(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0036556
(43) 공개일자 2025년03월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01R 31/367 (2019.01) *G01R 23/16* (2006.01)
G01R 31/382 (2019.01) *G01R 31/385* (2019.01)
G01R 31/389 (2019.01) *G01R 31/392* (2019.01)
G01R 31/396 (2019.01) *G06V 10/82* (2022.01)
(52) CPC특허분류
G01R 31/367 (2019.01)
G01R 23/16 (2021.05)
(21) 출원번호 10-2023-0119175
(22) 출원일자 2023년09월07일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
한국전력공사
전라남도 나주시 전력로 55(빛가람동)
충남대학교산학협력단
대전광역시 유성구 대학로 99 (궁동, 충남대학교)
(72) 발명자
김종훈
대전광역시 유성구 봉명로 94, 703동 1903호 (봉명동, 도안신도시7단지예미지백조의호수)
한동호
대전광역시 유성구 배울1로 13, 212동1803호 (관평동, 대덕테크노밸리2단지아파트)
이미영
대전광역시 유성구 원신흥로55번길 66-11, 302호 (원신흥동)
(74) 대리인
특허법인지원, 유미특허법인

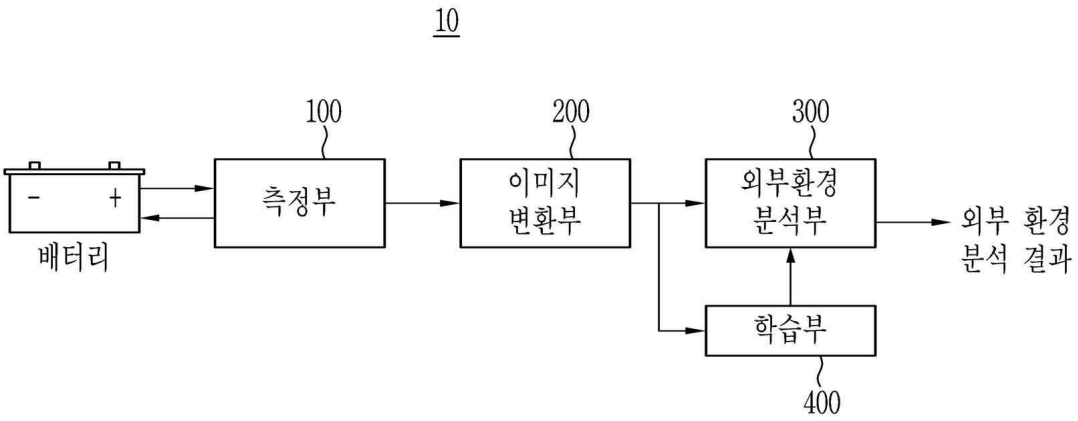
전체 청구항 수 : 총 16 항

(54) 발명의 명칭 **딥 러닝 기반 배터리 외부 환경 분석 방법 및 시스템**

(57) 요 약

적어도 하나의 프로세서에 의해 동작하는 외부 환경 분석 시스템의 동작 방법으로서, 일정 시간 간격으로 배터리의 임피던스를 측정하는 단계, 측정한 임피던스를 시간에 따른 변화를 나타낼 수 있는 이미지 형식으로 변환하는 단계, 그리고 임피던스를 변환한 이미지를 학습된 외부 환경 분석 모델에 입력하여 배터리의 외부 환경 분석 결과를 획득하는 단계를 포함한다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
G01R 31/382 (2019.01)
G01R 31/385 (2019.01)
G01R 31/389 (2019.01)
G01R 31/392 (2019.01)
G01R 31/396 (2019.01)
G06V 10/82 (2022.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

적어도 하나의 프로세서에 의해 동작하는 외부 환경 분석 시스템의 동작 방법으로서,

일정 시간 간격으로 배터리의 임피던스를 측정하는 단계,

상기 측정한 임피던스를 시간에 따른 변화를 나타낼 수 있는 이미지 형식으로 변환하는 단계, 그리고

상기 임피던스를 변환한 이미지를 학습된 외부 환경 분석 모델에 입력하여 상기 배터리의 외부 환경 분석 결과를 획득하는 단계

를 포함하는 동작 방법.

청구항 2

제1항에서,

상기 배터리의 임피던스를 측정하는 단계는

상기 배터리의 온도, 전압, 전류 중 적어도 하나를 측정하는 단계를 포함하고,

상기 측정한 전압, 전류 중 적어도 하나의 값을 이용하여 상기 배터리의 충전 상태(State of Charge)를 획득하는 단계를 포함하는,

동작 방법.

청구항 3

제1항에서,

상기 배터리의 임피던스를 측정하는 단계는

상기 배터리의 온도와 상기 배터리의 충전 상태(State of Charge)에 대응하는 상기 배터리의 임피던스를 전기화학적 임피던스 분광법을 이용하여 주파수별로 측정하는,

동작 방법.

청구항 4

제1항에서,

상기 임피던스를 이미지 형식으로 변환하는 단계는

상기 배터리의 외부 환경 분석 결과 또는 사용자가 기설정한 값에 따라 다른 이미지 변환 방법을 적용하는 단계를 더 포함하고,

상기 다른 이미지 변환 방법은 나이키스트 플롯(Nyquist Plot) 형식으로 변환하는 방법인,

동작 방법.

청구항 5

제1항에서,

상기 외부 환경 분석 모델은

상기 임피던스를 변환한 이미지를 학습 데이터로 사용하여 입력 이미지에 나타난 배터리의 임피던스와 배터리의 외부 환경 관계를 학습한 딥 러닝 기반의 모델인,

동작 방법.

청구항 6

제1항에서,

상기 배터리의 외부 환경 분석 결과를 획득하는 단계는

상기 임피던스를 변환한 이미지의 형식에 따라 다른 외부 환경 분석 모델을 이용하는,

동작 방법.

청구항 7

제1항에서,

상기 배터리의 외부 환경 분석 결과는

상기 배터리의 외부 환경이 고온일 확률과 진동일 확률인,

동작 방법.

청구항 8

제7항에서,

상기 배터리의 외부 환경 분석 결과는

상기 배터리의 충전 상태(State of Charge), 상기 배터리의 건강 상태(State of Health) 중 적어도 하나를 더 포함하는,

동작 방법.

청구항 9

적어도 하나의 프로세서에 의해 동작하는 외부 환경 분석 시스템으로서,

일정 시간 간격으로 배터리의 임피던스를 측정하는 측정부,

상기 측정한 임피던스를 시간에 따른 변화를 나타낼 수 있는 이미지 형식으로 변환하는 이미지 변환부, 그리고

상기 임피던스를 변환한 이미지를 학습된 외부 환경 분석 모델에 입력하여 상기 배터리의 외부 환경 분석 결과를 출력하는 외부 환경 분석부를 포함하는

외부 환경 분석 시스템.

청구항 10

제9항에서,

상기 측정부는

상기 배터리의 온도, 전압, 전류 중 적어도 하나를 측정하고,

상기 측정한 전압, 전류 중 적어도 하나의 값을 이용하여 상기 배터리의 충전 상태(State of Charge)를 획득하는

외부 환경 분석 시스템.

