

## LoRa망을 이용한 무인이동체 IoT 활용법 제안

이재웅<sup>1</sup> · 장종욱<sup>1\*</sup>

### Suggestion to Use Unmanned Vehicle with IoT about LoRa Network

Jae-Ung Lee<sup>1</sup> · Jong-Wook Jang<sup>1\*</sup>

<sup>1\*</sup>Department of Computer Engineering, Dong-Eui University, Pusan, 47227 Korea

#### 요 약

무인이동체에 대한 연구가 지속적으로 이루어져왔다. 현재까지 지속적인 연구의 결과 무인이동체의 상용화 소식이 들려온다. 또한, 다양한 분야에서 무인이동체를 적용해 왔다. 무인이동체를 실내에서 적용시키기 위해서도 또한, 많은 연구가 이루어져왔다.

IoT전용 망인 LoRa망을 이용하여 작은 공간인 집이나 혹은 사무실 병원 에서부터 공장까지 LoRa망을 적용한 무인이동체 관제 시스템을 설치하여 무인이동체가 특수한 작업을 할 때, 더욱 효율성을 높여준다.

본 논문은 IoT전용 망인 LoRa망을 이용하여 무인이동체를 하나의 사물로 인식하고, 주변 사물과 소통을 하며 무인이동체가 실내에서 주행에 필요한 정보들을 클라우드 서버로부터 제공 받음으로써, 다양한 문제점들에 대한 해결책을 제시한다.

#### ABSTRACT

There has been a steady study of unmanned vehicle. So far, continuous research has brought news of the commercialization of unmanned vehicle. In addition, it has been applied in a variety of fields with another industry. A lot of research has been done, too, to apply inert driving indoors.

Using LoRa network, which is a network dedicated to IoT, unmanned vehicle control system that is applied to LoRa network from a small space, or from an office hospital to a factory, is installed to increase efficiency when the performs special tasks.

This paper presents solutions to a variety of problems by using LoRa network, which is dedicated to IoT, to recognize an unmanned vehicle as a single object, to communicate with surrounding objects, and to receive information necessary for driving indoors from a cloud server.

**키워드** : LoRa, 무인이동체, 실내 자율주행, 클라우드 서버 IoT.

**Keywords** : LoRa, Unmanned Vehicle, Self-driving Indoor, Cloud Server IoT.

Received 17 August 2018, Revised 24 August 2018, Accepted 5 September 2018

\* Corresponding Author Jong-Wook Jang(E-mail: jwjang@deu.ac.kr, Tel:+82-51-890-1704)

Department of Computer Engineering, Dong-Eui University, Pusan, 47227 Korea

Open Access <http://doi.org/10.6109/jkiice.2018.22.12.1691>

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. 서 론






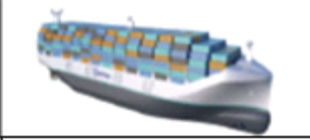











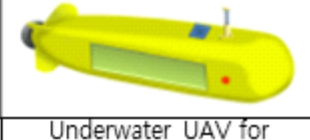
	AIR	Land	Ocean
Primary industry			
	Agricultural multicopter	Unmanned tractor	Unmanned ship for fishing
Transportation			
	Delivery multicopter	Shipping droid	Unmanned freighter
Public Service			
	Emergency multicopter	Unmanned fire car	Search unmanned ship
National territory and infrastructure management			
	UAV Drone	Construction landless unmanned vehicle	Unmanned submersible for underwater structure inspection
Shooting and entertainment			
	Hobby drone	Unmanned land vehicle for photographing	Unmanned submersible for submarine sightseeing
Future defense			
	Small UAV for reconnaissance	UAV for removal of dangerous goods	Underwater UAV for removing explosives

Fig. 1 Unmanned vehicle joined by various industrial groups[2]

산업혁명은 인류역사상 많은 변화를 불러 일으켜 왔다. 이러한 산업혁명은 인류역사상 많은 발전을 이루어 준다. 1차 산업혁명 때, 증기기관의 발명은 인류가 손에서 기계로 결정적인 계기를 제공하게 되었다. 덕분에 노동의 생산성은 2~3배 이상으로 급증하게 되었다.

