

무인항공기의 비행시간 향상을 위한 배터리 관리 회로 구현

최 경 준*, 최 세 영*, 엄 성 관,
조 영 식^o

Implementation of Battery Management Circuit to Improve Flight Time for Unmanned Aerial Vehicles

Kyeongjun Choi*, Seyeong Choi*,
Sung-kwan Youm^o, Young Seek Cho^{oo}

요 약

본 논문에서는 무인항공기의 비행시간 향상 및 효율적인 배터리 관리를 위하여 에너지 수집이 가능한 배터리 관리 회로를 제안한다. 제안된 배터리 관리 회로는 나노 파워 부스트 충전기 및 벅 컨버터를 사용한 초 저전력 DC-DC 부스트 충전회로를 드론의 배터리와 드론 FC(Flight Controller) 사이에 연결하여 구성된다. 이 회로는 일정한 DC 전압이 입력되면 동작을 시작하여 2차 전지 및 슈퍼 커패시터에 충전을 할 수 있고, 설계 시 설정한 전압을 출력한다. 제안된 회로를 사용하게 되면 현재 상용화 된 방식인 배터리를 연결하여 사용할 때 보다 누설 전류 발생을 줄일 수 있고, 전압을 조정하여 사용할 수 있으며 에너지를 수집하여 사용할 수 있으므로 무인항공기의 비행시간을 향상시킬 수 있다.

Key Words : Unmanned Aerial Vehicles, Drone, Energy Harvesting, Battery Management Circuit, Flight Controller

ABSTRACT

In this paper, we propose a battery management circuit capable of energy collection for improved flight time and efficient battery management of unmanned aerial vehicles. The proposed battery management circuit is composed by connecting ultra low power DC-DC boost charging circuit using nano power boost charger and buck converter between drone's battery and drone flight controller. The circuit starts operation when a constant DC voltage is input and can charge the secondary battery and super capacitor, and outputs the voltage set at design time. By using the proposed circuit, leakage current can be reduced, voltage can be adjusted, and energy can be collected and used. It can be used and the battery can be used efficiently.

I. 서 론

드론(Drone)은 군사용 목적으로 2000년대 초반에 개발된 무인항공기(Unmanned Aerial Vehicles, UAV)로 표적드론, 정찰드론, 감시드론, 다목적 드론으로 분류되었지만, 최근에는 Wi-fi, LTE, Bluetooth 등 무선통신 기술의 발달 및 각종 센서 기술의 소형화, 오픈 소스의 영향으로 군사용 드론, 농업용 드론, 서비스 드론, 여가용 드론 등 활용 목적으로 분류되며 개인을 위한 용도로도 활용되고 있다^{1,2)}.

무인항공기인 드론은 항공기에 사람이 탑승하지 않고 통제되는 것이 특징이며, 원격 조종, 자동 비행, 반자동 비행, 자율 비행을 하는 비행체이다. 이러한 이유로 사람이 직접 하기 힘든 업무를 대신 할 수 있기 때문에 큰 이점을 가지며 최근에 시장이 빠르게 성장하였고, 다양한 분야에 사용되고 있으며, 활용 범위 또한 갈수록 커져가고 있어 관련 연구가 활발하게 이루어지고 있다³⁻⁵⁾. 하지만 드론이 주어진 임무를 효과적으로 수행하여 다양한 분야에서 지속적으로 사용되

※ 본 논문은 2019년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국 산업기술진흥원의 지원을 받아 수행되었습니다.(N0002431, 2019년 산업 전문인력역량강화사업)

• First Author : (OCID:0000-0001-7484-1740)Department of Information & Communication Eng., Wonkwang University, rudwns1306@naver.com, 학생회원

° Corresponding Author : (OCID:0000-0002-9751-8732)Department of Information & Communication Eng., Wonkwang University, skyyoum@gmail.com, 정회원

oo Corresponding Author : (OCID:0000-0002-8011-0087)Department of Electronic Eng., Wonkwang University, ycho@wku.ac.kr, 정회원

* (OCID:0000-0002-1888-9165)Department of Information & Communication Eng., Wonkwang University, sychoi@wku.ac.kr, 종신회원
논문번호 : 201911-285-A-LU, Received November 5, 2019; Revised November 20, 2019; Accepted December 3, 2019

기 위해서는 비행시간의 증가가 필수적이며, 드론의 비행시간의 한계를 극복하기 위해 국내외로 드론의 배터리와 비행시간에 관련된 연구가 진행되고 있다 [6-8].

