

회전익 드론의 접촉식 배터리 충전스테이션에 관한 연구

김대년*, 김영규**¹, 백승현**², 정상우***¹, 최대영***²

Research on a Contact-type Battery Charging Station for Continuous Mission Performance of Rotary Wing Drone

Dae-Nyeon Kim*, Young-Kyu Kim**¹, Seungh Hyun Paik**², SangWoo Jung***¹,
and Daeyoung Choi***²

본 연구는 국토교통부 ‘공공혁신조달 연계 무인이동체 및 SW플랫폼 개발사업’의 연구비지원 (19DPIW-C153675-01#)에 의해 수행되었습니다.

요 약

회전익 드론(Rotary wing drone)은 인간이 수행하기 힘든 상황의 각종 제약요소들을 극복할 수 있기 때문에 물류운송, 관측, 감시, 측량과 같은 다양한 분야에 적용하기 위해 연구개발 되고 있다. 하지만 이러한 임무를 수행할 때 배터리 기술의 한계로 인한 회전익 드론의 짧은 비행시간은 가장 큰 걸림돌이 되고 있으며, 이를 극복하기 위하여 다양한 방식의 드론 충전스테이션(Drone charging stations)과 운영 방법이 제안되고 있다. 본 논문은 산불 감시의 지속적인 임무 수행을 위한 접촉식 충전플랫폼 개발을 제시한다. 접촉식 충전플랫폼은 드론에 연결된 자동 충전장치와 충전플랫폼 인터페이스를 이용하여 드론의 비행횟수를 효과적으로 늘릴 수 있는 기술이다. 충전베드는 계란판형 구조와 접촉식 충전 단자로 설계되었다. 드론에 장착된 충전단자는 원추형으로 구성되어 충전대의 계란판형 구조에 형성된 복수의 충전 슬롯(Slot) 중 하나에 슬라이딩을 통해 삽입되어 랜덤으로 충전된다. 접촉 충전의 효율을 확인하기 위해 접촉 저항 측정을 통해 충전 가능성을 확인하였다.

Abstract

Rotary wing drones, which are a kind of unmanned aerial vehicles, have been studied and developed to employ various fields, such as logistics transport, monitoring, surveillance, and measurement, because drones are able to overcome most restrictions resulted from constructions, roads, and geographical features of ground. This paper presents the method to develop a contact type charging platform for continuous mission performance in mountainous terrain. The contact-type charging platform is a technology that can effectively increase the flight number of the drones using an automatic charging device connected to the drones and the charging platform interface. The charging bed was designed with the egg plate-type structure and contact-type charging terminal. The charging terminal mounted on the drone is configured as a conical type so that it is inserted into one of the plurality of charging slots formed in the egg plate structure of the charging bed through sliding to be charged at random. In order to confirm the efficiency of contact charging, the possibility of charging was confirmed through contact resistance measurement.

Keywords

drone, drone charging station, charging bed, charging terminal, connect type, unmanned charging

* 경북IT융합산업기술원 융합연구팀 책임연구원(교신저자) · Received: Nov. 23, 2020, Revised: Jan. 13, 2021, Accepted: Jan. 16, 2021

- ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3887-573X>

· Corresponding Author: Dae-Nyeon Kim

** 경북IT융합산업기술원 융합연구팀 선임연구원

· Gyeongbuk Institute of IT Convergence Industry Technology, 203-ho, 25, 12-gil, Gongdan 9-ro, Jinrang-eup, Gyeongsan-si, Gyeongbuk, 38463, S. Korea,

