

<http://dx.doi.org/10.17703/JCCT.2023.9.3.727>

JCCT 2023-5-85

서포트 벡터 머신 기반 폐리튬이온전지의 건전성(SOH)추정 예측에 관한 연구

A Study on the prediction of SOH estimation of waste lithium-ion batteries based on SVM model

김상범*, 김규하**, 이상현***

KIM SANGBUM*, KIM KYUHA, LEE SANGHYUN*****

요약 전세계적으로 온실가스 및 미세먼지 저감을 위한 탄소중립 정책에 따라 전기차보급이 확대될 전망이다. 전기자동차의 운용은 열악한 환경에서 사용되고 충전과 방전 등을 거듭할수록 에너지밀도가 낮아지고 내부분리막의 손상 등의 이유로 건전성이 떨어짐에 따라 차량의 주행거리가 줄고, 충전 속도가 느려지는 이유로 대략 5~10년 정도 사용한 배터리들은 폐배터리로 분류하며 이 같은 이유로 배터리 화재 및 폭발 등의 위험성이 높아 지게 됨에 따라 배터리의 진단 및 SOH의 추정이 필수적이라 할 수 있다.

배터리 SOH추정은 매우 중요한 요소로 현재는 배터리 충방전을 반복하면서 소모되는 시간, 온도, 전압을 측정하여 배터리의 상태를 평가하는데 정확도가 낮다. 불안정한 폐배터리를 다수의 반복적 충전과 방전을 통해 진단하는 과정에서 화재 및 폭발의 취약점을 보완하여 신뢰성이 높은 폐배터리의 상태데이터를 취득할 수 있는 기반을 마련하고 본 논문에서는 리튬이온 배터리의 SOH예측을 위해 테슬라 폐배터리를 이용한 방전 용량 측정을 바탕으로 획득한 데이터를 서포트 벡터 머신 기반으로 예측하고자 하였다.

주요어 : 방전용량, 배터리 건전성, 서포트 벡터 머신, 임피던스

Abstract The operation of electric automatic windows is used in harsh environments, and the energy density decreases as charging and discharging are repeated, and as soundness deteriorates due to damage to the internal separator, the vehicle's mileage decreases and the charging speed slows down, so about 5 to 10 Batteries that have been used for about a year are classified as waste batteries, and for this reason, as the risk of battery fire and explosion increases, it is essential to diagnose batteries and estimate SOH.

Estimation of current battery SOH is a very important content, and it evaluates the state of the battery by measuring the time, temperature, and voltage required while repeatedly charging and discharging the battery.

There are disadvantages. In this paper, measurement of discharge capacity (C-rate) using a waste battery of a Tesla car in order to predict SOH estimation of a lithium-ion battery.

A Support Vector Machine (SVM), one of the machine models, was applied using the data measured from the waste battery.

Key words : C-rate, SOH, Support Vector, Machine, Impedance

*정회원, ㈜브레이크터플스 대표이사 (제1저자)

**정회원, 호남대학교 산학협력단 실장 (참여저자)

***정회원, 호남대학교 컴퓨터공학과 교수 (교신저자)

접수일: 2023년 3월 30일, 수정완료일: 2023년 4월 15일

게재확정일: 2023년 5월 8일

Received: March 30, 2023 / Revised: April 15, 2023

Accepted: May 8, 2023

***Corresponding Author: kingdomsb@naver.com

Dept. of R&D, BTR co., Ltd., Korea

I. 서 론

현재 자동차 제조사에서 주로 사용하는 이차전지는 리튬이온전지로 무게가 가볍고 수명이 길며 작동 전압, 출력 밀도, 에너지 밀도가 높다. 추가적으로 리튬폴리머는 젤 형태의 고분자 물질을 전해액으로 사용하기 때문에 다양한 형태로 제작이 가능하고, 전해액을 사용하는 리튬이온전지에 비해 안전성을 확보할 수 있으며, 리튬메탈을 사용하지 않아 친환경적인 이점이 있다[1]. 하지만 “리튬이온전지는 가격이 비싸고 저온에서 성능이 저하되는 문제가 있다”며, 리튬 자체가 불안정한 물이어서 습기에 노출되거나 과충전, 과방전 등으로 인한 화재나 폭발의 위험이 있고 방전 또는 외부 충격에 관리가 필요하다[2]. 따라서, 본 논문에서는 테슬라 전기자동차의 폐배터리를 이용하여 방전용량과 내부저항 2가지 실험데이터를 바탕으로 서포트 벡터 머신 모델에 적용하여 학습 및 예측값을 얻고자 하였다.

