

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)(11) 공개번호 10-2021-0064770
(43) 공개일자 2021년06월03일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B60L 3/00 (2019.01) B60L 58/12 (2019.01)
B60L 58/21 (2019.01)
(52) CPC특허분류
B60L 3/0046 (2019.02)
B60L 58/12 (2019.02)
(21) 출원번호 10-2019-0153346
(22) 출원일자 2019년11월26일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
현대자동차주식회사
서울특별시 서초구 현릉로 12 (양재동)
충남대학교산학협력단
대전광역시 유성구 대학로 99 (궁동, 충남대학교)
기아 주식회사
서울특별시 서초구 현릉로 12 (양재동)
(72) 발명자
최원재
경기도 의왕시 부곡중앙북3길 4 (삼동, 성심다세
대주택) 402호
류희연
경기도 용인시 수지구 성북2로 10 (성북동, 성북
역롯데캐슬골드타운) 109동 3305호
(74) 대리인
특허법인세립

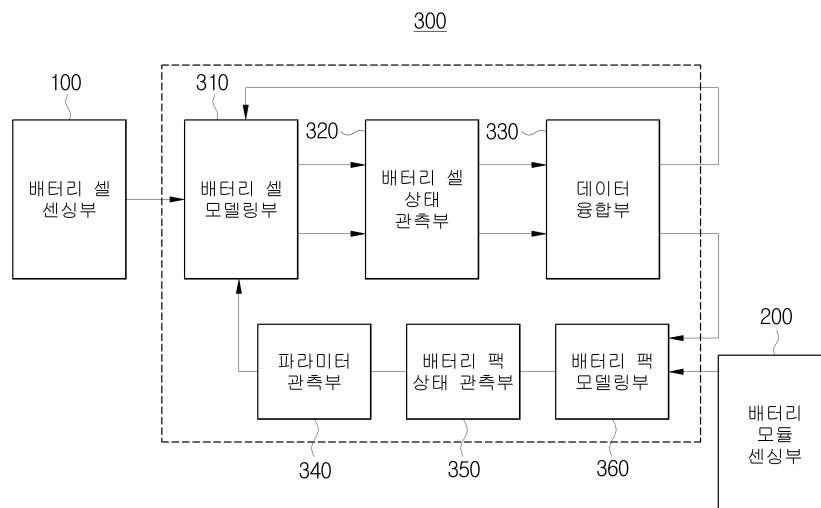
전체 청구항 수 : 총 16 항

(54) 발명의 명칭 차량 및 차량의 제어 방법

(57) 요약

개시된 발명의 일 실시예에 따른 차량은 복수의 배터리 셀을 포함하는 배터리 모듈과 배터리 모듈이 복수 개로 구성된 배터리 팩과 복수의 배터리 셀의 전압을 측정하는 배터리 셀 센싱부와 배터리 모듈의 전압 및 배터리 모듈의 전류를 측정하는 배터리 모듈 센싱부와 배터리 셀 센싱부 및 배터리 모듈 센싱부에서 획득한 데이터에 기초하여 데이터 처리를 수행하는 제어부를 포함한다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

B60L 58/21 (2019.02)
B60L 2240/547 (2013.01)
B60L 2240/549 (2013.01)
B60Y 2200/91 (2013.01)
Y02T 10/70 (2020.08)

(72) 발명자

김주석

경기도 수원시 영통구 덕영대로 1410 (망포동, 영
 통아이파크캐슬 1단지) 113동 501호

오제경

경기도 수원시 영통구 법조로149번길 37 (하동) 4
 층

박진형

충청북도 영동군 영동읍 중앙로2길 13 (홍우연립2
 차) 303호

김중훈

대전광역시 유성구 봉명로 94 (봉명동,
 도안신도시7단지예미지백조의호수) 703동 1903호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2019-07-00016
부처명	ESS 개발팀
과제관리(전문)기관명	현대엔지비
연구사업명	센서 퓨전 기반 이중 확장 칼만 필터 통한 slave-master 구조 BMS 적용 SOC/SOH 추
정 알고리즘	
연구과제명	센서 퓨전 기반 이중 확장 칼만 필터 통한 slave-master 구조 BMS 적용 SOC/SOH 추
정 알고리즘	
기 여 율	1/1
과제수행기관명	현대자동차주식회사
연구기간	2018.09.30 ~ 2019.03.30

명세서

청구범위

청구항 1

복수의 배터리 셀을 포함하는 배터리 모듈;

상기 배터리 모듈이 복수 개로 구성된 배터리 팩;

상기 복수의 배터리 셀의 전압을 측정하는 배터리 셀 센싱부;

상기 배터리 모듈의 전압 및 상기 배터리 모듈의 전류를 측정하는 배터리 모듈 센싱부; 및

상기 배터리 셀 센싱부 및 상기 배터리 모듈 센싱부에서 획득한 데이터에 기초하여 데이터 처리를 수행하는 제어부를 포함하고,

상기 제어부는,

상기 배터리 셀의 전압 및 상기 배터리 모듈의 전류를 기초로 상기 배터리 셀의 제1 충전량 및 상기 배터리 셀의 보정치를 획득하고, 상기 배터리 셀의 제1 충전량 및 상기 배터리 셀의 보정치에 기초하여 상기 배터리 셀의 제1 오차 공분산 및 상기 배터리 셀의 칼만 계인을 획득하고, 상기 제1 오차 공분산 및 상기 칼만 계인을 융합한 상기 배터리 셀의 제2 오차 공분산 및 상기 칼만 계인을 획득하고, 상기 배터리 모듈의 전압, 상기 배터리 모듈의 전류, 상기 제2 오차 공분산 및 상기 칼만 계인에 기초하여 상기 배터리 모듈의 충전량 및 배터리 팩의 충전량을 획득하고, 상기 배터리 모듈의 충전량 및 상기 배터리 팩의 충전량에 기초하여 상기 제1 충전량으로부터 보정된 상기 배터리 셀의 제2 충전량을 획득하고, 상기 배터리 셀의 제2 충전량을 출력하는 차량.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 제어부는,

상기 배터리 모듈의 전류를 상기 배터리 모듈의 병렬 개수로 나눈 값에 기초하여 상기 배터리 셀의 제1 충전량 및 상기 배터리 셀의 보정치를 획득하는 차량.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 제어부는,

확장 칼만 필터에 기초하여 상기 제1 오차 공분산 및 상기 칼만 계인을 획득하는 차량.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 배터리 셀의 보정치는,

상기 배터리 셀의 추정 전압, 상기 배터리 셀의 모델 오차 및 상기 배터리 셀의 시스템 변수를 포함하는 차량.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 제어부는,

미리 저장된 충방전 곡선에 기초하여 초기 값을 결정하는 차량.