2차 산업은 전기 동력을 활용한 대량생산으로 볼 수 있다. 이를 통해 철도 건설과 대규모 철강 생산, 광범위하게 퍼져있는 제조업 기계들이 발판이 되었다. 2차 산업의 가장 큰 특징은 전기와 이를 기반으로 한 통신기술의 발달이다. 3차 산업은 컴퓨터 제어 자동화가 되겠다.

컴퓨터를 활용하여 단순반복운동에 대하여 컴퓨터가 대신 투입함으로써, 사고율을 낮출뿐더러 생산량과 속도 측면에서 많은 성장이 있었다. 이를 통해 전통적인 제조업 중심시대는 끝나고 사회적 네트워크와 협업 등에 의한 새로운 시대가 예고되었다. 마지막으로 4차 산업혁명은 AI등 최첨단 기술의 융합을 말한다. 그야말로 이제는 모든 사물이 통신을 통하여 서로 소통을 하게 되는 시대가 되었다는 것이다[1]. 또한, 그림1은 다양한 산업에 무인이동체와의 융합을 시도해온 결과이다[2].

그러나 종래의 기술은 모두 실외에서 적용이 된다. 기 이유는 아직 실내에서의 위치파악에 어려움으로 인하여 무인이동체의 공간적 제약(制約)을 4 차 산업의 IoT 기술과의 융합으로 제약을 풀어 줌으로써, 실내에서 무인이동체의 활용도를 더욱 높여준다. 또한 논문[3]에서는 LoRa망을 “제4차 산업혁명은 디지털, 물리적, 생물학적 경계가 사라지는 기술 융합으로 지금까지의 인류 생활환경에 일대 혁신을 가져올 전망이다. IOT 기술은 기존의 이동통신 생태계를 상당부분 바꾸어 놓고 있다. 기존의 2G/3G CDMA 시장을 IOT 전용 통신망인 LoRaWAN이 감당하게 되면서 물관리 시스템에서도 많은 변화를 예상하고 있다. LPWAN은 통신 반경이 수십 킬로미터(Km)로 넓고 전력 소모가 적어 단말 배터리 수명을 수년간 유지할 수 있는 기술이다. 이 기술은 저렴한 단말기 비용과 회선 사용료를 기반으로 가스·수도 계량기, 자전거·반려 동물 추적, 온도·습도 등 모니터링 및 제어 등에 광범위하게 사용할 수 있다. 최근 LPWAN 기술의 대표적인 LoRa 방식은 Long Range로부터 이름 지어 졌다[4][5].

이를 보면 알 수 있듯 장거리 통신에 장점을 가지고 있다. LoRa는 통신범위를 증가시키기 위해 저전력 특성을 가지는 chirp spread spectrum 변조방식을 사용한다. LoRa는 기기간 동기를 맞추는 필요가 없고, 채널에 대한 모니터링이 필요 없다. 또한 Sensitivity 특성이 좋아서 Noise에 강하고, 10Km의 넓은 범위를 갖는다. 전력소모도 매우 적어 10년까지 사용할 수 있는데 원격검침이나 화재 알람 등에 응용할 수 있다. 본 논문에서는 SK LoRa 망을 이용한 원격검침 시스템에 있어서 원격 수집기와 로라 게이트웨이 간의 통신 거리가 실질적으로 확장될 수 있도록 하는 LoRa 기반의 스마트 미터링 시스템을 제안하였다.”라며 LoRa망의 활용성의 장점에 대

해 언급하였다.

본 논문에서는 무인이동체의 실내 주행을 위해 필요한 기술과 더불어 IoT전용 망인 LoRa망을 사용함으로써, 무인이동체가 주행에 있어 필요 정보들을 전달 받고 또한, 환경적 요소로 주행에 장애가 되는 부분들에 대한 해결을 도와줌으로써, 무인이동체가 더욱 자유롭게 실내에서 활보(闊步) 할 수 있게 제안한다.

## II. 통신기술

4차 산업의 발전은 다양한 산업의 융합을 통하여 IoT(Internet of Things)에 대한 관심은 사상 최고치에 달하고 있다. 그 관심의 대상은 커넥티드카/자율주행 그리고 무인이동체로만 국한되지 않으며, McKinsey 보고서에 따르면, IoT 채택 사례가 증가함에 따라 Smart City Industry에 대한 가치가 2020년까지 4천억 달러에 달할 것으로 전망된다.

