

저전력 IoT 통신을 활용한 배터리 관리시스템 구현

류원재, 이재민, 김동성

금오공과대학교

{wj0828, ljmpaul, dskim}@kumoh.ac.kr

Implementation of a Battery Management System with Low Power IoT Communication

Ryu Won Jae, Jae-Min Lee, Kim Dong-Seong

Kumoh national Institute of Technology

요약

본 논문은 배터리 관리 시스템(BMS)에 IoT 통신을 적용하여 저전력 소모와 실시간 모니터링을 가능하게 하는 시스템을 개발하는 것을 목표로 한다. 주요 목적은 배터리 안전 관리와 원격 모니터링을 통해 데이터베이스를 구축하는 것이다. 특히, 배터리 상태 이상을 조기에 감지하여 사고를 예방하기 위해 LTE CAT-M1을 통한 무선 통신을 확장 가능한 BMS 보드를 개발했다. 실시간 Raw 데이터 수집 및 모니터링을 통해 배터리 상태 진단 예측 모델의 개발 기반을 마련하고, 원격 모니터링 기능을 강화하여 중앙 서버에서 다수의 BMS를 효율적으로 관리할 수 있도록 하였다. 본 연구는 배터리 전압, 온도, 전류 상태 등의 Raw 데이터를 외부로 전송할 수 있는 기능을 갖춘 BMS를 성공적으로 구현하였으며, 이는 군사 및 다양한 산업 분야에서의 안전하고 효율적인 배터리 관리 솔루션 제공에 기여 가능하다.

I. 서론

리튬이온 배터리의 보급이 확산되면서, 배터리 관리 시스템(BMS)의 중요성이 점점 더 부각되고 있다. 리튬이온 배터리는 폭발 사고 등의 위험이 존재하며, 이는 사용자 안전에 큰 위협이 된다. 이러한 사고를 예방하기 위해 배터리 보호회로가 장착되어 있으나, 이는 단순히 전압, 온도, 전류 등의 보호 조건에 따라 충방전을 차단하는 방식에 그친다. 배터리 상태 이상으로 인한 사고를 사전에 예측하고 예방할 수 있는 더 정교한 솔루션이 필요한 상황이다 [1],[2].

이 문제를 해결하기 위해서는 배터리의 실시간 상태를 모니터링하고, 이상 징후를 조기에 감지할 수 있는 시스템이 필요하다. 특히, 무선 통신을 통해 배터리 상태 데이터를 실시간으로 수집하고 모니터링할 수 있는 BMS의 개발이 필수적이다 [3]. 이를 통해 배터리 상태 진단 모델을 개발하고, 원격으로 배터리 상태를 관리할 수 있는 기반을 마련할 수 있다. 본 연구에서는 무선 통신 확장 가능한 BMS 보드를 개발하여, 배터리 상태의 실시간 모니터링과 데이터를 수집하는 시스템을 제안한다. 이를 위해 LTE CAT-M1을 이용한 무선 통신을 적용하였으며, 배터리팩의 개별 셀 전압, 온도, 전류 상태 등의 Raw 데이터를 외부로 전송할 수 있도록 하였다. 또한, 수집된 Raw 데이터를 활용하여 배터리 상태 진단 예측 모델을 개발하고, 원격 모니터링을 통해 다수의 BMS를 중앙 서버에서 효율적으로 관리할 수 있도록 하였다. LTE CAT-M1은 다음과 같은 주요 특징을 가진다 [4].

- 저전력 소모: LTE CAT-M1은 전력 소모가 낮아 배터리 수명이 중요한 IoT 디바이스에 이상적이다. 저전력 모드(Power Saving Mode, PSM)와 확장된 비연결 모드(Extended Discontinuous Reception, eDRX)를 지원하여 디바이스의 배터리 수명을 연장할 수 있다.
- 넓은 커버리지: 기존 LTE 네트워크 인프라를 기반으로 하여 넓은 지역에 걸친 커버리지를 제공한다. 이는 특히 건물 내부나 지하와 같은 신호가

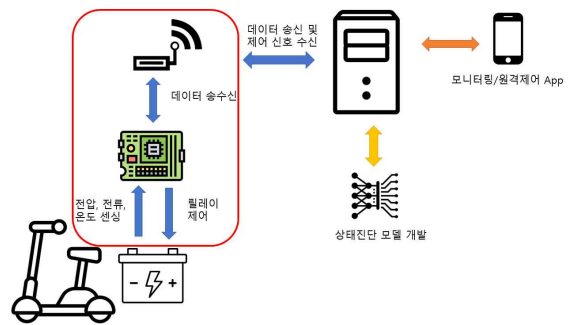


그림 1 시스템 모델

약한 지역에서도 안정적인 통신을 가능하게 한다.