청구항 6

제 1 항에 있어서,
상기 제어부는,
상기 배터리 셀의 제2 충전량이 20% 이상 및 80% 이하이면, 상기 배터리 팩의 충전량을 출력하는 차량.

청구항 7

제 1 항에 있어서,
상기 제어부는,
상기 배터리 셀의 제2 충전량이 80% 초과이면, 상기 배터리 셀의 최대 충전량을 출력하는 차량.

청구항 8

제 1 항에 있어서,
상기 제어부는,
상기 배터리 셀의 제2 충전량이 20% 미만이면, 상기 배터리 셀의 최소 충전량을 출력하는 차량.

청구항 9

배터리 셀의 전압, 배터리 모듈의 전압 및 배터리 모듈의 전류를 측정하는 단계;
상기 배터리 셀의 전압 및 상기 배터리 모듈의 전류를 기초로 상기 배터리 셀의 제1 충전량 및 상기 배터리 셀의 보정치를 획득하는 단계;
상기 배터리 셀의 제1 충전량 및 상기 배터리 셀의 보정치에 기초하여 상기 배터리 셀의 제1 오차 공분산 및 상기 배터리 셀의 칼만 계인을 획득하는 단계;
상기 제1 오차 공분산 및 상기 칼만 계인을 융합한 상기 배터리 셀의 제2 오차 공분산 및 상기 칼만 계인을 획득하는 단계;
상기 배터리 모듈의 전압, 상기 배터리 모듈의 전류, 상기 제2 오차 공분산 및 상기 칼만 계인에 기초하여 상기 배터리 모듈의 충전량 및 배터리 팩의 충전량을 획득하는 단계;
상기 배터리 모듈의 충전량 및 상기 배터리 팩의 충전량에 기초하여 상기 제1 충전량으로부터 보정된 상기 배터리 셀의 제2 충전량을 획득하는 단계;
상기 배터리 셀의 제2 충전량을 출력하는 단계를 포함하는 차량의 제어 방법.

청구항 10

제 9 항에 있어서,
상기 배터리 셀의 제1 충전량 및 상기 배터리 셀의 보정치를 획득하는 단계는,
상기 배터리 모듈의 전류를 상기 배터리 모듈의 병렬 개수로 나눈 값에 기초하여 상기 배터리 셀의 제1 충전량 및 상기 배터리 셀의 보정치를 획득하는 단계를 포함하는 차량의 제어 방법.

청구항 11

제 9 항에 있어서,
상기 배터리 셀의 제1 오차 공분산 및 상기 배터리 셀의 칼만 계인을 획득하는 단계는,
확장 칼만 필터에 기초하여 상기 제1 오차 공분산 및 상기 칼만 계인을 획득하는 단계를 포함하는 차량의 제어 방법.

청구항 12

제 9 항에 있어서,

상기 배터리 셀의 보정치는,

상기 배터리 셀의 추정 전압, 상기 배터리 셀의 모델 오차 및 상기 배터리 셀의 시스템 변수를 포함하는 차량의 제어 방법.

청구항 13

제 9 항에 있어서,

상기 배터리 셀의 전압 및 상기 배터리 모듈의 전류를 기초로 상기 배터리 셀의 제1 충전량 및 상기 배터리 셀의 보정치를 획득하는 단계는,

미리 저장된 충방전 곡선에 기초하여 초기 값을 결정하는 단계를 포함하는 차량의 제어 방법.

청구항 14

제 9 항에 있어서,

상기 배터리 셀의 제2 충전량을 출력하는 단계는,

상기 배터리 셀의 제2 충전량이 20% 이상 및 80% 이하이면, 상기 배터리 팩의 충전량을 출력하는 단계를 포함하는 차량의 제어 방법.

청구항 15

제 9 항에 있어서,

상기 배터리 셀의 제2 충전량을 출력하는 단계는,

상기 배터리 셀의 제2 충전량이 80% 초과이면, 상기 배터리 셀의 최대 충전량을 출력하는 단계를 포함하는 차량의 제어 방법.

청구항 16

제 9 항에 있어서,

상기 배터리 셀의 제2 충전량을 출력하는 단계는,

상기 배터리 셀의 제2 충전량이 20% 미만이면, 상기 배터리 셀의 최소 충전량을 출력하는 단계를 포함하는 차량의 제어 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 개시된 발명은 차량 및 차량의 제어 방법 관한 것이다. 구체적으로, 차량용 배터리 팩의 충전량을 관리하기 위한 차량 및 차량의 제어 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 전기 자동차의 구동을 위한 전기 에너지는 배터리 시스템에 의해 공급된다. 배터리 시스템은 주행 환경에 따라 상이한 특성을 가지고 있는 폐 배터리를 사용하여 구동될 수 있다. 이 때, 에너지 저장 시스템(ESS: Energy Storage System)은 배터리 셀 또는 배터리 모듈 간의 전압 불균형으로 인해 과충전 또는 과방전에 의한 문제가 발생할 수 있다.

[0003] 따라서, 배터리 시스템은 배터리 모듈 또는 배터리 팩의 상태를 추정하기 위해 다양한 센서를 통해 하위 구성인 배터리 셀의 상태를 파악하고 이를 제어하는 것이 필요하다.

[0004] 그러나, 배터리 셀은 무수히 많은 개수로 구성되고, 배터리 셀 각각의 상태를 파악하기 위하여는 배터리 셀의 개수에 대응하는 복수의 센서가 필요하며, 복수의 센서에 의해 획득된 정보가 처리되기 위해서는 높은 사양의 통신 장치가 필요하다는 어려움이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 개시된 발명의 일 측면은 적은 개수의 센서를 사용하는 차량의 배터리 시스템을 구축하고, 안정적인 배터리 시스템을 운용하기 위한 것이다.