LoRaWAN(Long Range Wide Area Networks)네트워크는 현재 50개국 이상에서 운영되고 있으며 매 분기 더 많은 국가로 확장되고 있다. 최근 호주에서는 LoRa를 최초의 IoT 네트워크로 공식 선언하였다. 이는 LoRaWAN의 독보적인 배터리 성능과 적응적 데이터 전송률, 우수한 커버리지, 그리고 상당한 비용상의 이점과 개방형 표준, 확장성 및 보안성 등으로 산업화에 적용함에 많은 이점을 가져다주기 때문이다.

LoRa 네트워크에서 동작하는 기기는 ISM 주파수 사용 규정에 따라 기기 출력이 25mW 이상을 넘지 않으며, 게이트웨이는 Star-of-Stars 구조이다. 이는 단말과 네트워크 서버 사이에서 단순 메시지를 전달하는데 LoRaWAN은 단말에서 게이트까지 무선 인터페이스가 중단되고, 네트워크 서버에서 프로토콜이 중단된다. 그러므로 여러개의 게이트웨이가 네트워크 서버에 접속이 이루어지면, IP forwarding으로 연결이 되는데 이는 단순 메시지 전달기능 위해서 이다.

ETRI에서 발표한 LPWA 기반 IoT 전용 네트워크 기술동향[4]에 따르면 “LoRaWAN의 게이트웨이는 단말과 네트워크 서버 사이에서 단순 메시지 전달기능으로서 ‘star-of-stars’ 구조이다. (그림 2)와 같이 이 구조는 단말에서 게이트웨이까지의 LoRaWAN 무선 인터페이스가 중단되고, 프로토콜은 네트워크 서버에서 중단된

다. 따라서 복수의 게이트웨이가 네트워크 서버에 접속되며, 단순 메시지 전달기능을 위한 IP forwarding으로 연결된다. 최대 MAC payload의 크기는 비면허대역의 특성을 고려하여 250바이트를 넘지 않는다.”

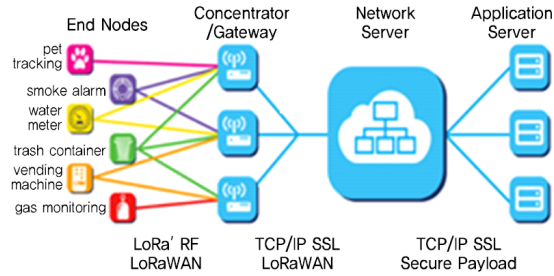


Fig. 2 LoRaWAN Architecture[6]

그림2는 LoRaWAN의 게이트웨이가 단말과 네트워크 서버 사이에서 단순 메시지 전달기능으로서 ‘start-of-stars’구조를 설명하는 그림이다.

아래의 표1은 ETRI에서 발표한 LPWA 기반 IoT 전용 네트워크 기술동향을 통해 LPWAN 기술 비교표이다.

Table. 1 LPWAN Technical comparison[6]

	Proprietary/Unlicensed			Standard/Licensed		
	LoRa [Semtech]	UNB [Sigfox]	RPMA [Ingenu]	LTE-M [CAT-M]	NB-IoT [CAT-NB]	EC-GS M
Spec trum	Unlicen sed Sub-GHz	Unlicen sed Sub-GHz	Unlicen sed 2.4GHz	Licensed LTE in-bands	Licensed LTE 3 modes	Licensed GSM Bands
Modul ation	CSS	FSK	DSSS	QPSK QAM	pi/4 QPSK pi/2 BPSK	GMSK
Data Rate	<50kbps (DL/UL)	100bps	15kbps	<1Mbps (DL/UL)	<170kbps(DL) <250kbps(UL)	<140kbps(DL/UL)
Chann el BW	125-500 KHz	100Hz	1MHz	1.08MHz	180KHz	200KHz

또한, ETRI에서 발표한 LPWA 기반 IoT 전용 네트워크 기술동향[3]에서 LPWAN에 대한 표준동향으로 “IEEE802.15 working group은 2016년 9월회의에서 LPWA 응용에 대한 적합성 검증 및 백서 작성을 목적으로 IG LPWA를 신규 결성하였다. 검증의 대상은 IEEE 표준뿐만 아니라 모든 후보기술들이 포함되며, 작성된

백서는 새 표준 개발 여부를 판단하기 위한 근거로 활용할 예정이다.”고 발표 하였다.

