

<http://dx.doi.org/10.17703/JCCT.2023.9.1.697>

JCCT 2023-1-86

## 학내 드론 교육현장의 다중드론 감시시스템 개발에 관한 연구

### A study on the development of surveillance system for multiple drones in school drone education sites

임진택\*, 유성구\*\*

**Jin-Taek Lim\*, Sung-goo Yoo\*\***

**요약** 최근 4차 산업혁명의 핵심기술인 드론의 도입으로 학교 교육 현장에서는 드론을 활용한 다양한 융합교육이 진행되고 있다. 특히 자유학기제 수업 및 진로탐색과 연계하여 드론 이론 및 실습 교육을 진행하고 있다. 드론융합 교육프로그램은 단순 시연 실습교육 보다 학습자의 만족도가 높고 직접적인 실습 경험으로 인하여 학습효과가 높게 나타나고 있다. 그러나 다수의 학습자를 상대로 실습교육을 진행하고 있어 한정된 장소에서의 다중드론 비행에 제약 및 학습자 통제가 불가능한 실정이다. 본 논문에서는 학교에서 다중드론 교육 운영 시 교수가 다수의 드론을 실시간 감시하고 드론 간의 충돌을 사전에 학습자에게 인식시켜 실시간으로 다수의 드론 감시가 가능한 감시시스템을 제안하였다. 실험에서 사용된 통신 모듈은 Murata LoRa에 GPS를 탑재하였고, 실시간으로 수신된 위치 데이터를 기반으로 모니터링이 가능하도록 서버와 클라이언트를 구성하였다. 개방형 공간에서 제안한 시스템의 성능을 평가하였으며, 약 120m 거리까지 통신 신호가 양호함을 확인하였다. 즉 240m 범위 안에서 25대의 교육용 드론의 제어가 가능하고, 교수가 모니터링할 수 있음을 확인하였다.

**주요어** : 모니터링 시스템, 드론교육, 드론제어, 무선통신, LoRa

**Abstract** Recently, with the introduction of drones, a core technology of the 4th industrial revolution, various convergence education using drones is being conducted in school education sites. In particular, drone theory and practice education is being conducted in connection with free semester classes and career exploration. The drone convergence education program has higher learner satisfaction than simple demonstration and practice education, and the learning effect is high due to direct practical experience. However, since practical education is being conducted for a large number of learners, it is impossible to restrict and control the flight of a large number of drones in a limited place. In this paper, we propose a monitoring system that allows the instructor to monitor multiple drones in real time and learners to recognize collisions between drones in advance when multiple drones are operated, focusing on education operated in schools. The communication module used in the experiment was equipped with GPS in Murata LoRa, and the server and client were configured to enable monitoring based on the location data received in real time. The performance of the proposed system was evaluated in an open space, and it was confirmed that the communication signal was good up to a distance of about 120m. In other words, it was confirmed that 25 educational drones can be controlled within a range of 240m and the instructor can monitor them.

**Key words** : Monitoring System, Drone Education, Drone Control, Wireless Communication, LoRa

\*정회원, 전주비전학교 전기공학과 조교수 (제1저자)

\*\*정회원, 전주비전학교 전기공학과 조교수 (교신저자)

접수일: 2022년 12월 29일, 수정완료일: 2023년 1월 5일

게재확정일: 2023년 1월 9일

Received: December 29, 2022 / Revised: January 5, 2023

Accepted: January 9, 2023

\*Corresponding Author: yoosunggoo@gmail.com

Dept. of Electric Engineering, Vision College of Jeonju, Korea

## 1. 서론

최근 우리나라에는 4차 산업혁명 시대에 핵심 기술인 드론관련 융합 기술을 활용한 산업의 전반적인 촉진과 기반조성 고도화, 자격증 취득 인원의 증가, 개인 소유의 드론 증가로 인한 드론시스템 운영·관리 등에 대한 법률적 제도를 마련하였다. 2022년 6월 8일 드론 활용의 촉진 및 기반조성에 관한 법률(약칭: 드론법)은 드론을 시스템으로 구성하고 드론에 대한 체계적 관리를 위해 정보체계의 중요성을 강조한다. 정부의 드론 활성화 및 확대 정책과 별도로 드론안전 분야에서는 항공안전법으로 드론의 안전성과 관련하여 유인기 안전사고의 제도를 적용하고 있어 드론에 맞춘 안전관련 제도는 매우 미흡한 실정이다 [1].

