



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0016826  
(43) 공개일자 2024년02월06일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G01R 31/392 (2019.01) G01R 31/36 (2019.01)  
G01R 31/367 (2019.01) G01R 31/374 (2019.01)  
G01R 31/3842 (2019.01) G01R 31/396 (2019.01)  
H01M 10/48 (2021.01) H02J 7/00 (2006.01)

(52) CPC특허분류

G01R 31/392 (2019.01)  
G01R 31/3646 (2019.01)

(21) 출원번호 10-2022-0095074

(22) 출원일자 2022년07월29일

심사청구일자 2022년07월29일

(71) 출원인

삼성전자주식회사

경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (매탄동)

충남대학교산학협력단

대전광역시 유성구 대학로 99 (궁동, 충남대학교)

(72) 발명자

김규태

경기도 수원시 영통구 삼성로 129(매탄동, 삼성전자)

윤성현

경기도 수원시 영통구 삼성로 129(매탄동, 삼성전자)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인 고려

전체 청구항 수 : 총 10 항

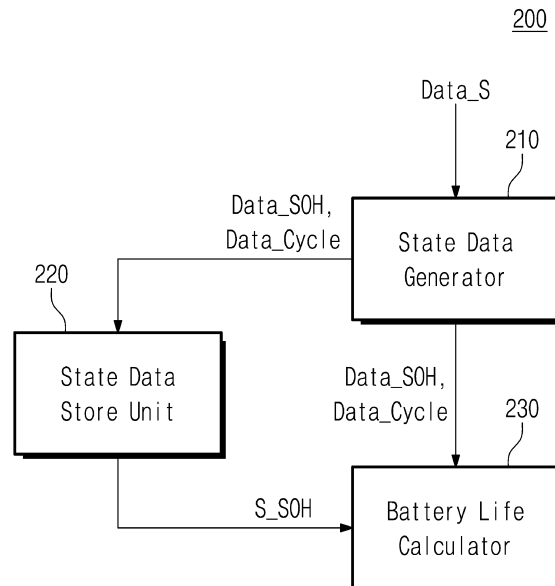
(54) 발명의 명칭 배터리 수명 예측 장치 및 그의 동작 방법

(57) 요약

본 개시는 배터리에 대한 정보를 실시간으로 수신하여 노화 상태(State Of Health) 데이터를 생성하도록 구성된 상태 데이터 생성부, 상기 상태 데이터 생성부에서 생성되는 상기 노화 상태 데이터를 저장하여 과거 상태 데이터를 생성하도록 구성된 상태 데이터 저장부, 및 상기 과거 상태 데이터에 기초하여 상기 배터리의 노화 추이를

(뒷면에 계속)

대표도 - 도2



수식적으로 나타내는 노화 상태 모델을 생성하고, 상기 노화 상태 모델을 이용하여 상기 상태 데이터 생성부에서 생성되는 상기 노화 상태 데이터를 기초로 상태 예측 데이터를 생성하여 배터리의 잔여 수명을 산출하도록 구성된 배터리 수명 산출부를 포함하고, 상기 배터리 수명 산출부는 모델 계수를 포함하는 비선형 함수를 초기 모델로 설정하고, 상기 초기 모델과 상기 과거 상태 데이터에 기초하여 재귀 최소 자승법을 통해 상기 모델 계수를 보정하여 초기 모델 계수를 도출하도록 구성되고, 상기 배터리 수명 산출부는 상기 상태 예측 데이터 및 상기 노화 상태 데이터에 기초하여 상기 노화 상태 모델을 재생성할지 여부를 판단하도록 구성된 배터리 수명 예측 장치를 제공한다.

(52) CPC특허분류

**G01R 31/367** (2019.01)

**G01R 31/374** (2019.01)

**G01R 31/3842** (2019.01)

**G01R 31/396** (2019.01)

**H01M 10/482** (2023.08)

**H02J 7/0014** (2023.08)

(72) 발명자

**김종훈**

대전광역시 유성구 봉명로 94, 703동 1903호

**권상욱**

대전광역시 유성구 상대로 16, 510동 1605호

**안정호**

대전광역시 서구 동서대로 1014번길 26, 6동 202호  
(내동, 신성아파트)

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

배터리에 대한 정보를 실시간으로 수신하여 노화 상태(State Of Health) 데이터를 생성하도록 구성된 상태 데이터 생성부;

상기 상태 데이터 생성부에서 생성되는 상기 노화 상태 데이터를 저장하여 과거 상태 데이터를 생성하도록 구성된 상태 데이터 저장부; 및

상기 과거 상태 데이터에 기초하여 상기 배터리의 노화 추이를 수식적으로 나타내는 노화 상태 모델을 생성하고, 상기 노화 상태 모델을 이용하여 상기 상태 데이터 생성부에서 생성되는 상기 노화 상태 데이터를 기초로 상태 예측 데이터를 생성하여 배터리의 잔여 수명을 산출하도록 구성된 배터리 수명 산출부를 포함하고,

상기 배터리 수명 산출부는 모델 계수를 포함하는 비선형 함수를 초기 모델로 설정하고, 상기 초기 모델과 상기 과거 상태 데이터에 기초하여 재귀 최소 자승법을 통해 상기 모델 계수를 보정하여 초기 모델 계수를 도출하도록 구성되고,

상기 배터리 수명 산출부는 상기 상태 예측 데이터 및 상기 노화 상태 데이터에 기초하여 상기 노화 상태 모델을 재생성할지 여부를 판단하도록 구성된 배터리 수명 예측 장치.

#### 청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 상태 데이터 생성부는 상기 배터리의 전기적 등가 회로 모델을 이용하여 상기 배터리의 출력 전압 데이터 및 출력 전류 데이터를 기초로 상기 노화 상태 데이터를 생성하도록 구성된 배터리 수명 예측 장치.

#### 청구항 3

제2 항에 있어서,

상기 상태 데이터 생성부는 이중 확장 칼만 필터를 이용하여 상기 출력 전압데이터 및 상기 출력 전류 데이터에 기초하여 상기 노화 상태 데이터를 생성하도록 구성된 배터리 수명 예측 장치.

#### 청구항 4

제3 항에 있어서,

상기 상태 데이터 생성부는:

상기 이중 확장 칼만 필터를 이용하여 상기 노화 상태 데이터 및 용량 상태 데이터를 생성하도록 구성된 상태 데이터 산출부; 및

상기 용량 상태 데이터에 기초하여 배터리 사이클 데이터를 생성하도록 구성된 배터리 사이클 산출부를 포함하고,

상기 배터리 사이클 데이터는 상기 노화 상태 데이터와 함께 상기 상태 데이터 저장부에 상기 과거 상태 데이터로 저장되도록 구성된 배터리 수명 예측 장치.

#### 청구항 5

제2 항에 있어서,

상기 전기적 등가 회로 모델은 상기 배터리의 테브난 등가 회로 모델을 포함하는 배터리 수명 예측 장치.

#### 청구항 6

제1 항에 있어서,

상기 배터리 수명 산출부는:

상기 과거 상태 데이터에 기초하여 상기 재귀 최소 자승법을 통해 상기 노화 상태 모델을 생성하도록 구성된 노화 상태 모델 생성부;

상기 노화 상태 모델에 파티클 필터를 적용하여 상기 노화 상태 데이터를 기초로 확률 분포 형태의 상기 상태 예측 데이터를 생성하도록 구성된 상태 예측 데이터 생성부;

상기 상태 예측 데이터 및 상기 노화 상태 데이터에 기초하여 보정 신호를 생성하도록 구성된 보정 신호 생성부; 및

상기 상태 예측 데이터를 기초로 상기 배터리의 잔여 수명을 산출하도록 구성된 잔여 수명 예측부를 포함하고,

상기 상태 예측 데이터 생성부는 상기 상태 예측 데이터의 확률 분포에 기초하여 신뢰 구간을 생성하도록 구성되고,

상기 상태 예측 데이터의 상기 신뢰 구간에 상기 노화 상태 데이터가 속하지 않는 경우, 상기 보정 신호 생성부는 상기 보정 신호를 생성하도록 구성되는 배터리 수명 예측 장치.

## 청구항 7

제6 항에 있어서,

상기 노화 상태 모델 생성부는 상기 보정 신호를 수신하도록 구성되고,

상기 노화 상태 모델 생성부는 상기 보정 신호가 수신된 경우, 수신된 시점까지 상기 상태 데이터 저장부에 저장된 과거 상태 데이터를 기초로 상기 초기 모델 계수를 보정하여 상기 노화 상태 모델을 재생성하도록 구성된 배터리 수명 예측 장치.

## 청구항 8

제7 항에 있어서,

상기 노화 상태 모델 생성부는 상기 저장된 과거 상태 데이터에 기초하여 재귀 최소 자승법을 통해 상기 초기 모델 계수를 보정하여 상기 노화 상태 모델을 재생성하도록 구성된 배터리 수명 예측 장치.

## 청구항 9

제6 항에 있어서,

상기 상태 예측 데이터의 상기 신뢰 구간에 상기 노화 상태 데이터가 속하는 경우, 상기 배터리 수명 산출부는 상기 상태 예측 데이터에 기초하여 상기 배터리의 잔여 수명을 산출하도록 구성된 배터리 수명 예측 장치.

## 청구항 10

배터리에 대한 정보를 실시간으로 수집하여 노화 상태(State Of Health) 데이터를 생성하는 단계;

상기 노화 상태 데이터를 저장하여 과거 상태 데이터를 생성하는 단계;

상기 과거 상태 데이터에 기초하여 상기 배터리의 노화 추이를 수식적으로 나타내는 노화 상태 모델을 생성하는 단계;

상기 노화 상태 모델을 이용하여 상기 노화 상태 데이터를 기초로 상태 예측 데이터를 생성하는 단계;

상기 상태 예측 데이터 및 상기 노화 상태 데이터에 기초하여 상기 노화 상태 모델을 재생성할지 여부를 판단하는 단계; 및

상기 상태 예측 데이터에 기초하여 배터리의 잔여 수명을 산출하는 단계를 포함하는 배터리 수명 예측 방법.

## 발명의 설명

## 기술 분야

[0001] 본 개시는 배터리 수명 예측 장치 및 그의 동작 방법에 관한 것으로, 구체적으로는 실시간으로 측정된 배터리 노화 상태에 기초하여 배터리의 잔여 수명을 예측하는 장치 및 방법에 관한 것이다.

## 배경 기술

[0002] 반도체 공장, 원자력 발전소와 같이 상시 전력 공급이 필요한 분야에서 계통 기반의 전력 공급이 중단될 경우 막대한 인적 및 경제적 손실이 발생할 수 있다. 이를 방지하기 위하여 주 전원 상실과 같은 비상 상황 발생 시 주 전원을 대신하여 비상 전원을 공급하는 무정전 전원 장치(Uninterruptible power supply system; UPS)의 중요성이 증가하고 있다. 무정전 전원 장치의 에너지원은 리튬 이온 배터리가 담당하고 있다. 안정적인 전력 공급을 위해서는 주 전원 이외에도 UPS 전력 공급의 안정성 또한 중요하게 고려되어야 하고, 전력 공급의 신뢰성 및 안전성 확보를 위해서 리튬이온 배터리의 잔여 수명에 대한 정확한 예측이 요구된다.

