

대용량 배터리팩의 무선 BMS 기술 적용성 연구

나석진, 김범준, 권도훈, 조인호[†]

한국교통대학교 전자공학과

A Study on the Applicability of Wireless BMS Technology to Large-Capacity Battery-Pack

Seok-Jin Na, Beom-Jun Kim, Do-Hun Kwon, and In-ho Cho[†]

Korea National University of Transportation Electronic Engineering

ABSTRACT

배터리관리시스템(Battery Management System, BMS)은 유선으로 구성되어, 배터리 셀이 증가할수록 배선이 추가돼 구조가 복잡해지고 무게가 증가한다. 이로 인해, 유선 연결에서 무선 연결로 대체하려는 연구가 이루어졌고, 무선배터리관리시스템(Wireless Battery Management System, WBMS)에 대한 필요성이 증대되었다. WBMS는 기존 BMS가 가지고 있는 제한점들을 극복하고 절연 문제 및 추가적인 배터리팩 내부 공간 활용의 이점이 있다. 이에 따라, 산업계에서는 WBMS에 대해 많은 연구가 이루어지고 있지만, 현재 관련 연구는 전기자동차용 배터리팩에 국한되어 있고, 그 이상의 대용량 배터리팩에 관해서는 추가적인 연구가 필요한 상황이다. 본 논문에서는 대용량 배터리팩의 관점에서 WBMS 기술을 적용하고, 적용 시에 무선통신 방법, 전자파 영향 등 배터리팩 내·외부에서 발생할 수 있는 고려사항에 대해 알아보았다.

1. 서 론

전 세계적으로 탄소배출량이 증가하고 지구온난화가 심화됨에 따라, 국내·외로 탄소중립 정책을 발표하고 있다. 이로 인해, 산업계는 재충전 및 재사용이 가능한 이차전지를 활용하고 있으며, 교통 분야의 경우 다른 산업에 비해 탄소배출이 많은 산업으로 손꼽히며 이차전지를 활용한 전기 동력 방식의 필요성이 증대되고 있다. 그중에서도 리튬계열 이차전지는 전압, 메모리 효과, 출력밀도 면에서 여타 배터리에 비해 우수한 성능을 보여주지만, 과충·방전 시 안정성이 떨어진다. BMS는 이러한 안전성 문제를 극복하고 배터리 성능 및 수명을 향상시켜, 배터리 시스템에서 필수적으로 사용되는 기술이다. 그러나 기존 BMS는 배터리 셀이 증가함에 따라 배선의 양과 무게가 증가한다. 이를 극복하기 위해 WBMS의 필요성이 대두되고 많은 연구가 이루어졌지만, 전기자동차용 배터리팩에 한정적이고 그 이상의 대용량 배터리팩에 관한 연구는 아직 미흡한 상황이다. 본 논문에서는 대용량 배터리팩에 WBMS 기술을 적용하고 타당성과 적용 시 고려사항에 대해 알아보았다.

2. 대용량 배터리팩 WBMS

2.1 WBMS 개요

기존 BMS는 테이저 체인 방식인 Ring형 토폴로지로 구성

되어, 배터리 셀 개수가 증가할수록 연결을 위한 배선이 추가됨에 따라 구조 복잡화, 무게 증가, 통신속도 저감 등의 악영향이 발생한다. WBMS는 무선통신을 통해 구조 단순화 및 배선 감소에 따른 통신속도 유지 및 무게 감소를 실현할 수 있고, Star형 토폴로지를 활용하여 배터리 모듈을 추가하는 것에 자유롭다. 또한 기존 배선 위치에 배터리를 추가하거나 배터리팩 크기를 축소하여 에너지 밀도 상승효과도 이룰 수 있다. 그림 1에 기존 BMS 및 WBMS의 토폴로지를 비교하여 나타내었다.