드론의 증가로 관련 정책과 규제가 다양해지고 관련 보수교육의 필요성도 증가되고 있다. 2021년 1월 1일 드론을 소유한 사람은 드론 장치신고대상으로 분류되어 2kg을 초과한 사람은 한국교통안전공단(드론관리처)에 신고하여 신고필증 교부를 의무화하고 있다. 드론조종과 관련된 국가자격증인 초경량비행장치자격증도 세분화 되어 최대 이륙중량을 기준으로 1종~4종으로 분류되었다. 그러나 비행 금지 대상과 장소, 자격요건, 비행승인, 완구용 드론의 기준 등 현실을 고려한 다양한 법적 제도 장치 마련이 시급하다.

드론은 임무장비를 탑재하여 재난, 소방, 국방, 경찰, 수색, 치안, 감시, 순찰 등 다양한 영역에서 임무를 수행하고 있으며 공공기관의 적극적인 드론의 수용성이 높아짐에 따라 다양한 직업군이 창출되고 관련 전문 인력양성의 요구가 증가하고 있다. 이에 통합 관제시스템은 무선통신, 카메라, 영상처리 기술을 기반으로 현장을 지원하고 있으며 기존의 통신망의 미작동을 고려하여 임무수행 시 독립적인 통신망 확보로 송수신 시 디지털 데이터 확보가 필요하다 [2, 3].

정부의 드론산업 육성 사업 및 공공기관의 드론관련 직무 신설로 인한 전문인력 양성을 위하여 학교, 드론교육원, 평생교육원, 학원, 협회 등 다양한 교육 현장에서 드론 교육, 교재개발, 교수법, 수업모듈 개발이 진행되고 있다. 4차 산업혁명 시대의 흐름에 따라 과학, 기술, 공학, 수학, 인문, 예술 영역을 융합하는 교육 정책으로 추진되고 있으며 관련 학습 모듈 개발과 교육적 요소를 추출하여 융합 교육과정을 개발하고 정규수업

또는 비교과 프로그램을 통해 적극적으로 활용되고 있다.

특히, 초등학교 및 중학교의 방과 후 프로그램, 자유학기제, 진로체험을 통하여 완구용 드론을 활용한 수업이 진행되고 있으며 지리교과목과 연계한 진로교육 및 자유학기제에도 드론을 활용하고 있다. 이러한 교육은 기존 시연 중심의 교육에 비해 참여자의 높은 학습 만족도와 학습 효과성을 보이고 있다 [4]. 또한 전남지역의 도서지역 초등학교를 대상으로 학습도구인 드론을 활용하여 수업에 참가하는 학생의 흥미와 만족도를 극대화 시키는 STEM(Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics)과 PBL(Problem-Based Learning) 수업에 대한 교수법이 진행되었으며 효율성이 높은 것으로 발표되었다 [5].

드론은 무선통신 기반으로 기체와 조종기가 송수신하여 드론의 모터 출력 및 임무장비 동작을 제어한다. 비행제어시스템(Flight Control), 임무장비, IoT 연결기기의 오작동은 드론의 추락으로 이어질 수 있다. 통신 단절은 드론제어 불능으로 1차적인 직접사고와 2차적인 간접사고를 유발시킨다. 국가 주도의 다양한 드론 육성사업으로 드론 수요 및 활용이 지속해서 증가하고 있지만, 현재까지 드론 사고에 대한 정확한 통계 산출이 어려운 실정이다. 따라서 드론 안전성 확보방안 및 법적 제도 마련, 드론 안전성 표준화, 사이버 보안문제 해결, 원초적인 기술적 결함 등과 관련하여 지속적인 연구와 인프라 구축이 필요하다 [6].