[0003] 종래의 배터리 잔여 수명 예측 방법은 배터리 제조사 측에서 노화 실험을 사전에 진행하고 실험 과정에서 측정된 노화 데이터를 사용자에게 제공하여, 사용자는 배터리 사용 시간에 따라 앞으로의 남은 수명 상태를 예측한다. 하지만, 배터리는 제조 당시 발생하는 공차, 배터리의 충전 및 방전과 같은 운용 패턴, 외부 환경 조건에 따라서 노화 추이가 상이할 수 있으므로, 종래 방법은 위와 같은 배터리 외부 요인 반영에 한계가 있다.

[0004] 이러한 종래 방법의 한계점으로 인하여 예측된 수명과 실제 수명은 오차가 발생할 가능성이 있으며, 이는 시스템의 신뢰도 하락과 UPS 전력 공급 문제로 인한 경제적 손실로 이어진다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0005] 본 개시가 해결하고자 하는 일 과제는, 현재 배터리 상태에 따른 배터리의 잔여 수명을 보다 정확히 예측하는 장치를 제공하는 데에 있다.

[0006] 본 개시가 해결하고자 하는 일 과제는, 현재 배터리 상태에 따른 배터리의 잔여 수명을 보다 정확히 예측하는 방법을 제공하는 데에 있다.

### 과제의 해결 수단

[0007] 상술한 과제를 해결하기 위한 일 실시예는, 배터리에 대한 정보를 실시간으로 수신하여 노화 상태(State Of Health) 데이터를 생성하도록 구성된 상태 데이터 생성부, 상기 상태 데이터 생성부에서 생성되는 상기 노화 상태 데이터를 저장하여 과거 상태 데이터를 생성하도록 구성된 상태 데이터 저장부, 및 상기 과거 상태 데이터에 기초하여 상기 배터리의 노화 추이를 수식적으로 나타내는 노화 상태 모델을 생성하고, 상기 노화 상태 모델을 이용하여 상기 상태 데이터 생성부에서 생성되는 상기 노화 상태 데이터를 기초로 상태 예측 데이터를 생성하여 배터리의 잔여 수명을 산출하도록 구성된 배터리 수명 산출부를 포함하고, 상기 배터리 수명 산출부는 모델 계수를 포함하는 비선형 함수를 초기 모델로 설정하고, 상기 초기 모델과 상기 과거 상태 데이터에 기초하여 재귀 최소 자승법을 통해 상기 모델 계수를 보정하여 초기 모델 계수를 도출하도록 구성되고, 상기 배터리 수명 산출부는 상기 상태 예측 데이터 및 상기 노화 상태 데이터에 기초하여 상기 노화 상태 모델을 재생성할지 여부를 판단하도록 구성된 배터리 수명 예측 장치를 포함한다.

[0008] 상술한 과제를 해결하기 위한 일 실시예는, 배터리에 대한 정보를 실시간으로 수집하여 노화 상태(State Of Health) 데이터를 생성하는 단계, 상기 노화 상태 데이터를 저장하여 과거 상태 데이터를 생성하는 단계, 상기 과거 상태 데이터에 기초하여 상기 배터리의 노화 추이를 수식적으로 나타내는 노화 상태 모델을 생성하는 단계, 상기 노화 상태 모델을 이용하여 상기 노화 상태 데이터를 기초로 상태 예측 데이터를 생성하는 단계, 상기 상태 예측 데이터 및 상기 노화 상태 데이터에 기초하여 상기 노화 상태 모델을 재생성할지 여부를 판단하는 단계, 및 상기 상태 예측 데이터에 기초하여 배터리의 잔여 수명을 산출하는 단계를 포함하는 배터리 수명 예측 방법을 포함한다.

[0009] 상술한 과제를 해결하기 위한 일 실시예는, 배터리 팩을 포함하는 배터리, 상기 배터리에 대한 정보를 측정하여 출력 전압 데이터 및 출력 전류 데이터를 포함하는 센싱 데이터를 생성하도록 구성된 데이터 측정부, 및 상기 센싱 데이터에 기초하여 상태 예측 데이터를 생성하여 배터리의 잔여 수명을 산출하도록 구성된 배터리 수명 예측 장치를 포함하고, 상기 배터리 수명 예측 장치는 상기 센싱 데이터를 실시간으로 수신하여 노화 상태(State Of Health) 데이터를 생성하도록 구성된 상태 데이터 생성부, 상기 상태 데이터 생성부에서 생성되는 상기 노화

상태 데이터를 저장하여 과거 상태 데이터를 생성하도록 구성된 상태 데이터 저장부, 및 상기 과거 상태 데이터에 기초하여 상기 배터리의 노화 추이를 수식적으로 나타내는 노화 상태 모델을 생성하고, 상기 노화 상태 모델을 이용하여 상기 상태 데이터 생성부에서 생성되는 상기 노화 상태 데이터를 기초로 상기 상태 예측 데이터를 생성하여 상기 배터리의 잔여 수명을 산출하도록 구성된 배터리 수명 산출부를 포함하고, 상기 배터리 수명 산출부는 모델 계수를 포함하는 비선형 함수를 초기 모델로 설정하고, 상기 초기 모델과 상기 과거 상태 데이터에 기초하여 재귀 최소 자승법을 통해 상기 모델 계수를 보정하여 초기 모델 계수를 도출하도록 구성되고, 상기 배터리 수명 산출부는 상기 상태 예측 데이터 및 상기 노화 상태 데이터에 기초하여 상기 노화 상태 모델을 재생성할지 여부를 판단하도록 구성된 배터리 수명 예측 시스템을 포함한다.

### 발명의 효과

[0010] 본 개시에 따른 일 실시예는, 현재 배터리 상태에 따른 배터리의 잔여 수명을 보다 정확히 예측하는 장치를 제공한다.

[0011] 본 개시가 따른 일 실시예는, 현재 배터리 상태에 따른 배터리의 잔여 수명을 보다 정확히 예측하는 방법을 제공한다.

### 도면의 간단한 설명

[0012] 도 1은 본 개시의 실시 예에 따른 배터리 수명 예측 시스템을 개략적으로 나타낸 블록도이다.

도 2는 도 1의 배터리 수명 예측 장치의 일 실시예를 나타낸 블록도이다.

도 3은 본 명세서에서 사용되는 용량 상태 데이터, 노화 상태 데이터 및 배터리 사이클의 개념을 설명하기 위한 도면이다.

도 4는 도 2의 상태 데이터 생성부의 일 실시예를 나타낸 블록도이다.

도 5는 배터리의 전기적 등가 회로 모델의 일 실시예를 나타낸 도면이다.

도 6은 도 4의 상태 데이터 산출부에서 적용하는 이중 확장 칼만 필터의 일 실시예를 나타낸 블록도이다.

도 7은 도 2의 배터리 수명 산출부의 일 실시예를 나타낸 블록도이다.

도 8은 도 7의 배터리 수명 산출부의 동작 방법을 설명하기 위한 순서도다.

도 9는 파티클 필터의 동작을 설명하기 위한 도면이다.

도 10은 파티클 필터의 동작에서 사전 파티클 분포 및 사후 파티클 분포를 예시적으로 나타낸 도면이다.

도 11 및 도 12는 배터리 수명 산출부에서 생성된 노화 상태 모델, 상태 상태 예측 데이터의 중간 값, 신뢰 구간 및 실시간으로 생성된 노화 상태 데이터를 나타낸 그래프들이다.

도 13은 본 개시에 따른 위험도 평가 장치가 무정전 전원 공급 시스템에 적용된 일 적용례를 나타낸 블록도이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0013] 이하에서, 본 개시의 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 개시를 용이하게 실시할 수 있을 정도로, 본 개시의 실시 예들이 명확하고 상세하게 기재될 것이다.

[0014] 이하에서, 본 개시의 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 개시를 용이하게 실시할 수 있을 정도로, 본 개시의 실시 예들이 명확하고 상세하게 기재될 것이다.

[0015] 도 1은 본 개시의 실시 예에 따른 배터리 수명 예측 시스템을 개략적으로 나타낸 블록도이다. 도 1을 참조하면, 배터리 수명 예측 시스템(10)은 데이터 측정부(100), 및 배터리 수명 예측 장치(200)를 포함할 수 있다.

[0016] 데이터 측정부(100)는 수명 예측의 대상이 되는 배터리에 대한 정보(Data\_B)를 측정하여 센싱 데이터(Data\_S)를 생성하도록 구성될 수 있다. 배터리(BTP)는 배터리 팩을 포함할 수 있다. 배터리 팩은 복수개의 배터리 모듈들을 포함할 수 있다.

[0017] 일 예로, 데이터 측정부(100)에서 생성되는 센싱 데이터(Data\_S)는 배터리에 대한 전류 정보인 전류 데이터 및

배터리에 대한 전압 정보인 전압 데이터를 포함할 수 있다. 전압 데이터는 배터리 팩의 출력 전압을 측정하여 생성될 수 있다. 전류 데이터는 배터리 팩에서 출력되는 전류를 측정하여 생성될 수 있다.

