KICSP
한국 융합신호처리학회

융합신호처리학회논문지 Vol. 25, No.1 : 33~38 March 2024
DOI : 10.23087/jkicsp.2024.25.1.006

모빌리티 커넥티드 시스템 구축을 위한 저전력 기반 통신 기술 분석

유성구[1], 이주연[1*]
[1]전주비전대학교 전기공학과

Analysis of Low-power-based Communication Technology to Build a Mobility Connected System

Sung-goo Yoo[1], Ju-yeon Lee[1*]
[1]Department of Electric Engineering, Vision College of Jeonju

요 약 제품간 또는 시스템간을 서로 연결하는 커넥티드 기술의 중요성이 커지고 있다. 커넥티드 기술은 주변 사물들과 소통하고 네트워크로 서로 연결되어 하나의 시스템처럼 동작시킬 수 있는 개념이다. 특히 무선 통신을 이용하여 구현할 수 있으며 통신거리, 속도 등 적용 시스템에 따라 다양한 조건이 요구된다. 본 연구에서는 자율주행차, 드론, UAV, 공유이동수단 등 모빌리티 장치간의 커넥티드 구현을 위한 통신 기술 동향을 분석하였다. 현재 상용화되거나 개발 중인 최신 통신 방식의 통신거리, 속도, 유무선여부 등을 조사하였으며, 특히 저전력 동작 여부에 중점을 두어 분석하였다. 저전력원거리통신(LPWAN) 시스템 구축에 필요한 요소기술이 무엇인지 도출하였으며, 1차적으로 드론 커넥티드 구성을 위한 방안을 도출하였다. 분석결과 LoRa 시스템을 활용한 커넥티드 시스템 구현이 가능함을 보였으며, 구성방안 예시안을 제시하였다.

• 주제어 : 모빌리티, 커넥티드, 저전력원거리통신, 드론, LoRa

Abstract The importance of connected technology that connects products or systems is increasing. Connected technology is a concept that can communicate with surrounding objects and connect to each other through a network to operate as one system. In particular, it can be implemented using wireless communication, and various conditions are required depending on the application system, such as communication distance and speed. In this study, we analyzed trends in communication technology for the implementation of connectivity between mobility devices such as self-driving cars, drones, UAVs, and shared mobility devices. The communication distance, speed, wired and wireless status, etc. of the latest communication methods currently commercialized or under development were investigated, with a particular focus on low-power operation. We identified the element technologies needed to build a low-power long-distance communication (LPWAN) system, and initially developed a plan for constructing a connected drone. The analysis results showed that it was possible to implement a connected system using the LoRa system, and an example configuration method was presented.

• Key Words : Mobility, Connected, Low-power wide area network, Drone, LoRa

Received 27 September 2023, Revised 25 March 2024, Accepted 30 March 2024

*** Corresponding Author** Ju-yeon Lee, Department of Electrical Engineering, Visioin College of Jeonju, 235 Cheonjam-ro, Wansan-gu,Jeonju-si, Jelollabuk-do, E-mail: jyscgo@hanmail.net

Ⅰ. 서론

현대 사회의 기술적 발전으로 제품간 또는 시스템간을 연결하는 커넥티드 기술의 중요성이 커지고 있다. 최근에는 커넥티드카에서 커넥티드 시스템으로 확장하고 있다. 기존 자동차와 인터넷과 모바일기기 등 IT 기술을 융합하여 사용자에게 안정성과 편의성을 제공해주는 시스템을 의미했지만, 지금은 자동차와 드론, 자동차와 공유이동장치, 드론과 공유이동장치와 같이 도로 및 항공으로 이동하는 모든 모빌리티 장치를 연결하는 개념으로 확장되고 있다[1-3]. 또한 다양한 분야로 확장이 가능한데 예로, 제조업에서는 스마트 팩토리를 구축하여 생산 과정을 최적화하고 자동화하기 위해 커넥티드 기술이 필요하며, 헬스케어 분야에서는 커넥티드 기기와 센서를 활용하여 환자의 건강 상태를 실시간으로 모니터링할 수 있도록 활용할 수 있다[4-9].

