

디지털 트윈 기반 스마트 배터리 관리시스템 설계 및 개발

류원재*, 차중혁, 김동성*

금오공과대학교*, NSLab

*wj0828@kumoh.ac.kr, ckwndgur@nslab.tech, *dskim@kumoh.ac.kr

Design and Development of a Digital Twin-based Smart Battery Management System

Ryu Won Jae*, Cha Joong Hyuck, Kim Dong-Seong*

Kumoh national Institute of Technology*, NSLab

요약

본 논문은 리튬 이온 배터리의 안전성 및 효율성 증대를 위한 배터리 관리시스템과 디지털 트윈의 설계 및 개발에 관하여 서술하였다. 리튬 이온 배터리는 과충전, 과방전에 따른 폭발 및 수명 단축 등의 안전성 문제가 있으며 이를 관리하기 위해 보호회로 및 배터리 관리시스템이 설치된다. 하지만 이러한 안전 시스템들은 온도, 전압, 전류 등의 제한된 조건만을 고려한 경우가 대부분으로, 배터리의 전기화학적 경향성을 고려하지 않았다. 따라서 본 논문에서는 디지털 트윈을 활용한 배터리 관리시스템 설계 및 개발을 통해 배터리의 전기화학적 경향성을 고려할 뿐 아니라, 인공지능망과 디지털트윈을 활용한 미래 상태 예측 및 잔여사용시간 예측 등이 가능하다. 또한 메타버스를 활용한 직관적인 사용자 인터페이스를 제공할 수 있다. 따라서 배터리안전 및 안정에 기여하여 안정성 확보 및 수명 개선이 가능하다.

I. 서론

본 논문에서는 리튬 이온 배터리의 안전성 및 성능 효율성 증대를 위한 배터리 관리시스템[1]과 디지털 트윈의 설계[2] 및 개발에 관하여 서술하였다. 탄소중립이 대두화 되면서 배터리의 중요성이 나날이 강조되어가고 있다. 전자동차의 배터리 시장은 연평균 18.48%의 성장률을 전망하고 있기에, 배터리 안전성 및 효율성에 대한 연구가 중요성을 더해가고 있다 [3]. 리튬 이온 배터리는 과충전, 과방전에 따른 폭발 및 수명 단축 등의 안전성 문제가 있으며 이를 위해 보호회로 및 배터리 관리시스템이 설치된다. 이러한 안전 시스템들은 온도, 전압, 전류 등의 제한된 조건만을 고려한 경우가 대부분으로, 배터리의 전기화학적 경향성을 고려하지 않았다. 따라서 본 논문에서는 디지털 트윈을 활용한 배터리 관리시스템 설계 및 개발을 통해 배터리의 전기화학적 경향성을 고려할 수 있는 배터리 관리시스템을 제시한다. 본 시스템의 설계 및 개발은 국내 업체인 NSLab과 이스라엘 업체인 TRIGOPI가 실시하며, 금오공과대학교 ICT융합특성화 연구센터에서 배터리관리시스템 관련 기술지원을 할 예정이다. 그림 1은 본 시스템 설계 및 개발에 관한 업체 소개이다. TRIGOPI에서 배터리관련 하드웨어를 설계 개발하면, NSLab에서 디지털 트윈을 구축한다.