일반 대형마트에서 판매되고 있는 완구용 드론의 경우 국가자격증인 초경량비행장치 자격증을 소지한 조종자가 아니어도 구매 및 조종이 가능하다. 드론 운용은 충분한 교육이 필요하나 일반 사람들은 장난감 정도로 생각하고 쉽게 구입하고 비행 중 조작 실수, 센서 오작동, 송수신 단절 등 다양한 변수들로 인하여 드론 파손과 더불어 신체 및 재산상 피해가 발생하고 있다. 이에 최소의 안전망인 드론관련 피해 유형을 분석하여 드론보험의 적용을 위한 연구도 수행되었다 [7]. 드론으로 인한 피해보상도 중요하지만, 사전에 드론 안전과 관련된 대비책 마련이 우선시 되어야 한다. 특히 학교의 운동장 및 교실의 한정된 공간에서 다수의 인원을 대상으로 많은 드론을 통제하고 관리하기 위해서는 사고 예방이 필수적이다.

이에 본 연구에서는 원거리 통신 모듈인 LoRa를 기

반으로 실시간 드론 모니터링이 가능하며 드론 간의 충돌을 사전에 방지하고 원활한 드론 교육이 가능한 다중 드론 감시시스템을 제안한다. 드론 산업 활성화를 위한 기초 연구로 마이크로 관제시스템의 고도화와 드론 교육산업의 발전에 기여할 것이다.

## II. 다중드론의 안정성 확보

드론 비행 시 발생할 수 있는 다양한 사례를 분석하고 문제점으로부터의 안전성 확보와 조종자의 인식 부재를 해결하기 위한 개선 방안 마련이 시급하다 [8]. 드론 안전사고 방지를 위해 다목적 드론 설계로 여러 대의 드론을 결속하여 안전사고 예방이 가능하도록 방법이 제안되었다 [9]. 하지만 교육의 효과성 측면에서 PBL 중심의 수업에 적용하기에는 한계가 있다. 이를 해결하고 교육환경의 안전성을 확보하기 위해서는 첫째, 드론활용 교육 시 교수자와 학습자 모두 초경량 비행장치 무인 멀티콥터 4종 자격증을 소지한 자에 한해 교육을 실시해야 한다. 둘째, 센서기반 회피기능을 포함하고 있는 드론을 사용한다. 육안으로 판단하기 어려운 비행공간에서 1차적으로 센서 정보만으로 충돌 사고 예방이 가능해야한다. 셋째, 교수자는 실시간 드론의 이동 경로를 파악하여 조종자에게 직접적인 지도가 가능해야 한다. 즉, 교수자는 관제시스템과 연결된 PC 및 모바일 장치로 실시간으로 드론을 감시하여 드론 사고 회피 및 예방을 할 수 있어야 한다 [10].

## III. 연구 방법

### 1. 통신시스템 구성

드론의 비행정보 데이터를 송수신하는 방법으로는 비행제어의 핵심 부품인 FC 호환 문제를 고려해야 한다. FC는 완제품 FC와 오픈소스 기반의 FC 2가지로 분류할 수 있다. 완제품 FC에서는 비행의 정보 및 각 센서의 데이터는 개발 업체에서 수신이 불가능하도록 구성되어 있다. 다만 조종기와 셋트로 구성된 드론은 조종기 LCD 창에서 제공하는 정보로 한정되어 있다. 오픈소스 기반의 FC는 정보의 송수신이 가능하나 비행의 안정성 문제가 심각하여 활용성이 낮은 실정이다. 즉 드론 관제를 통해 드론의 비행정보 데이터의 송수신을 위해서는 FC와 분리 운영이 필요하다. 안정된 비행