커넥티드 시스템의 구성은 통신 방식에 따라 다양하게 구성할 수 있다. 본 논문에서는 현재 개발된 통신 방식의 형태 및 특징을 분석하여 각 통신 시스템을 활용하여 구성할 수 있는 모빌리티 전용 커넥티드 시스템의 기본 방향을 제시하고자 한다. 특히 현재 주로 사용되고 응용이 가능한 무선 통신 방식에 대해서 분석하였으며 이종간의 드론 커넥티드 시스템 구현에 적용이 가능한 통신 방식 및 형태를 분석하였다[10].

커넥티드 구현을 위해서는 저전력 장거리 통신 기술 적용이 매우 중요하다. 저전력은 충전이 어려운 사물 인터넷 환경에서 적용하기 위해 필요하며, 장거리는 기존 통신 기술의 거리제한 문제 극복해야 한다. 또한 운용상에 저비용으로 운영이 가능해야 한다. 넓은 커버리지와 기반 범위 확대를 위해서는 저가 통신칩, 저가 단말의 대규모 접속 지원이 가능해야 한다[11-12].

저전력 형태를 유지하는 통신방식 중 향후 이종간 모빌리티 시스템의 커넥티드 기술 구현성에 가장 장점이 있는 통신 방식을 분류하며, 응용성과 활용성에 대해 분석하여 결과를 제시하고자 한다.

그림 1은 현재 중장거리용으로 적용이 가능한 네트워크 망의 형태 및 정의를 나타낸다. 거리가 100m 이내의 단거리 네트워크망은 블루투스, 지그비 등이 주로 사용되고 있으며, 셀룰라 네트워크는 4G(LTE-M), 5G가 적용되고 있다. 셀룰라의 경우 별도로 통신사에 가입해야 하며, 모듈의 단가가 고가인 단점이 있다. 본 연구에서는 드론 시스템간의 커넥티드 구현을 위한 무선 통신 방식의 종류 및 특징을 분석하고자 한다. 드론 시스템 커넥티드의 경우 거리는 약 1Km 이내이며 데이터 전송량은 100kbps 이하여도 구현할 수 있다. 따라서 LPWAN(Low Power Wide Area Network) 영역의 통신 기술 적용이 필요하다[13-14].

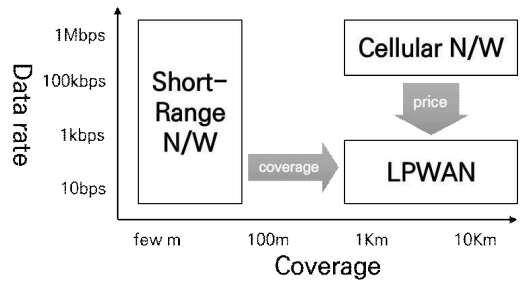

Fig. 1. Types and definitions of Internet connections

Ⅱ. 커넥티드 통신 기술 분석

2.1 모빌리티 커넥티드 구성을 위한 요구사항과 특성 분석

LPWAN을 통해 모비리티 커넥티드 시스템 구현을 위해서는 표준화 및 활용방안에 대한 검토가 필요하다. 사업자가 많은 비용을 들여 투자해 놓은 셀룰러 시스템의 활용하기 위해서는 연간 비용과 높은 하드웨어 비용이 발생한다[15-16]. 따라서 모빌리티 운용 방안을 적용한 최적의 커넥티드망 요소가 필요하다. 표 1에 소규모 모빌리티 운용 산업 적용이 가능한 특성과 요구사항을 기술하였다.