청구항 11

제9항에서,

상기 측정부는

상기 배터리의 온도와 상기 배터리의 충전 상태(State of Charge)에 대응하는 상기 배터리의 임피던스를 전기화학적 임피던스 분광법을 이용하여 주파수별로 측정하는,

외부 환경 분석 시스템.

청구항 12

제9항에서,

상기 이미지 변환부는

상기 배터리의 외부 환경 분석 결과 또는 사용자가 기설정한 값에 따라 다른 이미지 변환 방법을 적용하고,

상기 다른 이미지 변환 방법은 나이키스트 플롯(Nyquist Plot) 형식으로 변환하는 방법인,

외부 환경 분석 시스템.

청구항 13

제9항에서,

상기 외부 환경 분석 모델은

상기 임피던스를 변환한 이미지를 학습 데이터로 사용하여 입력 이미지에 나타난 배터리의 임피던스와 배터리의 외부 환경 관계를 학습한 딥 러닝 기반의 모델인,

외부 환경 분석 시스템.

청구항 14

제9항에서,

상기 외부 환경 분석부는

상기 임피던스를 변환한 이미지의 형식에 따라 다른 외부 환경 분석 모델을 이용하는,

외부 환경 분석 시스템.

청구항 15

제9항에서,

상기 배터리의 외부 환경 분석 결과는

상기 배터리의 외부 환경이 고온일 확률과 진동일 확률인,

외부 환경 분석 시스템.

청구항 16

제15항에서,

상기 배터리의 외부 환경 분석 결과는

상기 배터리의 충전 상태(State of Charge), 상기 배터리의 건강 상태(State of Health) 중 적어도 하나를 더 포함하는,

외부 환경 분석 시스템.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 딥 러닝 기반 배터리 외부 환경 분석 방법 및 시스템에 관한 것이다. 더욱 상세하게는, 본 발명은 배터리가 운용되는 외부 환경을 딥 러닝 기반으로 분석하는 방법 및 시스템에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 전기 자동차(Electric Vehicle, EV) 및 에너지 저장 장치(Energy Storage System, ESS) 등에 사용되는 리튬 이온 배터리는 고온 및 진동과 같은 외부 환경에 노출되기 쉽다. 외부 환경에 의해 노화된 배터리는 폭발, 화재와

같은 사고로 이어질 수 있기 때문에, 실시간으로 배터리의 상태를 모니터링 하고 관리하는 기술이 요구되고 있다. 이를 위해, 비파괴적으로 배터리 내부의 전기화학적 노화 메커니즘을 분석할 수 있는 전기화학적 임피던스 분광법(Electrochemical Impedance Spectroscopy, EIS)이 주로 이용된다.

[0003] 한편, 외부 환경에 의해 배터리에 나타나는 부 반응(Side Effect)은 단기간에 나타나지 않으므로, 장기간 배터리에 지속적으로 가해지는 외부 환경의 영향을 모니터링할 수 있는 방법이 필요하다. 그런데 실제 배터리가 운용되는 환경에서는 배터리 내부 상태와 관련 있는 데이터인 임피던스의 비 선형적인 특성으로 인해 데이터의 획득량 및 연산량이 증가하게 되어 시스템의 성능이 저하될 수 있다는 문제가 있으며, 또한 사용 시간에 따른 배터리의 노화를 확인하기 위해 시계열적으로 변하는 데이터를 분석하는 방법이 요구된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 본 발명은 전기화학 임피던스 분광법(EIS)을 통해 측정한 배터리의 임피던스를 이미지로 변환하여 저장하고, 이를 딥 러닝 기반으로 분석함으로써 배터리가 운용 되는 외부 환경을 정확하게 분석할 수 있는 방법 및 시스템을 제공한다.

과제의 해결 수단

[0005] 한 실시예에 따라 적어도 하나의 프로세서에 의해 동작하는 외부 환경 분석 시스템의 동작 방법으로서, 일정 시간 간격으로 배터리의 임피던스를 측정하는 단계, 상기 측정한 임피던스를 시간에 따른 변화를 나타낼 수 있는 이미지 형식으로 변환하는 단계, 그리고 상기 임피던스를 변환한 이미지를 학습된 외부 환경 분석 모델에 입력하여 상기 배터리의 외부 환경 분석 결과를 획득하는 단계를 포함한다.

[0006] 상기 배터리의 임피던스를 측정하는 단계는 상기 배터리의 온도, 전압, 전류 중 적어도 하나를 측정하는 단계를 포함하고, 상기 측정한 전압, 전류 중 적어도 하나의 값을 이용하여 상기 배터리의 충전 상태(State of Charge)를 획득하는 단계를 포함할 수 있다.

[0007] 상기 배터리의 임피던스를 측정하는 단계는 상기 배터리의 온도와 상기 배터리의 충전 상태(State of Charge)에 대응하는 상기 배터리의 임피던스를 전기화학적 임피던스 분광법을 이용하여 주파수별로 측정할 수 있다.

[0008] 상기 임피던스를 이미지 형식으로 변환하는 단계는 상기 배터리의 외부 환경 분석 결과 또는 사용자가 기설정한 값에 따라 다른 이미지 변환 방법을 적용하는 단계를 더 포함하고, 상기 다른 이미지 변환 방법은 나이키스트 플롯(Nyquist Plot) 형식으로 변환하는 방법일 수 있다.

[0009] 상기 외부 환경 분석 모델은 상기 임피던스를 변환한 이미지를 학습 데이터로 사용하여 입력 이미지에 나타난 배터리의 임피던스와 배터리의 외부 환경 관계를 학습한 딥 러닝 기반의 모델일 수 있다.

[0010] 상기 배터리의 외부 환경 분석 결과를 획득하는 단계는 상기 임피던스를 변환한 이미지의 형식에 따라 다른 외부 환경 분석 모델을 이용할 수 있다.

[0011] 상기 배터리의 외부 환경 분석 결과는 상기 배터리의 외부 환경이 고온일 확률과 진동일 확률일 수 있다.

[0012] 상기 배터리의 외부 환경 분석 결과는 상기 배터리의 충전 상태(State of Charge), 상기 배터리의 건강 상태(State of Health) 중 적어도 하나를 더 포함할 수 있다.

[0013] 한 실시예에 따라 적어도 하나의 프로세서에 의해 동작하는 외부 환경 분석 시스템으로서, 일정 시간 간격으로 배터리의 임피던스를 측정하는 측정부, 상기 측정한 임피던스를 시간에 따른 변화를 나타낼 수 있는 이미지 형식으로 변환하는 이미지 변환부, 그리고 상기 임피던스를 변환한 이미지를 학습된 외부 환경 분석 모델에 입력하여 상기 배터리의 외부 환경 분석 결과를 출력하는 외부 환경 분석부를 포함한다.

[0014] 상기 측정부는 상기 배터리의 온도, 전압, 전류 중 적어도 하나를 측정하고, 상기 측정한 전압, 전류 중 적어도 하나의 값을 이용하여 상기 배터리의 충전 상태(State of Charge)를 획득할 수 있다.

[0015] 상기 측정부는 상기 배터리의 온도와 상기 배터리의 충전 상태(State of Charge)에 대응하는 상기 배터리의 임피던스를 전기화학적 임피던스 분광법을 이용하여 주파수별로 측정할 수 있다.