을 확보하고 기체 정보의 데이터를 송수신하기 위해서 LoRa(Long Range) 통신 기술을 적용하였다 [11]. 초장거리 연결로 최대 16km 까지 통신이 가능하며 저전력 동작을 하는 모듈이다. 통신 주파수 대역은 920.9Mhz~923.3Mhz이며, 비면허 주파수대역으로 별도의 허가 없이 사용이 가능하다. 다수의 드론을 실시간으로 모니터링을 위해서 대규모 네트워크 구성이 가능한 Murata LoRa 모듈을 사용하였다 [12]. 실험에서는 통신 주파수 922.1MHz와 AES128 암호화를 적용하였다.

### 2. 드론관제 통신 설정

교육환경에 따른 드론 관제시스템은 빠른 데이터 정보전달로 교수자에게 중요 정보 및 신호 전달을 구현해야 한다. 이에 교육장을 일반적인 운동장으로 가정했을 때 거리와 데이터 전송 속도의 조절이 가능한 SF(Spreading Factor) 확산 계수를 SF7으로 설정하여 실험을 진행하였다 [13].

### 3. 다중드론 충돌 방지

#### 1) 드론 안전거리

다중드론 운용 시 드론이 서로 가까운 거리의 편차를 기준으로 다중드론 유효안전거리( $MDS_{AB}$ )를 공식화하면 식(1)과 같으며, 그림 1은 이를 도식화한 것이다.

$$MDS_{AB} = IB_{AB} - (ED_A + ED_B) \quad (1)$$

여기서,

$IB_{AB}$  : A드론 중심부와 B드론 중심부 간의 거리

$ED_A$  : 드론 A의 충돌 유효 직경[m]

$ED_B$  : 드론 B의 충돌 유효 직경[m]

$MDS_{AB}$  : A드론과 B드론의 유효안전거리를 의미한다.

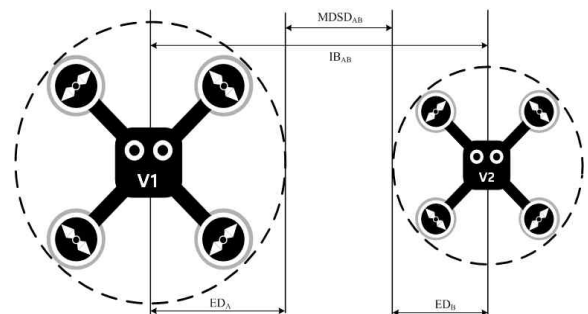


그림 1. 다중드론 안전거리 기준 개념

Figure 1. Multi-drone safety distance standard concept

드론은 유효안전거리에 따라 교수자 또는 관제사에게 인지가 가능한 신호전달이 필요하다. 초경량비행장치 안전 이격 거리는 기본 15m로 최소 10m 이상 확보를 요구한다. 이를 토대로 안전, 주의, 심각, 사고 영역으로 구분하였으며 다중드론 운영 시 유효안전거리에 대한 영역별 범위는 표 1과 같다.

표 1. 다중드론 운영 시 유효안전거리에 대한 영역 범위  
Table 1. Area range for effective safety distance when operating multiple drones

드론 상태	유효안전거리	색상
안전 (Safety area)	$MDSD_{AB} \geq 15m$	녹색
주의 (Warning area)	$15 > MDSD_{AB} \geq 10m$	노란색
심각 (Serious area)	$10 > MDSD_{AB} > 0$	빨강색
사고 (Accident area)	$MDSD_{AB} = 0$	검정색