Table 1. Drone Connected Network Requirements and Characteristics

Value	Parameter
Range	$100m \sim 1km$(open land)
Power consumption	1 year battery life
data throughput	usually less than a few kbps
wireless chip-set price	$20 or less
transmission delay	independent of delay
Individual subscription fee	under $100

특히, 운용 예시로 방재용 드론 커넥티드 시스템을 제안하고자 한다. 이를 운용하기 위한 통신거리는 최소 100m에서 최대 1km 정도이며, 배터리는 상황에 따라 최장 1년이상 그리고 데이터 처리율은 수 kbps 정도가 필요하다고 판단된다. 데이터의 경우 GPS 값과 센서값 정도만 송수신하기 때문에 저전력 구현 및 적용이 가능할 것으로 판단된다. 셀룰러 통신망을 이용할 경우 최소 1년에 약 10만원 정도의 고정 비용이 발생하며 5G 및 LTE 모듈 칩의 경우 단가가 높은 단점이 있다. 그리고 LPWA망의 KPI(Key Performance Index) 요구사항으로는 전력소모, 칩셋가격, RF가격, 통신거리가 요소로 연구되었다[2].

2.2 통신 방식별 비교

통신 방식은 통신거리에 따라 근거리 통신과 장거리 통신으로 구분할 수 있으며, 커넥티드 시스템 구현에는 2가지 모두 적용이 필요하다. 근거리 무선통신 기술은 원격 노드가 매우 짧은 거리에 연결되는 네트워크 프로토콜로, 커넥티드 시스템 구현상에서는 센서 정보 전달, 모니터링, 플러그인 모듈 등에 적용이 가능하다. 근거리 무선 통신 기술의 종류는 블루투스, 와이파이, 지그비, UWB 등이 있다. LPWAN은 원거리 원격 IoT 무선 기술로 정의할 수 있으며, 장치로는 송수신 단말장치 게이트웨이 필요시 서버를 두는 형태로 구성할 수 있다. LPWAN의 특징으로는 운용비용 절감, 원거리 원격 송수신, 저전력 프로토콜 등이 있다[17].

Table 2. Comparison by short-rangel communication method

Items	Bluetooth	ZigBee	Wi-Fi	UWB
Frequency Band	2.4GHz	2.4GHz	2.4GHz	3.1GHz~ 10.6GHz
Standard	IEEE 802.15.1	IEEE 802.15.4	IEEE 802.11b	null
Commu-nication range	1~10m	10~20m	100m	>100m
commu-nication speed	10Mb/s	20k~250 Kb/s	11Mb/s	>100Mb/s
Encryption Mode	PIN code	AES-128	WPA/PSK	THSS

최근에는 블루투스와 와이파이를 가장 많이 적용하고 있으며, 특수한 상황에 따라 지그비, UWB 등을 적용하고 있다. 다양한 기술 들이 개발되고 있지만 표준화 및 상용화에는 어려움이 있는 실정이다. 표 2에 표준화가 진행된 3가지 방식과 초광대역(UWB)에서 초저전력 소비가 가능한 방식에 대한 비교를 나타내었다.

장거리 통신의 경우 무선LAN은 최신 규격 IEEE 802.11 ax에서는 최대 전송 속도가 9.6Gb/s에 달했지만 통신 거리가 수십에서 수백미터 정도밖에 안된다. 또한 방향성으로 인해 건물내부에서는 통신 장애가 발생하게 된다. 커넥티드 시스템의 구현상에서 영상이미지 및 고용량 데이터를 전송하지 않는다면 고속 데이터 통신이 필요치 않다. 즉 IoT 디바이스 상태 모니터링 및 센서 정보 전달이 주라면 수백 비트 전송으로도 가능하다. 즉 구현하고자 하는 시스템의 상황에 맞게 단거리 고속통신, 원거리 저속통신, 원거리 고속통신 등 선택이 필요하다. 본 연구에서는 원거리 저속통신 시스템에 중점을 두고 분석하고자 한다. 현재 주로 적용되고 있는 원거리 통신 중 저전력 기능을 포함한 통신 방식은 전용망 방식과 비전용망 방식으로 구분이 가능하며 표 3에 LPWAN 기술 종류를 나타내었다.