### III. 실내 무인이동체에 LoRa망 적용

#### 3.1. 실내 무인이동체 동작의 전체적인 설계

아래의 그림은 실내 무인이동체가 실내에서 작동되어지는 과정을 전체적으로 설계한 것이다.

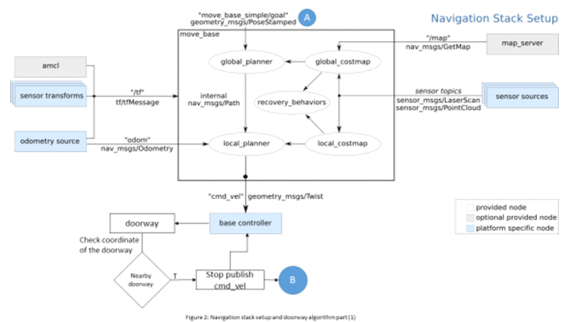


Fig. 3 Interior inertial operation algorithm.

그림3은 무인이동체가 전체적으로 작동하는 과정을 그려둔 설계도이다.

본 논문에서는 전체적인 부분을 다루는 것이 아닌 무인이동체의 기능중 데이터 통신부분을 집중적으로 다룰 것이다.

#### 3.2. 무인이동체 데이터 통신 부분 설계 및 적용 점

그림4는 기본적으로 무인이동체 통신에 필요한 기능들이다.

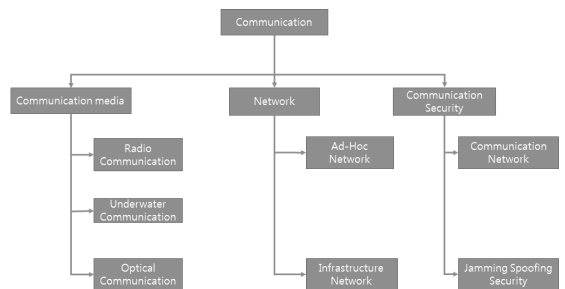


Fig. 4 Unmanned vehicle about composition of communication technology.

통신미디어 기술은 무인이동체가 통신에 사용하기 위해 사용하는 전파, 음파 그리고 광통신에 관한 기술이다. 본 논문에서는 미디어 부분에서 이루어지는 영역을 LoRa망으로 대체함으로써, 실내지도에 대한 정보를 무인이동체로 정보를 전달받아 무인이동체가 실내에서도 목적지점까지 정확히 이동할 수 있게 도와준다.

기본적으로 무인이동체의 연구에 있어서 통신부분에 많은 연구가 이루어지고 있다. 무인이동체의 안전하고 효율적인 임무 수행의 목적으로 위해 무인이동체와 지상 통제시스템 사이에서 정보 교환을 수행하는 기술으로써, 무인이동체에 가장 중요한 핵심 기술이라 할 수 있다.

3.3. 서버 및 무인이동체 제어 알고리즘

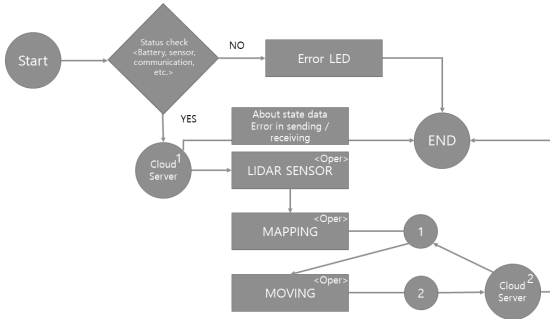


Fig. 5 Unmanned vehicle object operation plan1

그림5는 무인이동체의 설계도 이다. 무인이동체는 서버와 지속적인 통신을 통하여 이동하는 범위에 내에서 미래의 일들을 다른 사물들로부터 전달 받는 정보로 인해 예측이 가능할 수 있게 된다. 하여 이동부와 맵핑부와 서버부에서에서 지속적인 데이터처리 시스템이 작동이 되어진다.