본 논문에서는 무인항공기의 비행시간 향상 및 효율적인 배터리 관리를 위한 배터리 관리 회로를 제안한다. 배터리를 이용하여 드론을 동작 시 동작에 필요한 전압은 드론에 따라 달라 배터리를 서로 호환하여 사용이 불가능 하고, 배터리의 용량을 키우기 위해 셀을 이어 붙이는 방식을 사용하기 때문에 과전류나 전압강하 등의 문제가 생겨 드론의 안정적인 비행을 방해한다. 이러한 원인으로 드론의 비행 안정성이 떨어질 수 있어 배터리를 사용하면서 드론의 비행시간 향상과 안정적인 비행이 중요하다^[9]. 제안된 회로는 배터리와 드론의 Flight Controller 사이에 연결하며 에너지 하베스팅(energy harvesting) 회로로 설계하여 외부의 에너지를 수집, 전기에너지를 획득할 수 있도록 해서 에너지 공급의 안정성 및 지속 가능성을 유지할 수 있게 한다^[10]. 이를 통해 일정한 입력전압이 인가되면 설정한 전압이 출력되도록 하여 배터리를 사용하면서 전압강하 및 누설 전류 등을 방지하고 드론의 통신에 사용하는 드론 비행 시 사용하는 전압만을 가지고 드론을 비행시켜 비행시간을 향상할 수 있도록 한다.

II. 배터리 관리 회로 설계

에너지 하베스팅 기술은 전원의 연결이나 배터리 교체 없이 소형 센서 노드의 수명을 늘릴 수 있는 방법으로 최근 발전되고 있는 기술이며 배터리를 통해 구동되는 무선 이동 단말의 생존시간을 증대시키는 기술로 활용되고 있다.

본 논문에서는 배터리와 드론의 연결 부분에 배터리 관리 회로를 연결하여 배터리에서의 일정한 전압이 제안한 회로의 입력에 들어오게 되면 회로 설계 시 설정한 전압이 출력 되도록 하며, 에너지 하베스팅을 통해 수집된 에너지를 슈퍼 커패시터를 사용하여 충전 하도록 구성해서 배터리와 드론간의 호환성 문제를 해결함과 동시에 과전류 과전압 등을 방지해 드론의 비행시간을 향상시킬 수 있음을 확인한다.

2.1 배터리 관리 회로도

본 연구에서 설계한 회로는 입력단에 배터리를 연결하여 나오는 전압과 전류를 가지고 배터리 관리 회로를 동작 시켜 5.0 V 전압의 출력과 슈퍼 커패시터