과제의 해결 수단

[0006] 개시된 발명의 일 측면에 따른 차량은 복수의 배터리 셀을 포함하는 배터리 모듈; 상기 배터리 모듈이 복수 개로 구성된 배터리 팩; 상기 복수의 배터리 셀의 전압을 측정하는 배터리 셀 센싱부; 상기 배터리 모듈의 전압 및 상기 배터리 모듈의 전류를 측정하는 배터리 모듈 센싱부; 및 상기 배터리 셀 센싱부 및 상기 배터리 모듈 센싱부에서 획득한 데이터에 기초하여 데이터 처리를 수행하는 제어부를 포함하고, 상기 제어부는, 상기 배터리 셀의 전압 및 상기 배터리 모듈의 전류를 기초로 상기 배터리 셀의 제1 충전량 및 상기 배터리 셀의 보정치를 획득하고, 상기 배터리 셀의 제1 충전량 및 상기 배터리 셀의 보정치에 기초하여 상기 배터리 셀의 제1 오차 공분산 및 상기 배터리 셀의 칼만 계인을 획득하고, 상기 제1 오차 공분산 및 상기 칼만 계인을 융합한 상기 배터리 셀의 제2 오차 공분산 및 상기 칼만 계인을 획득하고, 상기 배터리 모듈의 전압, 상기 배터리 모듈의 전류, 상기 제2 오차 공분산 및 상기 칼만 계인에 기초하여 상기 배터리 모듈의 충전량 및 배터리 팩의 충전량을 획득하고, 상기 배터리 모듈의 충전량 및 상기 배터리 팩의 충전량에 기초하여 상기 제1 충전량으로부터 보정된 상기 배터리 셀의 제2 충전량을 획득하고, 상기 배터리 셀의 제2 충전량을 출력한다.

[0007] 상기 제어부는 상기 배터리 모듈의 전류를 상기 배터리 모듈의 병렬 개수로 나눈 값에 기초하여 상기 배터리 셀의 제1 충전량 및 상기 배터리 셀의 보정치를 획득할 수 있다.

[0008] 상기 제어부는 확장 칼만 필터에 기초하여 상기 제1 오차 공분산 및 상기 칼만 계인을 획득할 수 있다.

[0009] 상기 배터리 셀의 보정치는 상기 배터리 셀의 추정 전압, 상기 배터리 셀의 모델 오차 및 상기 배터리 셀의 시스템 변수를 포함할 수 있다.

[0010] 상기 제어부는 미리 저장된 충방전 곡선에 기초하여 초기 값을 결정할 수 있다.

[0011] 상기 제어부는 상기 배터리 셀의 제2 충전량이 20% 이상 및 80% 이하이면, 상기 배터리 팩의 충전량을 출력할 수 있다.

[0012] 상기 제어부는 상기 배터리 셀의 제2 충전량이 80% 초과이면, 상기 배터리 셀의 최대 충전량을 출력할 수 있다.

[0013] 상기 제어부는 상기 배터리 셀의 제2 충전량이 20% 미만이면, 상기 배터리 셀의 최소 충전량을 출력할 수 있다.

[0014] 개시된 발명의 일 측면에 따른 제어 방법은 배터리 셀의 전압, 배터리 모듈의 전압 및 배터리 모듈의 전류를 측정하는 단계; 상기 배터리 셀의 전압 및 상기 배터리 모듈의 전류를 기초로 상기 배터리 셀의 제1 충전량 및 상기 배터리 셀의 보정치를 획득하는 단계; 상기 배터리 셀의 제1 충전량 및 상기 배터리 셀의 보정치에 기초하여 상기 배터리 셀의 제1 오차 공분산 및 상기 배터리 셀의 칼만 계인을 획득하는 단계; 상기 제1 오차 공분산 및 상기 칼만 계인을 융합한 상기 배터리 셀의 제2 오차 공분산 및 상기 칼만 계인을 획득하는 단계; 상기 배터리 모듈의 전압, 상기 배터리 모듈의 전류, 상기 제2 오차 공분산 및 상기 칼만 계인에 기초하여 상기 배터리 모듈의 충전량 및 배터리 팩의 충전량을 획득하는 단계; 상기 배터리 모듈의 충전량 및 상기 배터리 팩의 충전량에 기초하여 상기 제1 충전량으로부터 보정된 상기 배터리 셀의 제2 충전량을 획득하는 단계; 상기 배터리 셀의 제2 충전량을 출력하는 단계를 포함한다.

[0015] 상기 배터리 셀의 제1 충전량 및 상기 배터리 셀의 보정치를 획득하는 단계는, 상기 배터리 모듈의 전류를 상기 배터리 모듈의 병렬 개수로 나눈 값에 기초하여 상기 배터리 셀의 제1 충전량 및 상기 배터리 셀의 보정치를 획득하는 단계를 포함할 수 있다.

[0016] 상기 배터리 셀의 제1 오차 공분산 및 상기 배터리 셀의 칼만 계인을 획득하는 단계는, 확장 칼만 필터에 기초하여 상기 제1 오차 공분산 및 상기 칼만 계인을 획득하는 단계를 포함할 수 있다.

[0017] 상기 배터리 셀의 보정치는, 상기 배터리 셀의 추정 전압, 상기 배터리 셀의 모델 오차 및 상기 배터리 셀의 시스템 변수를 포함할 수 있다.

[0018] 상기 배터리 셀의 전압 및 상기 배터리 모듈의 전류를 기초로 상기 배터리 셀의 제1 충전량 및 상기 배터리 셀

의 보정치를 획득하는 단계는, 미리 저장된 충방전 곡선에 기초하여 초기 값을 결정하는 단계를 포함할 수 있다.

