

# 다채널 BLDC 모터가 장착된 수중 드론용 컨트롤러 및 배터리 관리시스템(BMS) 개발

김종실\* · 주영태\*\* · 김응곤\*\*\*

Development of Controllers and Battery Management Systems(BMS) for  
Underwater Drones Equipped with Multi-channel BLDC Motors

Jong-Sil Kim\* · Yeong-Tae Ju\*\* · Eung-Kon Kim\*\*\*

## 요약

드론 및 ICT 융합 기술의 발전에 따라 기존 잠수사가 담당하고 있던 수중 현황 탐색, 수중 구조물 검사 등의 작업을 수중 드론으로 대체하고 낚시를 위한 수중 탐사 등의 레저용 수중 드론, 다리 교각 등 산업용 등의 수중 드론의 활용성이 증대되고 있다. 기존 모터 컨트롤러는 항공 드론에 적합하며 수중 드론 전용 BLDC 모터 컨트롤러의 개발을 통해 수중 드론의 완성도와 모터 컨트롤에 대한 신뢰도를 높일 수 있다. 수중 드론 전용 배터리 관리 시스템(BMS)의 개발을 통해 충전 상태 확인, 방전 상태 확인, 셀 밸런싱 조정, 고전압 보호 기능 구현으로 배터리 안정성을 확보하였다.

## ABSTRACT

With the development of drone and ICT convergence technology, the use of underwater drones such as leisure underwater drones such as underwater exploration for fishing and industrial drones such as bridge piers is increasing. Existing motor controllers are suitable for aerial drones and these can increase the completeness of underwater drones and their reliability in motor control by developing BLDC motor controllers dedicated to underwater drones. By developing a battery management system (BMS) exclusively for underwater drones, battery stability was ensured by checking the state of charge, checking the state of discharge, adjusting cell balancing, and implementing high/voltage protection functions.

## 키워드

Underwater Drone, Motor Controller, Battery Management System, Monitoring, , Multi-Channel, Monitoring  
수중 드론, 모터 컨트롤러, 배터리 관리 시스템, 다채널, 모니터링

\* (주)휴인텍(nikekjs@nate.com)

\*\* 순천대학교 컴퓨터공학과(niea@daum.net)

\*\* 교신저자 : 순천대학교 컴퓨터공학과

• 접수일 : 2023. 04. 26

• 수정완료일 : 2023. 05. 19

• 게재확정일 : 2023. 06. 17

• Received : Apr. 26, 2023, Revised : May. 19, 2023, Accepted : Jun. 17, 2023

• Corresponding Author : Eung-Kon Kim

Email : kek@scnu.ac.kr

## 1. 서 론

수중 드론(Underwater Drone)은 해양 데이터 수집 및 모니터링을 위한 자율적인(Autonomous) 수중 항행 기기로 정의할 수 있다.

원격으로 조작하는 수중 탐사정을 간소화한 것으로 본체에는 수중을 이동하기 위한 여러 개의 모터와 배터리, 데이터 수집을 위한 카메라, 센서, 통신용 케이블 등이 탑재되어 있다[1].

드론 기술 및 ICT 융합 기술의 발전에 따라 기존 잠수사가 담당하고 있던 수중 현황 탐색, 수중 구조물 검사 등의 작업을 수중 드론으로 대체하고자 하는 연구개발이 다양하게 진행 중이다[2]. 낚시를 위한 수중 탐사 등의 레저용 수중 드론, 다리 교각 등 산업용 등의 수중 드론의 활용성이 증대되고 있다[3].

수중 드론 운용에 있어 가장 중요한 부분은 수중에서의 자세 안정화, 수직 수평 이동을 위한 모터 컨트롤러로 기성 제품인 HAKRC사의 HK8B45 BLDC 모터 컨트롤러를 주로 활용하고 있으나 애초에 항공용 드론에 적합한 제품으로 드라이버가 개별적으로 나뉘어있어 드론 자체 크기 및 무게가 증가하며, 1개의 모터 제어기에 하나의 채널로 구성이 가능하여 다양한 채널 구성 시 다수의 모터제어 컨트롤러가 필요하다[4, 5]. 정 회전뿐만 아니라 역회전도 함께 필요한 수중용 드론 특성상 개별 제어를 통한 운용 안정성 향상이 필요하다. 이를 위해 수중 드론에 적합한 개별 채널 구성 및 중량 감소를 위한 수중 드론 전용 BLDC 모터 컨트롤러의 개발이 필요하다[6, 7].