- ORCID¹: <https://orcid.org/0000-0002-8328-0671>

- ORCID²: <https://orcid.org/0000-0001-5624-554X>

Tel.: +82-53-245-5071, Email: dnkim@gitc.or.kr

*** 경북IT융합산업기술원 융합연구팀 연구원

- ORCID¹: <https://orcid.org/0000-0002-7993-9947>

- ORCID²: <https://orcid.org/0000-0001-9713-2381>

1. 서 론

최근 인간이 수행하기 힘든 상황일 때 드론을 활용한 다양한 서비스 산업이 활발히 개발되고 있다. 특히 긴급운송, 감시 및 보안, 재난구호, 산림 등에 상용화의 가능성을 제시하고 있다. 최근 배터리 방식의 드론은 소형화, 경량화 측면에서 장점이 있어 최근에 화재감시, 항공촬영, 화물운송 등의 영역에서 많이 활용되고 있는 추세에 있다[1][2]. 하지만, 배터리 방식은 수직 이착륙이 가능한 프로펠러 방식의 드론의 경우에 비행력을 얻기 위하여 다수의 프로펠러를 회전시켜야 한다. 이 과정에서 배터리 소모량이 많아져 배터리를 지속적으로 교체해 주어야 한다는 문제가 있다[1]. 일회용 배터리를 활용하여 드론을 구동할 경우에 비행 가능한 시간은 약 30분 내외이다. 따라서 넓은 영역의 영상촬영을 요하는 산림감시, 장시간의 영상촬영이 필요한 재난지역 항공촬영의 경우에 드론의 짧은 비행시간은 드론 활용의 장애 요인으로 작용하고 있다[1]-[4]. 본 연구는 배터리 방식 중 접촉식 충전시스템을 개발하여 드론을 장시간 활용할 수 있는 기술을 제안하고자 한다. 드론을 충전하기 위해 무선 전력 전송시스템의 적용에 대한 시도가 이루어지고 있으며, 무선 전력 전송시스템은 자기공진 방식과 자기유도방식이 주로 사용되고 있다[5]. 그러나 무선충전방식은 충전시스템의 무게가 무겁고 제조가 까다롭고 가격이 비싸며 셀 밸런싱 충전시 안정적인 제어가 어려운 문제가 있다. 중대형 드론의 경우는 수에서 수십 암페어(A)이상의 전류가 필요하기 때문에 충

전주위에서 발생하는 유도전류로 인한 인명피해가 발생할 수 있어 산업용 드론의 무인화를 위해서는 반드시 접촉식 충전시스템이 필요하다[3][5].

육상이나 해상 지역에서도 지속적 충전이 가능한 충전 도킹 시설이 있으면 주기적인 임무수행 및 역할을 할 수 있다. 접촉식 충전스테이션은 산악지역에서 물체 검출, 산불감시, 도로의 교량, 도로의 비탈면과 사면, 공사현장 및 산림측량, 농작물 성장률 및 상태분석, 태양광 발전소의 셀 검사 등 고정된 지역의 주기적인 측정 분야에 활용이 가능하다. 충전시스템의 안정화 및 보편화로 인해 산림지역, 도로나 고속도로의 상태점검, 원전을 포함한 사람이 접근하기 어려운 분야의 관리 및 감시가 가능해진다. 본 연구는 드론에 장착되는 접속부와 드론 자동충전장치에 형성된 합몰부와의 결합을 통하여 자가정렬 방식으로 드론의 배터리의 충전이 진행될 수 있는 자동충전장치에 관한 것이다.

II. 회전익 드론 충전스테이션

본 장에서는 회전익 드론의 기본적인 전장 구조에 대해 설명하고, 본 논문에서 개발하고 구현한 회전익 드론의 충전스테이션 개발에 대해 설명한다.

2.1 회전익 드론의 전장 구조

회전익 드론은 모터부, 전기부, 센서부, 전파부, 처리부 등 다양한 부품들로 구성된다[4]. 그림 1은 일반적인 회전익 드론의 시스템 구조를 나타낸 그림이다[4].

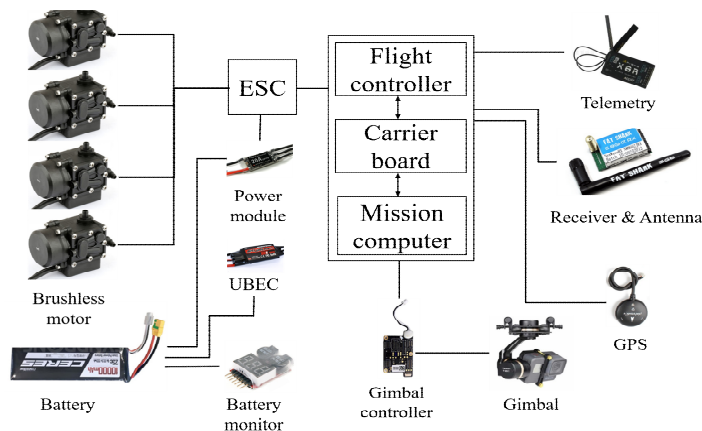


그림 1. 회전익 드론의 시스템 구조
Fig. 1. A system architecture of rotary wing drones

배터리는 브러시리스 모터(Brushless motor)들과 기타 전자부품에 전기를 공급하는데 전원모듈(Power module)과 UBEC(Ultimate battery eliminator circuit)을 통해 정전원을 안정적으로 공급한다. 변속기(Electronic speed control)는 모터의 회전 속도를 제어하는데 사용된다. 텔레메트리(Telemetry)와 수신부(Receiver & antenna)는 조종기 및 외부 컴퓨터와 드론의 상태 설정, 임무 정보, 드론의 제어 신호를 주고받기 위한 통신에 사용된다[4].