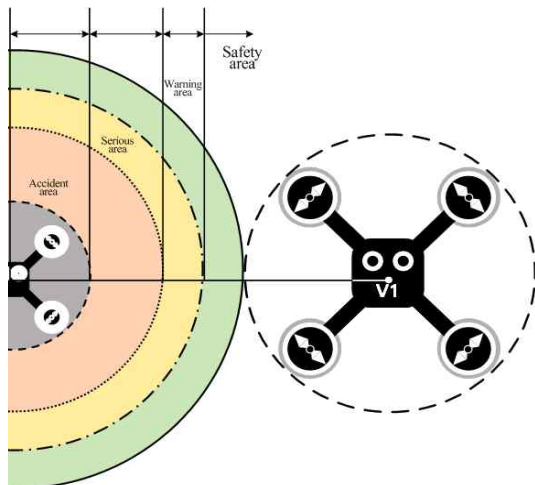


그림 2. 유효안전거리 4가지 상태 기준 개념  
Figure 2. Concepts of Four Condition Criteria for Effective Safety Distance

#### IV. EMDMS 시스템 개발

##### 1. EMDMS 시스템

###### 1) EMDMS 시스템의 데이터 처리 개념도

본 논문에서는 학교 공간 내 교육 시 교수자가 다수의 드론 안전상태를 파악하기 위한 방법으로 교육용 다중드론 감시시스템(EMDMS : Education Multi-Drone Monitoring System)을 제안하였으며, 전체 개념도는 그림 3과 같다.

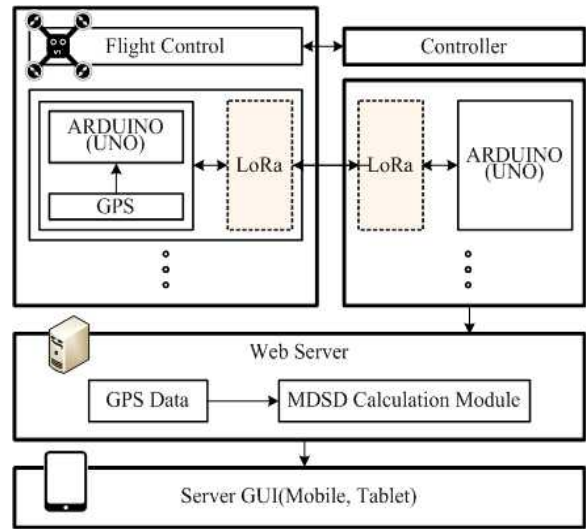


그림 3. EMDMS 개념도  
Figure 3. EMDMS Conceptual Diagram

##### 2) EMDMS 시스템 시각화

교수자에게 실시간 다중드론의 위치 정보제공을 위하여 GPS 좌표인 위도 경도를 제공하고 각 드론별 유효안전거리를 산출하여 위험상황 발생 시 즉각 조치가 가능하도록 하였다. EMDMS 시스템 어플리케이션은 그림 4와 같다. 연결된 드론정보는 좌측에, 드론의 위치에 우측에 시각화하여 표시할 수 있도록 설계되었다.

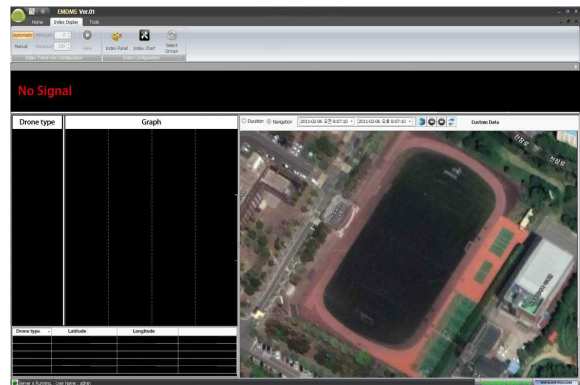


그림 4. EMDMS 시각화  
Figure 4. EMDMS Visualization

#### V. 실험 및 결과

##### 1. 신호 동작 실험

실험 장소는 대학 운동장을 대상으로 신호 동작 실험을 진행하였다. 전체 면적은 가로 120m, 세로 100m, 대각선 156m 구역을 80개로 분할하여 수신 정도를 파악하였다. 여기서 RSSI, SNR의 수신 강도를 레벨로 구