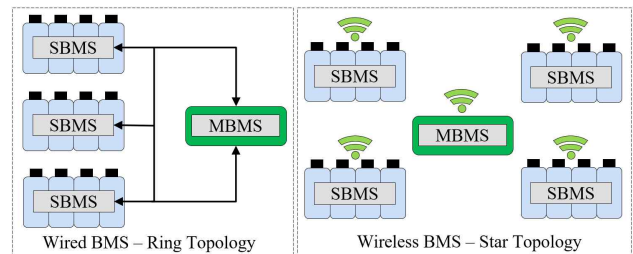


그림 1 기존 BMS 및 WBMS의 토폴로지 비교

Fig. 1 Topology comparison of conventional BMS and WBMS

2.2 WBMS 무선통신 방식 분석

근거리 무선통신 계열은 300 ~ 3,000 MHz 대역을 사용하는 극초단파(Ultra High Frequency, UHF)와 3 ~ 30 GHz 대역을 사용하는 센티미터파(Super High Frequency, SHF)에 해당한다. 대표적으로 극초단파 대역에서는 900 MHz 대역을 사용하는 Z-Wave, 2.4 GHz 대역을 사용하는 Wi-Fi 2.4 GHz, 저전력 블루투스(Bluetooth Low Energy, BLE), Zigbee 등이 있고, 센티미터파 대역에서는 Wi-Fi 5 GHz가 있다.

무선통신 방식을 선정하는 과정에서 고려해야 할 점은 크게 통신거리, 통신속도, 소모전력, 지연율 등이 있다. 무선통신 방식에 따른 사양을 표 1로 정리하였고, 앞서 언급한 고려사항과

표 1 무선통신 방식 별 사양

Technology	BLE	Wi-Fi	Zigbee	Z-Wave
Speed	2Mbps	600Mbps	250kbps	40kbps
Range	40m	50m	10m	30m
Efficiency	High	Low	High	High
Power Consumption	10mW	100mW	1mW	2mW
Latency	3ms	3ms	15ms	40ms

무선통신 방식 별로 사양을 비교해 보았다^[1]. 결과적으로 BLE 방식이 통신속도, 통신거리, 효율 등 다양한 방면 준수한 성능을 보여주는 것을 확인할 수 있고, 더하여 BLE 방식은 고급 암호화 표준(Advanced Encryption Standard, AES)를 통해 무선통신 시 안전성과 보안성 면에서도 준수한 성능을 보여준다.

2.3 대용량 WBMS 배터리팩 환경 분석

대표적인 대용량 배터리팩으로, 배터리팩 에너지가 200 kWh에 이르는 철도차량용 배터리팩은 단위 모듈의 직렬 구성을 통해 고전압 배터리팩을 형성하고, 이후 용량에 맞추어 배터리팩을 병렬 구성하여 배터리팩을 제작한다^[2]. 대용량인 만큼 다량의 데이터를 빠르게 송·수신할 수 있어야 하며, 보다 넓은 범위에서 저전력 통신이 가능한 통신 방식이 적합하다.

배터리팩 케이스는 배터리팩 내·외부에서 발생하는 충격이나 열, 진동 등으로부터 배터리를 보호하는 역할을 수행한다. KC 62619 및 IEC 62660-2와 같은 안전기준 규정에서도 배터리의 안전성에 관한 시험 시 발화 및 폭발이 없어야 함을 규정하고 있다. 따라서 배터리팩 케이스는 내부의 폭발이나 외부의 충격을 견딜 수 있어야 하며, 화재에도 녹지 않도록 열에 강해야 한다. 이에 따라, 배터리팩 케이스는 금속 재질로 제작되는데, 그중에서도 알루미늄은 열전도율이 높고 무게도 가벼워 배터리팩 케이스 제작에 주로 활용된다. 하지만 알루미늄의 특성으로 인해 무선통신 시, 케이스 내부에서 전파 반사가 발생하여 통신에 영향을 미칠 수 있는데, 이러한 영향은 대용량 배터리팩 WBMS 기술의 적용성 연구가 필요한 이유라 생각한다.

3. WBMS 배터리팩 내·외부 무선통신

3.1 배터리팩 내부 무선통신

안전성의 이유로 알루미늄 케이스로 제작되는 배터리팩은 외부로부터 들어오는 전자파를 반사시켜 배터리팩 내부 무선통신 시에, 통신 품질 저하 및 데이터 손실을 예방할 수 있다. 하지만 반대로 배터리팩 내부에서 무선통신 시 발생하는 전파를 반사시켜 통신 품질 저하 및 데이터 손실이 발생하기도 한다. 이에 따라, 배터리팩 내부 무선통신 시에 발생할 수 있는 제한점이나 한계점을 극복할 수 있는 방안이나 타협점에 대해 많은 연구가 진행되고 있다. 아래에 몇 가지 방법을 나열하였다.