Table 3. Comparison by LPWAN method

type	Dedicated network method	Non-dedicated network method
explanation	• Unlicensed band wide-area IoT technology • Use of independent communication network • Use of ISM band frequencies • Low construction cost	• Cellular-based wide area communication network • Use of existing mobile communication frequencies • Utilize established LTE network
example	• LoRA • Sigfox	• 3GPP Standard • LTE-M • NB-IoT

전용 NB를 이용한 방식으로는 SigFox와 LoRa가 있으며, 셀룰라 기반 방식으로는 LTE, NB-IoT 그리고 5G

가 있다. 표 4에 각 방식별 특성에 관해 기술하였다. 드론 커넥티드 구현을 위해서는 통신거리와 유지비용 그리고 전력소모를 중요 요소로 선택할 수 있으며, 분석한 방법 중에서는 LoRa가 가장 최적의 방식으로 선택할 수 있다. LoRa의 통신거리는 최소 2Km를 보장하고 칩의 전력소모도 매우 작아 200mAh 배터리 기준 약 9년의 운용기간을 보장한다. 또한 모듈 가격도 저렴하고 장기사용시 가입사용료도 매우 저렴하다. 하지만 본 논문에서의 비교 결과는 각 방식의 공식 발표자료로 실제 구현상에서는 결과값이 상이할 수 있다.

Table 4. Comparison by LPWAN method

Method / Item	Private NB		Cellular NB	
	SigFox	LoRa	LTE-M	5G IoT
standard	self-standard	based IEEE 802.15.4g	3GPP Rel.12	3GPP Rel. 15&Beyond
transmission speed	UI:160bps DL:600bps	50Kbps/ 20Kbps	1Mbps/ 1Mbps	10Mbps/ 10Mbps
Bandwidth	ISM Bands (EU868/US 902)	EU:867~869 US:902~928	LTE Bandwidth	5G Bandwidth
price and complexity	$5	$5	$13/40%	$5
power consumption(2000mAh)	7.5 Year	9.75 Year	1.5 Year	1 Year
subscription fee	$1/year	$1/year	$2~9/Month	$30/Month
communication distance	Under 15Km	2~15Km	2.5~5Km	2.5~5Km
channel modifier bandwidth	200KHz	500/250/125KHz	1.4MHz	02.MHz~

2.3 커넥티드 무선 어플리케이션 요구사항

커넥티드 시스템의 구성은 매우 다양할 수 있다. 지상의 장치와 항공 장치가 결합될 수도 있고, 항공과 수상장치가 결합될 수도 있다. 즉 구현하고자 하는 응용시스템 및 산업에 맞는 통신 방법을 도출해야 한다.

본 절에서는 무선 어플리케이션 구성 솔루션 도출을 위한 과정을 그림 2에 나타내었다. 먼저 통신 거리를 설정해야 하며, 장착되어야 할 노드의 숫자와 필요한 통신속도를 파악해야 한다. 다음으로 디바이스의 전원 공급방법을 파악해야 하며, 주변환경에 따라 설치 방법을 고려해야 한다. 다음으로 통신 규격이나 신호에 의한 규제문제가 있을 수 있는지를 파악해야 한다. 다음으로 제작할 디바이스의 크기와 공간에 대한 정의가 필요하며 최종적으로 실제 운용할시 발생하는 비용과 보안문제에 대한 대책을 수립해야 한다.

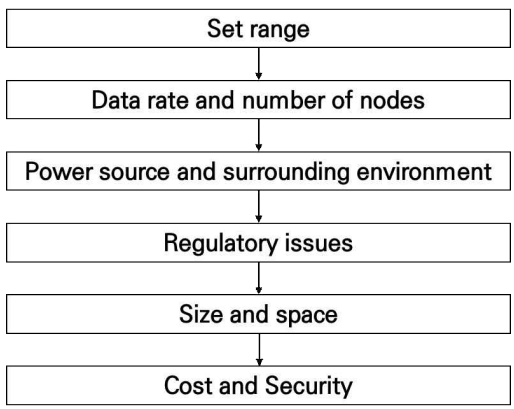

Fig. 2. Wireless application requirements derivation process

2.4 LoRa 기반 드론 커넥티드 시스템

본 절에서는 2.2절에서 분석한 LoRa 모듈과 2.3절에서 분석한 어플리케이션 구축 요구사항을 종합하여 커넥티드 시스템 구현에 대한 예시를 제시한다. 시스템 구현을 위해서는 네트워크 요소 구성과 단말장치 구성으로 분류할 수 있다.