- [0019] 상기 배터리 셀의 제2 충전량을 출력하는 단계는, 상기 배터리 셀의 제2 충전량이 20% 이상 및 80% 이하이면, 상기 배터리 팩의 충전량을 출력하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0020] 상기 배터리 셀의 제2 충전량을 출력하는 단계는, 상기 배터리 셀의 제2 충전량이 80% 초과이면, 상기 배터리 셀의 최대 충전량을 출력하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0021] 상기 배터리 셀의 제2 충전량을 출력하는 단계는, 상기 배터리 셀의 제2 충전량이 20% 미만이면, 상기 배터리 셀의 최소 충전량을 출력하는 단계를 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [0022] 개시된 발명의 일 실시예에 따른 차량은 배터리 시스템에 적은 개수의 센서를 적용하여도 배터리 셀의 정확한 상태를 파악할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0023] 도 1은 일 실시예에 따른 차량의 배터리 시스템의 구성도이다.
- 도 2는 일 실시예에 따른 차량의 배터리 시스템의 제어 블록도이다.
- 도 3은 일 실시예에 따른 차량의 제어 방법의 순서도이다.
- 도 4는 일 실시예에서 참조되는 충방전 곡선을 도시한다.
- 도 5 및 도 6은 배터리 셀의 전압 변화 및 배터리 셀의 충전량 변화를 도시한다.
- 도 7은 배터리 셀의 충전량 출력에 참조되는 관계도를 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0024] 명세서 전체에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성요소를 지칭한다. 본 명세서가 실시예들의 모든 요소들을 설명하는 것은 아니며, 개시된 발명이 속하는 기술분야에서 일반적인 내용 또는 실시예들 간에 중복되는 내용은 생략한다. 명세서에서 사용되는 '부, 모듈, 부재, 블록'이라는 용어는 소프트웨어 또는 하드웨어로 구현될 수 있으며, 실시예들에 따라 복수의 '부, 모듈, 부재, 블록'이 하나의 구성요소로 구현되거나, 하나의 '부, 모듈, 부재, 블록'이 복수의 구성요소들을 포함하는 것도 가능하다.
- [0025] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 "연결"되어 있다고 할 때, 이는 직접적으로 연결되어 있는 경우뿐 아니라, 간접적으로 연결되어 있는 경우를 포함하고, 간접적인 연결은 무선 통신망을 통해 연결되는 것을 포함한다.
- [0026] 또한 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.
- [0027] 명세서 전체에서, 어떤 부재가 다른 부재 "상에" 위치하고 있다고 할 때, 이는 어떤 부재가 다른 부재에 접해 있는 경우뿐 아니라 두 부재 사이에 또 다른 부재가 존재하는 경우도 포함한다.
- [0028] 제 1, 제 2 등의 용어는 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하기 위해 사용되는 것으로, 구성요소가 전술된 용어들에 의해 제한되는 것은 아니다.
- [0029] 단수의 표현은 문맥상 명백하게 예외가 있지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다.
- [0030] 이하 첨부된 도면들을 참고하여 개시된 발명의 작용 원리 및 실시예들에 대해 설명한다.
- [0031] 도 1은 일 실시예에 따른 배터리 시스템의 구성도이다. 도 2는 일 실시예에 따른 차량의 배터리 시스템의 제어 블록도이다.
- [0032] 배터리 팩(10)은 차량에 다양한 출력 전압을 공급하기 위해 복수의 배터리 셀(C)을 직렬로 연결하여 구성될 수 있으며, 배터리 팩(10)에 요구되는 충방전 용량에 따라 복수의 배터리 셀(C)을 병렬로 연결하여 구성될 수 있다.

- [0033] 배터리 셀(C)은 전기 에너지의 충전 및 방전이 가능한 배터리의 기본 단위를 가리킨다. 예를 들어, 배터리 셀(C)은 양극, 음극, 분리막, 전해액 및 알루미늄 케이스로 구성될 수 있으며, 여기서 적용되는 배터리 셀은 리튬 이온 전지, 리튬 폴리머 전지, 니켈 카드뮴 전지, 니켈 수소 전지, 니켈 아연 전지 등 다양한 2 차 전지를 포함할 수 있다.
- [0034] 한편, 배터리 팩(10)은 복수의 배터리 셀(C)이 직렬 및/또는 병렬로 연결되어 구성될 경우, 적어도 하나의 배터리 셀(C)을 포함하는 배터리 모듈(10-1~10-N)을 먼저 구성하고, 적어도 하나의 배터리 모듈(10-1~10-N) 및 각종 센서를 포함할 수 있다.
- [0035] 배터리 팩(10)은 배터리 셀 센싱부(100) 및 배터리 모듈 센싱부(200)와 연결거나, 배터리 셀 센싱부(100) 및 배터리 모듈 센싱부(200)가 모두 포함된 일체형으로 구현될 수 도 있다.
- [0036] 배터리 셀 센싱부(100)는 복수의 전압 센서를 포함하고, 배터리 셀(C) 각각의 전압을 측정할 수 있다. 다른 예로, 배터리 셀 센싱부(100)는 복수의 전압 센서 및 복수의 전류 센서를 포함하고, 배터리 셀(C) 각각의 전압 및 전류를 모두 측정할 수 도 있다.
- [0037] 배터리 모듈 센싱부(200)는 복수의 전압 센서 및 복수의 전류 센서를 포함하고, 배터리 모듈(10-1~10-N) 전체의 전압 및 전류를 측정할 수 있다.
- [0038] 배터리 셀 센싱부(100) 및 배터리 모듈 센싱부(200)는 제어부(300)와 연결되고, 제어부(300)가 데이터 처리를 수행하도록 획득한 데이터를 제어부(300)에 제공할 수 있다. 배터리 셀 센싱부(100)는 배터리 셀의 전압을 측정하고, 배터리 모듈 센싱부(200)는 배터리 모듈의 전압 및 배터리 모듈의 전류를 측정하고, 배터리 셀의 전압, 배터리 모듈의 전압 및 배터리 모듈의 전류를 제어부(300)에 제공할 수 있다.
- [0039] 제어부(300)는 전술한 동작 및 후술하는 동작을 수행하는 프로그램이 저장된 적어도 하나의 메모리(302) 및 저장된 프로그램을 실행하는 적어도 하나의 프로세서(301)를 포함할 수 있다. 제어부(300)가 복수의 메모리(302)와 복수의 프로세서(301)를 포함하는 경우에는 복수의 메모리(302)와 복수의 프로세서(301)가 하나의 칩에 직접 될 수도 있고, 물리적으로 분리될 수도 있다.
- [0040] 한편, 이상에서는 제어부(300)의 물리적 구성에 관하여 설명하였다. 이하에서는, 제어부(300)의 동작 및 연산적인 측면을 기준으로 구성 요소들을 구분하고, 각 구성 요소 별 수행하는 데이터 흐름 및 데이터 처리 과정에 대하여 상세히 설명한다. 여기서, 제어부(300)는 배터리 셀 모델링부(310), 배터리 셀 상태 관측부(320), 데이터 융합부(330), 파라미터 관측부(340), 배터리 팩 상태 관측부(350) 및 배터리 팩 모델링부(360)를 포함한다. 단, 이는 데이터 흐름 및 데이터 처리 과정의 이해를 돕기 위해 구분된 것이며, 동작의 주체에 관하여 제한은 없다.
- [0041] 배터리 셀 모델링부(310)는 배터리 셀 센싱부(100)로부터 배터리 셀의 전압을 수신하고, 배터리 모듈 센싱부(200)로부터 배터리 모듈의 전압 및 배터리 모듈의 전류를 수신한다. 배터리 셀 모델링부(310)는 배터리 셀의 전압, 배터리 모듈의 전압 및 배터리 모듈의 전류에 기초하여 배터리 셀 각각의 충전량(SOC: State of Charge), 추정 전압, 모델 오차 및 시스템 변수를 계산한다. 구체적으로, 배터리 셀 모델링부(310)는 배터리 모듈 센싱부(200)에서 측정한 배터리 모듈의 전류를 배터리 모듈에 포함된 배터리 셀의 병렬 개수로 나눈 값에 기초하여 배터리 셀의 이상 전류의 값을 산출할 수 있으며, 이에 기초하여 배터리 셀 각각의 충전량 및 보정치(배터리 셀의 추정 전압, 배터리 셀의 모델 오차 및 배터리 셀의 시스템 변수)를 산출할 수 있다.
- [0042] 배터리 셀 모델링부(310)는 아래의 수학적 식 1에 기초하여 추정하고자 하는 상태 변수인 배터리 셀의 충전량을 계산할 수 있다.
- [0043] [수학적 식 1]
- $$x_{k,N} = f(x_{k-1,N}, \frac{u_k}{P}, \frac{\hat{\theta}_{k+1,pack}^-}{P}) + w_{k-1,N}^x, y_{k,N}^x = z(x_{k-1,N}, \frac{u_k}{P}, \frac{\hat{\theta}_{k+1,pack}^-}{P}) + v_{k-1,N}^x$$
- [0044]
- [0045] (단, N: 배터리 팩에 포함된 배터리 셀의 개수, P: 배터리 팩의 병렬 개수)
- [0046] 수학적 식 1의 첫번째 수식은 전류 적산법을 기초로 설계된 상태 방정식이고, 두번째 수식은 배터리 팩의 단자 전압을 가리키는 측정 방정식에 해당한다. 일반적으로, 전류 적산법은 전류 값이 필요하지만 배터리 셀 센싱부(100)는 오직 전압만을 측정하므로, 전류 값은 배터리 모듈 센싱부(200)에서 측정한 배터리 모듈의 전류를 배터리 셀의 병렬 개수로 나눈 값에 기초하여 산출된 배터리 셀의 이상 전류의 값을 이용할 수 있다.

