

# 전기 자동차 주행 프로파일 기반 ANN을 이용한 리튬 배터리 SOC 추정 연구

한동호\*, 권상욱\*, 김승우\*, 김종훈\*, 이성은\*\*  
 충남대학교 전기공학과\*

## SOC Estimation of Li-ion Battery Using ANN Based on Electric Vehicle Running Profile

Dongho Han\*, Sanguk Kwon\*, Seungwoo Kim\*, Jonghoon Kim\*, Sungeun Lee\*\*  
 Department of Electrical Engineering, Chungnam National University\*  
 Renewable Energy, Energy New Business Laboratory KEPCO Research Institute\*\*

### ABSTRACT

리튬 이온 배터리가 전기 자동차 및 다양한 어플리케이션에 적용됨에 따라 배터리 관리 시스템(BMS)의 중요도가 높아지고 있다. 리튬 이온 배터리의 SOC(State of Charge) 및 단자 전압 추정은 BMS에서 필수적이며 다양한 알고리즘을 통해 연구되고 있다. 본 논문에서는 비지도 학습 알고리즘인 뉴럴 네트워크의 학습을 위해 특성 파라미터(Characterstic Parmeter)를 선정하였으며, 특성 파라미터의 학습을 통해 리튬 이온배터리의 단자 전압 및 SOC를 추정하였다..

### 1. 서 론

리튬 이온 배터리는 수명주기가 길고 에너지 밀도가 높은 이차전지이며, 전기 자동차(Electric Vehicle;EV)의 가장 유망한 전원 중 하나로 사용되고 있다. 전기 자동차의 에너지 저장장치는 여러 개의 리튬 이온 배터리로 구성되며, 충전 및 방전이 지속적으로 반복됨에 따라 에너지 저장 장치를 구성하는 단일 셀에 대한 SOC 및 단자 전압 추정의 중요도가 증가하고 있다.

리튬 이온 배터리는 온도와 충격과 같은 외부환경에 대해 많은 영향을 받으며, 배터리의 단자 전압 및 SOC도 배터리의 노화 상태 등 내부적인 변화에 따라 비선형적인 특성을 나타낸다. 현재까지 배터리의 전압 및 SOC를 추정 할 수 있는 많은 알고리즘이 연구되어지고 있고, 본 논문에서는 배터리의 비선형적인 특성을 반영할 수 있는 비지도 학습 알고리즘으로 뉴럴 네트워크를 사용하였다. 배터리의 내부 상태를 전기적 등가회로 모델로 설계하고 수학적인 수식을 통하여 전압 및 SOC를 예측하는 지도학습 알고리즘으로는 대표적으로 확장 칼만 필터(Extended Kalman Filter;EKF)를 예로 들 수 있으며, 지도학습 알고리즘과 달리 뉴럴 네트워크는 사용자가 지정한 특성 파라미터를 입력으로 사용하여 학습을 진행한다.

### 2. 전기적 특성 실험 및 특성파라미터 선정

#### 2.1 UDSS Test

그림 1은 UDSS(Urban Dynamometer Driving Schedule) T 실험을 진행 하기위한 초기 용량 실험의 전류 및 전압 프로파일 일을 나타낸다. 한번의 충전 및 방전이 진행되며, 방전 용량을 기준으로 UDSS 실험의 초기용량을 설정하고 SOC를 도출하였