[0016] 상기 이미지 변환부는 상기 배터리의 외부 환경 분석 결과 또는 사용자가 기설정한 값에 따라 다른 이미지 변환 방법을 적용하고, 상기 다른 이미지 변환 방법은 나이키스트 플롯(Nyquist Plot) 형식으로 변환하는 방법일 수

있다.

[0017] 상기 외부 환경 분석 모델은 상기 임피던스를 변환한 이미지를 학습 데이터로 사용하여 입력 이미지에 나타난 배터리의 임피던스와 배터리의 외부 환경 관계를 학습한 딥 러닝 기반의 모델일 수 있다.

[0018] 상기 외부 환경 분석부는 상기 임피던스를 변환한 이미지의 형식에 따라 다른 외부 환경 분석 모델을 이용할 수 있다.

[0019] 상기 배터리의 외부 환경 분석 결과는 상기 배터리의 외부 환경이 고온일 확률과 진동일 확률일 수 있다.

[0020] 상기 배터리의 외부 환경 분석 결과는 상기 배터리의 충전 상태(State of Charge), 상기 배터리의 건강 상태(State of Health) 중 적어도 하나를 더 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0021] 실시예에 따르면 딥 러닝 기반으로 비 선형적인 특성을 가지는 배터리의 임피던스를 학습함으로써, 배터리가 운용되는 외부 환경을 정확하게 분석할 수 있다.

[0022] 실시예에 따르면 딥 러닝 기반으로 시계열 특성을 가지는 배터리의 임피던스를 학습함으로써, 시간에 따른 배터리의 노화를 확인할 수 있다.

[0023] 실시예에 따르면 배터리가 운용중인 환경에서 실시간으로 배터리의 상태를 확인함으로써, 배터리에 의한 안전 사고를 예방할 수 있다.

[0024] 실시예에 따르면 배터리의 임피던스를 이미지 형식으로 변환함으로써, 데이터의 증가로 인한 시스템의 성능 저하를 방지할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0025] 도 1은 한 실시예에 따른 외부 환경 분석 시스템을 설명하는 도면이다.

도 2는 한 실시예에 따른 외부 환경 분석 시스템을 상세히 설명하는 도면이다.

도 3은 한 실시예에 따른 외부 환경 분석 모델을 설명하는 도면이다.

도 4 내지 도 7은 한 실시예에 따른 배터리의 임피던스를 변환한 이미지의 예시이다.

도 8은 한 실시예에 따른 외부 환경 분석 방법의 흐름도이다.

도 9는 한 실시예에 따른 외부 환경 분석 모델을 학습시키는 방법의 흐름도이다.

도 10은 한 실시예에 따른 외부 환경 분석 시스템의 하드웨어 구성도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0026] 아래에서는 첨부한 도면을 참고로 하여 본 개시의 실시예에 대하여 본 개시가 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나 본 개시는 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.

[0027] 본 개시에서 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다. 또한, 명세서에 기재된 "…부", "…기", "…모듈" 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어나 소프트웨어 또는 하드웨어 및 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.

[0028] 본 개시에서 장치들은 적어도 하나의 프로세서, 메모리 장치, 통신 장치 등을 포함하는 하드웨어로 구성되고, 지정된 장소에 하드웨어와 결합되어 실행되는 프로그램이 저장된다. 하드웨어는 본 발명의 방법을 실행할 수 있는 구성과 성능을 가진다. 프로그램은 도면들을 참고로 설명한 본 발명의 동작 방법을 구현한 명령어(instructions)를 포함하고, 프로세서와 메모리 장치 등의 하드웨어와 결합하여 본 발명을 실행한다.

[0029] 본 개시에서 "전송 또는 제공"은 직접적인 전송 또는 제공하는 것뿐만 아니라 다른 장치를 통해 또는 우회 경로

를 이용하여 간접적으로 전송 또는 제공도 포함할 수 있다.

[0030] 본 개시에서 단수로 기재된 표현은 "하나" 또는 "단일" 등의 명시적인 표현을 사용하지 않은 이상, 단수 또는 복수로 해석될 수 있다.

[0031] 본 개시에서 도면에 관계없이 동일한 도면번호는 동일한 구성요소를 지칭하며, "및/또는" 은 언급된 구성 요소들의 각각 및 하나 이상의 모든 조합을 포함한다.

[0032] 본 개시에서, 제1, 제2 등과 같이 서수를 포함하는 용어들은 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되지는 않는다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 판별하는 목적으로만 사용된다. 예를 들어, 본 개시의 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소도 제1 구성요소로 명명될 수 있다.

[0033] 본 개시에서 도면을 참고하여 설명한 흐름도에서, 동작 순서는 변경될 수 있고, 여러 동작들이 병합되거나, 어느 동작이 분할될 수 있고, 특정 동작은 수행되지 않을 수 있다.

[0034] 도 1은 한 실시예에 따른 외부 환경 분석 시스템을 설명하는 도면이다.

[0035] 도 1을 참고하면, 적어도 하나의 프로세서에 의해 동작하는 외부 환경 분석 시스템(10)은 배터리로부터 획득한 임피던스를 이미지 형식으로 변환하고, 변환한 임피던스 이미지를 딥 러닝 모델로 분석한 결과를 기초로 배터리가 운용되는 외부 환경을 분석한다. 이때, 배터리는 충전과 방전이 가능한 2차 전지일 수 있으며, 하나 혹은 복수의 배터리 셀로 구성될 수 있다. 예를 들어, 배터리는 리튬 이온 전지, 리튬 폴리머 전지, 납 축전지, 니켈 카드뮴 전지 등일 수 있다. 설명을 위해, 배터리는 리튬 이온 전지로 예를 들어 설명한다.

[0036] 외부 환경 분석 시스템(10)은 배터리의 임피던스를 측정하는 측정부(100), 측정한 임피던스를 이미지 형식으로 변환하는 이미지 변환부(200), 입력된 임피던스 이미지로부터 배터리의 외부 환경 분석 결과를 출력하도록 학습된 딥 러닝(Deep Learning) 모델로 구성된 외부 환경 분석부(300)를 포함할 수 있다. 외부 환경 분석 시스템(10)은 외부 환경 분석부(300)에 포함된 모델을 학습시키는 학습부(400)를 더 포함할 수 있다.

[0037] 외부 환경 분석 시스템(10)은 측정부(100)에서 전기화학적 임피던스 분광법(Electrochemical Impedance Spectroscopy, EIS)을 이용하여 배터리의 임피던스를 측정할 수 있다. 예를 들어, 외부 환경 분석 시스템(10)은 특정 주파수를 포함하는 교류 신호를 배터리에 인가하여 배터리의 주파수별 임피던스를 측정할 수 있다. 이때, 측정한 임피던스는 일정 시간 간격으로 획득된 시계열 데이터 일 수 있다.

[0038] 외부 환경 분석 시스템(10)은 측정부(100)에서 측정한 배터리의 임피던스를 이미지 변환부(200)를 통해 이미지 형식으로 변환할 수 있다. 이때, 변환한 이미지의 형식은 나이키스트 플롯(Nyquist Plot) 또는 리커런스 플롯(Recurrence Plot)일 수 있다. 외부 환경 분석 시스템(10)은 임피던스의 실수부와 허수부를 주파수별로 복소 평면에 표시한 나이키스트 플롯을 통해 배터리의 임피던스를 주파수별로 분석할 수 있다. 그리고 외부 환경 분석 시스템(10)은 시계열 특성을 가지는 데이터를 이미지로 표시한 리커런스 플롯을 통해 시간에 따라 비 선형적으로 변화하는 배터리의 임피던스를 분석할 수 있다.