[0047] 배터리 팩 모델링부(360)는 아래의 수학적식 2에 기초하여 추정하고자 하는 상태 변수인 배터리 팩의 충전량 및 배터리 팩의 용량을 계산할 수 있다.

[0048] [수학적식 2]

$$\begin{cases} x_{k,pack} = f(x_{k-1,pack}, u_{k-1}, \theta_{k-1,pack}) + w_{k-1,N}^x \\ y_{k,pack}^x = z(x_{k-1,pack}, u_{k-1}, \theta_{k-1,pack}) + w_{k-1,pack}^x \end{cases}, \begin{cases} \theta_{k,pack} = \theta_{k-1,pack} + w_{k-1,pack}^\theta \\ y_{k,pack}^\theta = z(x_{k-1,pack}, u_{k-1}, \theta_{k-1}) + w_{k-1,pack}^\theta \end{cases}$$

[0050] 한편, 배터리 팩 모델링부(360)가 추정하고자 하는 상태 변수는 2 가지 이므로, 상기 수학적식 2와 같이 상태 방정식과 측정 방정식 각각은 두 부분으로 나누어 설계될 수 있다. 따라서, 배터리 팩 모델링부(360)는 배터리 모듈의 전압 및 배터리 모듈의 전류를 기초로 배터리 모듈의 배터리 모듈의 충전량, 배터리 모듈의 용량 및 단자 전압에 관한 정보를 업데이트 할 수 있다.

[0051] 확장 칼만 필터에서 적용되는 노이즈 정보는 배터리 시스템의 상태를 예측하는데 사용될 수 있다. 이 때, 노이즈 정보는 전술한 상태 방정식과 측정 방정식에 기초하여 상수 값으로 정의될 수 있다. 이는, 아래의 수학적식 3을 참조한다.

[0052] [수학적식 3]

$$w^x \sim N(0, Q_N^x), v_N^x \sim N(0, R_N^x) \\ w_{pack}^x \sim N(0, Q_{pack}^x), v_{pack}^x \sim N(0, R_{pack}^x), w_{pack}^\theta \sim N(0, Q_{pack}^\theta), v_{pack}^\theta \sim N(0, R_{pack}^\theta)$$

[0054] (단, $w^x, v^x, w^\theta, v^\theta$ 는 독립 변수이고, $R^x, Q^x, R^\theta, Q^\theta$ 는 가우시안 노이즈에 대한 공분산 행렬)

[0055] 배터리 셀 상태 관측부(320)는 확장 칼만 필터(EKF: Extended Kalman Filter)에 기초하여 배터리 셀 각각의 충전량의 제1 오차 공분산 및 배터리 셀의 칼만 게인을 산출한다. 배터리 셀 상태 관측부(320)는 산출된 제1 오차 공분산 및 칼만 게인에 기초하여 1차 적으로 산출된 배터리 셀의 충전량을 보정할 수 있다.

[0056] 한편, 본 실시예에서 참조되는 확장 칼만 필터는 전술한 상태 방정식 및 측정 방정식을 시스템의 상태 변수로 하고, 편미분을 취하여 비선형 시스템을 선형화 할 수 있다. 이는, 아래의 수학적식 4를 참조한다.