적응형 주파수 호핑(Adaptive Frequency Hopping, ADF) 기술은 통신 주파수 대역을 일정한 함수에 따라 변경하며 통신하는 기술이다. 무선통신 주파수 대역은 미세한 차이를 두며 채널이라는 단위로 나뉘어있는데, 이를 바탕으로 내부 전파 반사의 영향으로 통신 품질이 저하된 채널을 피해 통신함으로써 전파 반사의 영향을 줄일 수 있다. 또한 배터리팩 내부 전파 반사는 RF 모듈의 배치에 따라 달라진다. 전파 반사는 배터리 모듈에 부착된 RF 모듈과 배터리팩 상부 케이스 사이의 공간에서 주로 발생한다. 이에 따라, RF 모듈의 배치를 배터리 모듈의 상부가 아닌 좌우 측면에 배치할 경우 전파 반사율을 줄여 통신 품질 저하 및 데이터 손실을 줄일 수 있다^[3]. 이외에도 많은 연구가 이루어지고 있으며, 이는 적용 사례 및 관련 연구가 더 필요함을 보여준다고 생각한다.

3.2 배터리팩 내부에서 외부로의 무선통신

배터리팩 내부에서 외부로 무선통신 시에도 내부 무선통신에서 언급한 제한점 및 한계점이 유사하게 발생한다. 최근 배

터리팩 케이스를 부위 별로 다른 재질을 사용하여 제작하는 멀티 머테리얼 방식이 추진되고 있다. 관련하여, 그림 2에 배터리팩 하우징 기술과 사용되는 소재를 정리하여 나타내었다^[4].

멀티 머테리얼 방식을 통해 제작된 배터리팩 케이스는 시트 몰딩 컴파운드(Sheet Molding Compound, SMC)와 같은 복합소재나 고장력 강판, 플라스틱 등을 활용하여 배터리팩을 제작한다. SMC 소재의 경우 기존 플라스틱에 유리 섬유와 탄소 섬유를 조합하여 만들어진 복합소재인데, 소재에 포함된 탄소 섬유는 전도성을 발생시켜 알루미늄과 같이 전파 반사를 발생시키게 된다. 또한 폭발에 의한 충격이나 외부 충돌의 안전성에 관한 검증이 아직 진행되고 있는 상태이다. 따라서, 배터리팩 케이스의 전체적인 틀은 알루미늄으로 제작하고 외부로의 무선통신을 위한 최소한의 부분만 플라스틱으로 제작한다면 안전성과 무선통신의 이점을 모두 활용할 수 있을 것이라 생각한다.

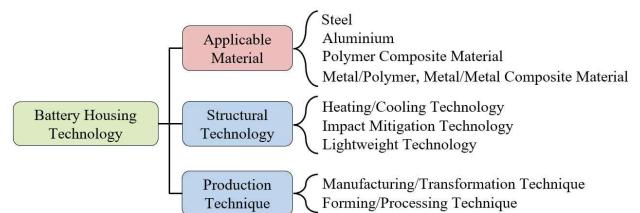


그림 2 배터리 하우징 기술 및 적용 소재
Fig. 2 Battery housing technology and applied materials

4. 결 론

본 논문은 WBMS를 대용량 배터리팩에 적용하였을 때 발생할 수 있는 제한점 및 한계점에 대해 분석하고, 이를 극복할 수 있는 방안이나 타협점에 대해 분석하였다. 배터리팩 내부적으로는 AFH 기술과 RF 모듈의 배치를 활용하고 외부적으로는 통신을 위한 배터리팩의 일부분만 플라스틱으로 구성한다면 대용량 배터리팩에 WBMS 기술을 적용할 수 있다고 생각한다.

이 논문은 2023년 한국교통대학교 지원을 받아 수행하였음

참 고 문 헌

- [1] J. Yin, Z. Yang, H. Cao, T. Liu, Z. Zhou, and C. Wu, "A Survey on Bluetooth 5.0 and Mesh: New Milestones of IoT", ACM Transactions on Sensor Networks, Vol. 15, No. 3, pp. 1-29, 2019.
- [2] I. H. Cho, D. Y. Kim, and B. H. Lee, "Research on Technical Characteristics of Battery Management System for Railway Systems, Journal of the Korean Society for Railway, Vol. 21, No. 9, pp. 882-891, 2018.
- [3] N. Badulescu, "Simulation of Inverted F-type Antenna Arrays for Evaluation of Bluetooth Connectivity between a wBMU and wCMUs for Electric Vehicles", 2022 International Symposium on Electronics and Telecommunications (ISETC), pp. 1-6, 2022.
- [4] D. W. Lee, "xEV Battery Housing Industry Trends", KISTI Institutional Repository, 2016.