또한 카메라 제어를 위한 짐벌 제어기(Gimbal controller)와 짐벌(Gimbal), 드론의 자세와 위치 보정을 위한 GPS 및 각종 센서, 특정 임무 수행을 위한 추가적인 장치 등이 적재 가능하다. 비행컨트롤러(Flight controller)는 드론의 비행과 관련된 제어를 주도한다[4]. 캐리어 보드(Carrier board)는 드론 전자 부품들의 이기종 프로토콜을 중재하는 다리(Bridge) 역할을 한다. 미션 컴퓨터(Mission computer)는 복잡하고 정교한 미션 수행을 위한 고성능 임베디드 시스템으로서, 최근에는 딥러닝 알고리즘을 수행하기 위한 병렬컴퓨터를 탑재하고 있다[4]. 본 논문은 드론의 배터리를 편리하게 운용하기 위한 드론 충전 시스템을 개발하였다.

2.2 회전익 드론 충전스테이션

드론의 충전스테이션은 크게 비접촉식과 접촉식 방식으로 분류된다. 비접촉식 충전스테이션에 대한 연구는 비접촉식 방식의 단점인 충전시간을 단축하기 위한, 유도기전력을 발생시키는 코일에 대한 연

구와 전기에너지 전달에 대한 연구가 많이 발표되고 있다[3][6]-[14]. 접촉식 충전스테이션은 충전단자와 물리적 접촉이 되어야하기 때문에 드론이 착륙할 때 충전베드와 충전단자가 쉽게 결합이 가능해야 된다. 접촉식 충전스테이션은 물리적인 접촉이 요구되므로 충전단자의 표준이 없는 한 호환성 문제가 발생할 수 있으며 충전단자를 적재/노출시켜야 하는 단점이 있다. 하지만 비접촉식 방식에 비해 충전속도가 빠르기 때문에 산업 현장에서는 현실적인 대안으로 기대된다. 따라서 본 논문에서는 접촉식 충전방식을 사용하는 드론스테이션을 대상으로 개발 및 구현을 진행하였다.

또한 최근에는 회전익 드론의 1회 충전배터리 수명을 훨씬 벗어나는 임무들이 요구됨에 따라 배터리 충전은 임무 수행 중 필수 동작으로 받아들인다. 이를 지원하기 위한 드론 자가 충전 및 자동 충전시스템에 대한 연구들이 발표된다. 자가 및 자동 충전을 위한 연구들은 드론 스스로 충전스테이션이 있는 위치로 돌아가서 자가 충전하는 연구, 드론들의 협업 과정에서 충전으로 인한 임무 수행 방법에 대한 정책, 무인 자동 충전스테이션에 대한 연구들이 발표된다[6][8]-[16].

III. 드론 충전시스템

드론 충전시스템의 구성은 크게 충전제어부, 충전부, 배터리, 충전 베드부로 구성되어 있다. 그림 2는 드론이 충전슬롯에 안착하여 충전하기 위한 구성도이다.