- 높은 데이터 전송 속도: 최대 1Mbps의 업로드 및 다운로드 속도를 제공하여 다양한 IoT 응용 프로그램에 필요한 데이터 전송을 원활하게 지원한다.

- 이동성: LTE CAT-M1은 이동 중에도 안정적인 통신을 지원하며, 이는 차량이나 드론과 같은 이동 디바이스에 적합하다.

이 시스템은 특히 배터리팩의 상태 이상을 조기에 감지하여 사고를 예방하고, 배터리의 안전 관리와 효율적인 운영을 가능하게 한다. 또한, 실시간 데이터 수집 및 모니터링을 통해 배터리 상태 진단 모델의 정확성을 높이고, 이를 바탕으로 한 예측 모델 개발의 기반을 마련한다.

표 1 개발 BMS 관련 Specifications

BMS IC	BQ76930
MCU	STM32F103RCT6
Cells	16S
Communication	LTE CAT-M1

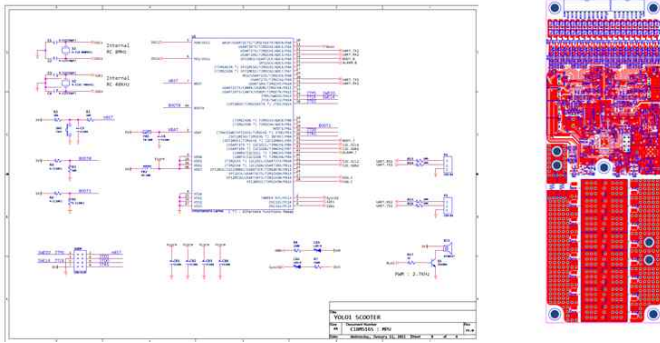


그림 2 개발 16S BMS Schematic 및 Layout

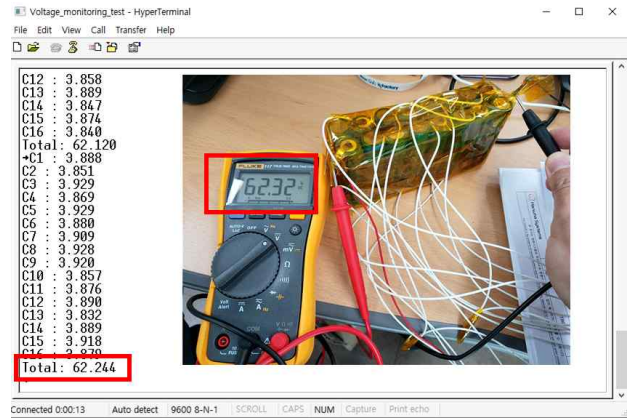


그림 4 전압 측정 오차 확인

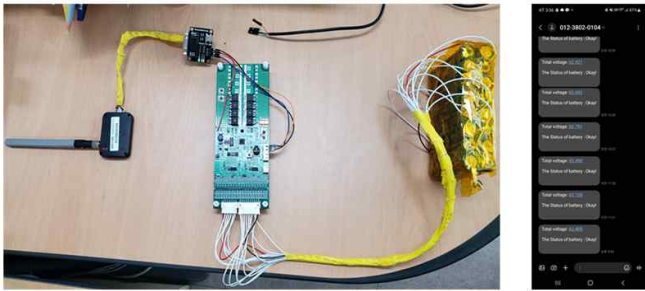


그림 3 개발 BMS 연결 및 모바일폰 활용 모니터링

본 연구의 목표는 다음과 같다:

- 무선 통신을 통한 실시간 배터리 상태 모니터링 및 데이터 수집
- 배터리 상태 진단 예측 모델 개발을 위한 데이터베이스 구축
- 원격 모니터링을 통한 배터리 관리 효율성 향상

이를 통해 본 연구는 배터리 안전성과 효율성을 높이고, 군사 및 다양한 산업 분야에서 활용될 수 있는 배터리 관리 솔루션을 제안한다.

II. 본론

본 연구의 최종 목표는 배터리팩의 상태를 원격으로 모니터링 및 수집하여 배터리를 안전하게 관리하는 시스템에 목표이다. 그림 1의 시스템 모델 부분을 참고하면 전체 시스템 모델에 대해서 알 수 있다. BMS를 통해 배터리팩의 전압, 온도, 전류 등의 상태가 수집된다. 수집 데이터를 기반으로 상태진단 모델의 진단을 통하여 배터리의 상태 이상 유무를 판단하며, 또한 관리자의 원격 모니터링, 제어 기능을 도입할 예정이다. 현재 진행 상황은 그림1의 붉은 색 박스내의 BMS와 무선 통신부이다. 무선 통신으로는 저전력 IoT 통신인 LTE CAT-M1을 사용하였다. BMS와 LTE CAT-M1에 대한 상세 내용은 표1을 통해 정리하였다.