- [0018] 데이터 측정부(100)는 배터리(BTP)로부터 실시간으로 배터리에 대한 정보(Data\_B)를 수집하여 센싱 데이터(Data\_S)를 생성하도록 구성될 수 있다. 데이터 측정부(100)에서 실시간으로 생성되는 센싱 데이터(Data\_S)는 배터리 수명 예측 장치(200)로 제공될 수 있다.
- [0019] 배터리 수명 예측 장치(200)는 데이터 측정부(100)로부터 센싱 데이터(Data\_S)를 수신하도록 구성될 수 있다. 배터리 수명 예측 장치(200)는 수신된 센싱 데이터(Data\_S)에 기초하여 상태 예측 데이터를 생성하여 배터리의 잔여 수명을 산출하도록 구성될 수 있다. 이하, 도 2를 참조하여 배터리 수명 예측 장치(200)의 구체적인 구성 및 동작에 대해 설명한다.
- [0020] 도 2는 도 1의 배터리 수명 예측 장치(200)의 일 실시예를 나타낸 블록도이다.
- [0021] 도 2를 참조하면, 배터리 수명 예측 장치(200)는 상태 데이터 생성부(210), 상태 데이터 저장부(220), 및 배터리 수명 산출부(230)를 포함할 수 있다.
- [0022] 상태 데이터 생성부(210)는 수신된 센싱 데이터(Data\_S)에 기초하여 배터리의 용량 상태(State of Charge, 이하 SOC) 데이터 및 노화 상태(State Of Health, 이하 SOH) 데이터(Data\_SOH)를 생성하도록 구성될 수 있다. 상태 데이터 생성부(210)는 용량 상태 데이터에 기초하여 배터리 사이클 데이터(Data\_cycle)를 생성하도록 구성될 수 있다. 이하, 도 3을 참조하여 용량 상태 데이터, 노화 상태 데이터(Data\_SOH) 및 배터리 사이클의 개념에 대해 구체적으로 설명한다.
- [0023] 도 3은 본 명세서에서 사용되는 용량 상태 데이터, 노화 상태 데이터 및 배터리 사이클의 개념을 설명하기 위한 도면이다.
- [0024] 도 3을 참조하면, 본 명세서에서 배터리 사이클은 측정 대상인 배터리가 완전히 또는 정해진 비율 이상으로 충전된 상태에서 완전히 또는 정해진 비율 이하로 방전된 이후, 다시 완전히 또는 정해진 비율 이상으로 충전된 경우에 1만큼 증가할 수 있다. 예를 들어, 배터리가 완전히 충전된 상태에서 완전히 방전되는 과정이 2회 반복되고, 이후 다시 완전히 충전된 경우 배터리 사이클은 2일 수 있다. 배터리 사이클 데이터(Data\_cycle)는 배터리 사이클에 대한 정보를 포함할 수 있다.
- [0025] 노화 상태(SOH)는 배터리의 가용 용량으로 정의될 수 있다. 노화 상태(SOH)는 초기 상태의 배터리 가용 용량에 대비하여 현재 상태의 배터리 가용 용량으로 정의될 수 있다. 초기 상태는 배터리 사이클이 0인 상태를 의미할 수 있다. 예를 들어, 배터리 사이클이 0인 상태에서 노화 상태(SOH)는 100%이고, 노화 상태 데이터(Data\_SOH)의 값은 1.0일 수 있다. 배터리 사이클이 증가할수록 배터리 가용 용량이 감소하여 노화 상태(SOH)는 0% 내지 100% 사이 값으로 결정될 수 있고, 노화 상태 데이터(Data\_SOH)의 값은 0 내지 1.0 사이일 수 있다. 예를 들어, 배터리의 가용 용량이 초기 상태의 80%인 경우, 노화 상태(SOH)는 80%이고 노화 상태 데이터(Data\_SOH)의 값은 0.8로 결정될 수 있다.
- [0026] 본 명세서에서 용량 상태(SOC)는 배터리의 정격 용량만큼 전하가 완전히 충전되어 있는 경우 100%인 것으로, 배터리 내의 전하가 완전히 방전된 경우 0%인 것으로 정의될 수 있다. 즉, 용량 상태(SOC)는 배터리의 정격 용량을 기준으로 배터리 내의 전하량에 따라 0% 내지 100%의 값으로 결정될 수 있다.
- [0027] 배터리 사이클이 0인 경우, 용량 상태(SOC)가 100%인 경우에 배터리의 용량과 배터리의 가용 용량이 동일하다. 그러나, 배터리 사이클이 0이 아닌 경우, 다시 말하면 배터리 사이클이  $N(N=1, 2, 3, \dots)$ 인 경우, 배터리의 노화에 따라 배터리의 가용 용량은 감소하게 된다. 이 경우, 감소된 가용 용량 범위 내에서 전하가 완전히 충전되는 경우 용량 상태(SOC)는 100%로 정의될 수 있고, 배터리의 가용 용량 범위 내에서 전하가 완전히 방전되는 경우 용량 상태(SOC)는 0%로 정의될 수 있다. 예를 들어, 배터리의 용량 상태(SOC)가 가용 용량의 80%인 경우, 용량 상태(SOC)는 80%이고 용량 상태 데이터의 값은 0.8로 결정될 수 있다.
- [0028] 노화 상태(SOH)는 용량 상태의 변화에 비해 장기간에 걸쳐서 변화할 수 있다. 용량 상태(SOC)는 한 번의 배터리 사이클에서 0% 내지 100% 범위 이내에서 변화할 수 있지만, 노화 상태(SOH)는 복수의 배터리 사이클에 걸쳐서 완만히 감소할 수 있다. 이에, 본 명세서에서 특정 배터리 사이클에서의 용량 상태를 측정함에 있어서 노화 상태는 일정하다고 가정한다.
- [0029] 다시 도 2를 참조하면, 상태 데이터 생성부(210)는 배터리의 전기적 등가 회로 모델에 이중 확장 칼만 필터를 적용하여 배터리의 용량 상태 데이터 및 노화 상태 데이터(Data\_SOH)를 산출하도록 구성될 수 있다. 상태 데이

터 생성부(210)에서 용량 상태 데이터, 노화 상태 데이터(Data\_SOH), 및 배터리 사이클 데이터(Data\_cycle)를 생성하는 구체적인 내용은 도 4 내지 도 6을 통해 후술될 것이다.

- [0030] 상태 데이터 저장부(220)는 상태 데이터 생성부(210)에서 생성되는 노화 상태 데이터(Data\_SOH) 및 배터리 사이클 데이터(Data\_cycle)를 저장하도록 구성될 수 있다. 상태 데이터 저장부(220)는 각각의 배터리 사이클에 대응하는 노화 상태 데이터(Data\_SOH)를 순차적으로 저장하여 과거 상태 데이터(S\_SOH)를 생성하도록 구성될 수 있다. 과거 상태 데이터(S\_SOH)는 복수의 배터리 사이클들 각각에서의 노화 상태 데이터(Data\_SOH)를 포함할 수 있다. 상태 데이터 저장부(220)에 저장된 과거 상태 데이터(S\_SOH)는 배터리 수명 산출부(230)로 제공될 수 있다.
- [0031] 배터리 수명 산출부(230)는 과거 상태 데이터(S\_SOH)에 기초하여 배터리의 노화 추이를 나타내는 상태 예측 데이터를 산출하도록 구성될 수 있다. 상태 예측 데이터는 확률 분포 형태로 산출될 수 있고, 상태 예측 데이터는 확률 분포에 기초하여 산출된 중간 값(median) 및 표준 편차에 대한 정보를 포함할 수 있다.
- [0032] 배터리 수명 산출부(230)는 상태 예측 데이터 및 노화 상태 데이터(Data\_SOH)에 기초하여 상기 초기 모델 계수를 보정하여 노화 상태 모델을 재생성할지 여부를 판단하도록 구성될 수 있다.
- [0033] 배터리 수명 산출부(230)는 상태 예측 데이터의 확률 분포를 기초로 신뢰 구간을 설정하여, 노화 상태 데이터(Data\_SOH)가 신뢰 구간에 속하지 않는 경우 보정 신호를 생성하도록 구성될 수 있다.
- [0034] 보정 신호가 생성된 경우, 배터리 수명 산출부(230)는 보정 신호가 생성된 시점까지 상태 데이터 저장부(220)에 저장된 과거 상태 데이터(S\_SOH)에 기초하여 상태 예측 데이터를 다시 산출할 수 있다.
- [0035] 보정 신호가 생성되지 않은 경우, 배터리 수명 산출부(230)는 상태 예측 데이터에 기초하여 배터리의 잔여 수명을 산출하도록 구성될 수 있다. 배터리의 잔여 수명은 배터리의 현재 가용 용량에서 정해진 가용 용량까지 소요되는 것으로 예상되는 시간으로 정의될 수 있다.
- [0036] 예를 들어, 80%의 노화 상태를 임계점으로 설정하여, 노화 상태 데이터(Data\_SOH)가 0.8에 도달하는 데까지 소요될 것으로 예상되는 사이클이 잔여 수명으로 정의될 수 있다. 다만, 임계점은 이에 제한되지 않고, 사용자의 요구에 따라 80% 외의 값으로 설정될 수 있다. 배터리 수명 산출부(230)의 구체적인 구성 및 동작은 도 7 내지 도 12을 참조하여 후술될 것이다.
- [0038] 도 4는 도 2의 상태 데이터 생성부(210)의 일 실시예를 나타낸 블록도이다. 도 5는 배터리의 전기적 등가 회로 모델의 일 실시예를 나타낸 도면이다. 도 6은 도 4의 상태 데이터 산출부(211)에서 적용하는 이중 확장 칼만 필터의 일 실시예를 나타낸 블록도이다. 이하, 도 4 내지 도 6을 참조하여 도 2의 상태 데이터 생성부(210)의 구체적인 구성 및 동작에 대해 설명한다.
- [0039] 도 4를 참조하면, 상태 데이터 생성부(210)는 상태 데이터 산출부(211) 및 배터리 사이클 산출부(212)를 포함할 수 있다.
- [0040] 상태 데이터 산출부(211)는 데이터 측정부(100)로부터 센싱 데이터(Data\_S)를 수신하여 용량 상태 데이터(Data\_SOC) 및 노화 상태 데이터(Data\_SOH)를 생성하도록 구성될 수 있다.
- [0041] 상태 데이터 산출부(211)는 배터리의 전기적 등가 회로 모델에 기초하여 용량 상태 데이터(Data\_SOC) 및 노화 상태 데이터(Data\_SOH)를 생성하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 배터리의 전기적 등가 회로 모델은 OCV 전원, 제1 내부 저항, 제2 내부 저항 및 캐패시터를 포함하는 테브난 등가 회로 모델을 포함할 수 있다(도 5 참조).
- [0042] 상태 데이터 산출부(211)는 배터리의 전기적 등가 회로 모델에 기초하여 이중 확장 칼만 필터를 통해 용량 상태 데이터(Data\_SOC) 및 노화 상태 데이터(Data\_SOH)를 생성하도록 구성될 수 있다. 이하, 도 6을 참조하여 상태 데이터 산출부(211)의 구체적인 구성에 대하여 설명한다.
- [0043] 도 6을 참조하면, 상태 데이터 산출부(211)는 SOC 추정부(211a), SOC 보정부(211b), SOH 업데이트부(211c), 및 SOH 보정부(211d)를 포함하는 이중 확장 칼만 필터를 포함할 수 있다. 이중 확장 칼만 필터는 용량 상태 데이터(Data\_SOC)를 산출하기 위한 확장 칼만 필터와 노화 상태 데이터(Data\_SOH)를 산출하기 위한 확장 칼만 필터를 병렬로 결합한 것일 수 있다.
- [0044] 상태 데이터 산출부(211)는 k-1 시점에서의 센싱 데이터(Data\_S)를 통해 k 시점의 데이터를 예측하여 예측 데이터

터를 생성하고, k 시점의 센싱 데이터(Data\_S)와 예측 데이터를 비교하여 보정된 데이터를 출력하도록 구성될 수 있다. 이후, 상태 데이터 산출부(211)는 k 시점에서 보정된 데이터를 이용하여 k+1 시점의 데이터를 예측하고, k+1 시점의 측정 데이터와 비교하여 보정된 데이터를 출력하는 동작을 재귀적으로 수행할 수 있다.

[0045] 구체적으로, SOC 추정부(211a)는 데이터 측정부(100)로부터 k-1 시점의 센싱 데이터(Data\_S)를 수신하고 SOH 업데이트부(211c)로부터 k-1 시점의 예측 노화 상태 데이터를 수신할 수 있다. SOC 추정부(211a)는 수신된 데이터들에 기초하여 k 시점의 예측 용량 상태 데이터 및 예측 오차 공분산을 연산할 수 있다.