[0057] [수학적식 4]

$$A_{k,N} = \left. \frac{\partial f(x_{k,N}, \frac{u_k}{P}, \frac{\hat{\theta}_{k+1,pack}^-}{P})}{\partial x_N} \right|_{x_k = \hat{x}_k^-}, H_{k,N} = \left. \frac{\partial z(x_{k,N}, \frac{u_k}{P}, \frac{\hat{\theta}_{k+1,pack}^-}{P})}{\partial x_N} \right|_{x_{k,N} = \hat{x}_{k,N}^-}$$

$$A_{k,pack} = \left. \frac{\partial f(x_{k,pack}, u_k, \hat{\theta}_{k,pack}^-)}{\partial x_{pack}} \right|_{x_k = \hat{x}_k^-}, H_{k,pack} = \left. \frac{\partial z(x_{k,pack}, u_k, \hat{\theta}_{k,pack}^-)}{\partial x_{pack}} \right|_{x_k = \hat{x}_k^-}$$

$$C_{k,pack} = \left. \frac{dz(\hat{x}_{k,pack}^-, u_k, \theta_{k,pack})}{d\theta_{pack}} \right|_{\theta = \hat{\theta}_k^-}$$

[0061] 한편, 본 실시예에 참조되는 오차 공분산을 산출하기 위하여는 초기 값의 설정이 필요하다. 이 때, 오차 공분산은 아래의 수학적식 5에 의해 산출될 수 있다. 오차 공분산은 충전량에 대한 오차 공분산 및 용량에 대한 오차 공분산을 포함할 수 있다.

[0062] [수학적식 5]

$$P_{0,N} = (SOC_{table,N}(OCV_{table,N}) - SOC_{0,N})^2 \\ P_{0,pack} = (SOC_{table,pack}(OCV_{table,pack}) - SOC_{0,pack})^2, S_0 = 0$$

[0064] 오차 공분산은 초기 값에 따라 다양한 값을 가질 수 있으며, 초기 값은 아래의 수학적식 6과 같이 상수로 설정될 수 있으나, 배터리 셀/모듈/팩의 초기 충전 상태나 오차 공분산에 따라 정확성이 낮아질 수 있다. 따라서, 본 실시예에 따른 오차 공분산의 계산은 미리 저장된 충방전 곡선에 기초한 초기 값에 따라 수행될 수 있다. 도 4

를 참조하면, OCV-SOC 간의 관계를 도시하는 그래프를 확인할 수 있다. 충방전 곡선은 사전에 전기적 특성 실험으로 추출한 배터리의 특성을 반영한 저장된 데이터에 해당한다.

[0065] [수학식 6]

$$\hat{x}_{0,N} = \hat{x}_{0,pack} = 0, \hat{\theta}_{0,pack} = Capacity_{initial}$$

[0067] 데이터 융합부(330)는 배터리 상태 관측부(320)로부터 배터리 셀의 제1 오차 공분산 및 배터리 셀의 칼만 계인을 수신하고, 제1 오차 공분산 및 칼만 계인을 서로 융합한 새로운 데이터인 제2 오차 공분산 및 칼만 계인을 생성한다. 이 때, 칼만 계인은 배터리 모듈의 충전량을 추정 및 보정하기 위해 배터리 팩 모델링부(360)에 제공될 수 있으며, 제2 오차 공분산은 배터리 셀의 충전량을 보정하기 위해 배터리 셀 모델링부(310)에 제공될 수 있다.

[0068] 데이터 융합부(330)는 오차 공분산의 초기 값이 결정되면, 제1 오차 공분산 및 칼만 계인에 기초하여 제2 오차 공분산을 산출한다. 아래의 수학식 7 및 전술한 배터리 팩의 상태 방정식에 기초하여 배터리 팩의 용량 및 용량의 제2 오차 공분산을 갱신할 수 있다. 또한, 배터리 팩의 용량에 기초하여 배터리 모듈의 용량도 파악할 수 있다.

[0069] [수학식 7]

$$\hat{\theta}_{k+1,pack}^+ = \hat{\theta}_{k,pack}^+, S_{k+1}^- = S_k^+ + Q^{\theta}$$

[0071] 배터리 팩 모델링부(360)는 배터리 모듈의 전압 및 배터리 모듈의 전류를 기초로 생성된 배터리 모듈의 모델 정보와 제2 오차 공분산을 기초로 배터리 팩(10)의 추정 전압과 배터리 팩(10)의 충전량을 계산하고, 이를 배터리 팩 상태 관측부(350)에 제공한다. 단, 배터리 팩 상태 관측부(350)는 전술한 확장 칼만 필터를 적용하지 않고, 배터리 팩(10)의 오차 정보, 배터리 셀 상태 관측부(320)에서 생성된 칼만 계인 및 배터리 팩 모델링부(360)에서 계산된 배터리 팩(10)의 충전량에 기초하여 배터리 팩(10)의 충전량을 보정할 수 있다.

[0072] 구체적으로, 배터리 팩 상태 관측부(350)는 배터리 팩의 용량을 기초로 배터리 셀과 배터리 팩의 충전량을 보정 및 갱신할 수 있다. 이 때, 적용되는 수식은 아래의 수학식 8을 참조한다.

[0073] [수학식 8]

$$|\hat{x}_{k+1,N}^- = f(\hat{x}_{k,N}^+, \frac{u_k}{P}, \frac{\hat{\theta}_{k+1}^-}{P}), \hat{x}_{k+1,pack}^- = f(\hat{x}_{k,N}^+, u_k, \hat{\theta}_{k+1}^-), P_{k+1,N}^- = A_{k,N} P_{k,pack}^+ A_{k,N}^T + Q_N^x$$

[0075] 이 때, 배터리 셀 상태 관측부(320)는 배터리 모듈의 전류 및 배터리 모듈의 용량을 배터리 모듈에 포함된 배터리 셀의 병렬 개수로 나눈 값들을 배터리 셀의 상태 방정식에 입력하여 배터리 셀 각각의 충전량을 계산할 수 있다. 이 때, 배터리 셀의 충전량의 오차 공분산은 배터리 팩의 제2 오차 공분산이 적용될 수 있으며, 배터리 셀 각각의 노이즈 파라미터 및 시스템 변수를 적용하여 계산될 수 있다. 제2 오차 공분산, 노이즈 파라미터 및 시스템 변수는 칼만 계인을 획득하는데 사용될 수 있다. 이는, 아래의 수학식 9를 참조한다.