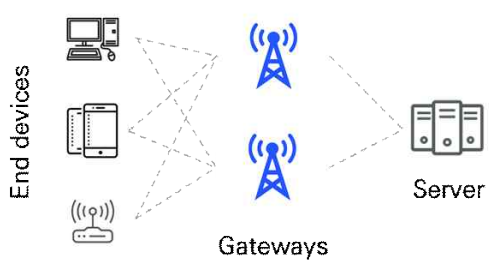

Fig. 3. LoRa-WAN network configuration

네트워크 요소는 각 단말장치가 연결되어 원거리 통신이 가능하도록 게이트웨이와 서버를 구축하는 과정을 의미한다. 그림 3에 기본 구성 방안에 대해 나타내었다. 게이트웨이는 안테나를 포함하여야 하며 네트워크 서버에서는 단말장치간에 실행해야 하는 환경에 따라 어플리케이션 및 소프트웨어를 설치해야 한다.

그림 4는 LPWAN을 적용하여 드론 커넥티드 시스템의 구현 방안에 대해 나타내었다. 미래 드론 산업은 단독 운영보다는 멀티운영 및 공동 운영에 대한 기술이 필요한 상황이며, LoRA-WAN은 드론 커넥티드 운용의 기술적 해결 방법이 될 수 있다. 드론의 위치 및 센서 정보를 송신하는 모듈과 이를 수신하여 서버 및 모니터링 센터로 전달하는 수신 모듈로 구성한다.

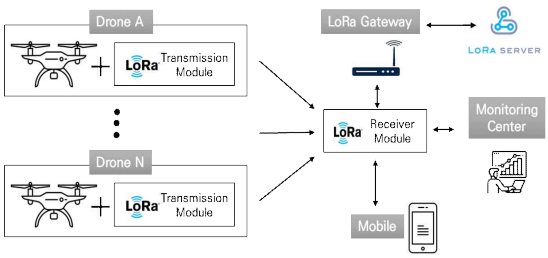

Fig. 4. LoRa-based drone connected system

Ⅲ. 결론

본 연구에서는 최근 이슈가 되고 있는 커넥티드 기술에 대해 다루었다. 특히 장치간 및 시스템간 연결이 가능한 통신 방식에 대해 분석하였다. 무선 통신 기반에 원거리 통신이 가능하며 전력소비가 적은 LPWAN 통신 방식에 대해 상세히 분석하였으며, 어플리케이션 적용을 위한 요구사항을 도출하였다.

통신거리, 통신속도, 유집비용, 표준화 등의 요소를 종합하여 현재 개발 및 제안한 방식에 대해 조사하였으며, 소규모 및 제한적 규모의 어플리케이션 적용에는 LoRa 방식이 가장 적합함을 도출하였다. 또한 어플리케이션 솔루션을 구축하기 위한 절차도 제안하였다. 또한 드론산업에 적용이 가능한 LoRA 기반의 커넥티드 시스템 구성안을 제시하였다.

제안한 구성은 비용 및 환경에 따라 제약이 있을 수 있으며, 이를 보완하기 위한 다양한 기술적 개발이 필요한 실정이다. 차후 연구로는 지상과 공중 장치간의 커넥티드를 구현하는 연구를 진행하고자 한다. 특히 드론 자체가 서버가 되어 자체적으로 커넥티드 시스템의 메인제어장치로 구성하는 연구를 추진할 예정이다.

ACKNOWLEDGMENTS

본 논문은 LINC3.0 사업의 2023 산학공동기술개발과제의 지원을 받아 수행된 것임(과제번호 : LINC-기술개발-8)

REFERENCES

[1] Haxhibeqiri, Jetmir, et al. “A survey of LoRaWAN for IoT: From technology to application.“ Sensors vol. 18, no. 11, 2018.

[2] Almuhaya, Mukarram AM, et al. “A survey on Lorawan technology: Recent trends, opportunities, simulation tools and future directions.“ Electronics, vol. 11, no. 1, 2022.