[0046] SOC 추정부(211a)에서 수행되는 예측 용량 상태 데이터에 대한 연산은 수학적 식 1에 따라 수행될 수 있다. 수학적 식 1에서  $\hat{x}_k^-$  는 k 시점의 예측 용량 상태 데이터를 의미하며,  $\hat{x}_{k-1}$  는 k-1시점의 용량 상태 데이터를 의미한다.  $C_1$  은 도 5의 테브닌 등가 회로의 커패시터의 값을 의미하며,  $R_1$  은 도 5의 테브닌 등가 회로의 제1 내부 저항 값을 의미한다.  $I_k$  는 센싱 데이터(Data\_S)에 포함된 k 시점의 예측된 전류 데이터 값을 의미한다.

### 수학적 식 1

[0047] 
$$\hat{x}_k^- = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 - \exp\left(-\frac{\delta t}{C_1 R_1}\right) \end{bmatrix} \hat{x}_{k-1} + \begin{bmatrix} -\frac{\delta t}{Q_{max}} \\ R_1 \left(1 - \exp\left(-\frac{\delta t}{C_1 R_1}\right)\right) \end{bmatrix} I_{k-1}$$

[0048] SOC 추정부(211a)에서 수행되는 예측 오차 공분산에 대한 연산은 수학적 식 2에 따라 수행될 수 있다.  $P_k^-$  는 k 시점의 예측 오차 공분산을 의미하고,  $P_{k-1}$  는 k-1시점의 예측 오차 공분산을 의미한다.

### 수학적 식 2

[0049] 
$$P_k^- = A P_{k-1} A^T + Q$$

[0050] 
$$A = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 - \exp\left(-\frac{\delta t}{C_1 R_1}\right) \end{bmatrix}$$

[0051] SOC 추정부(211a)는 k 시점의 예측 용량 상태 데이터를 SOC 보정부(211b) 및 SOH 보정부(211d)로 전달할 수 있고, k 시점의 예측 오차 공분산을 SOC 보정부(211b)에 전달할 수 있다.

[0052] SOC 보정부(211b)는 데이터 측정부(100)로부터 k 시점의 센싱 데이터(Data\_S)를 수신할 수 있다. SOC 보정부(211b)는 칼만 이득, 용량 상태 데이터 및 오차 공분산을 연산할 수 있다. SOC 보정부(211b)에서 수행되는 칼만 이득 연산은 수학적 식 3에 따라 수행될 수 있다.  $K_k$  는 k 시점의 칼만 이득을 의미하고,  $P_k^-$  는 k 시점에서 도출된 오차 공분산을 의미하고, R은 측정 노이즈를 의미한다.

### 수학적 식 3

[0053] 
$$K_k = P_k^- H^T (H P_k^- H^T + R)^{-1}$$

$$H = \begin{bmatrix} \frac{\delta OCV}{\delta SOC} & -1 \end{bmatrix}$$

$$OCV = 2.58SOC + 3.81e^{-0.84SOC} - 0.3e^{-8.3SOC}$$

SOC 보정부(211b)에서 수행되는 용량 상태 데이터 연산은 수학적 식 4에 따라 수행될 수 있다.  $\hat{x}_k$ 는 k 시점의 용량 상태 데이터를 의미하고,  $\hat{x}_k^-$ 는 k 시점의 예측 용량 상태 데이터를 의미하고,  $K_k$ 는 k 시점의 칼만 이득을 의미하며,  $z_k$ 는 k 시점의 센싱 데이터(Data\_S)를 의미한다.

#### 수학적 식 4

$$\hat{x}_k = \hat{x}_k^- + K_k(z_k - h(\hat{x}_k^-))$$

SOC 보정부(211b)에서 수행되는 오차 공분산 연산은 수학적 식 5에 따라 수행될 수 있다.  $P_k$ 는 k 시점의 오차 공분산을 의미하고,  $P_k^-$ 는 k 시점의 예측 오차 공분산을 의미하며 H는 수학적 식 3에서 도출된 H에 해당한다.

#### 수학적 식 5

$$P_k = P_k^- - K_k H P_k^-$$

SOC 보정부(211b)에서 산출된 용량 상태 데이터는 도 4의 배터리 사이클 산출부(212)로 전달될 수 있다. SOC 보정부(211b)에서 산출된 k 시점의 용량 상태 데이터 및 오차 공분산은 SOC 추정부(211a)로 전달될 수 있다. 또한, SOH 업데이트부(211c)에서 출력되는 k 시점의 예측 노화 상태 데이터는 SOC 추정부(211a) 및 SOC 보정부(211b)로 각각 전달되어, 수학적 식 2의 계수인 A 및 Q를 업데이트 할 수 있다.

SOH 업데이트부(211c)는 예측 노화 상태 데이터를 연산하도록 구성될 수 있다. 예측 노화 상태 데이터는 배터리 가용 용량에 대한 예측 값으로 아래의 수학적 식 6과 같이 나타낼 수 있다.

#### 수학적 식 6

$$\hat{\theta}_{k+1}^- = \hat{\theta}_k^- + w^{\theta}$$

수학적 식 6에서  $\hat{\theta}_k^-$ 는 k 시점의 예측 노화 상태 데이터를 의미하고,  $w^{\theta}$ 는 입력 노이즈를 의미한다.

SOH 보정부(211d)에서 수행되는 오차 공분산은 아래의 수학적 식 7에 따라 수행될 수 있다.

#### 수학적 식 7

$$S_{k+1}^- = S_k^+ + Q^{\theta}$$

[0066] SOH 보정부(211d)는 수학적 식 7에 따라 연산된 오차 공분산과 배터리 내부 특성을 반영하는  $H_k^\theta$ 와 결합하여 아래의 수학적 식 8에 따라 칼만 이득을 연산할 수 있다.

### 수학적 식 8

$$K_k^\theta = P_{\theta_k}^- (S_k^\theta)^T [H_k^\theta S_{\theta_k}^- (H_k^\theta)^T + r_k^\theta]^{-1}$$

[0067]

[0068] SOH 보정부(211d)는 데이터 측정부(100)로부터 센싱 데이터(Data\_S)를 수신하여 아래의 수학적 식 9에 따라 노화 상태 데이터를 산출할 수 있다.

### 수학적 식 9

$$\hat{\theta}_k = \hat{\theta}_k^- + K_k^\theta \cdot (Z_k - \hat{Z}(x_k, u_k, \theta_k))$$

[0069]

[0070] SOH 보정부(211d)는 산출된 노화 상태 데이터를 SOH 업데이트부(211c)에 다시 전달할 수 있고, SOH 업데이트부(211c)는 전달받은 노화 상태 데이터를 입력으로 하여 예측 노화 상태 데이터를 산출하는 동작을 재귀적으로 수행할 수 있다.

[0071] SOH 보정부(211d)는 산출된 노화 상태 데이터에 기초하여 오차 공분산을 아래의 수학적 식 10에 따라 업데이트할 수 있다.

### 수학적 식 10

$$S_{k+1} = (I - K_k^\theta H_k^\theta) S_k^-$$

[0072]

[0073] SOC 보정부(211b)는 SOH 업데이트부(211c)로부터 수신된 예측 노화 상태 데이터에 기반하여 확장 칼만 필터의 파라미터를 조정함으로써, 용량 상태 데이터를 산출할 수 있으며, SOH 보정부(211d)는 센싱 데이터(Data\_S) 및 예측 용량 상태 데이터에 기반하여 노화 상태 데이터를 산출할 수 있다.

[0074] 상태 데이터 산출부(211)는 예측 용량 상태 데이터, 예측 노화 상태 데이터 및 센싱 데이터(Data\_S)에 기초하여 이중 확장 칼만 필터를 적용해 현재 시점에 배터리 상태를 반영하여 용량 상태 데이터(Data\_SOC) 및 노화 상태 데이터(Data\_SOH)를 산출하도록 구성될 수 있다.

[0075] 도 4를 다시 참조하면, 배터리 사이클 산출부(212)는 상태 데이터 산출부(211)로부터 생성된 용량 상태 데이터(Data\_SOC)를 수신하도록 구성될 수 있다. 배터리 사이클 산출부(212)는 용량 상태 데이터(Data\_SOC)에 기초하여 배터리 사이클을 카운팅하여 배터리 사이클 데이터(Data\_cycle)를 생성하도록 구성될 수 있다.

[0076] 예를 들어, 배터리 사이클 산출부(212)는 용량 상태가 완전히 또는 정해진 비율 이상으로 충전된 상태에서 완전히 또는 정해진 비율 이하로 방전되는 경우 배터리 사이클을 1씩 카운팅 하여 배터리 사이클 데이터(Data\_cycle)를 산출하도록 구성될 수 있다.

[0077] 배터리 사이클 산출부(212)에서 생성된 노화 상태 데이터(Data\_SOH) 및 배터리 사이클 데이터(Data\_cycle)는 도 2의 상태 데이터 저장부(220)로 제공될 수 있다.

[0079] 도 7은 도 2의 배터리 수명 산출부의 일 실시예를 나타낸 블록도다. 도 8은 도 7의 배터리 수명 산출부의 동작 방법을 설명하기 위한 순서도다. 도 9는 파티클 필터의 동작을 설명하기 위한 도면이다. 도 10은 파티클 필터의 동작에서 사전 파티클 분포 및 사후 파티클 분포를 예시적으로 나타낸 도면이다. 이하, 도 7 내지 도 10을 참조하여 배터리 수명 산출부(230)의 일 실시예에 대하여 구체적으로 설명한다.

- [0080] 도 7을 참조하면, 배터리 수명 산출부(230)는 노화 상태 모델 생성부(231), 상태 예측 데이터 생성부(232), 보정 신호 생성부(233) 및 잔여 수명 예측부(234)를 포함할 수 있다.
- [0081] 노화 상태 모델 생성부(231)는 상태 데이터 저장부(220)로부터 과거 상태 데이터(S\_SOH)를 수신하여 이를 기초로 배터리의 노화 상태의 추정 값을 나타내는 노화 상태 모델(HSM)을 생성하도록 구성될 수 있다.
- [0082] 도 8을 같이 참조하면, S210 단계에서 노화 상태 모델 생성부(231)는 과거 상태 데이터(S\_SOH)의 배터리 사이클 데이터(Data\_cycle) 및 노화 상태 데이터(Data\_SOH)에 기초하여 노화 상태 모델(Health State Model, HSM)을 생성할 수 있다.
- [0083] 과거 상태 데이터(S\_SOH)는 상태 데이터 저장부(220)에 저장된 배터리 사이클 데이터(Data\_cycle)에 대한 노화 상태 데이터(Data\_SOH)를 포함할 수 있다. 노화 상태 모델(HSM)은 경험적 모델로써 배터리 사이클에서의 노화 상태의 추정 값을 의미할 수 있다.
- [0084] 노화 상태 모델 생성부(231)는 배터리 사이클 데이터(Data\_cycle)를 변수로 하고 모델 계수를 포함하는 비선형 함수를 초기 모델로 설정하고, 과거 상태 데이터(S\_SOH)를 기초로 재귀 최소 자승법(Least Square Method, LSM)을 수행하여 초기 모델 계수를 도출하도록 구성될 수 있다.
- [0085] 노화 상태 모델 생성부(231)는 재귀 최소 자승법을 통해 각각의 배터리 사이클에서 노화 상태 데이터(Data\_SOH)와 초기 모델의 노화 상태 추정 값의 잔차(residula)의 제곱의 합을 최소화하도록 모델 계수를 보정하여 초기 모델 계수를 도출할 수 있다.
- [0086] 초기 모델로 설정되는 비선형 함수는 지수 함수, 다항 함수, 가우스 함수 등을 포함할 수 있고 모델 계수는 복수로 제공될 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.
- [0087] 예를 들어, 노화 상태 모델 생성부(231)에서 생성된 노화 상태 모델(HSM)은 아래의 수학식11로 나타낼 수 있다.