[0076] [수학식 9]

$$K_{k,N}^x = P_{k+1,pack}^- H_{k,N}^T (H_{k,N} P_{k+1,pack}^- H_{k,N}^T + R_N^x)^{-1}$$

[0078] 또한, 아래의 수학식 10에 기초하여 배터리 셀 센싱부(100)가 측정한 배터리 셀의 전압에 대한 전압 오차를 획득할 수 있고, 획득한 전압 오차에 기초하여 현재의 배터리 셀의 충전량을 보정할 수 있다. 이와 관련한 수식은 수학식 10을 참조한다.

[0079] [수학식 10]

$$\hat{x}_{k+1,N}^+ = \hat{x}_{k+1,N}^- + K_{k,N}^x \cdot Error_N$$

[0081] 배터리 팩의 충전량은 배터리 셀 각각의 칼만 계인에 기초하여 보정될 수 있고, 배터리 팩의 오차 공분산은 배터리 셀의 칼만 계인과 시스템 변수를 기초로 계산될 수 있다. 이는, 아래의 수학식 11 및 수학식 12을 참조한다.

[0082] [수학식 11]

$$\hat{x}_{k+1,pack}^+ = \hat{x}_{k+1,pack}^- + \frac{1}{N} \sum_{N=1}^N K_{k,N}^x \cdot Error_N$$

[0083]

[0084] [수학식 12]

$$P_{k+1,Pack}^+ = (I - \frac{1}{N} \sum_{N=1}^N K_{k,N} H_{k,N}) P_{k+1,Pack}^-$$

[0085]

[0086] 배터리 셀의 용량의 경우, 칼만 계인은 아래의 수학식 13에 기초하여 계산될 수 있으며, 수학식 14에 기초하여 배터리 셀의 용량이 갱신되고, 갱신된 값에 기초하여 새로운 오차 공분산인 제2 오차 공분산이 산출될 수 있다. 이는, 아래의 수학식 15을 참조한다.

[0087] [수학식 13]

$$K_k^\theta = S_{k+1}^- C_k^T (C_k S_{k+1}^- C_k^T + R^\theta)^{-1}$$

[0088]

[0089] [수학식 14]

$$\hat{\theta}_{n,k+1}^+ = \hat{\theta}_{n,k+1}^- + K_k^\theta (z_k - \hat{z}_k)$$

[0090]

[0091] [수학식 15]

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

[0092]

[0093] 파라미터 관측부(340)는 배터리 모듈(10)의 충전량을 기초로 배터리 모듈의 용량을 확장 칼만 필터를 통해 계산한다. 이 때, 사용되는 파라미터는 배터리 팩 모델링부(360)가 출력하는 배터리 팩의 오차 정보, 배터리 팩의 시스템 변수 및 배터리 팩의 충전량이 될 수 있고, 이를 통해 배터리 모듈 자체의 용량을 추정할 수 있다. 파라미터 관측부(340)는 배터리 모듈의 용량을 병렬 개수로 나누어 배터리 셀의 이상 용량의 값을 산출할 수 있고, 산출된 배터리 셀의 이상 용량은 배터리 셀 모델링부(310)에 입력될 수 있다.

[0094] 이상에서는 제어부(300)에 포함된 각 구성 요소에 의한 데이터 흐름 및 데이터 처리 과정을 설명하였다. 이하에는 도 3을 참조하여 순서에 따른 제어 방법에 관하여 상세히 설명한다.

[0095] 도 3은 일 실시예에 따른 차량의 제어 방법의 순서도이다. 단, 이는 본 발명의 목적을 달성하기 위한 바람직한 실시예일 뿐이며, 필요에 따라 일부 구성 요소가 추가되거나 삭제될 수 있음은 물론이다.

[0096] 제어부(300)는 배터리 셀 전압, 배터리 모듈의 전압 및 배터리 모듈의 전류가 측정되면(310), 배터리 셀 전압, 배터리 모듈의 전압 및 배터리 모듈의 전류에 기초하여 연산을 수행한다.

[0097] 제어부(300)는 배터리 셀 각각의 충전량(SOC: State of Charge), 추정 전압, 모델 오차 및 시스템 변수를 계산하기 위하여 초기 파라미터 결정 및 상태 변수의 초기 값을 설정하고(302), 배터리 셀 모델의 파라미터를 계산한다(303).

[0098] 제어부(300)는 배터리 셀의 충전량, 칼만 계인 및 오차 공분산을 계산한다(304). 304 단계에서 계산된 결과는 배터리 팩의 충전량 및 배터리 셀의 최대/최소 충전량을 출력하는 과정에도 적용될 수 있다.

[0099] 제어부(300)는 칼만 계인의 데이터와 오차 공분산의 데이터를 융합한다(305). 구체적으로, 제어부(300)는 배터리 셀의 제1 오차 공분산 및 배터리 셀의 칼만 계인을 수신하고, 제1 오차 공분산 및 칼만 계인을 서로 융합한 새로운 데이터인 제2 오차 공분산을 산출할 수 있다.

[0100] 제어부(300)는 배터리 모듈 모델의 파라미터들을 계산하고(306), 배터리 팩의 충전량 및 배터리 팩의 용량을 계산한다(307). 이 때, 배터리 팩의 충전량 및 배터리 팩의 용량은 제2 오차 공분산에 기초하여 계산될 수 있다.

[0101] 제어부(300)는 배터리 모듈의 오차 공분산 및 배터리 셀의 용량을 갱신하고(308), 이를 기초로 갱신된 오차 공분산 및 배터리 셀의 용량을 304 단계에 적용하여 새로운 오차 공분산, 새로운 배터리 셀의 충전량 및 새로운 배터리 셀의 용량을 산출할 수 있다.