[0039] 외부 환경 분석 시스템(10)은 배터리의 외부 환경 분석 결과에 따라 자동으로 이미지 변환부(200)의 이미지 변환 방법을 선택할 수 있다. 또는, 사전에 사용자가 원하는 이미지 변환 방법을 선택할 수 있다.

[0040] 외부 환경 분석 시스템(10)은 외부 환경 분석부(300)에서 딥 러닝 모델을 이용하여, 배터리의 임피던스가 변화하는 패턴을 학습할 수 있다. 그리고, 외부 환경 분석 시스템(10)은 학습된 딥 러닝 모델에 배터리의 임피던스를 변환한 이미지를 입력하여 배터리의 외부 환경 분석 결과를 획득할 수 있다.

[0041] 외부 환경 분석 시스템(10)에서 획득한 배터리의 외부 환경 분석 결과는 배터리의 외부 환경에 대한 분류 결과 및 배터리의 내부 상태를 나타내는 값을 포함할 수 있다. 이때, 배터리의 외부 환경에 대한 분류 결과는 배터리의 외부 환경이 고온일 확률과 진동일 확률로 나타날 수 있다. 배터리의 내부 상태를 나타내는 값은 예를 들어, 배터리의 건강 상태(State of Health, SOH), 배터리의 충전 상태(State of Charge, SOC) 등 일 수 있다.

[0042] 외부 환경 분석 시스템(10)은 학습부(400)를 통해 외부 환경 분석부(300)에 포함된 딥 러닝 모델을 학습시킬 수 있다. 외부 환경 분석 시스템(10)은 이미지 변환부(200)에서 변환한 임피던스 이미지를 학습부(400)에 저장하고, 저장한 이미지를 학습 데이터로 생성한다. 그리고, 외부 환경 분석 시스템(10)은 생성한 학습 데이터를 외부 환경 분석부(300)에 제공하여 입력된 임피던스 이미지로부터 배터리의 외부 환경 분석 결과를 출력하도록 딥 러닝 모델을 학습시킬 수 있다.

[0043] 도 2는 한 실시예에 따른 외부 환경 분석 시스템을 상세히 설명하는 도면이다.

[0044] 도 2를 참고하면, 측정부(100)는 온도 측정 모듈(110), 신호 측정 모듈(120), 임피던스 측정 모듈(130)을 포함할 수 있다. 온도 측정 모듈(110)은 배터리의 온도를 측정할 수 있다. 신호 측정 모듈(120)은 배터리의 전압 및 전류를 측정하고, 이를 이용하여 배터리의 SOC를 계산할 수 있다.

[0045] 측정부(100)는 온도 측정 모듈(110)에서 측정한 온도 및 신호 측정 모듈(120)에서 획득한 SOC에 대응하는 배터리의 임피던스를 임피던스 측정 모듈(130)을 통해 측정할 수 있다.

[0046] 임피던스 측정 모듈(130)은 EIS를 이용하여 배터리의 임피던스를 측정할 수 있다. 즉, 임피던스 측정 모듈(130)은 배터리에 특정 주파수 범위의 교류 신호를 인가하여 배터리의 주파수별 임피던스를 측정할 수 있다. 이때 주파수는 예를 들어, 100mhz 내지 10khz일 수 있으며, 측정한 임피던스는 일정 시간 간격으로 획득된 시계열 특성을 가지는 데이터 일 수 있다.

[0047] 이미지 변환부(200)는 측정부(100)에서 측정한 배터리의 임피던스를 이미지 형식으로 변환할 수 있다. 이를 위해, 이미지 변환부(200)는 제1 이미지 변환 모듈(210) 및 제2 이미지 변환 모듈(220)을 포함할 수 있다.

[0048] 이미지 변환부(200)는 배터리의 외부 환경 분석 결과에 따라 이미지 변환 모듈(210,220)을 선택하거나, 또는 사용자에 의해 선택된 이미지 변환 방법에 따라 이미지 변환 모듈(210,220)을 선택할 수 있다. 예를 들어, 제1 이미지 변환 모듈이 선택될 경우, 이미지 변환부(200)는 입력 받은 임피던스를 나이키스트 플롯 형식으로 변환할 수 있다. 그리고 제2 이미지 변환 모듈이 선택될 경우, 이미지 변환부(200)는 입력 받은 임피던스를 리커런스 플롯 형식으로 변환할 수 있다. 이때, 배터리의 임피던스를 변환한 이미지는 배터리의 외부 환경 및 SOC에 따라 특정한 변화 패턴을 보일 수 있다.

[0049] 외부 환경 분석부(300)는 제1 외부 환경 분석 모델(310)과 제2 외부 환경 분석 모델(320)을 포함할 수 있으며, 외부 환경 분석 모델(310,320)은 딥 러닝 모델로 구현될 수 있다. 딥 러닝 모델은 예를 들어, 컨볼루션 신경망(Convolution Neural Network, CNN)일 수 있다.

[0050] 외부 환경 분석 모델(310,320)은 학습부(400)가 생성한 학습 데이터를 통해 이미지에 나타나는 배터리의 임피던스가 변화하는 패턴과 배터리의 외부 환경 간의 관계를 학습할 수 있다. 외부 환경에 노출되어 노화된 배터리의 임피던스는 외부 환경에 따라 특정한 변화 패턴을 보일 수 있다. 예를 들어, 진동에 의해 노화된 배터리는 저주파 영역의 전하 전달 저항(Charge Transfer Resistance)이 증가하는 전극 노화의 특성을 보이며, 고온에 의해 노화된 배터리는 고주파 영역의 옴 저항(Ohmic Resistance)이 증가하는 전해질 노화 특성을 보인다. 그 외에도 배터리 내부의 리튬 이온의 확산 현상을 나타내는 와버그 임피던스(Warburg Impedance)의 변화 패턴 분석을 통해 고온과 진동 분류 외의 열 폭주(Thermal Runaway)와 같은 다양한 배터리의 외부 환경 변화를 분석할 수 있다.

[0051] 외부 환경 분석부(300)는 이미지 변환부(200)로부터 배터리의 임피던스를 변환한 이미지를 입력 받는다. 그리고 외부 환경 분석부(300)는 입력 받은 임피던스 이미지의 형식에 따라, 각각 다른 외부 환경 분석 모델(310,320)에 임피던스 이미지를 입력하여 배터리의 외부 환경 분석 결과를 획득할 수 있다. 예를 들어, 나이키스트 플롯 형식이 입력될 경우, 외부 환경 분석부(300)는 임피던스 이미지를 제1 외부 환경 분석 모델(310)에 입력할 수 있다 그리고 리커런스 플롯 형식이 입력될 경우, 외부 환경 분석부(300)는 임피던스 이미지를 제2 외부 환경 분석 모델(320)에 입력할 수 있다.

[0052] 외부 환경 분석부(300)에서 획득한 배터리의 외부 환경 분석 결과는 배터리의 외부 환경에 대한 분류 결과 및 배터리의 내부 상태를 나타내는 값을 포함할 수 있다. 예를 들어, 배터리의 외부 환경에 대한 분류 결과는 고온일 확률 70%, 진동일 확률 30%와 같이 나타날 수 있다. 배터리의 내부 상태를 나타내는 값은 예를 들어, SOH 60%와 같이 나타날 수 있다.