### 수학식 11

$$f(x) = a \cdot \exp(-b \cdot x) + c \cdot \exp(-d \cdot x)$$

- [0088]
- [0089] 수학식 11에서 변수  $x$ 는 배터리 사이클 횟수를 의미하고,  $f(x)$ 는 배터리 사이클에서의 노화 상태 추정 값을 의미하며,  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d$ 는 재귀 최소 자승법을 통해 도출된 초기 모델 계수들을 의미한다.
- [0090] 노화 상태 모델 생성부(231)에서 생성된 노화 상태 모델(HSM)은 상태 예측 데이터 생성부(232)로 제공될 수 있다.
- [0091] 상태 예측 데이터 생성부(232)는 상태 데이터 생성부(210)로부터 생성되는 노화 상태 데이터(Data\_SOH) 및 배터리 사이클 데이터(Data\_cycle)를 수신하도록 구성될 수 있다.
- [0092] S220 단계에서, 상태 예측 데이터 생성부(232)는 노화 상태 모델 생성부(231)로부터 생성된 노화 상태 모델에 파티클 필터(Particle Filters)를 적용하여 상태 데이터 생성부(210)에서 생성되는 노화 상태 데이터(Data\_SOH)를 기초로 상태 예측 데이터(Data\_P)를 산출하도록 구성될 수 있다.
- [0093] 파티클 필터란, 도출하고자 하는 결과 값을 임의의 분포 형태로 예측 값을 찾아나가는 방식의 알고리즘이다. 파티클 필터는 비선형 또는 비가우시안 시스템에 적합한 기법으로서 입력된 측정 값들에 기초하여 몬테카를로 시뮬레이션 기법을 기반으로 예측 값을 추론해나간다. 파티클 필터는 사전분포(Prior distributions)와 사후분포(Posterior distributions)와 같은 베이저안 조건 확률(Bayesian conditional probabilities)에 기반을 두고 파티클들이 가지는 가중치를 계산하여 상태 변수의 특성을 파악한다.
- [0094] 상태 예측 데이터 생성부(232)는 파티클 분포를 통해 확률 분포 형태의 상태 예측 데이터(Data\_P)를 생성할 수 있다. 이하, 도 9를 같이 참조하여 상태 예측 데이터 생성부(232)에서 파티클 필터를 통해 상태 예측 데이터(Data\_P)를 생성하는 동작을 구체적으로 설명한다.
- [0095] S310 단계에서, 상태 예측 데이터 생성부(232)는 사전 파티클 분포를 생성할 수 있다. 사전 파티클 분포는 이전 시점의 사후 파티클 분포에 노화 상태 모델의 노화 상태 추정 값을 대입하여 생성한 것일 수 있다. 상태 예측 데이터 생성부(232)는 사전 파티클 분포에 기초하여 사전 예측 데이터의 확률 분포(likelihood)를 생성할 수 있

다. 일정 영역에서 파티클이 더 밀집될수록 확률 분포 상에서 더 높은 확률을 가질 수 있다.

- [0096] 초기 상태(제1 시점)의 경우, 상태 예측 데이터 생성부(232)는 무작위적인 파티클 분포를 생성한 뒤에 노화 상태 모델에 기초하여 사전 예측 데이터의 확률 분포를 생성할 수 있다.
- [0097] 이후 상태의 경우( $k$  시점,  $k=2, 3, 4, \dots$ ), 상태 예측 데이터 생성부(232)는 이전 시점( $k-1$  시점)에 생성된 사후 파티클 분포에 노화 상태 모델의 상태 추정 값을 대입하여 사전 파티클 분포를 생성할 수 있다(도 10 참조).
- [0098] S320 단계에서, 상태 예측 데이터 생성부(232)는 데이터 상태 생성부로부터 노화 상태 데이터(Data\_SOH)를 수신하도록 구성될 수 있다. 상태 예측 데이터 생성부(232)는 사전 예측 데이터의 확률 분포에 수신된 노화 상태 데이터(Data\_SOH)가 존재할 확률에 기초하여 확률 분포를 업데이트하여 상태 예측 데이터(Data\_P)의 확률 분포를 생성하도록 구성될 수 있다.
- [0099] 상태 예측 데이터 생성부(232)는 업데이트된 확률 분포에 기초하여 사전 파티클 분포의 파티클에 가중치를 부여할 수 있다. 예를 들어, 업데이트된 확률 분포에서 더 높은 확률을 갖는 영역에 포함된 파티클에 더 높은 가중치를 부여하도록 구성될 수 있다.
- [0100] S330 단계에서, 상태 예측 데이터 생성부(232)는 일정 가중치 이상의 파티클을 추출하여 리샘플링 동작을 수행하도록 구성될 수 있다. 이에 따라, 일정 가중치 이하의 파티클은 제거되고, 일정 가중치 이상의 파티클만 남을 수 있다. 상태 예측 데이터 생성부(232)는 추출된 파티클에 대하여 가중치에 따라 리샘플링 동작을 수행하여 사후 파티클 분포를 생성하도록 구성될 수 있다.
- [0101] 상태 예측 데이터 생성부(232)는 노화 상태 데이터(Data\_SOH)를 수신함에 따라 S310 내지 S330 단계를 반복적으로 수행할 수 있으며, 이 과정에서 노화 상태 모델의 모델 계수들이 보정되면서 상태 예측 데이터(Data\_P)가 생성될 수 있다.
- [0102] 도 8을 다시 참조하면, S230 단계에서, 상태 예측 데이터 생성부(232)는 S320 단계에서 생성된 상태 예측 데이터(Data\_P)의 확률 분포에 기초하여 신뢰 구간을 생성하도록 구성될 수 있다. 상태 예측 데이터(Data\_P)의 확률 분포에서 중간 값 및 표준 편차가 산출될 수 있다. 중간 값은 확률 분포에 최대값을 갖는 값으로 정의될 수 있고, 표준 편차는 확률 분포가 정규 분포라고 가정하여 산출될 수 있다.
- [0103] 신뢰 구간은 신뢰도를 설정하고 뒤 중간 값 및 표준 편차에 기초하여 생성될 수 있다. 예를 들어, 신뢰도를 95%로 설정한 경우, 신뢰 구간은 중간 값을 기준으로 신뢰도 95%에 대응하는 표준 편차 수에 포함하는 구간일 수 있다.
- [0104] 상태 예측 데이터 생성부(232)에서 생성된 상태 예측 데이터(Data\_P) 및 신뢰 구간은 보정 신호 생성부(233) 및 잔여 수명 예측부(234)로 제공될 수 있다(도 7 참조).
- [0105] 보정 신호 생성부(233)는 노화 상태 데이터(Data\_SOH)를 수신하여 상태 예측 데이터(Data\_P) 및 신뢰 구간에 기초하여 보정 신호(Sig\_Cor)를 생성하도록 구성될 수 있다.
- [0106] S240 단계에서, 보정 신호 생성부(233)는 상태 데이터 생성부(210)로부터 노화 상태 데이터(Data\_SOH)를 수신하여 상태 예측 데이터(Data\_P)의 신뢰 구간에 속하는지 여부를 판단하도록 구성될 수 있다.
- [0107] 노화 상태 데이터(Data\_SOH)가 신뢰 구간에 속하는 경우, S250 단계가 수행되어 잔여 수명 예측부(234)는 수신된 상태 예측 데이터(Data\_P)에 기초하여 잔여 수명을 산출하도록 구성될 수 있다. 이 경우, 보정 신호(Sig\_Cor)가 생성되지 않을 수 있다.
- [0108] 배터리의 잔여 수명은 배터리의 현재 가용 용량에서 정해진 가용 용량까지 소요되는 것으로 예상되는 사이클로 정의될 수 있다.
- [0109] 예를 들어, 잔여 수명 예측부(234)는 상태 예측 데이터(Data\_P)의 중간 값이 정해진 가용 용량에 해당하는 노화 상태 데이터(Data\_SOH) 값에 도달하는 데 소요되는 사이클을 잔여 수명으로 산출할 수 있다.
- [0110] 예를 들어, 잔여 수명 예측부(234)는 80%의 노화 상태를 임계점으로 설정하여, 상태 예측 데이터의 중간 값이 0.8에 도달하는 데까지 소요되는 사이클을 잔여 수명으로 산출할 수 있다.
- [0111] 일 실시예에서, 잔여 수명 예측부(234)는 S220 단계에서 상태 예측 데이터 생성기(232)에서 파티클 필터를 통해 생성된 상태 예측 데이터(Data\_P)와 노화 상태 데이터(Data\_SOH) 사이의 오차를 보정하면서 산출되는 잔여 수명의 정확도를 향상시킬 수 있다.