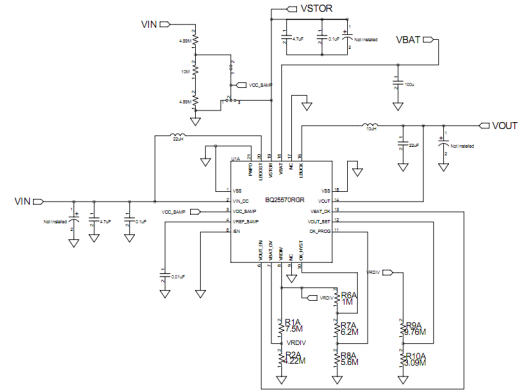


그림 1. 에너지 하베스팅 회로도
Fig. 1. Energy Harvesting Circuit

에 에너지를 저장하도록 하였다. 회로의 입력에 일정한 DC 전압이 들어오면 회로가 동작되며 충전시키는 칩셋은 TI사의 BQ25570 칩셋 기반으로 설계하였고, 슈퍼 커패시터는 LS Mtron사의 LSUC 003R0L 0480F EA를 사용하였다. 그림 1은 설계한 배터리 관리 회로의 회로도이다. 설계된 회로는 5.0 V의 출력 전압이 나오도록 VOUT 핀에 3.09 M Ω , 9.76 M Ω 의 저항을 연결하고, VBAT_OV 핀에 4.22 M Ω , 7.5 M Ω 을 연결하여 VBAT_OV 핀이 5.04 V 이상이 되면 슈퍼 커패시터에 충전이 중단 되고 VOUT에 설정한 전압이 출력되도록 하였다. 설계한 회로의 정상 동작을 확인하기 위해 슈퍼 커패시터의 충전 실험을 진행하였고, 충전 환경은 상온에서 2.398 V의 에너지를 저장하고 있는 커패시터를 3.005 V가 될 때까지 충전 전압 4.0 V, 전류는 1.0 A로 파워 서플라이를 통해 충전 시키는 것이며, 방전은 같은 온도 환경에서 3.0 V의 전압이 2.0 V가 될 때까지 방전 시키는 것이다.

그림 2는 슈퍼 커패시터의 충전 시간을 나타낸 것이다. 그림 2의 (a)는 충전 시간에 대한 슈퍼 커패시터의 전압을 나타낸 것으로 시간이 지나도 일정하게 충전이 되는 것을 볼 수 있으며, 충전 후 약 0.5 시간이 지난 시점에서 충전 속도가 약간 떨어진 것은 슈퍼 커패시터에 2.8 V의 에너지가 저장되면 회로 내에서 전압 사용이 가능하도록 설계되어 회로 내에 다른 곳으로 약간의 전류가 사용됨으로써 충전 전류가 조금 낮아져서 충전이 계속 된다. 그림 2의 (b)는 방전 시간에 대한 슈퍼 커패시터의 전압을 나타낸 것으로 3.0 V 까지 충전을 시킨 슈퍼 커패시터의 전압을 2.0 V 까지 방전 시키는 동안의 시간과 전압을 알 수 있다. 슈퍼 커패시터를 방전 시킬 때 역시 충전시킬 때와 같이 방전이 진행되는 시간에 관계없이 일정

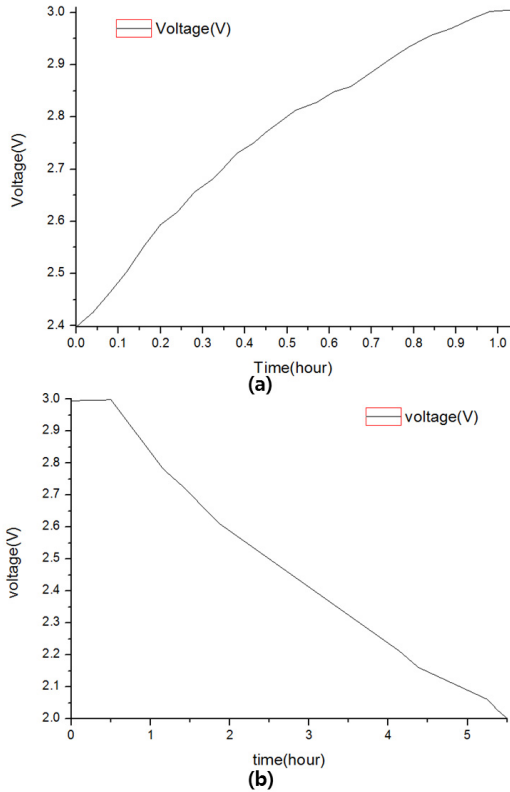


그림 2. (a) 슈퍼 커패시터의 충전시간 (b) 슈퍼 커패시터의 방전시간

Fig. 2. (a) Charging Time of Supercapacitor (b) Discharging Time of Supercapacitor

한 속도로 방전이 되는 것을 확인 하였다. 슈퍼 커패시터는 충·방전 시 시간에 따라 변하지 않고 일정하게 충·방전이 되는 특성을 가지고 있는데 실험을 통해 이를 확인함으로써 설계한 에너지 하베스팅 회로가 정상 동작함을 확인하였다.

