를 받아 응답하며 요구 데이터를 가진 노드들은 싱크 노드인 드론으로 데이터를 송수신한다. 이 과정에서 에너지 효율을 높이기 위해 데이터 집합을 수행하고 이에 따른 링크 셋업 과정을 거쳐 보다 효율적으로 데이터를 전송하게 된다. [7]-[9].

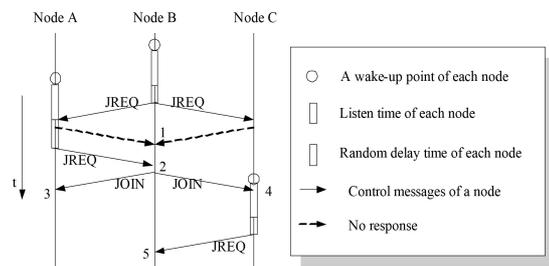


Fig. 4 Link setup process

### IV. 실험 및 성능측정

본 장에서는 제안 알고리즘에 대한 성능 평가를 위해 C++과 NS2를 사용하여 구현한 무선 센서 네트워크 라우팅 프로토콜 시뮬레이터를 이용하여 시뮬레이션 하였다. 이를 위해서 NS2 시뮬레이터[7]의 소스 내용을 추가하여 시뮬레이터의 정확성을 추구하고 있다. 그림 5는 성능 평가를 위해 구현된 시뮬레이터를 보여준다.

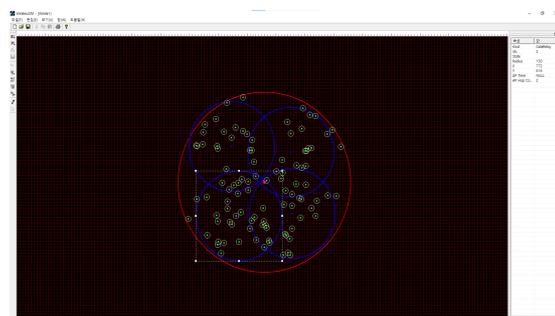


Fig. 5 Simulator

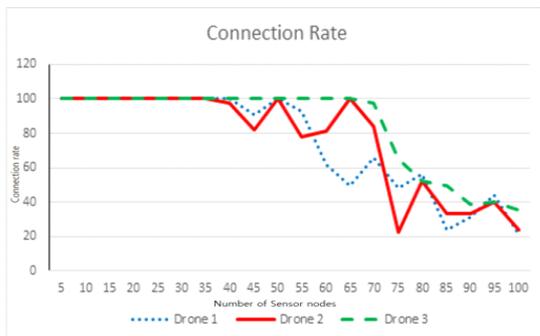
성능 평가를 위해 1000m×1000m의 공간의 시뮬레이션 환경에서 센서 노드의 수를 5개 단위로 100개까지 증

가시켜 가며 왕복 시간(round time)에 따른 연결률의 차이를 확인하였으며, 표 1에서 성능 평가 파라미터를 보여준다.

**Table. 1** Simulation Parameter

Items	Value
Number of anchor node (dron)	4
Transmission distance of anchor node	100 m
Number of sensor node	0 ~ 100
Transmission distance of sensor node	100 m
Number of ship	1

가정한 멀티홉 센서 필드 내에서는 싱크 노드와의 연결을 보장하게 하는 센서 노드의 수와 싱크 노드인 드론의 노드의 수가 센서 네트워크에서는 매우 중요한 요소가 된다. 연결이 보장되지 않을 경우, 센서 네트워크 구성에 문제가 발생한다. 다시 말해, 드론인 싱크 노드로 연결이 되지 않은 노드는 동작 불능의 노드가 되고 그 노드들이 수집한 데이터는 사용할 수 없는 데이터가 된다. 그러므로 에너지 효율성을 확인하기 전에 센서 필드 내에 싱크 노드와의 최소한의 연결율을 보장하기 위해서는 최소 연결 가능 노드의 경우보다 어느 정도의 노드 숫자가 추가적으로 더 센서 필드 내에 필요한지를 확인해 봐야 한다 [8]-[9]. 본 성능 평가에서는 싱크 노드의 개수를 제어하면서 그 연결을 확인하였다. 그림 6에서 보는 바와 같이 센서의 수가 증가하면서 싱크 노드의 수도 같이 증가하였지만 연결 반응속도는 항상 같지는 않다. 이는 무한정 싱크 노드의 수를 증가시키는 것보다 적절한 위치에 싱크 노드의 수를 제어하는 것이 연결성을 좋게 만든다는 것을 보여준다. 또한 싱크 노드의 수가 늘어날수록 센서 노드의 연결률이 증가하며 센서 노



**Fig. 6** Drones increase with connection rate.

드가 늘어나도 싱크 노드와의 적절한 위치에 배열되어 있지 않으면 연결이 급격하게 떨어짐을 볼 수 있다. 따라서 공간적인 경우를 확인하여 이를 감안한다면 싱크 노드의 수를 감소시켜 배치하여도 연결 확률을 높일 수 있음을 보여준다.