- [0112] 노화 상태 데이터(Data\_SOH)가 신뢰 구간에 속하지 않는 경우, S260 단계가 수행되어 보정 신호 생성부(233)는 보정 신호(Sig\_Cor)를 생성하도록 구성될 수 있다. 보정 신호 생성부(233)는 보정 신호를 생성하여 노화 상태 모델 생성부(231)로 전달할 수 있다.
- [0113] 노화 상태 모델 생성부(231)는 보정 신호(Sig\_Cor)를 수신하도록 구성될 수 있다. 노화 상태 모델 생성부(231)는 보정 신호(Sig\_Cor)를 수신한 경우, 보정 신호(Sig\_Cor)가 수신된 시점까지 상태 데이터 저장부(220)에 저장된 과거 상태 데이터(S\_SOH)를 수신하여 노화 상태 모델(HSM)을 재생성하도록 구성될 수 있다. 노화 상태 모델 생성부(231)는 수신된 과거 상태 데이터(S\_SOH)에 기초하여 재귀 최소 자승법을 통해 초기 모델 계수를 보정하여 노화 상태 모델(HSM)을 재생성할 수 있다.
- [0114] 노화 상태 모델 생성부(231)에서 재생성된 노화 상태 모델(HSM)은 상태 예측 데이터 생성부(232)로 다시 제공될 수 있고, 상태 예측 데이터 생성부(232)는 재생성된 노화 상태 모델(HSM)에 기초하여 상태 예측 데이터(Data\_P)를 재생성할 수 있으며, 보정 신호 생성부(233)는 재생성된 상태 예측 데이터(Data\_P)와 노화 상태 데이터(Data\_SOH)에 기초하여 보정 신호(Sig\_Cor)를 생성할지 여부를 판단할 수 있다.
- [0115] 본 개시에 따른 배터리 수명 예측 시스템은 실시간으로 생성되는 노화 상태 데이터에 기초하여 상태 예측 데이터를 생성하도록 구성될 수 있다. 이하, 도 11 및 도 12를 참조하여, 본 개시에 따른 배터리 수명 산출부(230)에서 과거 상태 데이터(S\_SOH) 및 실시간 노화 상태 데이터(Data\_SOH)에 기초하여 상태 예측 데이터를 생성하고 잔여 수명을 산출하는 동작에 대해 구체적으로 설명한다.
- [0116] 도 11 및 도 12는 배터리 수명 산출부(230)에서 생성된 노화 상태 모델, 상태 예측 데이터(Data\_P)의 중간 값, 신뢰 구간(CI) 및 실시간으로 생성된 노화 상태 데이터(Data\_SOH)를 나타낸 그래프들이다.
- [0117] 도 11을 참조하면, 배터리 수명 산출부(230)는 상태 데이터 저장부(220)에 저장된 제1 과거 상태 데이터(S\_SOH1)를 수신할 수 있다. 제1 과거 상태 데이터(S\_SOH1)는 0~100 배터리 사이클에서 생성된 노화 상태 데이터(Data\_SOH)를 포함할 수 있다.
- [0118] 도 11의 그래프에서, 실선은 제1 상태 예측 데이터(Data\_P1)에서 산출된 중간 값들이고, 점선은 95% 신뢰도에 대응하는 신뢰 구간(CI)의 경계를 의미하며, 불규칙적으로 나타난 점 또는 선이 상태 데이터 생성부(210)에서 생성된 노화 상태 데이터(Data\_SOH)를 의미한다.
- [0119] 배터리 수명 산출부(230)는 제1 과거 상태 데이터(S\_SOH1)에 기초하여 노화 상태 모델을 생성할 수 있다. 배터리 수명 산출부(230)는 노화 상태 모델에 파티클 필터를 적용하여 100 배터리 사이클 이후에서의 제1 상태 예측 데이터(Data\_P1)를 생성할 수 있다.
- [0120] 100~300 배터리 사이클에서 노화 상태 데이터(Data\_SOH)는 제1 상태 예측 데이터(Data\_P1)의 신뢰 구간에 속한다. 이에 따라, 300 배터리 사이클에 도달하는 데까지는 배터리 수명 산출부(230)에서 보정 신호가 생성되지 않고, 제1 상태 예측 데이터(Data\_P1) 기초하여 잔여 수명을 산출할 수 있다.
- [0121] 예를 들어, 제1 상태 예측 데이터(Data\_P1)의 중간 값이 350 배터리 사이클에서 0.8에 도달하므로, 배터리 수명 산출부(230)는 300 배터리 사이클 이전 시점에서는 350 배터리 사이클까지 남은 배터리 사이클 수를 잔여 수명으로 산출할 수 있다.
- [0122] 300 배터리 사이클에서 생성된 노화 상태 데이터(Data\_SOH)는 신뢰 구간(CI)에 속하지 않는다.
- [0123] 일 비교예에서, 본 발명과 달리 보정 신호를 생성하지 않고, 기존의 생성된 노화 상태 모델을 사용하여 잔여 수명을 예측하는 경우, 300 배터리 사이클 이후에서 잔여 수명 예측 값은 실제 잔여 수명 값과 차이가 증가할 수 있다.
- [0124] 이와 달리, 본 발명의 경우, 보정 신호 생성부에서 상태 예측 데이터의 신뢰 구간에 노화 상태 데이터가 속하는지 여부를 판단하여 노화 상태 모델을 재생성하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 본 발명의 일 실시예에서 300 배터리 사이클에 도달한 경우, 배터리 수명 산출부(230)는 보정 신호를 생성하여 노화 상태 모델을 재생성할 수 있다. 이에 따라, 300 배터리 사이클 이후에서 잔여 수명 예측 값과 실제 잔여 수명 값의 차이를 감소하여 잔여 수명 예측 정확도를 향상시킬 수 있다.
- [0125] 도 12를 참조하면, 300 배터리 사이클에 도달한 경우, 배터리 수명 산출부(230)는 제2 과거 상태 데이터(S\_SOH2)에 기초하여 노화 상태 모델을 재생성할 수 있다. 제2 과거 상태 데이터(S\_SOH2)는 0~300 배터리 사이클에서 생성된 노화 상태 데이터(Data\_SOH)를 포함할 수 있다. 배터리 수명 산출부(230)는 재생성된 노화 상태

모델에 파티클 필터를 적용하여 제2 상태 예측 데이터(Data\_P2)를 생성할 수 있다.

- [0126] 예를 들어, 제2 상태 예측 데이터(Data\_P2)의 중간 값이 470 배터리 사이클에서 0.8에 도달하므로, 배터리 수명 산출부(230)는 470 배터리 사이클 이전 시점에서는 470 배터리 사이클까지 남은 배터리 사이클 수를 잔여 수명으로 산출할 수 있다.
- [0128] 도 13은 본 개시에 따른 위험도 평가 장치가 무정전 전원 공급 시스템에 적용된 일 적용례를 나타낸 블록도이다.
- [0129] 도 13을 참조하면, 본 개시에 따른 위험도 평가 장치는 무정전 전원 공급 시스템(Uninterrupted Power Supply System, UPS)에 포함된 배터리의 위험도를 평가하도록 구성될 수 있다.
- [0130] 무정전 전원 공급 시스템(UPS)은 제1 정류기(1100), 제1 비상 전원부(1200), 제1 비상 전원 공급부(1300), 제어부(1400), 및 DC-AC 컨버터(1600)를 포함할 수 있다.
- [0131] 제1 정류기(1100)는 IGBT(insulated gate bipolar mode transistor) 정류기를 포함할 수 있으나, 이에 한정되지는 않는다. 제1 정류기(1100)는 교류 전원을 제1 직류 전원으로 변환하는 것을 수행할 수 있다.
- [0132] 제1 비상 전원부(1200)는 정전 사고시 부하(1500)로 비상 전원을 공급하는 비상 전원 공급 소스(emergency power supply source)가 될 수 있다. 제1 비상 전원부(1200)는 제1 배터리(1220)와 제1 BMS(Battery Management System, 1240)를 포함할 수 있다.
- [0133] 제1 비상 전원 공급부(1300)는 정전 상태에서 제1 비상 전원부(1200)로부터 부하(1500)로 비상 전원을 공급하는 통로가 될 수 있다. 예를 들어, 정전 상태는 제1 정류기(1100)가 제1 직류 전원을 출력하지 않는 상태일 수 있다. 제1 비상 전원 공급부(1300)는 제1 DC 초퍼(DC chopper, 1320)를 포함할 수 있다.
- [0134] 제1 접속 노드(N1)는 제1 정류기(1100)의 출력단과 제1 비상 전원 공급부(1300)의 일단이 연결되는 지점일 수 있다. 또, 제1 접속 노드(N1)와는 다른 제2 접속 노드(N2)는, 제1 비상 전원 공급부(1300)의 다른 일단과 제1 비상 전원부(1200)가 연결되는 지점일 수 있다. 제1 접속 노드(N1)와 제2 접속 노드(N2)의 전압은 특정 시점에 같을 수는 있으나, 물리적으로 분리되어 있는 서로 다른 노드이다.
- [0135] 제어부(1400)는 제1 정류기(1100), 제1 비상 전원부(1200), 제1 비상 전원 공급부(1300)를 제어할 수 있다. 제어부(1400)는 CPU(1420)와 I/O 단자(1440)를 포함할 수 있다.
- [0136] 정상적인 상태인 경우, 제어부(1400)는 제1 DC 초퍼(1320)를 턴 온(turn on)할 수 있다. 이때, 제1 DC 초퍼(1320)는 제1 직류 전원의 전압(VS)을 승압(step-up)하여, 제1 배터리(1220)를 배터리전압(VB)으로 부동충전할 수 있다. 예를 들어, 정상적인 상태는 제1 정류기(1100)가 제1 직류 전원을 출력하는 상태일 수 있다.
- [0137] 정상적인 상태에서 제1 DC 초퍼(1320)가 오작동 하는 경우, 제어부(1400)는, 제1 DC 초퍼(1320)를 턴 오프(turn off)할 수 있다.
- [0138] 정전 상태인 경우, 제어부(1400)는 제1 정류기(1100)를 턴 오프할 수 있고, 제1 DC 초퍼(1320)를 턴 온 상태로 유지시킬 수 있다. 이때, 제1 DC 초퍼(1320)는 제1 접속 노드(N1)로 제2 직류 전원을 공급하는 통로가 될 수 있다. 예를 들어, 제2 직류 전원은 제1 배터리(1220)로부터 제1 DC 초퍼(1320)를 통해 부하(1500)로 공급되는 전원일 수 있다. 제1 배터리(1220)가 제2 직류 전원을 공급하는 것은, 제1 DC 초퍼(1320)가 제1 배터리(1220)의 배터리전압(VB)을 강압(step-down)하여 제1 접속 노드(N1)에 인가시킴으로써 이루어질 수 있다.
- [0139] 정전 상태에서 제1 DC 초퍼(1320)가 오작동하는 경우, 제어부(1400)는 제1 정류기(1100) 및 제1 DC 초퍼(1320)를 턴 오프할 수 있다.
- [0140] DC-AC 컨버터(1600)가 제1 접속 노드(N1)와 연결되도록 제공될 수 있다. DC-AC 컨버터(1600)는 제1 정류기(110)에서 제공되는 제1 직류 전원을 교류 전원으로 변환하는 것을 수행할 수 있다.
- [0141] 일 적용례에서, 본 개시에 따른 배터리 수명 예측 시스템(10)은 무정전 전원공급 시스템에 포함된 제1 BMS(1240)로부터 배터리에 대한 정보(Data\_B)를 수집하여 제1 배터리(1220)의 잔여 수명을 산출하도록 구성될 수 있다.