II. 본론

본 논문에서 제시하고자 하는 배터리 관리 시스템은 디지털 트윈을 연계하여 배터리 안전성 및 수명 개선을 하고자 한다. 실제 배터리와 물리적

배터리 관리시스템을 연결하여 전압, 전류, 온도, 물리적 변성에 대한 정보를 수집한다. 또한 물리적 배터리 관리시스템은 셀밸런싱과 온도, 전압, 전류의 크기에 따른 안전 차단 기능을 실시한다[3,4]. 이러한 배터리 관리시스템은 디지털 트윈으로 구현되기 위해 클라우드 상의 가상 배터리 관리시스템과 연동되어야 한다. 연동되기 위해 사물인터넷을 통해 수집 정보를 클라우드 상의 배터리 관리시스템 디지털 트윈에 전달한다. 클라우드 상의 디지털 트윈인 배터리 관리시스템은 수집된 정보를 클라우드상에 저장하고 정제하여 병렬 연산을 통해 SOC, SOH, SOP, 현재 상태 추정 및 잔여 사용시간을 추정한다[6]. 이러한 처리과정은 그림2를 통해 요약 설명을 확인할 수 있다. 그림 3은 디지털 트윈 구현시 디스플레이될 배터리 상태에 대한 모니터링 화면의 예시이다. 배터리팩의 개별 셀 전압, SoC 정보와 배터리팩의 충방전 상태, 전류, 전압, 최대/최소 전압/온도, SoH, 차단, 물리적 변성 등의 정보가 표시된다. 그림4는 NSLab에서 자체 개발한 메타버스 플랫폼인 크레이티비아이다. 이 크레이티비아를 활용하여 모델링된 디지털트윈이 3D형태로 메타버스 상에 구현되어 배터리 관리를 직관적으로 할 수 있도록 할 계획이다. ISO 23247 기반의 디지털 트윈을 구현할 것이며, 배터리 상태 이상으로 인해 발생 가능한 안전 이슈를 대비하기 위해, 알림 기능이 구현될 것이다. 디지털 트윈으로 구현된 배터리는 인공지능망 기반의 알고리즘을 통해, 향후 상태를 주기적으로 예측할 것이며 [7,8], 예측 값과 다른 상태가 감지되면 이상 상태로 판단하여 알람 또는 차단을 하도록 한다. 이러한 디지털트윈 기반의 배터리 관리시스템은 기존의 전압, 온도, 전류 등의 제한된 조건만을 고려하는게 아니라, 수집된 데이터를 기반으로 배터리의 정상 상태를 주기적으로 예측하여, 예측값과 다른 이상 징후가 발견되도록 한다는 점에서 차이가 있다. 또한 메타버스 상에 3D형태로 구현되어 사용자 인터페이스의 직관화가 가능하다는 이점이 있다.