분하면 표 2와 같다. 레벨 1~4는 LoRa 통신이 가능한 범위를 의미하며, 데이터 송수신이 가능한 곳이다. 그림 5에 통신레벨을 표시하였으며, 약 120m까지 통신할 수 있음을 확인할 수 있었다. 제안한 EMDMS를 중앙에 위치시키면 지름이 약 240m인 원의 범위까지 교육이 가능함을 의미한다. 드론 1대의 안전운영 범위를 지름 30m로 설정하면, 이론상 최대 25대까지 제어가 가능하다. 그리고 통신거리의 경우 LoRa 모듈의 안테나의 구성과 하드웨어 시스템에 따라 최대 1Km까지 확장이 가능하다. 이는 향후 교육용뿐만 아니라 농업용 및 산업용으로 확장이 가능함을 의미한다.

표 2. RSSI 및 SNR 신호 동작 레벨  
 Table 2. RSSI and SNR signal operating levels

Level	RSSI	SNR(dB)
4	0 ~ 5	Over 15
3	6 ~ 10	12 ~ 14
2	11 ~ 15	9 ~ 11
1	16 ~ 20	6 ~ 8
0	Over 20	5 or less



그림 5. 영역별 신호 동작 레벨 테스트  
 Figure 5. Signal Operating Level Test by Area

## 2. EMDMS 동작 실험

그림 6에 5대의 드론을 연결하여 동작 실험을 한 결과를 나타내었다. 드론 4번과 5번이 서로 근거리에서 동작하고 있음을 교수자가 알 수 있으며, 나머지 드론은 안전거리 범위 내에서 동작하고 있음을 확인할 수 있다. 제안한 시스템이 실시간으로 드론 감시가 가능하며, 교수자에게 상황정보를 제공하여 사고를 예방할 수 있

음을 확인하였다.

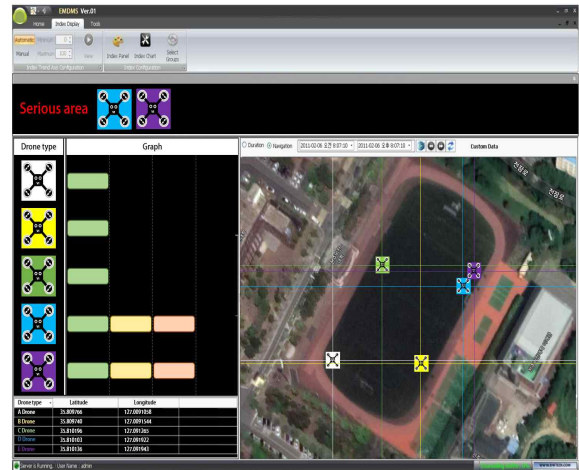


그림 6. EMDMS 동작 화면  
 Figure 6. EMDMS Action Screen

## VI. 결 론

본 논문에서는 학내 드론 교육 시 다수의 드론 활용으로 인해 발생할 수 있는 드론 충돌 및 인명피해와 같은 사고를 예방할 수 있는 다중드론 감시시스템(EMDMS : Education Multi-Drone Monitoring System)을 제안하였다. 제안한 시스템의 교육현장 적용 가능성을 검토하고 향후 시제품 제작을 위한 기초 연구로 제안하고자 한다.

학습자가 다양하고 한정된 공간에서 드론을 활용한 교육은 비행의 안정성이 확보된 완제품 FC(Flight Control)의 사용이 필수적이다. 그러나 완제품 FC는 안전과 관련된 드론비행 데이터 취득이 불가능하고 드론의 하드웨어적인 충돌 방지 센서에 의존함으로써 안전성 확보에는 한계가 있다. 따라서 드론의 실시간 비행 정보 전송을 위하여 LoRa 통신모듈을 적용하였으며, 취득된 데이터를 기반으로 교수자 또는 관리자가 실시간으로 드론의 안전상태를 확인할 수 있는 웹기반 EMDMS 프로그램 개발하였다. 야외 동작 실험을 통해 제안한 시스템으로 다수 드론의 상태를 실시간으로 확인할 수 있었으며 교수자가 위험한 상황을 인식하여 교육 안전성 확보가 가능함을 확인하였다. 차후 연구로는 본 시스템을 마이크로 단위 관계가 가능하도록 설계하여 농업용 및 산업용으로 확장하고자 한다.