[0053] 도 3은 한 실시예에 따른 외부 환경 분석 모델을 설명하는 도면이다.

[0054] 도 3을 참고하면, 외부 환경 분석부(300)에 포함된 제1 외부 환경 분석 모델(310)과 제2 외부 환경 분석 모델(320)은 배터리의 임피던스를 변환한 이미지로부터 특징을 추출하고, 추출한 특징을 분류하는 과정을 통해 배터리의 외부 환경 분석 결과를 획득할 수 있다. 외부 환경 분석 모델(310,320)에 배터리의 임피던스를 변환한 이미지가 입력되면, 컨볼루션 레이어(Convolution Layer)를 통해 임피던스 이미지의 특징을 추출하여 특징 맵(Feature Map)을 생성할 수 있다. 그리고, 풀링 레이어(Pooling Layer)를 통해 추출한 특징을 강화할 수 있다. 풀링 레이어는 컨볼루션 레이어에서 출력된 데이터의 크기를 줄이거나 특정 데이터를 강조하기 위해 사용될 수

있다. 추출한 특징이 완전 연결 레이어(Fully Connected Layer)를 통하게 되면 최종적으로 배터리의 외부 환경 분석 결과를 획득할 수 있다. 그리고, 외부 환경 분석 모델(310,320)은 소프트맥스(Softmax) 함수를 적용하여 배터리의 외부 환경 분석 결과를 확률로 표현할 수 있다. 예를 들어, 외부 환경 분석 결과는 외부 환경이 고온일 확률 70%, 진동일 확률 30%와 같이 나타날 수 있다.

[0055] 도 4 내지 도 7은 한 실시예에 따른 배터리의 임피던스를 변환한 이미지의 예시이다.

[0056] 도 4는 고온 환경에서, 건강한 상태의 배터리와 노화된 상태의 배터리를 각각 SOC 0%와 SOC 100%에서 측정한 임피던스를 나이키스트 플롯 형식으로 변환한 도면이다.

[0057] 도 5는 진동 환경에서, 건강한 상태의 배터리와 노화된 상태의 배터리를 각각 SOC 0%와 SOC 100%에서 측정한 임피던스를 나이키스트 플롯 형식으로 변환한 도면이다.

[0058] 도 6은 고온 환경에서, 건강한 상태의 배터리와 노화된 상태의 배터리를 각각 SOC 0%와 SOC 100%에서 측정한 임피던스를 리커런스 플롯 형식으로 변환한 도면이다.

[0059] 도 7은 진동 환경에서, 건강한 상태의 배터리와 노화된 상태의 배터리를 각각 SOC 0%와 SOC 100%에서 측정한 임피던스를 리커런스 플롯 형식으로 변환한 도면이다.

[0060] 도 4 내지 도 7을 참고하면, 고온 및 진동에 의해 노화된 배터리의 임피던스는 특정한 변화 패턴을 가지는 것을 알 수 있다. 이와 같이, 외부 환경 분석 시스템(10)은 배터리의 임피던스가 변화하는 패턴과 배터리의 외부 환경 간의 관계를 학습함으로써, 배터리의 외부 환경을 분석할 수 있다.

[0061] 도 8은 한 실시예에 따른 외부 환경 분석 방법의 흐름도이다.

[0062] 도 8을 참고하면, 외부 환경 분석 시스템(10)은 EIS를 이용하여 배터리의 주파수별 임피던스를 측정한다(S110). 이때, 측정한 임피던스는 일정 시간 간격으로 획득된 시계열 데이터 일 수 있다.

[0063] 외부 환경 분석 시스템(10)은 S110 단계에서 측정한 배터리의 임피던스를 이미지 형식으로 변환한다(S120). 이때, 외부 환경 분석 시스템(10)은 선택된 이미지 변환 방법에 따라 임피던스를 나이키스트 플롯 또는 리커런스 플롯 형식으로 변환할 수 있다.

[0064] 외부 환경 분석 시스템(10)은 S120 단계에서 변환한 임피던스 이미지의 형식에 따라, 각각 다른 외부 환경 분석 모델에 임피던스 이미지를 입력하여 배터리의 외부 환경 분석 결과를 획득한다(S130). 이때, 외부 환경 분석 모델은 학습된 딥 러닝 모델로 구현될 수 있다. 배터리의 외부 환경 분석 결과는 외부 환경에 대한 분류 결과 및 배터리의 내부 상태를 나타내는 값을 포함할 수 있다. 예를 들어, 외부 환경에 대한 분류 결과는 외부 환경이 고온일 확률과 진동일 확률로 나타날 수 있으며, 배터리의 내부 상태를 나타내는 값은 배터리의 SOH 일 수 있다.

[0065] 도 9는 한 실시예에 따른 외부 환경 분석 모델을 학습시키는 방법의 흐름도이다.

[0066] 도 9를 참고하면 학습부(400)는 이미지 변환부(200)로부터 배터리의 임피던스를 변환한 이미지를 입력 받아 저장한다(S210). 이때, 변환한 임피던스 이미지의 형식은 나이키스트 플롯 또는 리커런스 플롯일 수 있으며, 학습부(400)는 저장한 이미지를 이용하여 학습 데이터로 생성할 수 있다.

[0067] 학습부(400)는 입력 이미지에 나타난 배터리의 임피던스가 변화하는 패턴으로부터 배터리의 외부 환경 결과를 출력하도록, 외부 환경 분석 모델을 학습시킨다(S220). 이때, 학습부(400)는 S210 단계에서 생성한 학습 데이터를 이용하여 외부 환경 분석 모델을 학습시킬 수 있다.

[0068] 도 10은 한 실시예에 따른 외부 환경 분석 시스템의 하드웨어 구성도이다.

[0069] 도 10을 참고하면, 외부 환경 분석 시스템(10)은 하나 이상의 프로세서(11)에 의해 동작하는 컴퓨팅 장치로서, 프로세서(11), 프로세서(11)에 의하여 수행되는 컴퓨터 프로그램을 로드하는 메모리(13), 컴퓨터 프로그램 및 각종 데이터를 저장하는 스토리지(15), 통신 인터페이스(17), 그리고 이들을 연결하는 버스(19)를 포함할 수 있다. 이외에도, 외부 환경 분석 시스템(10)에는 다양한 구성 요소가 더 포함될 수 있다.

[0070] 컴퓨터 프로그램은 메모리(13)에 로드될 때 프로세서(11)로 하여금 본 개시의 다양한 실시예에 따른 방법/동작을 수행하도록 하는 명령어들(instruction)을 포함할 수 있다. 즉, 프로세서(11)는 명령어들을 실행함으로써, 본 개시의 다양한 실시예에 따른 방법/동작들을 수행할 수 있다. 컴퓨터 프로그램은 기능을 기준으로 묶인 일련의 컴퓨터 판독가능 명령어들로 구성되고, 프로세서에 의해 실행되는 것을 가리킨다. 컴퓨터 프로그램은 본 개

시에서 설명한 동작을 수행하는 명령어들을 포함할 수 있다.