III. 실험 결과

그림 3의 (a)는 일반적인 드론 사용 환경과 같이 드론에 배터리를 연결하여 드론에 들어오는 입력 전압과 회로에서 사용되는 출력 전압을 측정 한 결과이며, CH1은 회로의 입력전압, CH2는 회로의 출력 전압이다. 배터리를 드론에 연결했을 때 약 5 V의 전압이 회로의 입력에 들어오게 되며 회로에서 사용하는 전압 5 V보다 약 0.24 V 정도 높은 5.24 V가 회로 동작에 사용되는 것을 확인하였다. 그림 3의 (b)는 배터리 관리 회로의 입·출력 전압의 측정 결과이며, CH1은 회로의 입력전압, CH2는 회로의 출력 전압이다. 실험 회로

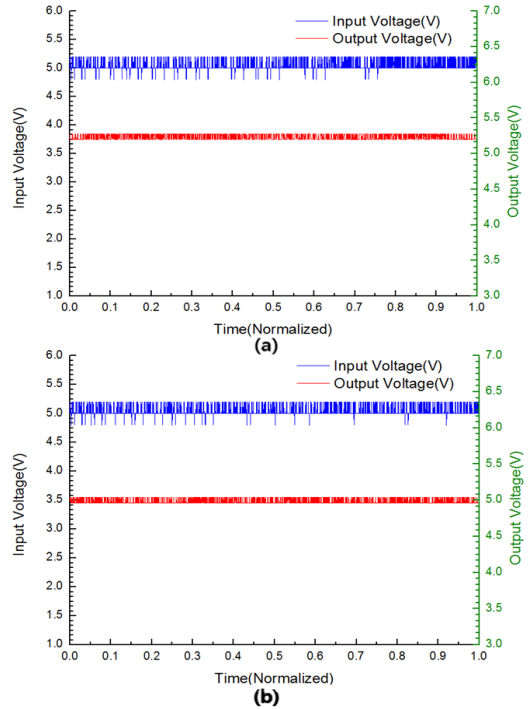


그림 3. (a) 회로 입·출력 전압 측정 결과, (b) 배터리 관리 회로 입·출력 전압 측정 결과

Fig. 3. (a) Measurement of Input & Output Voltage of Circuit (b) Measurement of Input & Output Voltage of Battery Management Circuit

구성은 출력 전압 5 V의 배터리를 제안한 회로의 입력 단에 연결 한 후 슈퍼 커패시터를 회로의 충·방전 핀에 연결하여 진행하였다. 측정 결과 그림 3과 같이 입력 전압 5 V를 회로에 인가하였을 때 출력 전압이 설정한 5 V로 큰 차이 없이 출력되는 것을 볼 수 있고, 그림 2와 같이 슈퍼 커패시터의 충·방전 역시 정상 동작 하는 것을 보아 제안한 배터리 관리 회로가 정확하게 동작하며, 그림 3 (a)의 Output Voltage보다 그림 3 (b)의 Output Voltage가 전압의 변동이 적으며 5 V에 가깝게 나오는 것을 확인하여 출력 전압의 오차가 적은 것을 알 수 있다.

그림 4는 제안한 배터리 관리 회로를 실제 드론과 연결하여 드론의 동작을 확인한 것이다. 배터리를 제안한 회로의 입력 단에 연결 한 후 슈퍼 커패시터를 충·방전 핀에 연결하여 회로를 구성 하였고, 회로의 출력 단을 드론의 전원 부에 연결하였다. 드론은 로보 링크 사의 코드론2를 사용하였으며 5 V의 전압으로 드론이 동작한다. 그림 4와 같이 회로를 구성하여 드론의 앞 부분에 빨강 LED가 켜지는 것을 확인 하여 드론의 전원이 들어오는 것을 확인하였다.