III. 결론

본 논문은 리튬 이온 배터리의 안전성 및 성능 효율성 증대를 위한 배터

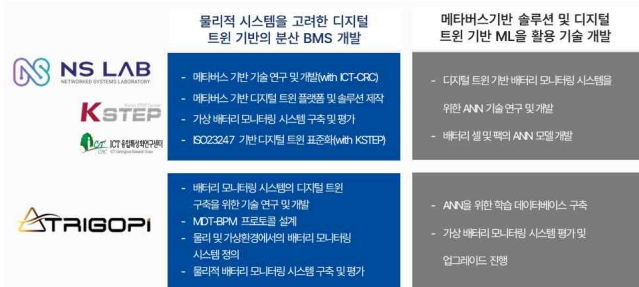


그림 1 디지털 트윈 활용 배터리 관리시스템 설계 개발 협력

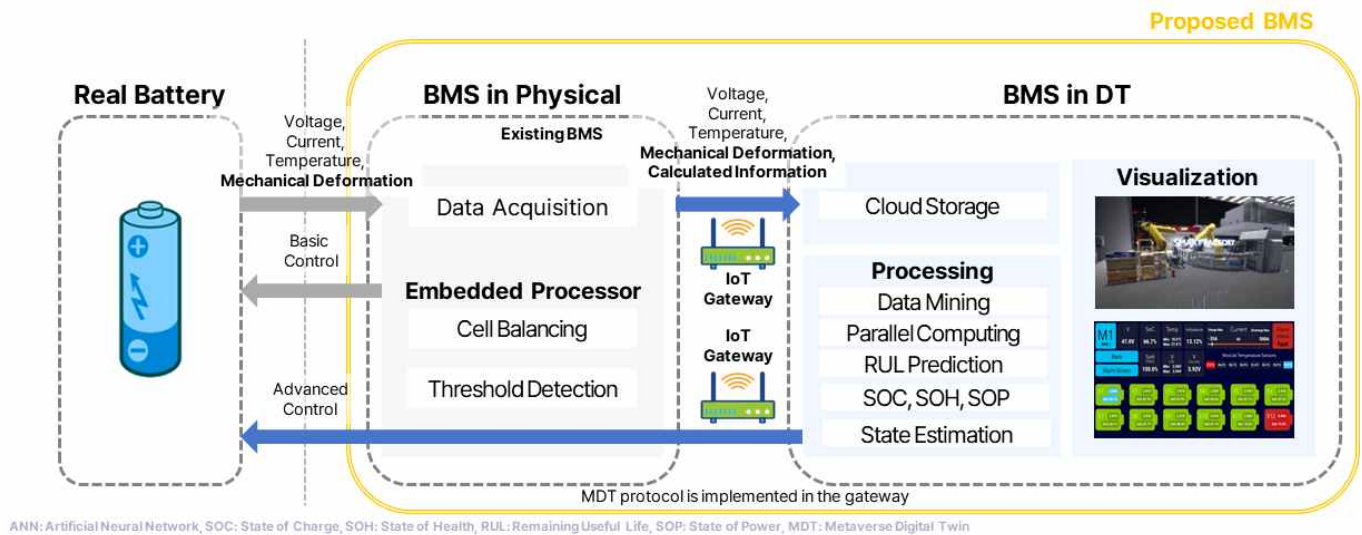


그림 2 디지털 트윈을 활용한 배터리 관리시스템 구상도

리 관리시스템과 디지털 트윈의 설계 및 개발에 관하여 서술 하였다. 리튬



<크레이티비아 디지털 트윈 모델링 예시>

그림 3 NSLab 메타버스 플랫폼을 활용한 모델링 예시

이온 배터리는 과충전, 과방전에 따른 폭발 및 수명 단축 등의 안전성 문제가 있으며 이를 관리하기 위해 보호회로 및 배터리 관리시스템이 설치된다. 하지만 이러한 안전 시스템들은 온도, 전압, 전류 등의 제한된 조건만을 고려한 경우가 대부분으로, 배터리의 전기화학적 경향성을 고려하지 않았다. 따라서 본 논문에서는 디지털 트윈을 활용한 배터리 관리시스템 설계 및 개발을 통해 배터리의 전기화학적 경향성을 고려할 수 있는 배터리 관리시스템을 제시하였다. 전압, 온도, 전류 등의 제한된 조건만을 고려한 배터리 관리시스템이 아니라, 전압, 온도, 전류, 물리적 연성에 대한 기본 데이터를 수집하여 주기적인 정상상태 예측을 통해, 이상 상태 징후 포착의 정확도를 높일 수 있다. 또한 디지털 트윈 및 메타버스 적용을 통해 사용자의 직관성을 높인 인터페이스가 구현 가능하며 이러한 기능들을 통해 배터리의 안전성, 사용효율 등을 높일 수 있을 것으로 보인다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2020년도 정부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(2019R1I1A1A01063895, 2018R1A6A1A03024003), 이 논문은 과학기술정보통신부 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임(IITP-2022-2020-0-01612).

참 고 문 헌

[1] H. Rahimi-Eichi, U. Ojha, F. Baronti and M. -Y. Chow, "Battery Management System: An Overview of Its Application in the Smart Grid and Electric Vehicles," in IEEE Industrial Electronics



<디지털 트윈 내 전시 화면 예시>

그림 4 디지털 트윈 디스플레이

Magazine, vol. 7, no. 2, pp. 4-16, June 2013, doi: 10.1109/MIE.2013.2250351.

- [2] A. R. Putri, M. A. P. Putra, T. Jun, J. -M. Lee and D. -S. Kim, "Data Prediction-Based Virtual Sensor in Digital Twin Scenario using Deep Learning Approach," 2022 13th International Conference on Information and Communication Technology Convergence (ICTC), Jeju Island, Korea, Republic of, 2022, pp. 895-897, doi: 10.1109/ICTC55196.2022.9952424.
- [3] 연구개발특구진흥재단, "전기자동차 배터리 시장", 글로벌 시장동향 보고서. 6월. 2021.
- [4] 류원재, et al. "3kWh 배터리 모듈 Slave Battery Management System 개발", 한국통신학회 학술대회논문집 (2022)
- [5] 류원재, et al. "9kW 급 연료전지-태양광 하이브리드 시스템 모니터링 프로그램 구현." 한국통신학회 학술대회논문집 (2014): 517-518.
- [6] Nwakanma, Cosmas Ifeanyi, et al. "Failure Threshold-Aware Battery SoC Estimation using Machine Learning."
- [7] Putri, Adinda Riztia, et al. "Comparison Analysis of Sensor Data Prediction-Based IoT using MLP in Digital Twin."
- [8] Njoku, Judith Nkechinyere, et al. "Analysis of Deep Neural Networks-Based Digital Twin for Lithium-ion Batteries."