다. 그림 2은 시뮬레이션에 사용한 UDSS 실험의 전압 및

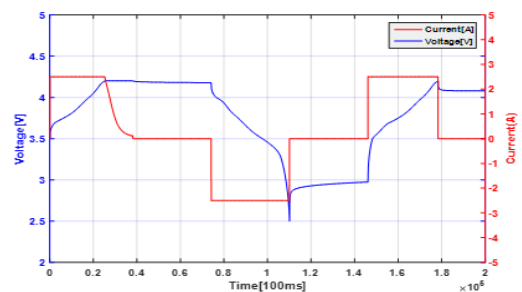


그림 1 용량 실험의 전류 및 전압 프로파일  
 Fig. 1 Current and voltage profile of capacity test

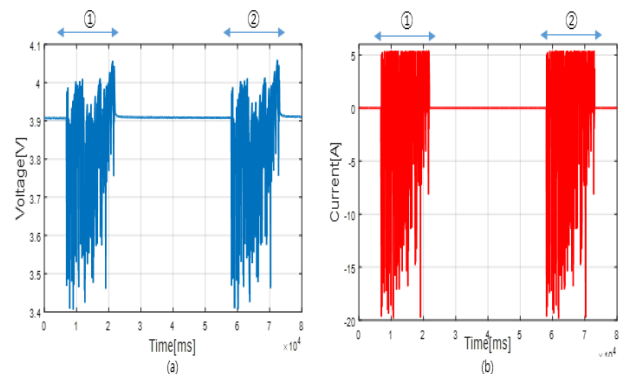


그림 2 (a) UDSS 실험의 전압 프로파일 (b) UDSS 실험의 전류 프로파일  
 Fig. 2 (a) Voltage profile of UDSS test  
 (b) Current profile of UDSS test

전류프로파일을 나타낸다. UDSS 실험은 전기자동차의 주행 환경을 모사한 프로파일로서, 빠른 시간 내에 빈번한 충전 및 방전이 이루어지게 되며 인가된 전류의 총 합은 0으로 유지된다. 인가되는 전류에 따라 SOC도 급격하게 변하게 되며 전류 적산법을 사용하여 SOC를 도출하고 이를 식 (1)에 나타내었다. 본 논문에서는 충전 전류를 (+), 방전전류를 (-)로 가정하였다.

$$SOC = SOC_0 + \frac{1}{Q} \int i dt \quad (1)$$

## 2.2 특성 파라미터 선정

특성 파라미터는 뉴럴 네트워크가 학습하고 원하는 답을 도출해내는 과정에 있어서 매우 밀접한 연관을 가진다. 뉴럴네트워크로 SOC를 추정함에 있어서, SOC와 밀접한 관련을 가지는 요소들로 특성 파라미터를 구성하였으며, 이를 통해 DB(Data Base)를 구성한 후 뉴럴 네트워크의 입력으로 사용하였다. 본 논문에서는 UDSS 실험에서 측정된 실제 전압, 전류,  $\Delta V$ ,  $\Delta I$  를 사용하여 DB를 구성하여 적용하고 이를 식 (2), (3), (4)에 나타내었다.

$$\Delta V = V_{k+1} - V_k \quad (2)$$

$$\Delta I = I_{k+1} - I_k \quad (3)$$

$$Input = [Voltage, Current, \Delta V, \Delta I] \quad (4)$$

## 3. 뉴럴 네트워크를 활용한 SOC 추정

### 3.1 뉴럴 네트워크의 원리

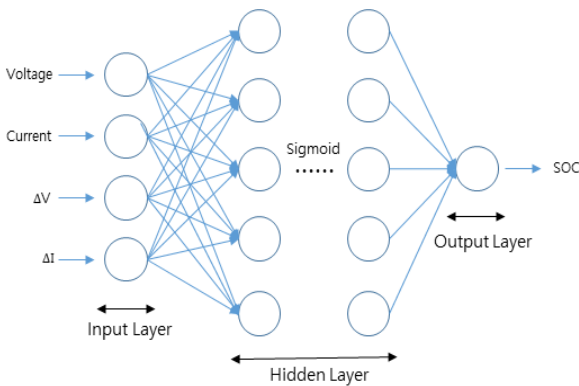


그림 3 뉴럴 네트워크의 원리  
Fig. 3 Principle of neural network

뉴럴 네트워크는 인간의 뇌에서 착안한 비지도 학습 알고리즘으로 기본단위는 뉴런이 무수히 연결된 형태를 가진다. 뉴럴 네트워크를 구성하는 뉴런들은 입력으로 들어오는 여러개의 신호들의 하나로 합산하여 Activation function을 통해 출력을 내보내며 만들어진 출력은 다시 다른 뉴런의 입력으로 들어가게 된다. 식 (5)와 (6)에서 볼 수 있듯이 Activation function 으로 는 Sigmoid 함수를 사용하였으며 각 뉴런에 해당하는 가중치와 바이어스(bias)값이 더해진 출력이 Sigmoid 함수를 거쳐 뉴런의 출력으로 결정된다.