수중 드론에서 주로 사용되는 리튬이온 배터리는 특성상 배터리의 수명이 짧고 배터리 상태를 확인할 수 없어 운용 도중에 방전이 되면 회수를 해야 하며, 충전 시 배터리를 과충전 상태로 방지 하면 내부 과열과 화학반응이 일어나는 스웰링 현상으로 용기의 내부압력이 증가하여 폭발이 일어날 가능성이 있다. 이를 방지하기 위해 충·방전 시 배터리 셀 간의 밸런싱 및 과충전, 과방전, 온도상승 등을 방지하고 더 효율적으로 배터리의 전력을 사용하여 안정적인 수중 드론의 운용이 필요한 배터리 관리 시스템이 필요하다[8, 9].

본 논문은 다채널 BLDC 모터로 구성된 수중 드론의 안정적인 운용을 위하여 수중 드론 전용 모터 컨트롤러 및 배터리 관리시스템을 제안한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 다채널 BLDC 모터의 안정적인 운용을 위한 모터 컨트롤러 설계에 관한 내용을 기술하고, 3장에서는 배터리 관리시스템의 하드웨어 및 펌웨어 개발에 관한 내용을 4장에서는 본 논문의 결론을 기술한다.

## II. 수중 드론 모터 컨트롤러 설계 및 개발

### 2.1 모터 컨트롤러 하드웨어 설계 및 개발

기성 제품 BLDC 컨트롤러는 한 개의 마이크로프로세서가 하나의 모터를 제어하는 방식으로 이를 보완하기 위해 하나의 마이크로프로세서를 이용하여 2개 이상의 BLDC 모터를 컨트롤 할 수 있도록 구성하였다. 수중 드론에 사용되는 제품의 특성을 고려하여 최소한의 크기(6채널 제품의 크기는 약 40 X 120mm 크기로 제작)로 제작될 수 있도록 구성하며, 2개 채널 모터제어를 하나의 모듈로 구성하며, 최대 3개의 모듈을 장착하여 6개의 수중 모터를 제어할 수 있도록 설계하였다.

대용량 모터 장작을 고려하여 모터 컨트롤러에 들어가는 MOSFET는 최소 10A 이상, 최대 40A 이하의 BLDC 모터에 대응이 가능한 제품을 선정하고 수중 모터는 3-Phase Sensorless 방식의 제품을 사용을 위하여 이를 위한 컨트롤러의 회로 구성도는 그림 1과 같이 BEMF(Back Electromotive Force) Voltage Zero-crossing detection 방식으로 구성하였다.

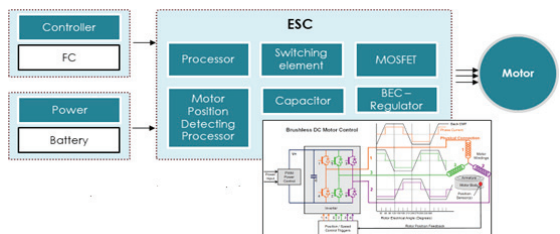


그림 1. 수중 드론 모터 컨트롤러 구성도  
Fig. 1 Underwater drone motor controller configuration diagram

모터 컨트롤러는 항공 드론과 같은 단방향 구동 방식이 아닌 정회전/역회전(회전범위 : 1,000 ~ 2,000rpm) 제어가 가능해야 하며, 이를 위한 Bi-directional rotation 기술을 적용하였다. 최소한의 안전장치로 모터의 전류 값 제한을 위한 회로 구성이 포함되며, 과전류로 인한 손상을 방지하기 위한 기능도 포함하였다. 수중 모터 컨트롤러의 제어는 PWM 방식 및 UART 통신 방식 등 2가지의 제어 값을 수신할 수 있도록 설계하여 활용성이 높도록 설계 및 개발하였다.

**2.2 모터 컨트롤러 펌웨어 설계 및 개발**

수중 모터 2개를 단일 마이크로프로세서에서 제어하는 컨트롤러 설계를 위하여 컨트롤러의 모터제어를 위한 통신 방식은 PWM 및 UART 통신 등 2가지로 설계하였으며, 두 가지 방식의 제어 명령에 적합하도록 설계하였다.