그림2를 통해 BMS보드의 구조를 파악할 수 있다. BMS IC로는 TI사의 BQ76930을 사용하였다 [5]. BQ76930은 6~10개의 셀에 대해서 전압 모니터링이 가능하기에, 16S연결을 위해서 두 개의 BQ76930 IC를 사용하여 16개의 셀을 모니터링하게 하였다. MCU로는 STM32F103RCT로 하였으며, MCU와 BMS IC간의 통신은 I2C를 통해 이루어진다. 선정 MCU는 2개의 I2C 통신을 지원하기 때문에 2개의 BQ76930 IC와 통신이 가능하다. BMS 보드와 LTE CAT-M1간의 통신은 RS-232를 통해서 이루어진다. BMS보드는 UART를 지원하도록 설계되었기에 TTL level을 맞추기 위해 중간에 관련 모듈을 연결하였다.

그림 3을 통해 BMS연결과 모니터링이 어떤 식으로 이루어지는지 확인 가능하다. 현재 단계에서는 배터리팩의 상태 모니터링이 LTE CAT-M1을 통해 이루어지는가 여부를 판단하기 위해 임시로 SMS 메시지를 통해 배터리팩 전체 전압 데이터를 전송하도록 하였다. 그림 4를 통해 전압 오

차 범위를 확인할 수 있다. 개별 셀의 전압을 취합하여 전체 배터리팩의 상태를 추정하며, 실측 전압값과 1%이내의 오차를 가짐을 확인했다.

III. 결론

본 연구에서는 배터리 관리 시스템(BMS)에 IoT 통신을 적용하여 저전력 소모와 실시간 모니터링을 가능하게 하는 시스템을 개발하였다. 특히, LTE CAT-M1을 이용한 무선 통신 확장 가능한 BMS 보드를 개발하여 배터리팩의 개별 셀 전압, 온도, 전류 상태 등의 Raw 데이터를 외부로 전송할 수 있도록 하였다. 이를 통해 배터리 상태를 실시간으로 모니터링하고, 이상 징후를 조기에 감지하여 사고를 예방할 수 있는 시스템을 구축하였다. 연구 결과, 무선 통신을 통해 수집된 데이터를 기반으로 배터리 상태 진단 예측 모델을 개발할 수 있는 기반을 마련하였다. 향후 연구에서는 본 시스템을 기반으로 데이터베이스를 구축하고, 수집된 Raw 데이터를 활용하여 더욱 정교한 배터리 상태 진단 예측 모델을 개발할 계획이다. 이를 통해 배터리 안전성과 효율성을 더욱 향상시키고, 군사 및 다양한 산업 분야에서 활용될 수 있는 배터리 관리 솔루션을 제공할 것이다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2024년도 정부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(2022R1I1A1A01069334, 25%, 2018R1A6A1A03024003, 25%), 이 논문은 과학기술정보통신부 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (IITP-2024-2020-0-01612, 25%), 본 연구는 산업통상자원부와 한국산업기술진흥원, 경북지역산업진흥원이 지원하는 지역혁신클러스터 육성사업으로 수행된 연구결과(P0025729, 25%)임.

참고 문헌

- [1] Njoku, Judith Nkechinyere, et al. "Prospects and challenges of Metaverse application in data driven intelligent transportation systems." IET Intelligent Transport Systems 17.1 (2023): 1-21.
- [2] 류원재, et al. "3kWh 급 배터리 모듈 Slave Battery Management System 개발." 한국통신학회 학술대회논문집 (2022): 628-629.
- [3] 류원재, et al. "디지털 트윈 기반 스마트 배터리 관리시스템 설계 및 개발." 한국통신학회 학술대회논문집 (2023): 422-423.
- [4] Wang, Shie-Yuan, et al. "Performance comparisons of NB-IoT, LTE Cat-M1, Sigfox, and LoRa moving at high speeds in the air." 2020 IEEE Symposium on Computers and Communications (ISCC). IEEE, 2020.
- [5] Chen, Jizhong, et al. "STM32-Based Platform for Testing Energy Storage Lithium Battery." 2020 IEEE International Conference on Advances in Electrical Engineering and Computer Applications (AEECA). IEEE, 2020.