II. 배터리 건전성의 정의

배터리의 건전성은 배터리 셀(배터리 모듈 또는 배터리 시스템)의 현재 상태를 이상적인 상태와 비교하는 성능 지수이다. 배터리 셀의 건전성 감소는 대부분 배터리의 노후화 즉, 내구성 문제에 기인한다. 배터리 셀을 사용하거나 보관방법에 따라 배터리 용량이 감소하고 내부 저항이 증가하게 되며 배터리 셀의 건전성이 저하된다. 충분한 에너지와 충분한 전력이 모두 필요한 플러그인 하이브리드 전기 자동차의 배터리는 건전성 추정을 위한 용량과 내부 저항을 모두 고려해야 한다 [3].

일반적으로 배터리의 건전성은 배터리의 초기 용량이나 출력에 비해 용량이 감소하거나 저항이 증가할 경우 배터리 열화로 판단 할 수 있다. 건전성은 배터리의 작동 온도, 충전상태나 충전범위, 충전방전 전류의 크기와 주파수 등에 영향을 받는다. 배터리의 건전성은 새 배터리의 용량에 대한 최대 순간 방전 가능 용량의 비율로 정의 되며 다음 식 1과 같다.

$$SOH(t) = \frac{Q_{max}(t)}{Q_{new}} \quad (1)$$

배터리 내부 상태를 확인하기 위해서는 건전성이 좋

은 배터리와 그렇지 못한 배터리의 정보를 먼저 확인해야 한다. 본 연구에서는 건강한 배터리의 건전성을 100%(1), 노후 배터리의 건전성을 100%(0)로 설정하여 테슬라 전기차의 폐배터리에 대한 실험 데이터를 확보하였다. 배터리의 건전성 정확도를 높이기 위해 실험데이터 정보는 방전용량과 내부저항 2가지를 적용하였다.

III. 서포트 벡터 머신 모델의 구현

서포트 벡터 머신은 기계 학습 분야 중 하나로 패턴 인식 및 데이터 분석을 위한 감독 모델이다. 주로 분류 및 회귀 분석에 사용되며 두 범주 중 하나에 속하는 데이터 집합이 주어지면 서포트 벡터 머신 알고리즘은 주어진 데이터 집합을 기반으로 새 데이터가 어떤 범주에 속하는지 결정하는 비확률적 이진선형 알고리즘으로 분류 모델을 만들고자 하였다.

본 논문에서 사용한 폐배터리는 테슬라 자동차의 배터리를 이용하여 168사이클의 방전용량을 측정하였다. 여기서 사용된 머신러닝은 서포트 벡터 머신 모델을 사용하고 Sigmoid(Logistic)활성화 함수를 적용하였다 [4-6].

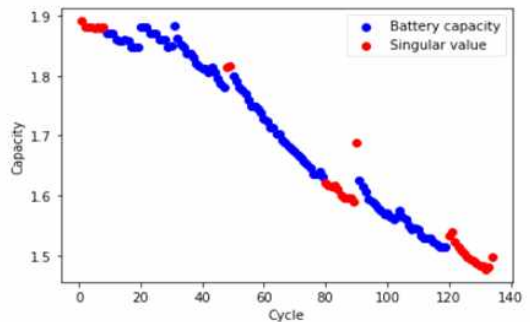


그림 1. 배터리 용량 및 사이클 수에 따른 특징점의 변화
Figure 1. Changes in feature points according to battery capacity and number of cycles

그림 1은 테슬라 자동차의 폐배터리 측정 데이터를 이용하여 배터리 용량과 사이클 수에 따른 특징점을 나타낸 그래프로 방전 데이터의 특징적인 변화는 시간 경과에 따라 볼 수 있다

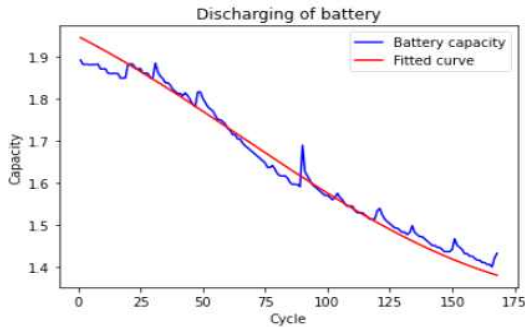


그림 2. 배터리 방전용량 및 사이클 수에 따른 데이터 적합성 검증
 Figure 2. Verification of data fit according to battery discharge capacity and number of cycles

그림 2는 배터리 방전 용량에 따른 사이클 수에 대한 데이터의 적합성을 검증하기 위해 수행되었다.