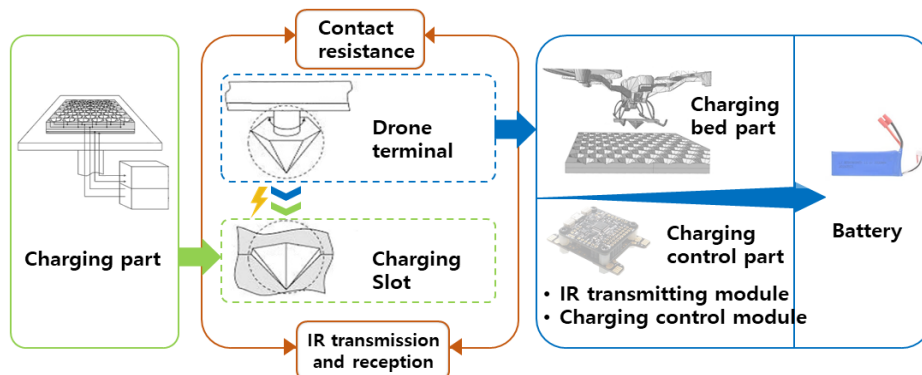


그림 2. 드론 충전시스템의 구성도
Fig. 2. Configuration of drone charging system

드론을 운용할 때 배터리의 운용시간 때문에 충전시스템은 상당히 중요한 부분이다. 새로운 소재의 배터리가 개발되어 상용화되어도 드론 주변 장치나 운용시스템을 포함한 배터리 충전시스템은 드론 산업의 핵심이다. 일반 상용 드론은 종류별, 금액별 디자인과 스펙이 상이하지만 비행시간 30분을 넘기지 못하는 단점이 있다. 현재는 비행운용 후 출발한 지점에 돌아와서 사용자가 배터리를 교체하는 방식으로 대부분 사용되고 있다. 간편하게 충전할 수 있는 충전시스템의 세부항목으로 여러 종류가 국내외로 활발히 연구되고 있다[6]-[8].

상용화된 드론의 배터리 충전용량은 대부분 1,500mAh, 2,200mAh, 5,400mAh, 10,000mAh, 16,000mAh, 22,000mAh 등의 리튬폴리머 배터리 방식이다. 배터리의 충전 가능한 유닛을 설계하면 용량에 따라 충전유닛에서 선택 장착하여 충전 가능하도록 할 수 있다[8]. 특수 개발된 드론 또한 배터리 연결 커넥터의 구조만 변경하면 사용할 수 있게 된다. 따라서 제한된 사용이 아닌 대중적인 제품으로 지속적인 비행이 가능할 수 있어 드론의 활용을 확장시킬 수 있다.

드론을 무인으로 충전하기 위해 그림 3과 같이 충전베드(300×300mm)를 설계하였다. 충전베드는 계란판형 구조물로 접촉식 단자소켓으로 설계하였다. 무인기에 장착된 충전단자는 원뿔형으로 구성되어 슬라이딩을 통해 충전베드의 계란판구조에 구성된 다수의 충전슬롯 중 하나에 랜덤으로 삽입되어 충전한다. 이로 인해 드론이 GPS를 통해 충전베드의 어느 위치에 착륙하여도 하나의 충전슬롯의 단자와 전기적으로 연결된다[3].

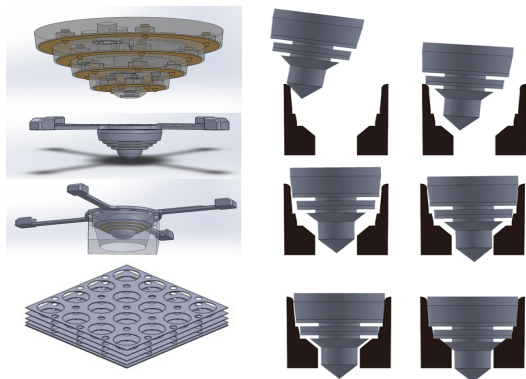


그림 3. 충전 베드 설계
Fig. 3. Design for charging bed

충전베드는 300×300mm와 500×500mm 두 개를 이용 하였고 드론에 탑재된 단자소켓은 높이 40mm와 80mm의 두 가지 형태로 구성하였다. 계단형태의 2개와 4개의 복층단자로 설계하였다. 단자는 동판으로 단자와 단자간의 간격이 이격되도록 구성함으로써 외부의 먼지나 이물질, 수분에 의한 전원단자의 단락을 방지하였다[3].

드론의 접촉 단자면은 측면에서 노출되지 않도록 구성하여 비행시 잔류물의 부착으로 인한 단락을 최소화하고, 접촉면에 잔류물이 부착되지 않도록 설계하였다[3]. 또한 충전베드 하부에는 수직방향의 배수구를 통해 야외환경에서 이물질이나 수분 등의 잔류물이 충전베드 하부로 배출되는 구조로 설계[3]함으로써 드론이 착륙시 발생하는 하방풍에 의해 자연적으로 잔류물이 소실되도록 구성하였다. 접촉 단자는 알루미늄 합금을 사용하였으며, 연마가공을 통해 에어캡을 최소화하여 표면저항을 줄였다. 충전 단자의 구성은 전원단자 2개 및 제어단자 2개로 구성하였으며, 전원단자의 접촉면적은 657mm²로 설계하여 (+)접점과 (-)접점이 모두 동일한 면적을 가지도록 구성하였다. 허용전류는 최소 1A/cm² 이상의 전류에서 접점저항은 100mΩ·cm² 이하가 되도록 설계하였다. 전원 단자층과 단자층 사이는 에어튜브 완충재를 삽입하여 단자층간 접촉저항이 균일하게 분산되도록 하였다. 또한 제어단자의 면적은 3.49mm²이하로 전원단자의 면적보다 작게 하였다. 단자층과 단자층 사이의 완충재의 응력을 낮춰 전원단자에 더 많은 하중이 실리도록 설계하였다.