## References

- [1] D.B. Um, "Toy Drone Regulation in Aviation Safety Law: Impracticality of Flying Prohibition over Crowded Places," *The Journal of Legal Studies*, Vol. 28, No. 1, pp. 47-70, January 2020.
- [2] Y.S. Lee, "Smart Integrated Monitoring System for Ensuring Independent Network in Disaster Site," *Journal of Digital Contents Society (JDCS)*, Vol. 18, No. 5, pp. 905-910, August 2017.
- [3] Y.G. Shim, "Channel Decoding Scheme in Digital Communication Systems," *The Journal of the Convergence on Culture Technology (JCCT)*, Vol. 7, No. 3, pp. 565-570, August 2021. <http://dx.doi.org/10.17703/JCCT.2021.7.3.565>
- [4] B.A. Chun, "Development and Application of Instructional Module for Drone Mapping in the Free-Semester Education System," *Journal of the Association of Korea Photo-Geographers*, Vol. 28, No. 4, pp. 49-66, December 2018.
- [5] K.H. Choi, "Geography Education in Island Elementary Schools Using Entry-level Drones: An Example of Environmental Experience Learning," *Journal of the Association of Korean Geographers*, Vol. 7, No. 1, pp. 1-14, April 2018. <http://dx.doi.org/10.25202/JAKG.7.1.1>
- [6] B.Y. Choi, and B.G. Lee, "The Issues and Requirements of the Establishment of Regulation and Standard for Drone Safety," *Journal of Internet Computing and Services (JICS)*, Vol. 22, No. 1, pp. 79-88, January 2021. <http://dx.doi.org/10.7472/jksii.2021.22.1.79>
- [7] S.I. Kim, and M.H. Kwon, "Insurance system for legal settlement of drone accidents," *The Korean Journal of Air & Space Law and Policy*, Vol. 33, No. 1, pp. 227-260, January 2018. <http://dx.doi.org/10.31691/KASL33.1.8>
- [8] S.M. Baek, and J.S. Park, "A Study on the Improvement of Safety for Using Drone," *Korean National Security and Public Safety Association (KNSPSA)*, No. 6, pp. 91-108, June 2018.
- [9] M.W. Son, Y.T. Ju, J.S. Kim, and E.K. Kim, "Multi-Purpose Integrated Training Drone to Prevent Safety Accidents," *The Journal of The Korea Institute of Electronic Communication Sciences (KIECS)*, Vol. 16, No. 1, pp. 145-150, January 2021. <http://dx.doi.org/10.13067/JKIECS.2021.16.1.145>
- [10] S.D. Yoo, T.E. Choi, and S.G. Jo, "A Study on Method to prevent Collisions of Multi-Drone Operation in controlled Airspace," *The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication (IIBC)*, Vol. 21, No. 5, pp. 103-111, October 2021. <https://doi.org/10.7236/IIBC.2021.21.5.103>
- [11] Alliance, L. "LoRaWAN What is it?-A Technical Overview of LoRa and LoRaWAN LoRa Alliance.", 2015.
- [12] Murata Innovator in Electronics, 2018, <https://www.murata.com/en-us/products/connectivitymodule/lora>
- [13] LoRaWAN<sup>®</sup>, 2018, <https://www.thethingsnetwork.org/docs/lorawan/rssi-and-snr/>

※ 이 연구는 2022년도 전주비전대학교 LINC 3.0 산학공동기술개발과제 지원에 의한 연구임