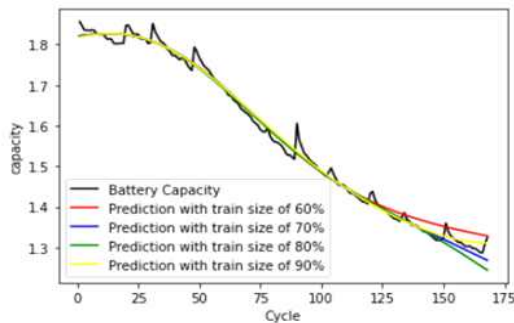


그림 3. 트레인 사이즈에 따른 예측 정확도 비교
 Figure 3. Comparison of prediction accuracy according to train size

그림 3에서는 서포트 벡터 머신 모델의 훈련에 따른 예측 정확도를 확인하기 위해 60%, 70%, 80%, 90%를 4개의 카테고리로 나누어 비교하였다. 그림 3의 그래프에서 예측 성능은 70%와 90%로 가장 높았다.

IV. 결론

본 연구에서는 노후 배터리의 방전 용량을 측정하기 위해 테슬라 전기차의 폐배터리를 직접 테스트하여 데이터를 얻었다. 불안정한 폐배터리를 다수의 반복적 충전과 방전을 통해 진단하는 과정에서 화재 및 폭발의 취약점을 보완한 진단 시스템을 구축하고 이를 통해 신뢰성이 높은 폐배터리의 상태데이터를 취득하였다. 배

터리의 SOH를 얻기 위한 실험데이터 정보는 방전용량 (C-rate)과 내부저항 2가지를 적용하였다. 배터리 방전 용량 데이터의 데이터를 각각 60%, 70%, 80%, 90%의 4가지 유형으로 나누어 예측 정확도를 비교하였다. 그 결과 예측 성능이 70%와 90%로 가장 높은 것을 확인하였다.

References

- [1] J. J. Kim, B. S. Chae, Y. K. Lee and K. H. Cho, "An Active Battery Charge Management Scheme with Predicting Power Generation in ESS," The Korea Institute of Smart Media, No.9, Vol.1, pp. 84-91, 2020.
- [2] S. H. Lee and M. K. Park, "Battery state of charge estimation considering the battery aging," Institute of Korean Electrical and Electronics Engineers(IKEEE), Vol. 18, No. 3, pp. 298-304, 2014.
- [3] S. B. Kim and S. H. Lee. "Design and Development of a Public Waste Battery Diagnostic Device," International Journal of Advanced Culture Technology (IJACT), Vol. 10, No. 3, pp. 281-286, 2022.
- [4] S. B. Kim and S. H. Lee, "Development of Aging Diagnosis Device Through Real-time Battery Internal Resistance Measurement," The International Journal of Internet, Broadcasting and Communication, Vol. 14, No. 2, pp. 129-135, 2022. DOI:http://dx.doi.org/10.7236/IJIBC.2022.14.2.129
- [5] S. B. Kim and S. H. Lee, "Design and development of less than 1Kw Lithium rechargeable battery pack," The International Journal of Internet, Broadcasting and Communication, Vol. 10, No. 3, pp. 104-108, 2018. DOI: https://doi.org/10.7236/IJIBC.2018.10.3.104
- [6] S. B. Kim and S. H. Lee, "Battery Balancing Algorithm for an Agricultural Drone Using a State-of-Charge-Based Fuzzy Controller," Applied sciences, Vol. 10, No. 15, special issue 5277, 2020. DOI: https://doi.org/10.3390/app10155277.

※ "본 연구는 산업통상자원부와 한국산업기술진흥원의 "R&D재발견프로젝트사업"의 지원을 받아 수행된 연구결과임(과제번호: P0022622)"

"This research is supported by "Rediscovery of the Past R&D Result" through the Ministry of Trade, Industry and Energy(MOTIE) and the Korea Institute for Advancement of Technology(KIAT) (Grant No.: P0022622)"