최적의 구동 프로그램 구현을 위하여 Sensorless BLDC의 특성을 고려하여 Bypass type의 모터 구동 내역 분석을 하고 수중 드론 모터는 정회전 및 역회전 제어가 필요한 시스템으로 효율적인 모터 구동을 위하여 Zero-crossing detection을 통해 각 상에 최적의 PWM 파형 구현을 위한 기술을 적용하였다[10]. 그림 2와 같이 3상으로 구성된 BLDC 컨트롤러는 6단계의 스위칭 단계를 거쳐 작동되며, 로터의 각도(일명 섹터)에 따른 FET의 스위치 방안을 개발하였다.

속도 및 모터의 Torque 제어를 위한 방안으로 최적의 PWM duty cycle에 관한 성능 연구가 요구되며, 이를 위한 속도에 대한 가변적인 PWM 제어 프로그램을 개발하고 모터 컨트롤러 환경설정용 프로그램과 연동을 위한 프로토콜 정립 및 데이터를 수신하여 제품이 구동되기 위한 관련 데이터 수신/작동 알고리즘을 내장한 펌웨어를 개발하였다.

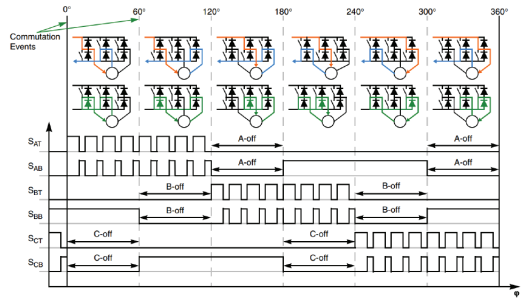


그림 2. 3상 모터의 섹터별 PWM 스위치 방안  
Fig. 2 PWM switch method for each sector of three-phase motor

**2.3 모터 컨트롤러 설정 프로그램 설계 및 개발**

USB to UART를 통하여 전송된 데이터는 BLDC 컨트롤러와 유선통신을 통하여 주요 설정값을 전송할 수 있다. 기존 항공용 드론은 단방향으로 회전하는 제품이므로 상기와 같은 설정이 필요 없으나, 정회전/역회전을 하는 수중 드론용 모터 컨트롤러는 정지 값에 대한 설정이 필요하다.

PWM 중간값에 대한 설정이 가장 중요한 사항이며, 추가로 BEMF(: Back Electromotive Force)에 대한 미세조정이 가능하도록 구현하였다. 그림 3과 같이 좌측 상단에 통신 연결을 위한 설정을 할 수 있도록 구성되며, 메인 창 상단에는 현재 상태 값을 읽어서 표시할 수 있도록 구현하였다. 세부적인 설정 내역을 저장할 수 있도록 메인 하단에 설정 화면이 표시되도록 구현하였다.

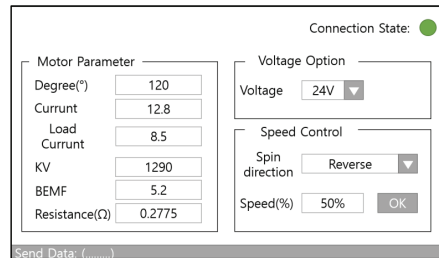


그림 3. 모터 컨트롤러 설정 프로그램  
Fig. 3 Motor controller setup program

**2.4 모터 컨트롤러 장착형 수중 드론 외형 설계**

수중 드론 BLDC 기반 모터 컨트롤러는 4개의 전자부 중에서 노이즈가 가장 많이 발생하는 부분으로 메인 모듈의 하단부에 배치하는 방안으로 설계

하였다. 통합관리 모듈을 중심으로 수직형 모터 2 EA, 수평형 모터 4 EA 및 이중 배터리 장착이 가능한 내부를 가지는 외형으로 3D 모델링 설계를 진행하였다.

추가로 장착되는 제어 장치인 카메라 영상처리부, 모터/센서 제어부와 커넥터로 연결되는 부분에 대한 처리 방안, 메인 모듈의 크기와 공간 활용성, 제품 조립성을 고려한 최적의 배치 방안을 고려하여 그림 4와 같이 설계하였다.