[0071] 프로세서(11)는 외부 환경 분석 시스템(10)의 각 구성의 전반적인 동작을 제어한다. 프로세서(11)는 CPU(Central Processing Unit), MPU(Micro Processor Unit), MCU(Micro Controller Unit), GPU(Graphic Processing Unit) 또는 본 개시의 기술 분야에 잘 알려진 임의의 형태의 프로세서 중 적어도 하나를 포함하여 구성될 수 있다. 또한, 프로세서(11)는 본 개시의 다양한 실시예들에 따른 방법/동작을 실행하기 위한 적어도 하나의 애플리케이션 또는 컴퓨터 프로그램에 대한 연산을 수행할 수 있다.

[0072] 메모리(13)는 각종 데이터, 명령 및/또는 정보를 저장한다. 메모리(13)는 본 개시의 다양한 실시예들에 따른 방법/동작을 실행하기 위하여 스토리지(15)로부터 하나 이상의 컴퓨터 프로그램을 로드할 수 있다. 메모리(13)는 RAM과 같은 휘발성 메모리로 구현될 수 있을 것이나, 본 개시의 기술적 범위는 이에 한정되지 않는다.

[0073] 스토리지(15)는 컴퓨터 프로그램을 비임시적으로 저장할 수 있다. 스토리지(15)는 ROM(Read Only Memory), EPROM(Erasable Programmable ROM), EEPROM(Electrically Erasable Programmable ROM), 플래시 메모리 등과 같은 비휘발성 메모리, 하드 디스크, 착탈형 디스크, 또는 본 개시가 속하는 기술 분야에서 잘 알려진 임의의 형태의 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록 매체를 포함하여 구성될 수 있다.

[0074] 통신 인터페이스(17)는 외부 환경 분석 시스템(10)의 유무선 인터넷 통신을 지원한다. 또한, 통신 인터페이스(17)는 인터넷 통신 외의 다양한 통신 방식을 지원할 수도 있다. 이를 위해, 통신 인터페이스(17)는 본 개시의 기술 분야에 잘 알려진 통신 모듈을 포함하여 구성될 수 있다.

[0075] 버스(19)는 외부 환경 분석 시스템(10)의 구성 요소 간 통신 기능을 제공한다. 버스(19)는 주소 버스(Address Bus), 데이터 버스(Data Bus) 및 제어 버스(Control Bus) 등 다양한 형태의 버스로 구현될 수 있다.

[0076] 이와 같이, 본 개시에 따르면, 딥 러닝 기반으로 비 선형적인 특성을 가지는 배터리의 임피던스를 학습함으로써, 배터리가 운용되는 외부 환경을 정확하게 분석할 수 있다.

[0077] 본 개시에 따르면, 딥 러닝 기반으로 시계열 특성을 가지는 배터리의 임피던스를 학습함으로써, 시간에 따른 배터리의 노화를 확인할 수 있다.

[0078] 본 개시에 따르면, 배터리가 운용중인 환경에서 실시간으로 배터리의 상태 진단이 가능하므로, 배터리에 의한 안전 사고를 예방할 수 있다.

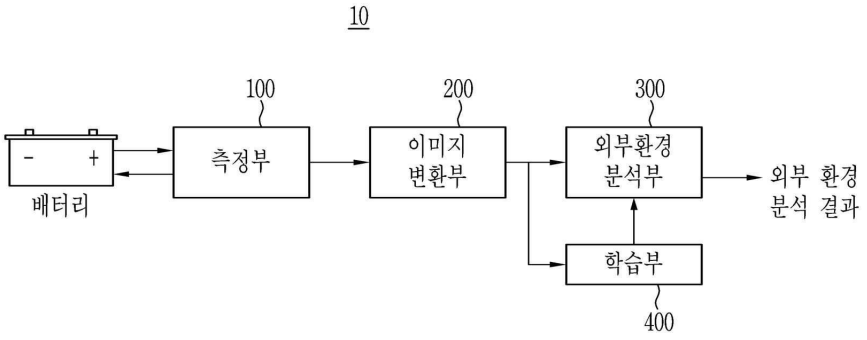
[0079] 본 개시에 따르면, 배터리의 임피던스를 이미지 형식으로 변환함으로써, 데이터의 증가로 인한 시스템의 성능 저하를 방지할 수 있다.

[0080] 이상에서 설명한 본 개시의 실시예는 장치 및 방법을 통해서만 구현이 되는 것은 아니며, 본 개시의 실시예의 구성에 대응하는 기능을 실현하는 프로그램 또는 그 프로그램이 기록된 기록 매체를 통해 구현될 수도 있다.

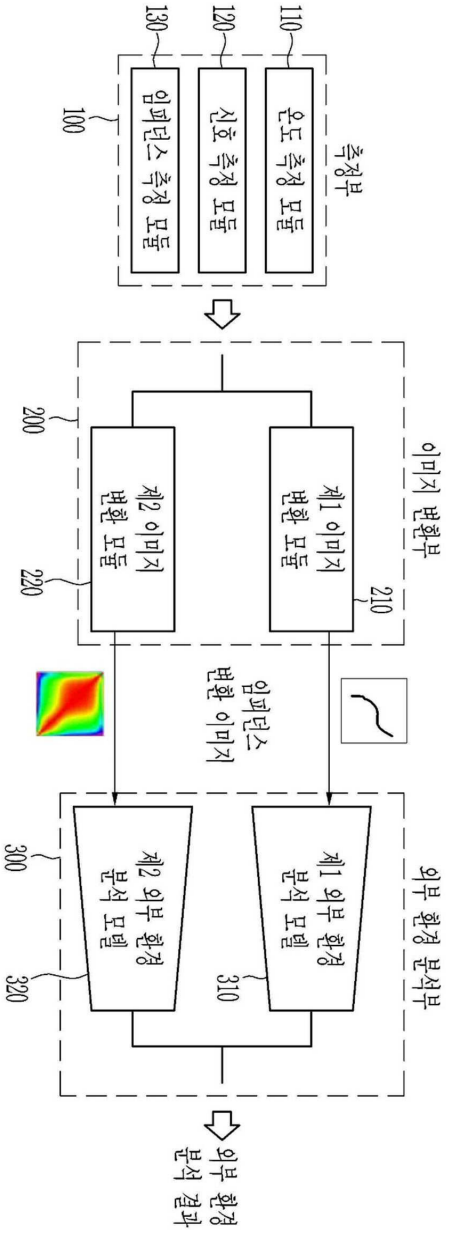
[0081] 이상에서 본 개시의 실시예에 대하여 상세하게 설명하였지만 본 개시의 권리범위는 이에 한정되는 것은 아니고 다음의 청구범위에서 정의하고 있는 본 개시의 기본 개념을 이용한 당업자의 여러 변형 및 개량 형태 또한 본 개시의 권리범위에 속하는 것이다.