충전방식은 IR송수신모듈을 장착하여 드론이 베드 주변에 도착 시 드론에서 전송되는 IR신호를 읽어 충전베드를 활성화시키고, 드론이 완전히 안착하게 되어 로터회전이 멈추면 충전신호를 전송하여 충전이 시작되도록 구성하였다[1][3].

충전베드는 드론으로부터 충전명령을 수신 받으면 접촉단자 저항을 체크하여 충전 시에 이상이 없는지 확인 후 충전이 되도록 구성하였다. 접촉 불량으로 인한 배터리 발화문제를 방지하도록 충전회로를 설계하였다. 충전어댑터는 Phantom4 PRO, 3DR Solo, F500 Drone을 사용하였다. Phantom4 PRO, 3DR Solo는 드론 배터리에 내장된 셀 밸런싱 회로

를 통해 충전되도록 구성하였고 F500 기체는 충전기와 배터리를 바로 연결하였다. 드론 내부에는 충전 제어신호를 발생시키기 위한 IR 송신 모듈과 충전 전회로를 통해 배터리의 전력선을 제어하여 배터리를 드론과 베드 사이의 전원이 자동으로 전환되도록 설계하였다.

IV. 실험

본 연구에서는 DJI사의 Phantom 4 PRO와 3DR사의 3DR Solo 드론에 각각 무인 충전시스템을 탑재 및 제작하여 총 100여회의 충전실험을 진행하였다. 그림 4(a)의 Phantom4 PRO는 1.3kg으로 충전온도 충전온도 5~40°C 배터리 용량 5350mAh이다. GPS/GLONASS와 옵티컬 플로우(Optical flow) 비전 포지셔닝 시스템이 탑재되어 자동으로 이륙지점을 사진을 촬영하여 약 20cm이내의 정밀 착륙을 하는 특징이 있다. 그림 4(b)의 3DR Solo Drone은 짐벌이 없는 상태에서 1.5kg으로 가볍고 개조가 용이하여 두 기체를 커넥터 방식의 충전시스템을 장착하였다.



(a) Phantom4 PRO 드론 (b) 3DR Solo 드론
그림 4. 무인충전 시스템 장착

Fig. 4. Installation of unmanned charging system
(a) Phantom4 PRO drone, (b) 3DR solo drone

그림 5는 3DR Solo Drone 드론에 (+)(-)충전단자 2개와 충전 제어단자 2개, IR LED단자 2개를 배선하여 드론에 연결한 그림이다.

3D프린터로 제작한 접촉 수단자 부분은 접촉의 정확도와 밀착성을 가지게 하였다. 항공핀에 많이 쓰이는 스프링 항공핀을 충전단자 4곳에 설치하여 베드에 안착했을 때 좀 더 안착성과 밀착성을 가지는 것을 확인하였다.

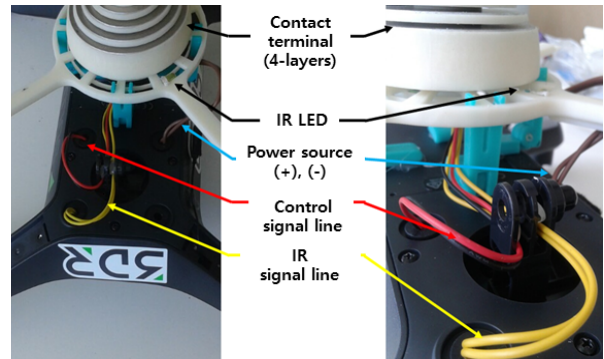
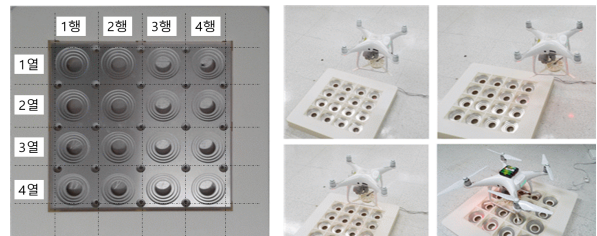


그림 5. 무인충전 단자의 배선 연결

Fig. 5. Wiring connection of unattended charging terminal

Phantom4 PRO와 3DR Solo Drone 드론으로 매뉴얼 비행을 통해 그림 6의 매트리스(4×4) 행렬을 가진 충전슬롯 모듈에 착륙 및 접속되어 충전성공에 대한 유무를 실험하였다. 그림 6(a)에서 상단 왼쪽부터 1행 1열로 분할된 충전모듈의 내부구조이며, 그림 6(b)는 충전베드(300×300mm)에 착륙중인 드론의 그림이다.