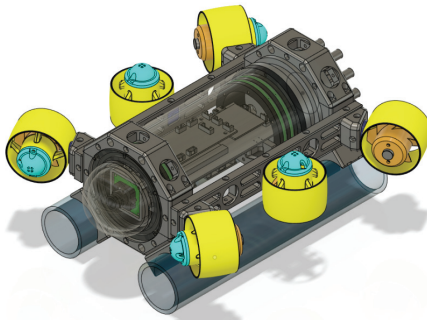


그림 4. 다채널 BLDC 모터 장착 수중 드론 외형 설계  
Fig. 4 Underwater drone exterior design with multi-channel BLDC motor

### III. 수중 드론용 배터리 관리 시스템(BMS) 설계 및 개발

#### 3.1 BMS 하드웨어 모듈 설계 및 개발

수중 드론에 장착되는 배터리의 효율적인 관리(충전 및 방전 시 발생하는 열 폭주 현상 방지) 및 제어(충전 밸런싱, 방전 용량)를 위해서는 배터리 관리 시스템(BMS)이 장착되어야 한다.

수중 드론에 장착되는 배터리는 2P3S(12.6V, 6A) 또는 1P4S(16.8V, 3A)의 18650 배터리 어레이로 구성되어 있으며, 드론 하단 양 측면에 2개 설치되어 있다. BMS는 가장 기본적인 기능은 열 보호 기능을 기반으로 전기 보호(배터리의 손상 방지)를 위한 기능이 포함될 수 있도록 설계 진행하였다. 자체 통신 기능이 있어, 이를 통한 배터리의 상태 값을 지속적으로 파악할 수 있도록 구성하여 18650 리튬배터리를 3P3S로 구성한 BMS를 개발하였다.

수중 드론에 사용되는 배터리는 직선형으로 구성하며, 이와 같은 배열에 적합하도록 BMS는 2개 이

상의 온도 값 수집을 위해, NTC 계열의 온도 센서를 이용하였다. 셀 밸런싱을 위한 자체 밸런싱 chip을 사용하여 구성하며, 과전류를 모니터링 할 수 있도록 회로를 구성하고 향후 확장성을 고려하여 4S, 5S 배터리도 구현할 수 있도록 배터리 확장형 제품으로 개발하였다.

그림 5는 수중 드론 배터리 관리시스템 하드웨어 모듈의 구성도이다.

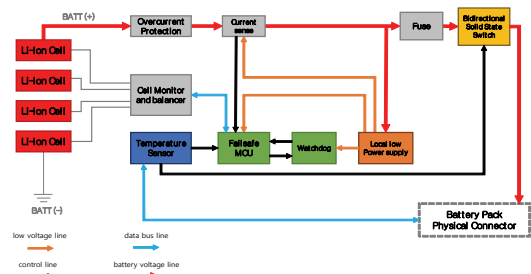


그림 5. BMS 하드웨어 모듈 구성도  
Fig. 5 BMS Hardware Module Configuration Diagram

#### 3.2 BMS 하드웨어 펌웨어 개발 및 최적화

BMS는 자체 프로세서를 가지고 있으며 이를 제어하기 위한 펌웨어를 개발하였다. 주요 기능은 배터리의 충전 상태 확인, 방전 상태 확인, 셀 밸런싱 조정이며 이를 위해 ADC에서 수집된 전압값을 기반으로 저전압 보호 기능, 고전압 보호 기능을 구현하였다. BMS는 대용량의 MOSFET를 가지고 있으며, 온도 및 전압의 변화에 따른 충전 용량제어를 수행한다.

그림 6과 같이 BQ7692006 chip의 REGSRC 핀은 FET 출력, 쿨롱 카운터 및 I2C 인터페이스와 같은 내부 회로와 REGOUT 레귤레이터를 통한 외부 부하에 전원을 공급하는데 사용되는 전원 공급 핀으로 BAT와 별도이다. 이 REGSRC 핀은 CHG, DSG 풀업 회로의 전원 경로의 시작이다. REGOUT에서 전압이 3.3V가 정상적으로 나오지 않는 문제가 있었고, 이로 인해 I2C 인터페이스에도 영향을 끼쳤다. I2C 통신이 정상적으로 수행되지 않자 전반적인 BMS 모듈 기능수행에도 문제가 생겼다. 이를 해결하기 위해 이전에는 배터리 전압이 REGSRC 범위 내에 있기 때문에 FET를 사용하지 않았으나 FET를 사용하는 쪽으로 변경했다. 초기 설정을 할 때

시스템 제어2 레지스터에 CHG\_ON bit를 1로 설정함으로써 CHG FET 드라이버를 활성화했다.