도면

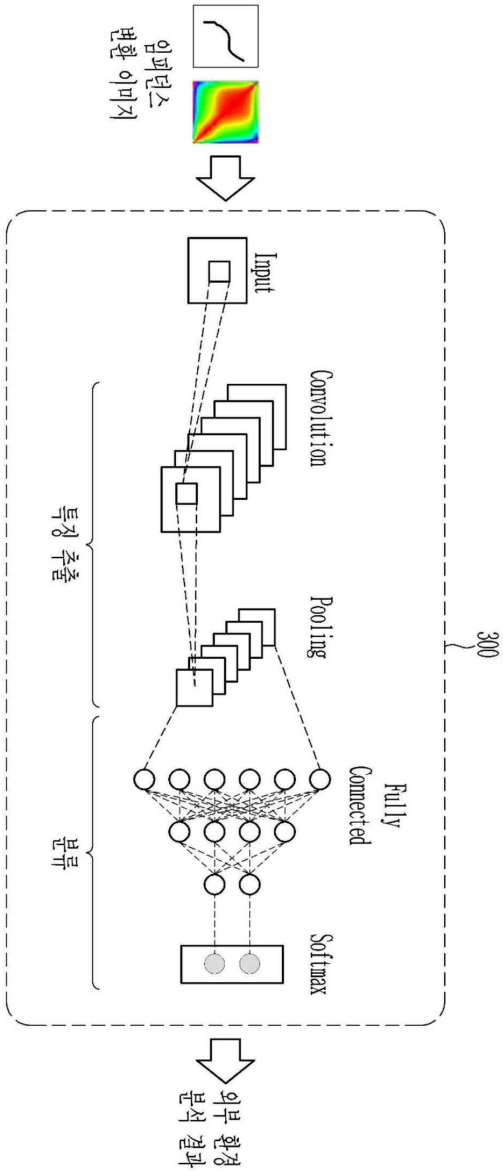
도면1



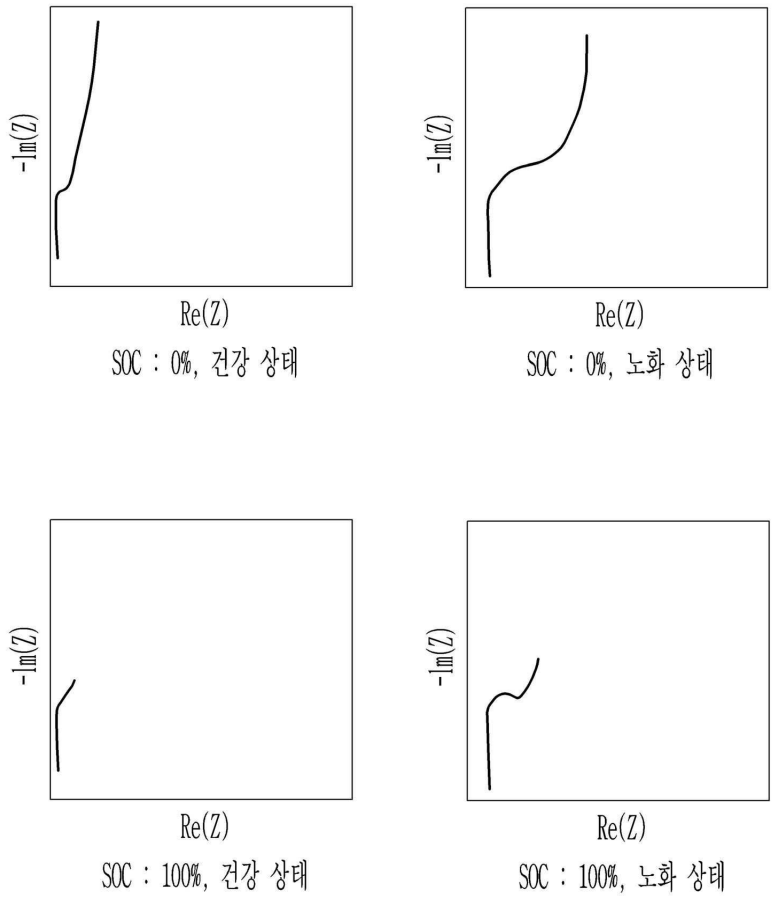
도면2


측정부
100
110
온도 측정 모듈
120
신호 측정 모듈
130
임피던스 측정 모듈
이미지 변환부
200
210
제1 이미지 변환 모듈
220
제2 이미지 변환 모듈
임피던스 변환 이미지
외부 환경 분석부
300
310
제1 외부 환경 분석 모델
320
제2 외부 환경 분석 모델
외부 환경 분석 결과

도면3

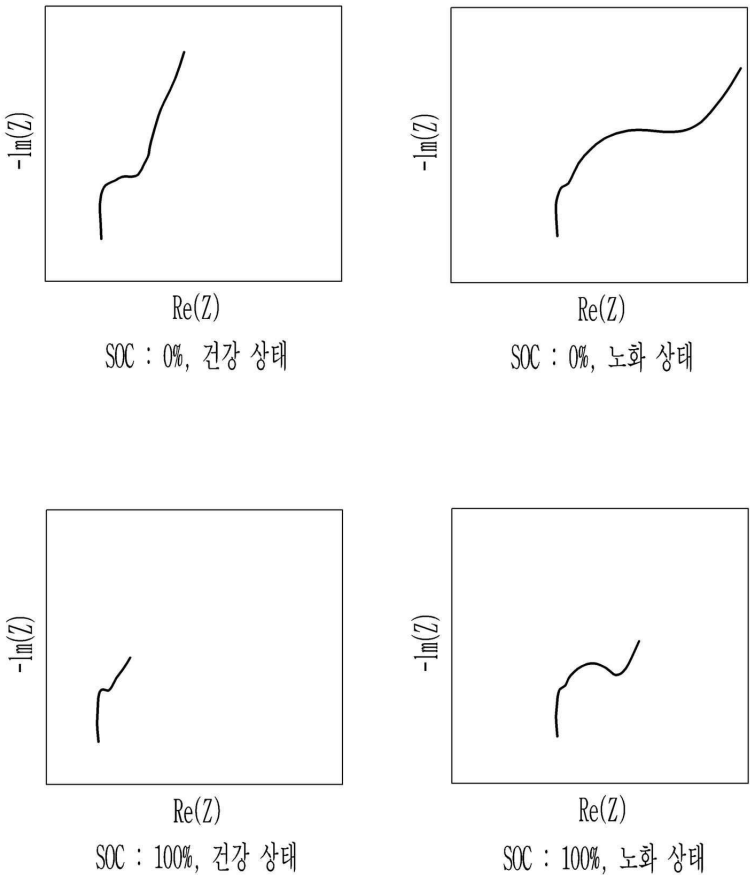

임피던스
변환 이미지
Input
Convolution
Pooling
Fully
Connected
Softmax
특징 추출
분류
300
외부 환경
분석 결과