(a) 충전 슬롯 (b) 충전 베드

그림 6. 충전 베드의 충전슬롯 모듈

Fig. 6. Charging slot module of charging bed
(a) Charging bed, (b) Charging slot

표 1은 4×4개의 매트리스 행렬로 분할된 충전슬롯의 모듈별로 삽입되어 충전한 횟수에 대한 그림이다. Phantom4 PRO와 3DR Solo Drone 각각 50회의 착륙시험을 통해 충전을 실험하였다.

표 1. 충전슬롯 모듈별 착륙 및 무인 충전횟수,
(a) Phantom4 PRO 드론, (b) 3DR Solo 드론

Table 1. Number of landing and unattended charging per charging slot module

(a) Phantom4 PRO drone					(b) 3DR solo drone				
Row Column	1	2	3	4	Row Column	1	2	3	4
1	1	2	3	3	1	1	2	3	3
2	1	8	9	5	2	1	8	9	5
3	2	6	7	2	3	2	6	7	2
4	0	1	0	0	4	0	1	0	0

그림 7은 드론 충전스테이션(500×500mm) 상부에 4개의 제어버튼을 장착하였다. 드론 커넥터 방식의 충전스테이션의 제어버튼은 드론을 켜고 끄고 하는 ON/OFF 버튼, 배터리의 충전시작 버튼, 드론 충전스테이션을 원격 제어하기 위한 버튼, 드론 종류를 선택할 수 있는 버튼으로 구성되어 있다.

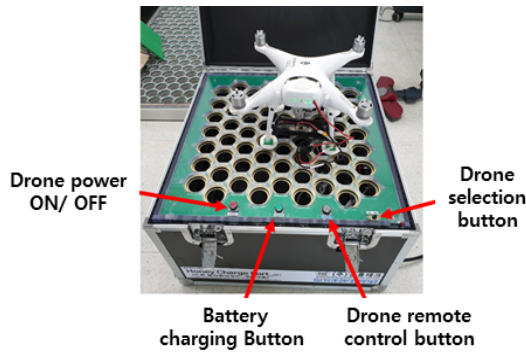


그림 7. 드론 충전베드의 제어 버튼
Fig. 7. Control button of drone charging bed

Phantom4 PRO와 3DR Solo Drone 드론이 충전슬롯에 삽입한 상태에서 그림 8은 100A 접촉 저항 테스터(측정 범위 : 0 ~ 19.99mΩ, 분해능 : 0.1μΩ) 장비를 충전슬롯 모듈별로 각각 15회씩 접촉저항을 측정하였다.

표 2는 Phantom4 PRO(a)와 3DR Solo Drone(b) 드론이 충전슬롯에 삽입된 상태에서 4×4행렬에 대응한 모듈별 평균 접촉저항을 나타낸다. 팬텀4 PRO는 접촉저항은 평균 71.8mΩ의 표준편차 ±5.6mΩ으로 측정되었으며, 3DR Solo Drone은 평균 69.7mΩ의 표준편차 ±4.37mΩ 접촉저항이 측정되었다.

표 3. 드론 충전방식의 비교
Table 3. Comparison of drone charging methods

Division	Wireless charging type	Battery replacement type	Contact charging type
Charging method	Electromagnetic induction	Battery replacement type(AC charging)	Plug-in connector charging (DC charging)
Universality	Use only some drones	Use only some drones	Use only all drones
Charging efficiency	80%	99%	99%
Management efficiency	Need frequent cleaning	Need to manage old conditions	No need for long time management
Safety	Risk of overcharge explosion	Danger of battery detachment	Safe with hall structure
Hazard	Risk of electric shock in close proximity	None	None
USB communication	none	None	Support available