[3] de Carvalho Silva, Jonathan, et al. “LoRaWAN—A low power WAN protocol for Internet of Things: A review and opportunities.“ 2017 2nd International multidisciplinary conference on computer and energy science (SpliTech). IEEE, 2017.

[4] Y.D. Lee, “Development of Cloud based Data Collection and Analysis for Manufacturing,” Journal of the korea institute of convergence signal processing, vol. 23, no.4, pp.216-221, 2022.

[5] Kufakunesu, Rachel, Gerhard P. Hancke, and Adnan M. Abu-Mahfouz. “A survey on adaptive data rate optimization in lorawan: Recent solutions and major challenges.“ Sensors, vol. 20, no. 18, 2020

[6] J. S. Woo, S. G. Hong, J. M. Park, “Implementation of AI-based Object Recognition Model for Improving Driving Safety of Electric Mobility Aids,” Journal of the korea institute of convergence signal processing, vol. 23, no. 3, pp.166-172, 2022.

[7] Magrin, Davide, Martina Capuzzo, and Andrea Zanella. “A thorough study of LoRaWAN performance under different parameter settings.“ IEEE Internet of Things Journal, vol. 7, no. 1, pp 116-127, 2019.

[8] H. G. Kang, N. G. Kim, J. W. Kim, “Synchronized Transmission for Real-Time Remote Control in the Wireless Network,” , Journal of the korea institute of convergence signal processing, vol. 22, no. 2, pp.64-70, 2021.

[9] Rizzi, Mattia, et al. “Evaluation of the IoT LoRaWAN solution for distributed measurement applications.“ IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, vol. 66, no. 12, pp 3340-3349, 2017.

[10] J. H. Shin, D. H. Han, “RBFNN Based Decentralized Adaptive Tracking Control Using PSO for an Uncertain Electrically Driven Robot System with Input Saturation,” Journal of the korea institute of convergence signal processing, vol. 19, no. 2, pp.77-88, 2018.

[11] Sendra, Sandra, et al. “LoRaWAN network for fire monitoring in rural environments.“ Electronics, vol 9, no. 3, pp 531, 2020.

[12] Khutsoane, Oratile, Bassey Isong, and Adnan M. Abu-Mahfouz. “IoT devices and applications based on LoRa/LoRaWAN.“ IECON 2017-43rd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society. IEEE, 2017.

[13] Basford, Philip J., et al. “LoRaWAN for smart city IoT deployments: A long term evaluation.“ Sensors, vol 20, no. 3, pp 648, 2020.

[14] Cotrim, Jeferson Rodrigues, and João Henrique Kleinschmidt. “LoRaWAN mesh networks: A review and classification of multihop communication.“ Sensors, vol 20, no. 15, pp 4273, 2020.

[15] Miles, Badreddine, et al. “A study of LoRaWAN protocol performance for IoT applications in smart agriculture.“ Computer Communications, no. 164, pp 148-157, 2020.

[16] Ballerini, Massimo, et al. “NB-IoT versus LoRaWAN: An experimental evaluation for industrial applications.“ IEEE Transactions on Industrial Informatics, vol. 16, no. 12, pp 7802-7811, 2020.

[17] Porselvi, T., et al. “IoT based coal mine safety and health monitoring system using LoRaWAN.“ 2021 3rd International Conference on Signal Processing and Communication (ICPSC). IEEE, 2021.

저자소개

유 성 구 (Sung-goo Yoo)

2003년 2월 : 전북대학교 제어계측공학과(공학사)
2005년 2월 : 전북대학교 제어계측공학과(공학석사)
2010년 8월 : 전북대학교 제어계측공학과(공학박사)
2022년 3월~현재 : 전주비전대학교 전기공학과 교수
관심분야 : 계측시스템, 통신제어, IoT, 드론

이 주 연 (Ju-Yeon Lee)

2010년 2월 : 전북대학교 전자정보공학부(공학석사)
2018년 2월 : 전북대학교 전자정보공학부(공학박사)
2018년 3월~현재 : 전주비전대학교 전기공학과 교수
관심분야 : 임베디드시스템, OLED, 이차전지, 드론제어