도면4



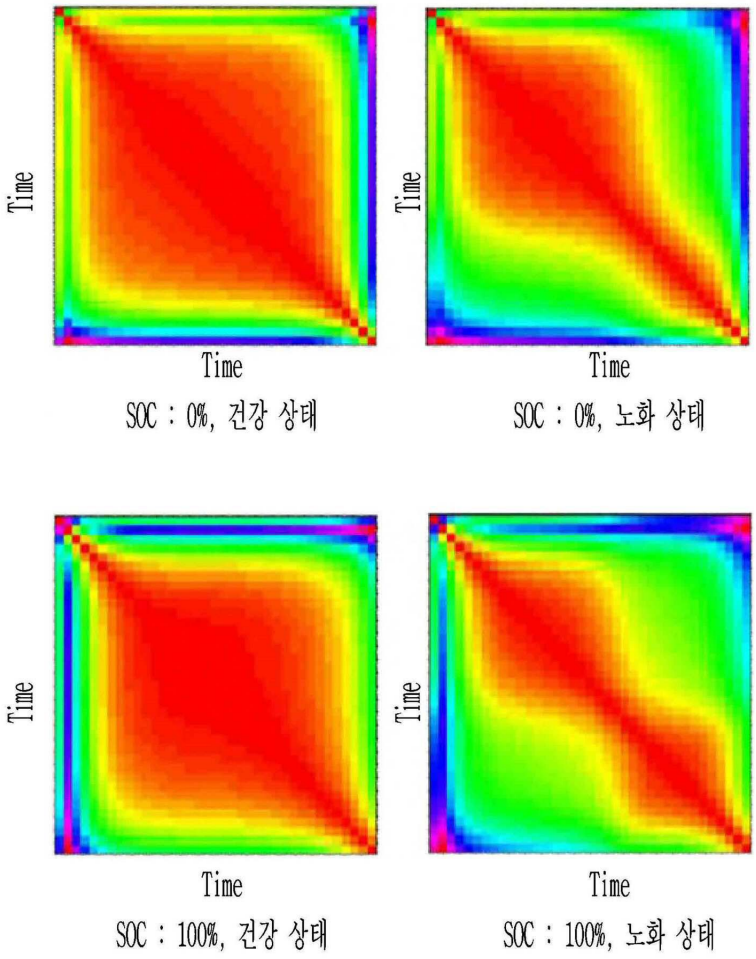
<고온 환경에서 측정한 배터리의 임피던스 변화>

도면5



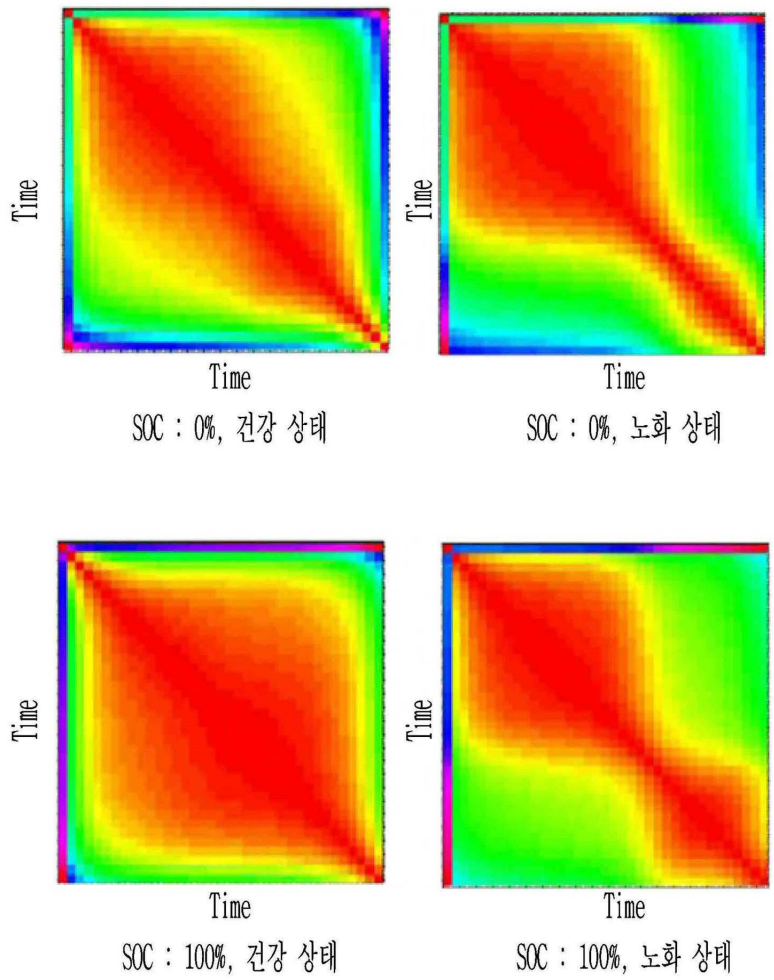
<진동 환경에서 측정한 배터리의 임피던스 변화>

도면6



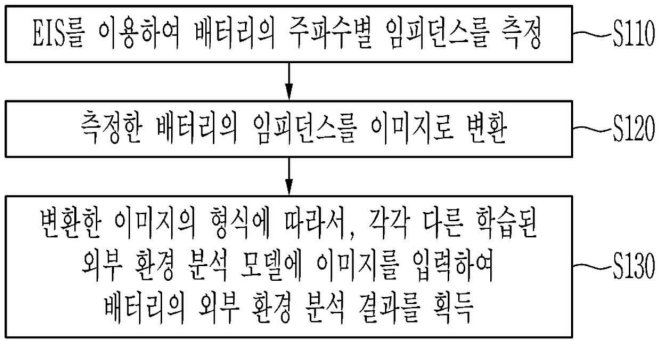
<고온 환경에서 측정한 시간에 따른 배터리의 임피던스 변화>

도면7

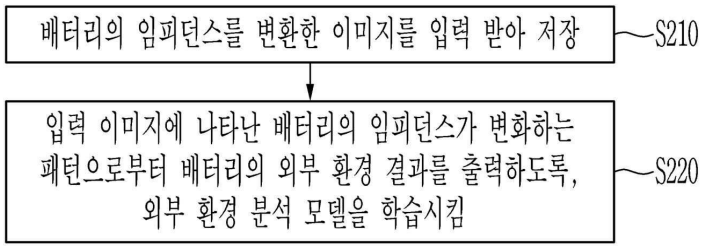


<고온 환경에서 측정한 시간에 따른 배터리의 임피던스 변화>

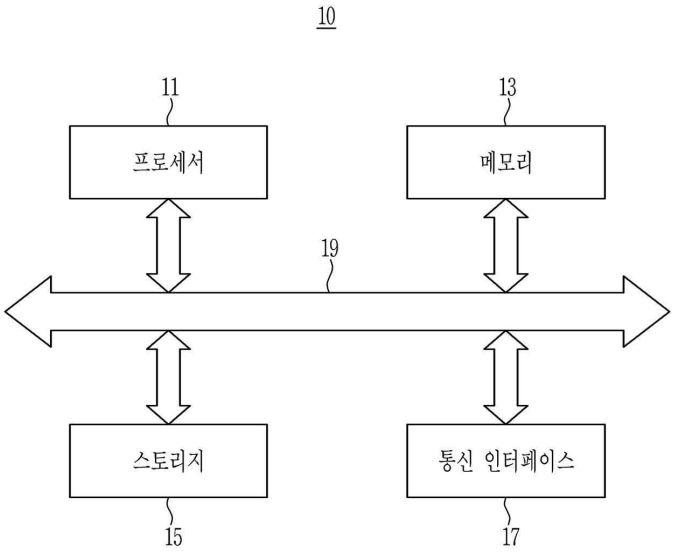
도면8



도면9


배터리의 임피던스를 변환한 이미지를 입력 받아 저장
S210
입력 이미지에 나타난 배터리의 임피던스가 변화하는 패턴으로부터 배터리의 외부 환경 결과를 출력하도록, 외부 환경 분석 모델을 학습시킴
S220

도면10


10
11
프로세서
13
메모리
19
스토리지
15
통신 인터페이스
17