그림 8. 드론 충전 베드의 접촉저항 테스트
Fig. 8. Contact resistance test of drone charging bed

표 2. 충전슬롯 모듈별 접촉저항(mΩ), (a) Phantom4 PRO 드론, (b) 3DR Solo 드론

Table 2. Contact resistance(mΩ) per charging slot module

(a) Phantom4 PRO drone					(a) 3DR solo drone				
DJI	1	2	3	4	3DR	1	2	3	4
1	69	85	67	65	1	66	81	68	69
2	68	69	80	71	2	69	68	77	71
3	72	73	67	67	3	67	71	68	72
4	67	68	78	66	4	66	68	75	66
DC	←Measuring position				DC	←Measuring position			

충전슬롯에 안착된 드론은 방전 후 완충까지의 충전시간을 측정하였다. Phantom4 PRO와 3DR Solo Drone은 각각 평균 52분과 68분으로 충전을 확인하였다.

표 3은 드론 충전방식을 비교한 표이다. 무선충전 방식, 배터리 교체식과 접촉식 충전 방식을 비교하였다.

V. 결 론

본 연구는 드론을 이용하여 산불감시의 지속적인 임무수행을 위한 접촉식 충전 플랫폼을 개발하였다. 드론의 배터리가 소진되어 착륙시 드론의 단자소켓과 충전베드가 결합하여 충전이 되는 접촉식 충전 플랫폼을 개발하였다.

충전베드는 계란관형 구조물과 커넥터 방식 충전 방식의 단자를 설계하고 제작하여 실험을 통해 충전을 확인하였다. 또한 산악지역에서 임무수행을 위해 상시 드론 운용을 위한 충전시스템을 배치함으로써 드론의 무인화에 대한 가능성을 확인하였다.

실험을 위해 Phantom4 PRO와 3DR Solo Drone을 이용하여 실제 비행 및 착륙 실험을 수행하여 충전 실험을 하였고, 실험 결과 드론의 충전단자가 충전스테이션에 정확하게 도킹되어 완충되는 것을 확인하였다. Phantom4 PRO와 3DR Solo Drone 각각 50회를 착륙 시도하여 무인충전을 실험하여 기존에 사용되는 방식인 탈착 후 충전하는 것과 동일함을 확인하였다. 향후 충전단자의 설계를 최적화하고 드론 착륙의 정밀도를 향상하여 단자의 크기를 줄이고, 충전시스템을 허브로 사용하여 외부에서 원격으로 제어, 자율비행 경로의 업데이트 및 드론의 관리가 가능한 시스템으로 연구하고자 한다. 그리고 회전익 드론의 임무 수행 능력을 높이기 위한 연구로서, 접촉식 드론 충전스테이션에 자가 정밀 착륙하기 위한 딥러닝 기반 영상처리를 사용하는 자동 착륙 시스템에 대해서 연구하고자 한다.

References

- [1] C. W. Park, "A study on Drone Charging System Using Wireless Power Transmission", Pusan University of Foreign studies, Thesis, 2017.
- [2] Y. M. Kim and W. B. Baek, "Adaptive Sliding Mode Control based on Feedback Linearization for Quadrotor with Ground Effect", JAIRC, Vol. 8 No. 2, pp. 101-110, Dec. 2018.
- [3] D. N. Kim and W. H. Jeong, "A study on the Development of a Contact-type Wired Charging Platform for Constant Inspection of Roads", The 13th IEMEK symposium on Embedded Technology, pp. 68-69, May 2019.
- [4] Y. K. Kim, D. Y. Choi, S. H. Paik, S. W. Jung, and D. N. Kim, "Implementation of Deep Learning Based Automatic Landing System for Docking on Rotary Wing Drone Contact Charging Stations", JKIIIT, Vol. 18, No. 10, pp. 45-53, Oct. 2020.
- [5] D. U. Ryu, H. M. Cho, Y. B. Ju, Y. S. Son, H. E. Lee, and K. H. Koo, "Wireless Power Transmission Efficiency Changes According to the Drone's Landing Position", Autumn Annual Conference of IEIE, Jeju-do, South Korea pp. 988-989, Nov. 2015.
- [6] C. H. Choi, H. J. Jang, S. G. Lim, H. C. Lim, S. H. Cho, and I. Gaponov, "Automatic wireless drone charging station creating essential environment for continuous drone operation", Proceeding of 2016 International Conference on Control, Automation and Information Sciences, Ansan, South Korea, pp. 132-136, Oct. 2016.
- [7] A. Raciti, S. A. Rizzo, and G. Susinni, "Drone Charging Stations over the Buildings Based on a Wireless Power Transfer System", Proceedings on IEEE/IAS 54th Industrial and Commercial Power Systems Technical Conference, Niagara Falls, ON, Canada, pp. 1-6, May 2018.
- [8] S. Aldhafer, P. D. Mitcheson, J. M. arteaga, G. Kkelis, and D. C. Yates, "Light-weight Wireless Power Transfer for Mid-Air Charging of Drones", Proceeding on 11th European Conference on Antennas and Propagation, Paris, France, pp. 336-340, Mar. 2017.
- [9] H. Dai, Y. Liu, G. Chen, X. Wu, and T. He, "Safe Charging for Wireless Power Transfer", Iin Oroc. of IEEE INFCOCOM, 2014.
- [10] S. J. Kim and G. J. Lim, "Drone-aided border surveillance with an electrification line battery charging system", Journal of Intelligent and Robotic Systems, Vol. 92, pp. 657-670, Jan. 2018.
- [11] A. B. Junaid, A. Konoiko, Y. Zweiri, M. N. Sahinkaya, and L. Seneviratne, "Autonomous