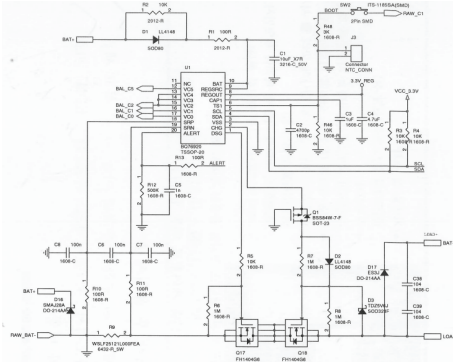


그림 6. BMS 모듈 회로 구성도  
Fig. 6 BMS module circuit configuration diagram

최상의 FET 성능을 위해 더 높은 전압을 제공하고 REGOUT에서 전압이 3.3V가 정상적으로 나오는 것을 확인할 수 있었다.

BQ7692006 chip의 CHG 핀은 충전 FET 드라이버이고 DSG 핀은 방전 FET 드라이버이다. 충·방전 핀(CHG, DSG)이 기존 TI에서 나온 BQ76920EVM 보드에서는 과충전, 과방전, 방전 중 단락, 방전 중 과전류 등과 같은 에러가 나는 경우 자동으로 충·방전 핀(CHG, DSG)을 OFF 시켜서 회로를 보호할 수 있었지만 그림 7과 같이 BQ7692006 chip 자체에서는 따로 자동으로 충·방전 핀(CHG, DSG)을 OFF 시켜 회로를 보호할 수 있는 기능이 없어서 시스템 에러가 일어나도 계속 충전, 방전이 가능하게 된 상태를 유지해서 회로를 보호하지 못하는 문제가 있었다.

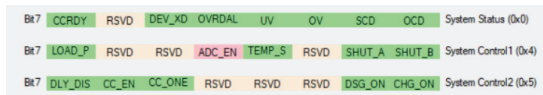


그림 7. BQ7692006 충·방전 핀 구성도  
Fig. 7 Charge/discharge pin configuration diagram

이를 해결하기 위해서 과충전(OV), 과방전(UV), 방전 중 단락(SCD), 방전 중 과전류(OCD), 내부 칩 오류(DEVICE\_XREADY) 등과 같은 시스템 에러를 감지해서 각 에러에 맞도록 충·방전 핀(CHG, DSG) 상태를 자동으로 수정하도록 했다. 표 1과 같이 시

스템 상태 레지스터(0x0)에서 에러를 감지한 경우 시스템 제어2 레지스터(0x5)에서 DSG\_ON, CHG\_ON의 bit를 1에서 0으로 바꾸는 작업을 진행했다. 이후 충전 중이거나 방전 중일 때 시스템 에러가 났을 때 충·방전 핀 상태를 자동 OFF 상태로 변경함으로써 효과적으로 모듈 내부를 보호할 수 있게 되었다.

표 1. 에러 이벤트에 따른 핀 Bit 변경  
Table 1. Change pin bit according to error event

Error event	CHG_ON	DSG_ON
OV error	0	-
UV error	-	0
OCD error	0	0
SCD error	0	0
ALERT Override	0	0
DEVICE XREADY	0	0
Enter SHIP mode	0	0

리튬이온 배터리는 과충전 및 과방전시 충전 용량이 치명적으로 줄어들게 되고, 고온 및 과전류 등에 의해 폭발할 수 있는 위험성을 가지고 있다. 배터리 팩에서 각 셀의 충전 정도가 균등하지 않은 배터리를 충·방전할 경우 과충전 또는 과방전의 문제가 발생할 수 있다. 배터리 팩 각각의 셀의 충전 정도가 동일해도 셀 간의 생산 시의 오차, 노화 정도의 차이, 내부저항 및 온도의 편차가 존재하기 때문에 충·방전 과정에서 용량의 차이를 보일 수 있고, 충·방전 횟수가 증가할수록 편차가 누적되어 배터리 수명이 줄어들 수 있다. 따라서 멀티 셀로 구성된 배터리를 사용할 경우 각 셀의 밸런싱을 맞춰주는 것이 중요하다.