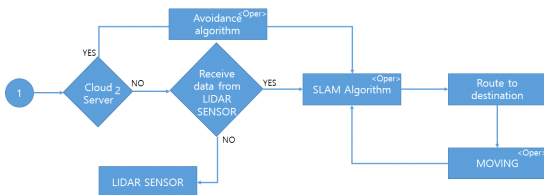


Fig. 6 Unmanned vehicle object operation plan2

그림6은 무인이동체가 목적지점까지 이동하면서 끊임없이 레이더를 돌리며 회피 할 것이 있는지 혹은 잘 가고 있는지 서버로부터 확인 받는 과정의 알고리즘이다.

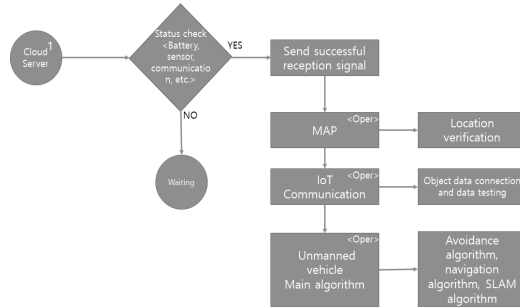


Fig. 7 Unmanned vehicle server operation plan1

그림7은 서버에서도 무인이동체로부터 받아온 정보를 기반으로 맵을 그리고 무인이동체의 위치를 파악하며 무인이동체가 가야할 길을 미리 길을 그려 무인이동체가 차질 없이 목적지점으로 이동 할 수 있게 도와준다.

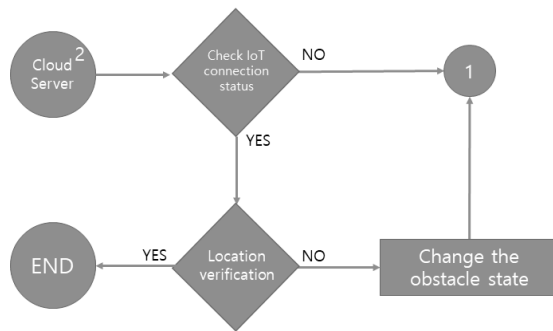


Fig. 8 Unmanned vehicle server operation plan2

그림8에서는 무인이동체와 끊임없이 통신을 하며 계속 변화가 되어지는 환경에 무인이동체가 잘 적응 할 수 있도록 계속적으로 정보습득을 한다. 무인이동체가 목적지점에 도착할 때 쯤 정보를 리셋시킴으로써, 값을 다시 돌려주어 다시 무인이동체가 주행에 필요한 정보들을 습득 할 수 있는 데이터 공간을 만들어 준다.

### 3.4. 무인이동체와 IoT 활용법

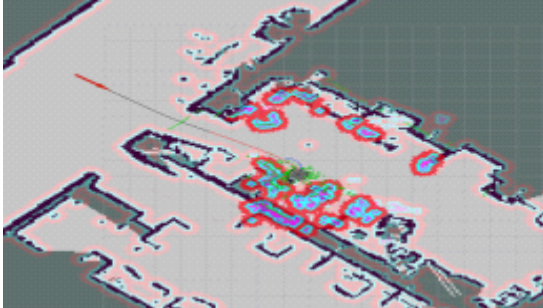


fig. 9 Environmental change (a)

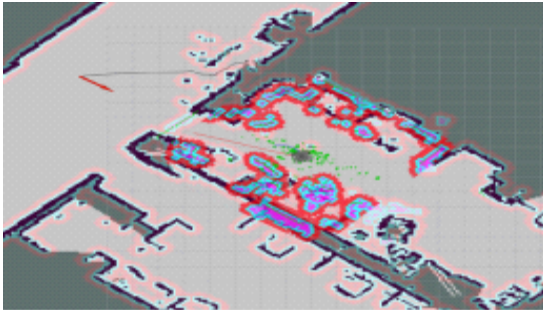


fig. 10 Environmental change (b)