Wireless Self-Charging for Multi-Rotor Unmanned Aerial Vehicles", Journal of Energies, Vol. 10, No. 6, pp. 2-14, Jun. 2017.

[12] A. Rohan, M. Rabah, F. Asghar, M. Talha, and S. H. Kim, "Advanced Drone Battery Charging System", Journal of Electrical Engineering and Technology, Vol. 14, pp. 1395-1405, Feb. 2019.

[13] A. Rohan, M. Rabah, M. Talha, and S. H. Kim, "Development of Intelligent Drone Battery Charging System Based on Wireless Power Transmission Using Hill Climbing Algorithm", Journal of applied system innovation, Vol. 1, No. 4, pp. 2-19, Nov. 2018.

[14] M. Khonji and M. Alshehhi, "Autonomous Inductive Charging System for Battery-operated Electric Drones", The 8th International Conference on e-Energy, Shatin Hong Kong, pp. 322-327, May 2017.

[15] I. M. Costea and V. Pleşca, "Automatic battery charging system for electric powered drones", IEEE 24th International Symposium for Design and Technology in Electronic Packaging, Iasi, Romania, pp. 25-28, Oct. 2018.

[16] Y. H. Zhang, L. F. Shi, X. Ruan, Y. J. Yang, and Z. Jiang, "UAV Autonomous Charging System based on Multi-Information Cooperative Positioning", Advances in Engineering Research, Vol. 163, pp. 1465-1470, May 2018.

저자소개

김 대 년 (Dae-Nyeon Kim)



2001년 2월 : 울산대학교
제어계측공학과(공학사)
2003년 2월 : 울산대학교
전기전자정보시스템공학부
(공학석사)
2010년 2월 : 울산대학교 전기
전자정보시스템공학부(공학박사)

2021년 1월 현재 : (재)경북IT융합산업기술원 책임연구원
관심분야 : 임베디드 시스템, 드론, 컴퓨터비전, 머신러닝

김 영 규 (Young-Kyu Kim)



2005년 2월 : 경주대학교
전자공학과(공학사)
2011년 2월 : 경북대학교
모바일통신공학과(공학석사)
2016년 8월 : 경북대학교
전자공학부(공학박사)
2021년 1월 현재 : (재)경북IT

융합산업기술원 선임연구원
관심분야 : 컴퓨터 아키텍처, SoC, 드론

백 승 현 (Seungh Hyun Paik)



2006년 2월 : 경북대학교
전자공학과(공학사)
2009년 8월 : 경북대학교
전자공학부(공학석사)
2016년 8월 : 경북대학교
전자공학부(공학박사)
2021년 1월 현재 : (재)경북IT

융합산업기술원 선임연구원
관심분야 : 임베디드 시스템, 드론, 머신러닝

정 상 우 (SangWoo Jung)



2014년 2월 : 경일대학교
로봇응용학과(공학사)
2016년 8월 : 경북대학교
전자공학부(공학석사)
2021년 1월 현재 : (재)경북IT
융합산업기술원 연구원

관심분야 : 임베디드 시스템, 드론,
머신러닝

최 대 영 (Daeyoung Choi)



2014년 2월 : 영남대학교
생명공학부(공학사)
2018년 2월 : 경북대학교
전자공학부(공학석사)
2021년 1월 현재 : (재)경북IT
융합산업기술원 연구원

관심분야 : 컴퓨터 비전, 머신러닝,
드론