3셀로 구성된 배터리의 온도, 충·방 전 되는 전압 및 전류에 따라 배터리를 보호하고, 각 셀의 전압을 센싱하여 밸런싱을 맞춰주는 AFE test를 각 셀 간 전압 차가 1V 이상 차이나는 상태에서 진행하던 도중, 셀 밸런싱이 미미하게 수행되는 결과를 확인했다. 이를 해결하기 위해 셀 간 전압 차가 클수록 전압이 낮은 셀을 따로 개별 충전을 해서 그림 8과 같이 전압 차이를 줄였다.

```

16.360 -> getCellVoltage5: 3675 :45.248 -> 0x00 SYS_STAT: 00000000 0
16.360 -> getBatteryVoltage: 10810 :45.248 -> 0x01 CELLBAL: 00000001 1
16.360 -> checkStatus: 0 :45.248 -> 0x04 SYS_CTRL1: 00011000 24
17.357 -> 0x00 SYS_STAT: 00000000 0 :45.248 -> 0x05 SYS_CTRL2: 01000001 65
17.357 -> 0x04 SYS_CTRL1: 00011000 24 :45.294 -> getCellVoltage1: 3625
17.357 -> 0x05 SYS_CTRL2: 01000001 65 :45.294 -> getCellVoltage2: 3676
17.357 -> getCellVoltage1: 3633 :45.294 -> getCellVoltage3: 47
17.357 -> getCellVoltage2: 3701 :45.294 -> getCellVoltage4: 47
17.357 -> getCellVoltage3: 47 :45.294 -> getCellVoltage5: 3559
17.357 -> getCellVoltage4: 47 :45.294 -> getBatteryVoltage: 10659
17.357 -> getCellVoltage5: 3675 :45.294 -> checkStatus: 0
17.357 -> getBatteryVoltage: 10810 :46.259 -> 0x00 SYS_STAT: 00000000 0
17.357 -> checkStatus: 0 :46.259 -> 0x01 CELLBAL: 00000001 1
18.356 -> 0x00 SYS_STAT: 00000000 0 :46.259 -> 0x04 SYS_CTRL1: 00011000 24
18.356 -> 0x01 CELLBAL: 00010010 18 :46.259 -> 0x05 SYS_CTRL2: 01000001 65
18.356 -> 0x04 SYS_CTRL1: 00011000 24 :46.259 -> getCellVoltage1: 3625
18.356 -> 0x05 SYS_CTRL2: 01000001 65 :46.259 -> getCellVoltage2: 3675
18.356 -> getCellVoltage1: 3633 :46.259 -> getCellVoltage3: 47
18.356 -> getCellVoltage2: 3701 :46.259 -> getCellVoltage4: 47
18.356 -> getCellVoltage3: 47 :46.259 -> getCellVoltage5: 3559
18.356 -> getCellVoltage4: 47 :46.259 -> getCellVoltage5: 3559
18.356 -> getCellVoltage5: 3675 :46.259 -> getCellVoltage5: 3559
    
```

그림 8. 배터리 셀 밸런싱  
Fig. 8 Battery cell-balancing

또 다른 문제로는 셀 밸런싱 도중 전류에 비해 큰 충전 전류를 공급하면서 셀 밸런싱이 수행되는 도중 과충전으로 시스템 상태 레지스터에 과전압 오류가 표시되면서 CHG\_ON 핀 bit가 0이 되어 충전이 차단되는 현상이 있었다. 충전 시 전류를 2A에서 1A 정도로 이전보다 충전 전류를 낮추는 방식으로 더욱 안정적인 셀 밸런싱을 수행할 수 있도록 만들어서 해결했다. 표 2는 BMS 적용 전후 전압 비교 값이다.

표 2. 셀 밸런싱 적용 전압 비교  
Table 2. Compare cell-balanced applied voltages

	Before	After
MaxMin Diff.	168	117
Average	3,603	3,620

#### IV. 결론

본 논문은 다채널 BLDC 모터가 탑재된 수중 드론의 안정적인 운용을 위하여 드론 제어의 핵심 기술인 모터제어에 필요한 컨트롤러를 수중 드론에 최적화하여 개발하였다. 수중 드론 전용 모터 컨트롤러는 하나의 마이크로프로세서에 2개 채널의 BLDC 모터를 제어할 수 있어 양산에 적합하며, 정회전, 역회전이 가능한 BLDC 모터 컨트롤러 개발을 통해 수중 드론의 완성도와 컨트롤에 대한 신뢰도를 높일 수 있다.