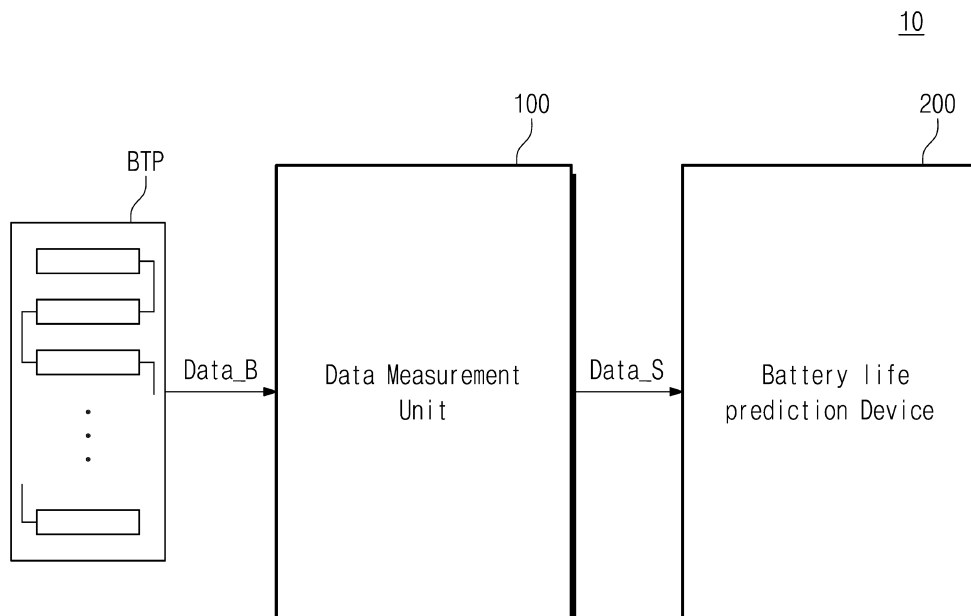
[0143] 상술된 내용은 본 개시를 실시하기 위한 구체적인 실시 예들이다. 본 개시는 상술된 실시 예들뿐만 아니라, 단순히 설계 변경되거나 용이하게 변경할 수 있는 실시 예들 또한 포함할 것이다. 또한, 본 개시는 실시 예들을 이용하여 용이하게 변형하여 실시할 수 있는 기술들도 포함될 것이다. 따라서, 본 개시의 범위는 상술된 실시 예들에 국한되어 정해져서는 안되며 후술하는 특허청구범위뿐만 아니라 이 발명의 특허청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 할 것이다.

### 부호의 설명

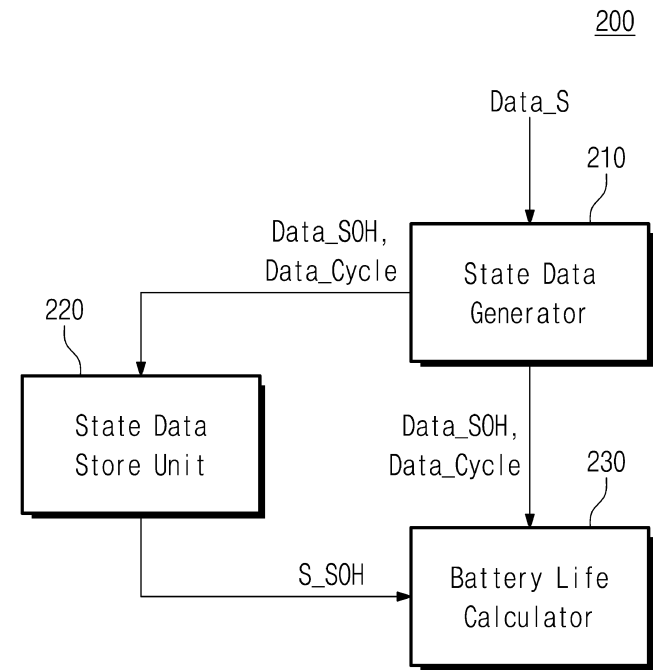
[0144] 10: 배터리 수명 예측 시스템  
100: 데이터 측정부  
200: 배터리 수명 예측 장치