1000m×1000m 의 센서 필드 내에서 노드의 수에 따른 연결률에 대한 비교를 하였다. 여기서 그림 6에서 센서 필드 내에 대한 노드 밀도는 연결률과 밀접한 관계가 있음을 보여준다. 여기에 추가적으로 언급한다면 센서 노드들의 연결률은 센서 노드들의 전송 범위 크기와 연관성이 크다고 추론할 수 있다. 전송 범위가 작은 경우, 센서 노드의 연결률은 당연히 감소될 것으로 예상된다.

## V. 결론

현재 선박용 장비 및 기자재는 일부 자동화된 시스템을 도입하여 운영되고 있으나 무인 선박은 시스템의 전면적인 지능화를 지향하므로 선원의 수와 노동력을 절감되며, 보다 안정적이고 지능화된 ICT 융합 서비스 기술 형태의 자율적 성능이 강화되고 있다. 또한 기존 사람(선원, 노동자) 중심이 아닌 시스템 중심 운영으로 빅데이터 분석에 따른 통합 운영 최적화 기술과 체계화된 제어/관리 플랫폼 개발이 필요로 하고 있다. 현재 센서, 사물인터넷, 인공지능 등의 기술들을 활용하여 사람과 인공지능, 인공지능과 인공지능간의 상호 연결이 유연하고 효율적인 서비스를 위한 선박 스마트화가 구현되고 있다. 이러한 인공지능 무인 선박을 위해서는 안전한 선박 운항이 필요하며 이를 위해 안전운항 데이터의 수집/활용 기술은 상황에 대한 합리적인 최적의 결정을 지원할 수 있어 상황에 따른 대응을 합리적으로 지원할 수 있게된다. 최근 ICT 융합기술을 통해 조선해운산업에 4차 산업기술로의 적용을 기대하고 있어 이에 따른 다양한 서비스 산업으로의 적용을 기대할 수 있다.

## References

[ 1 ] K. L. A. Yau and A. R. Syed, "Maritime Networking: Bringing Internet to the Sea," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 48236-48255, Apr. 2019.

[ 2 ] S. W. Jo and W. S. Shim, "LTE-Maritime: High-Speed Maritime Wireless Communication Based on LTE Technology," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 53172-53181, Apr. 2019.

[ 3 ] M. Hoefl, K. Gierlowski, J. Rak, J. Wozniak, and K. Nowicki, "Non-Satellite Broadband Maritime Communications for e-Navigation Services," *IEEE Access*, vol. 9, pp. 62697-62718, Apr. 2021.

[ 4 ] Y. Kim, Y. Song, and S. H. Lim, "Hierarchical Maritime Radio Networks for Internet of Maritime Things," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 54218-54227, Apr. 2019.

[ 5 ] L. Chang, "Study of AIS communication protocol in VTS," *2010 2nd International Conference on Signal Processing Systems*, 2010.

[ 6 ] R. LaRosa, "Maritime satellite requirements and utilization," *IEEE Journal of Oceanic Engineering*, vol. 2, no. 3, pp. 267-273, Jul. 1977.

[ 7 ] Network Simulator version 2 [Internet]. Available: <http://www.isi.edu/nsnam/ns>.

[ 8 ] I. F. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam, and E. Cayirci, "Wireless sensor networks: a survey," *Computer Networks*, vol. 38, no. 4, pp. 393-422, Mar. 2002.

[ 9 ] W. R. Heinzelman, A. Chandrakasan, and H. Balakrishnan, "Energy-Efficient Communication Protocol for Wireless Microsensor Networks," in *Proceedings of the Hawaii International Conference on System Science*, pp. 1-10, Jan. 2000.



**홍성화(Sung-Hwa Hong)**

2002년 8월 : 한국항공대학교 정보통신공학과 (공학석사)  
 2008년 8월 : 고려대학교 전자컴퓨터공학과 (공학박사)  
 2009년 3월 ~ 2011년 8월 : 동양미래대학교 소프트웨어정보학과 교수  
 2011년 8월 ~ 현재 : 목포해양대학교 항해정보시스템학부 부교수  
 ※관심분야 : USN, 홈네트워크, 센서 네트워크, 임베디드 시스템, 계측제어



**김병국(Byoung-Kug Kim)**

2004년 8월 : 고려대학교 통신시스템기술협동 (공학석사)  
 2011년 8월 : 고려대학교 전자컴퓨터공학과 (공학박사)  
 2011년 9월 ~ 2013년 8월 : 동양미래대학 소프트웨어정보과 전임강사  
 2013년 8월 ~ 2021년 1월 : 대한항공 항공기술연구원 시스템개발팀 근무  
 2021년 3월 ~ 현재 : 인덕대학교 컴퓨터소프트웨어학과 조교수  
 ※관심분야 : 센서네트워크, 유비쿼터스컴퓨팅, 임베디드시스템, 운영체제, 네트워크 미들웨어