$$X = \sum_i w_i x_i + b \quad (5)$$

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}} \quad (6)$$

### 3.2 뉴럴 네트워크를 사용한 SOC 추정

본 논문에서 뉴럴 네트워크는 머신러닝을 위해 구글에서 개발한 오픈소스인 Tensorflow를 통하여 구현 및 시뮬레이션 하였으며, 식 (4)에 명시되어있는 입력을 사용하여 최종적으로 SOC를 추정하였다. 학습데이터(Training data) 로는 그림(2)의

①, UDSS 실험의 첫 번째 사이클을 사용하여 뉴럴네트워크의 학습을 진행하였으며 실험 데이터로는 그림 2의 ②번 부분인 두 번째 사이클을 사용하여 SOC를 추정하였다. 그림 4는 UDSS 실험에서 식 (1)에 명시되어있는 전류적산법으로 도출된 두 번째 사이클의 SOC 변화를 나타내며 그림 5는 UDSS 실험의 첫 번째 사이클에서 도출된 특성 파라미터를 통해 학습된 뉴럴 네트워크를 사용한 SOC 추정을 나타낸다. 학습된 뉴럴 네트워크를 통한 SOC 추정과 실제 SOC 변화량 비교하였을 때 5.826%의 평균오차를 나타내었다.

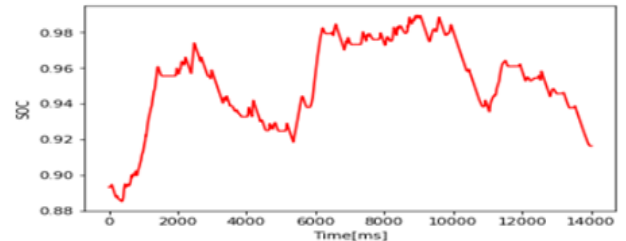


그림 4 UDSS 실험의 실제 SOC 변화  
Fig. 4 Actual variation of SOC in UDSS test

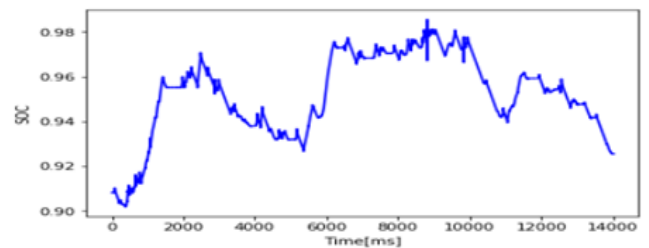


그림 5 뉴럴 네트워크를 사용하여 추정한 SOC  
Fig. 5 SOC estimation using neural network

## 3. 결론

본 논문은 충전 및 방전이 빠르게 반복되는 전기적 특성 실험인 UDSS 실험을 통하여 특성 파라미터를 선정하였다. 선정된 특성 파라미터로 뉴럴 네트워크의 입력으로 선정하여 뉴럴 네트워크의 학습을 진행하였다. 뉴럴 네트워크의 구현 및 시뮬레이션은 Tensorflow를 사용하였으며, UDSS 실험의 첫 번째 사이클의 실제 데이터로부터 선정된 특성 파라미터로 학습된 뉴럴 네트워크로 UDSS 실험의 두 번째 사이클의 SOC를 추정하였다. 뉴럴 네트워크의 추정 성능은 더 많은 실험데이터의 학습과 시스템에 적합한 다양한 특성 파라미터의 선정으로 개선될 수 있다.

본 연구는 한국전력공사의 2016년 선정 기초연구개발과제 연구비에 의해 지원되었음 (과제번호 R17XA05-55)

## 참고 문헌

- [1] Duo Yang, Yujie Wang, Rui Pan, Ruiyang Chen, Zonghai Chen, "A Neural Network Based State-of-Health Estimation of Lithium-ion Battery in Electric Vehicles", Energy Procedia, vol.105, pp.2059-2064, May 2017.