수중 드론 전용 배터리 관리 시스템(BMS) 개발을 통해 회로보호, 셀 밸런싱 기능 적용으로 장착된 배터리의 안정적이고 효율적인 관리가 가능하다.

수중 드론은 최근 관심이 급증하고 있는 기후변화에 따른 연안 구조물 재해 관측조사, 구조물 설계 및 시공에 직접 활용되고 해양 수산 분야 공공부문의 정보시스템과 연계하여 실시간으로 수중 데이터를 수집하여 그 활용성이 더욱 증대될 전망이다.

#### 감사의 글

이 논문은 2022년 전라남도와 전남테크노파크의 전남 소재·부품·뿌리산업 연구개발대행 원스톱 지원사업의 지원을 받아 수행된 연구임.

#### References

- [1] S. Lee, H. Yoon, and H. Kim, "Measurement Method According to Turbidity, Wide Angle, and Distance of Objects using Underwater Drones," *J. of The Korean Society for marine Environment and Energy*, vol. 2022, no. 6, 2022, pp. 179-179.
- [2] E. Kim and J. Kim, "Design of Drone for Underwater Monitoring and Net Cleaning for Aquaculture Farm," *J. of the Korean Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 13, no. 06, 2018, pp. 1379-1386.
- [3] E. Lim, B. Jang, K. Lee, and D. Kim, "A Practical Study on the adoption of Underwater Structures Unmanned Inspection System Using Underwater Drone," *J. of The Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection*, vol. 26, no. 1, 2022, pp. 139-139.
- [4] W. Ryu and Y. Kim, "A Study on Ground Control System Design by User Classification to Increase Drone Platform Usability," *J. of Platform Technology*, vol. 10, no. 4, 2022, pp. 56-61.
- [5] D. Lavin, B. Zamudio, A. Gomez, and C. Perez, "Controlling a Quadrotor UAV by Means of a Fractional Nested Saturation Control," *Advances in Space Research*, vol. 71, no. 9, 2023, pp. 3822-3836.

- [6] H. Cho and W. Kim, "Sensorless Control of High-Speed BLDC," *J. of the Korean Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 15, no. 3, 2020, pp. 503-512.
- [7] B. Hasilci and T. Mumcu, "Parameter Estimation of BLDC Motors by SVM for UAV Propulsion Systems," *Erzincan University Journal of Science & Technology*, vol. 15, no. 2, 2022, pp. 406-419.
- [8] S. Yeo, T. Joe, K. Lee, S. Kim, and C. Han, "A Study on Stable Operation of Li-ion Battery Charging/Discharging System," *J. of the Korean Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 11, no. 4, 2016, pp. 395-402.
- [9] T. Nho, J. Park, S. Kim, M. Yoo, and D. Shin, "Battery SOH Display System for Battery Use Pattern Change using Linear Regression and ARIMA Model," *J. of the Korean Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 17, no. 3, 2022, pp. 423-432.
- [10] C. Moon, M. Choi, S. Yang, and J. Lim "A Study on Hybrid Power Generation System for Hour-Flight Drone," *J. of the Korean Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 18, no. 2, 2023, pp. 269-276.



**주영태 (Yeon-Tae Ju)**

2006년 2월 : 순천대학교 컴퓨터  
과학전공 졸업  
2023년 2월 : 순천대학교 공학박사

※ 관심분야 : ICT 융합, 에너지 ICT, 영상처리



**김응곤 (Eung-Kon Kim)**

1980년 2월 : 조선대학교 공학사  
1986년 2월 : 한양대학교 공학석사  
1992년 2월 : 조선대학교 공학박사

1993년 3월 ~ 현재 : 순천대학교 컴퓨터공학과 교수  
※ 관심분야 : 영상처리, 컴퓨터 그래픽스,  
멀티미디어, HCI

## 저자 소개



**김종실 (Jong-Sil Kim)**

2006년 2월 : 순천대학교 화학과  
졸업(이학사)  
2015년 2월 ~ 현재 (주)휴인텍  
대표이사

※ 관심분야 : 임베디드시스템, 인공지능, 영상처리