위의 그림9와 그림10은 문이 닫힌 상태와 열린상태인 환경적 변화에 따라 무인이동체의 이동경로 탐색 모습을 보여준다. (a)와 (b)는 무인이동체가 움직일 때 LoRa망을 이용하여 무인이동체가 필요로 하는 정보를 전달 받는다. 이때, 문과 같이 (a)환경에서는 열려있으므로 정상적인 루트로 확인되던 길을 (b)와 같이 닫힌 경우 길로 인지 못 하는 부분에 대한 문제점도 IoT기술로써, 무인이동체가 가는 길에 환경적인 에러 사항에 대하여 문제점을 해결 한다[7][8].

## IV. 결론 및 향후 연구

결론으로는 실내에서 무인이동체가 활보(闊步)하기 위해서는 실외에서와 같이 다양한 장애물이 존재(存在)한다. 이때, 무인이동체가 이를 스스로 해결해주지 못해 지금까지 많은 연구가 이루어지고 있었다. 향후 연구 방향으로서는 LoRa망을 이용할 때, 최대 몇 대의 무인이동체를 커버하는지에 대한 연구가 필요로 할 듯 하다. 앞

으로 한 공간에서 다양하고 많은 종류의 무인이동체가 우리 삶속에 녹아들기 시작 할 것이다. LoRa망을 적용하여 무인이동체를 실현화 시켰을 때, 데이터의 지원폭이 한 층 더 다양화 되어 무인이동체끼리 P2P통신을 통한 환경에 대한 문제점들을 주고받는 법에 대하여 지속적인 연구가 필요로 한다.

## ACKNOWLEDGEMENT

This research was supported by the MSIT (Ministry of Science and ICT), Korea, under the Grand Information Technology Research Center support program(IITP-2018-2016-0-00318) supervised by the IITP(Institute for Information & communications Technology Promotion)

The research was supported by the BB21+ project in 2018.

## REFERENCES

- [ 1 ] K. Schwab, *The Fourth Industrial Revolution*, USA: Portfolio Penguin, 2016.
- [ 2 ] W. G. Kang, Y. W. Jung, and I. S. Hwang, "Major Technology of Autonomous and Unmanned Vehicle," *KICS Information & Communication Magazine - Open Lecture Series* 35, pp. 28-35, May 2018.
- [ 3 ] B. S Shim, S. J Choi, and S. W Park, "Smart Metering System based on LoRaWAN," *KSCE 2017 CONVENTION* 15, pp. 1679-1680, October 2017.
- [ 4 ] V. Bhavana, "Data Security in Cloud environments," *Asia-pacific Journal of Convergent Research Interchange*, vol. 1, no. 4, pp. 25-31, December 2015.
- [ 5 ] J. H. Lee, and K. Raj, "Hybrid Data Management in Cloud Security," *Asia-pacific Journal of Convergent Research Interchange*, vol. 1, no. 4, pp. 33-39, December 2015.
- [ 6 ] T. J. Park, K. S. Lee, W. -C. Jeong, B. -C. Choi, and H. -C. Bang, "LPWA IoT Network Technology Trends," *ETRI, Republic of Korea*, 32, pp. 46-53, 2017.
- [ 7 ] J. Priyanka, "loud-Enabled Wireless Body Area Network for Pervasive Health Care," *Asia-pacific Journal of Convergent Research Interchange*, vol. 2, no. 3, pp. 43-51, September 2019.

- [ 8 ] D. H Youm, and D. Sai Teja Reddy, “Cloud Computing based Health Information Exchange using CDA Generation and Integration,” *Asia-pacific Journal of Convergent Research Interchange*, vol. 2, no. 4, pp. 61-68, December 2016.



**이재웅(Jae-Ung Lee)**

2018년 2월 동의대학교 컴퓨터공학과 박사  
※관심분야 : 유무선통신시스템, 자동차네트워크



**장종욱(Jong-Wook Jang)**

1995년 2월 부산대학교 컴퓨터공학과 박사  
1987년 ~ 1995년 ETRI  
2000년 2월 UMKC Post-Doc.  
1995년 ~ 현재 동의대학교 컴퓨터공학과 교수  
※관심분야 : 유무선통신시스템, 자동차네트워크