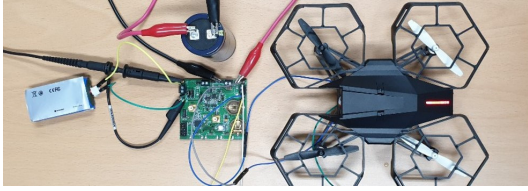


그림 4. 배터리 관리 회로 구성
Fig. 4. Configuration of Battery Management Circuit

IV. 결 론

본 논문에서는 무인항공기의 비행시간 향상을 위한 배터리 관리 회로를 구현하였다. 제안한 회로는 에너지 하베스팅이 가능하도록 TI사에서 제작한 BQ25570 칩셋 기반으로 하였고, 슈퍼 커패시터를 충전하면서 설정한 전압이 출력되도록 설계하였다. 배터리 관리 회로는 일정한 DC 전압이 입력에 들어오게 되면 슈퍼 커패시터를 충전하면서 5.0 V의 출력 전압이 나오도록 하여 동작을 확인하였다. 현재 무인항공기는 대부분 배터리를 이용하여 동작하게 되는데 무인항공기마다 사용되는 배터리가 달라 호환이 어렵고 과전류, 전압강하 등의 문제가 생겨 드론의 사용에 있어 배터리 문제는 해결해야 될 필수 사항이다. 제안한 배터리 관리 회로는 배터리와 드론의 Flight Controller 사이에 연결하기 때문에 기존의 회로보다 부피와 복잡도가 약간 증가하는 단점이 생기지만 PCB 제작 시 드론의 Flight Controller 와 제안된 회로를 동일 보드에 소형화 제작을 통해 이를 해결 할 수 있으며, 실험을 통해 정상 동작과 기존의 방식보다 전압의 공급이 안정적인 것을 확인함으로써 무인항공기의 비행시간 향상 및 배터리 호환성 문제 등의 해결을 위해 사용이 가능함을 보였다.

References

[1] J. H. Jin and K. B. Lee, "UAV/Drone understanding and trends," *J. KICS*, vol. 33, no. 2, pp. 80-85, Feb. 2016.

[2] S. W. Son, J. H. Kang, and K. J. Park, "Overview and issues of drone wireless communication," *J. KICS*, vol. 33, no. 2, pp. 93-99, Feb. 2016.

[3] D. H. Kim, J. H. Shin, and J. D. Kim, "Design and implementation of Wi-Fi based drone to save people in maritime," *J. KIICE*, vol. 21, no.

1, pp. 53-60, Jan. 2017.

[4] G. H. Kim and Y. Z. Cho, "A stepwise network self-recovery scheme for multi-drone ad hoc networks," *J. KICS*, vol. 43, no. 1, pp. 110-120, Jan. 2018.

[5] M. Alwateer, S. W. Loke, and W. Rahayu, "Drone services: An investigation via prototyping and simulation," *2018 IEEE 4th World Forum on Internet of Things, (WF-IoT)*, pp. 367-370, Singapore, Singapore, Feb. 2018.

[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," *2016 Int. Conf. (ICCAIS)*, pp. 132-136, Ansan, South Korea, Oct. 2016.

[7] T. M. Mostafa, A. Muharam, and R. Hattori, "Wireless battery charging system for drones via capacitive power transfer," *2017 IEEE PELS Workshop on Emerging Technologies: Wireless Power Transfer (WoW)*, pp. 1-6, Chongqing, China, May 2017.

[8] K. H. Nam, W. J. Jung, J. E. Jang, H. I. Chae, and J. S. Park, "Wireless power harvesting techniques to improve time to fly of drone," *J. KICS*, vol. 41, no. 11, pp. 1574-1579, Nov. 2016.

[9] S. H. Lee, B. R. Yun, D. Y. Kim, H. S. Kim, and W. J. Lee, "Development of a motor speed controller of drones considering voltage drop of battery," *J. KIICE*, vol. 44, no. 6, pp. 601-606, Jun. 2017.

[10] R. K. Sidhu, J. S. Ubhi, and A. Aggarwal, "A survey study of different rf energy sources for RF energy harvesting," *2019 ICACTM*, pp. 530-533, London, United Kingdom, Apr. 2019.