### 도면

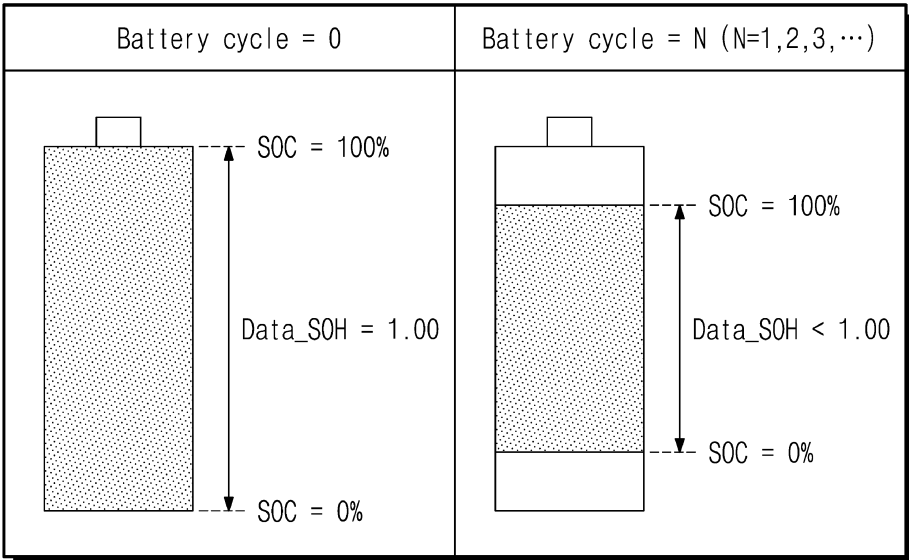
#### 도면1



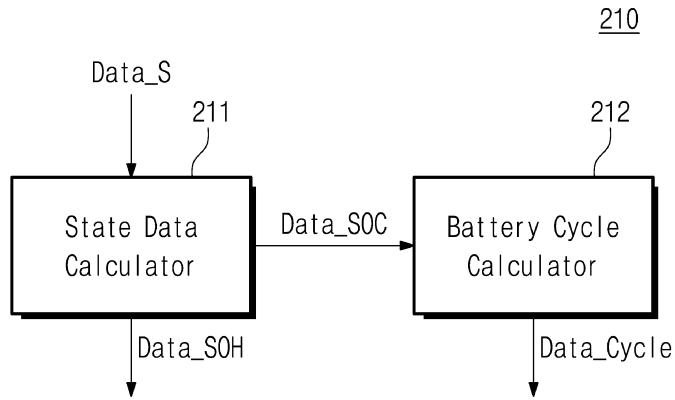
도면2



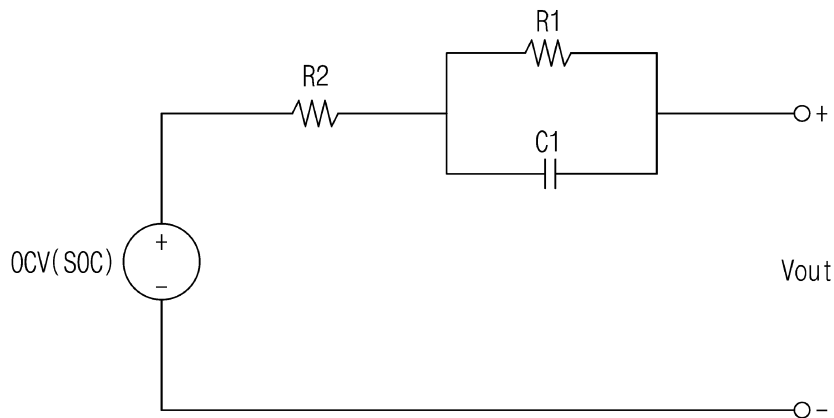
도면3



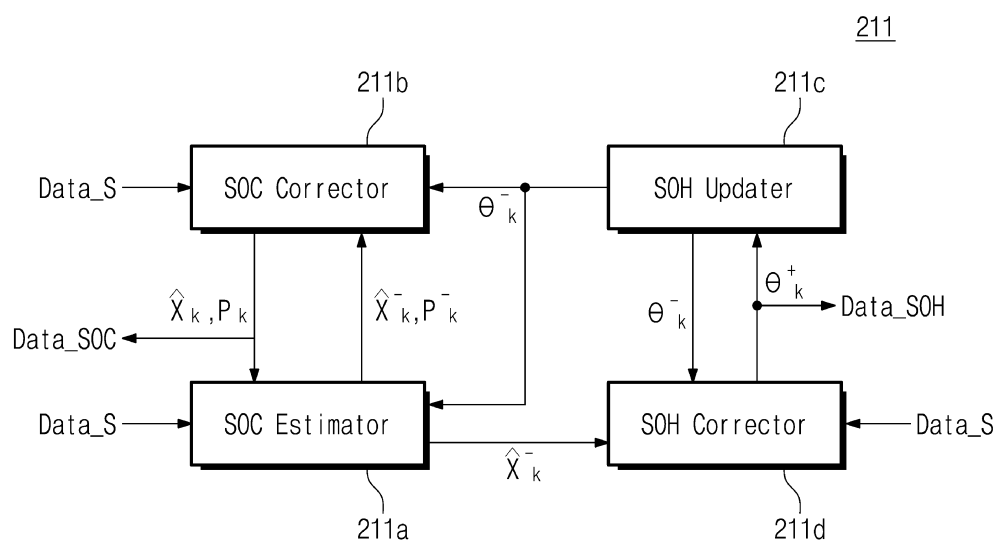
도면4



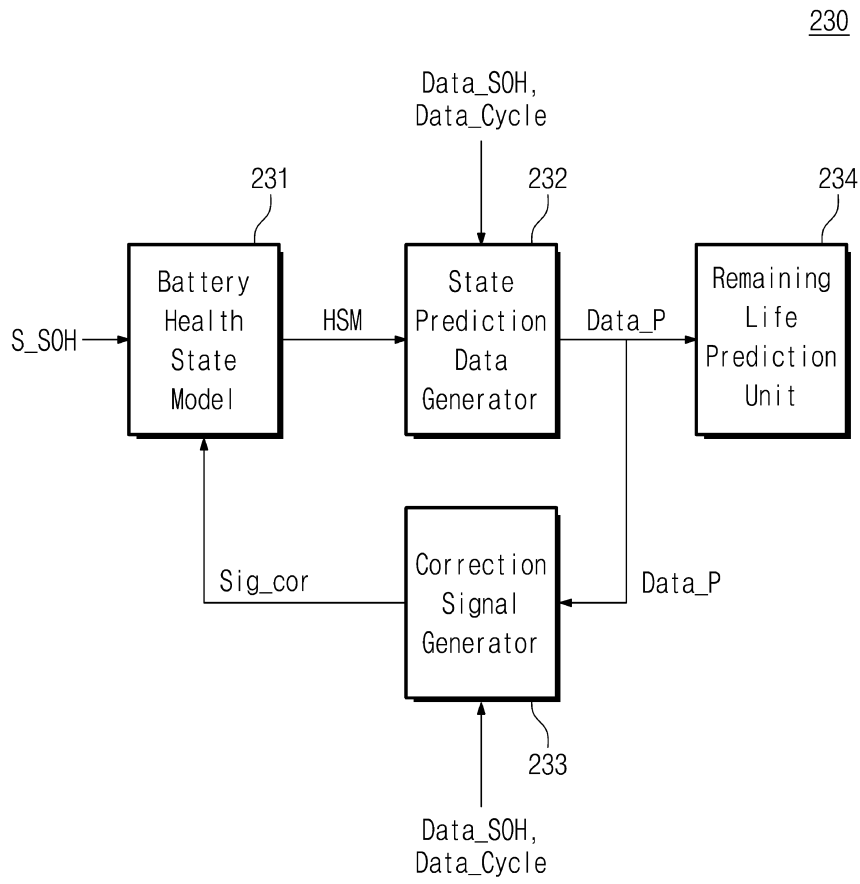
도면5



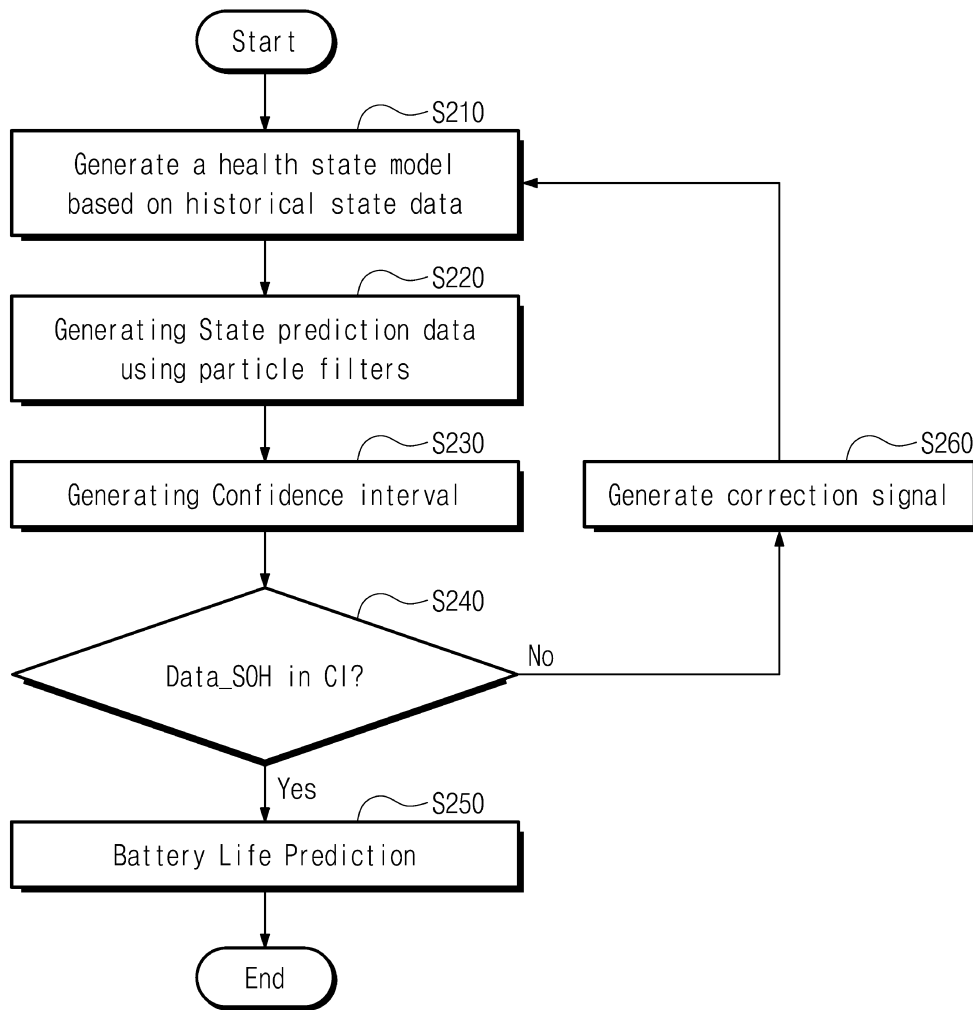
도면6



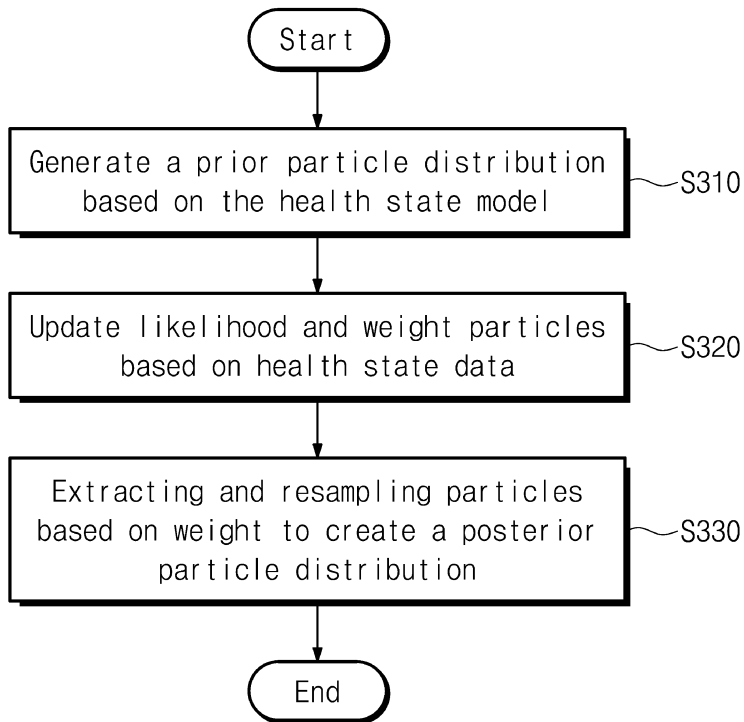
도면7



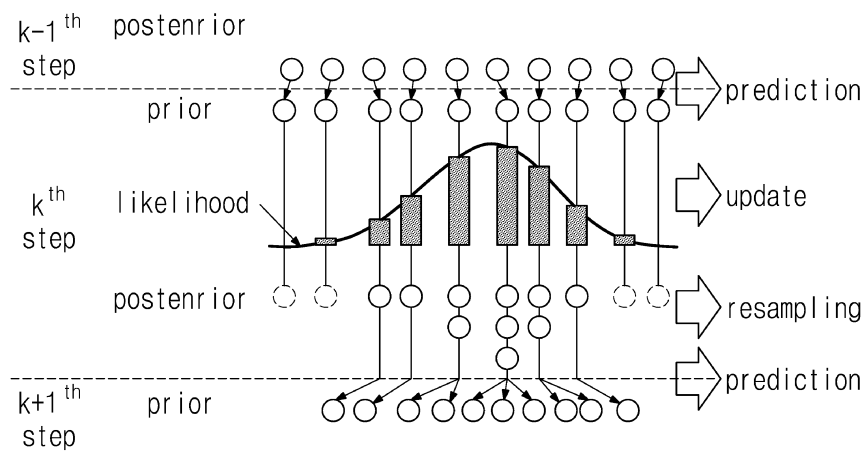
도면8



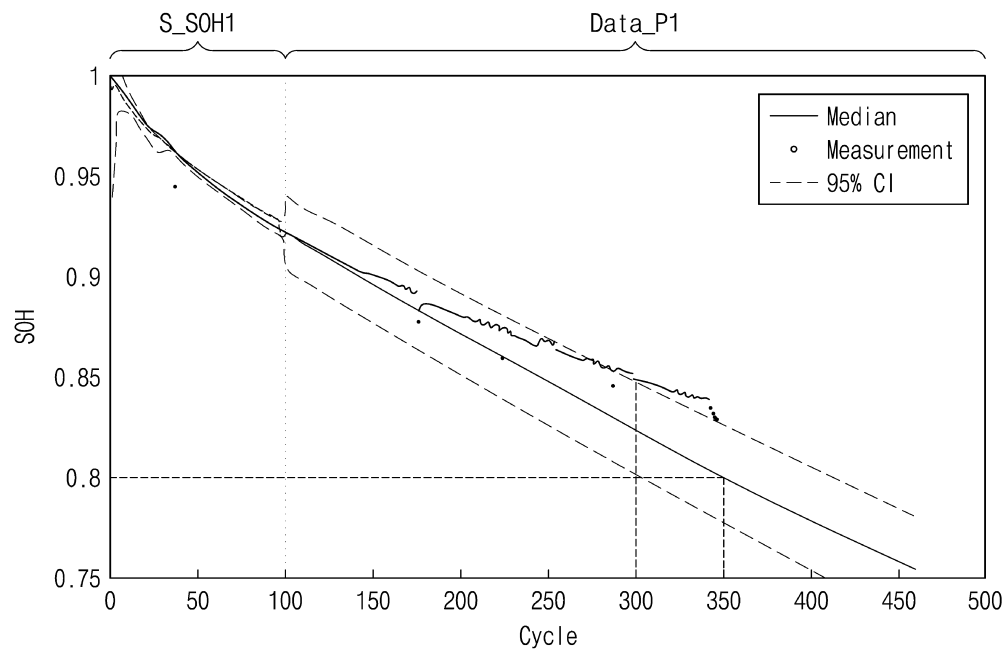
도면9



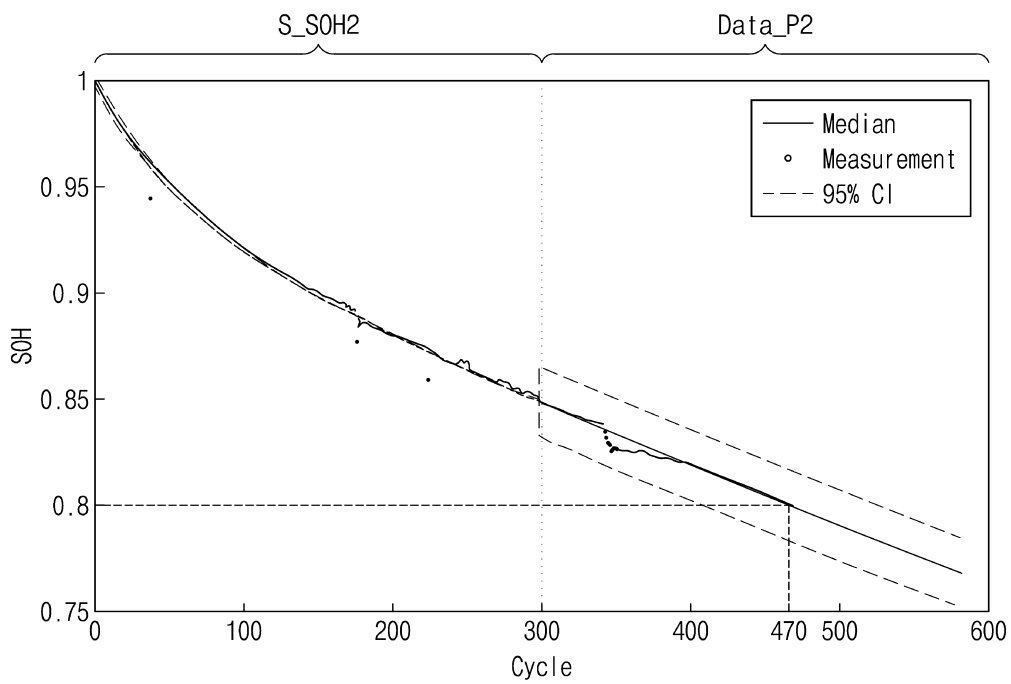
도면10



도면11



도면12



도면13