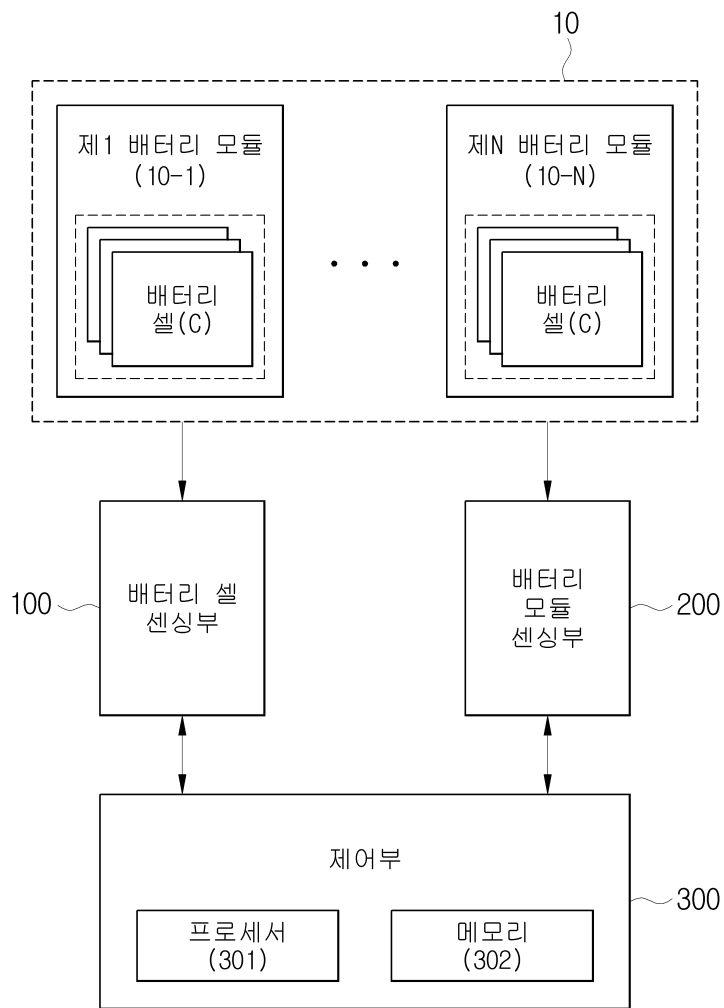
[0102] 제어부(300)는 배터리 셀의 충전량이 안전 영역인 20% 이상 및 80% 이하이면(309), 배터리 팩의 충전량을 출력

하고(310), 배터리 셀의 충전량이 과충전 구간인 80% 를 초과하면 배터리 셀이 최대 충전량을 출력하고(311), 배터리 셀의 충전량이 과방전 구간인 20% 미만이면 배터리 셀이 최소 충전량을 출력할 수 있다(312). 이는 배터리의 안정적인 운용을 위해 배터리 모듈 전체 충전량의 영역을 기준으로 사전에 추정된 복수의 배터리 셀의 충전량에 관한 정보를 이용하여 전체의 충전량을 출력하기 위한 것이다.

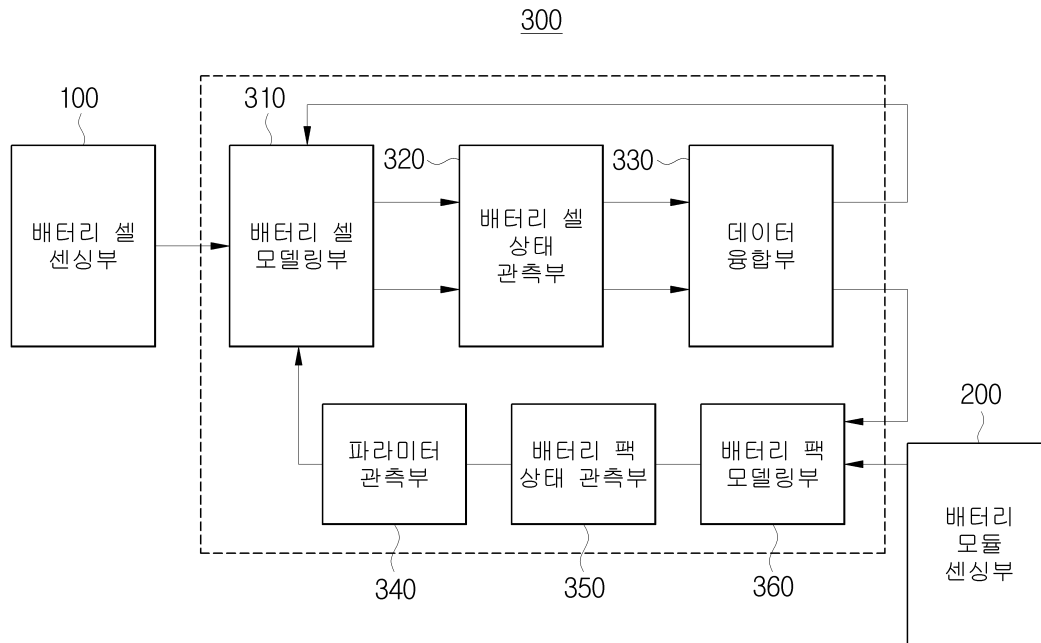
- [0103] 한편, 개시된 발명은 배터리 셀 단위에서 전류 정보를 활용하지 않고, 오로지 전압 정보만을 사용하므로, 배터리 시스템에 사용되는 센서를 절약할 수 있다. 그럼에도 불구하고 개시된 발명은 복수의 배터리 셀의 내부 상태를 정확히 추정할 수 있다.
- [0104] 도 5 및 도 6은 배터리 셀의 전압 변화 및 배터리 셀의 충전량 변화를 도시한다.
- [0105] 도 5 및 도 6에 도시된 바와 같이 배터리 셀은 노화가 진행할수록 낮은 충전량의 영역에서의 전압 변화는 급격해진다. 따라서, 배터리 셀의 전압을 기준으로 배터리의 안정 영역을 모니터링 하기 위해서는 제어 보드의 샘플링 주기가 작아야 한다.
- [0106] 그리고, 전압을 기준으로 모니터링을 하기 위해서 정확한 전압 정보가 필요하며, 전력 변환을 하는 경우에는 단순 전압 편차 정보가 아니므로 배터리 셀간의 편차가 발생할 수 있다. 또한, 외부 요인에 의한 노이즈는 전압 센서로 인가 시 부정확한 전압 정보가 측정 될 수 있어 안정성이 떨어지거나 부정확한 제어의 가능성이 커진다.
- [0107] 개시된 발명은 확장 칼만 필터를 적용한 데이터를 통해 각 배터리 셀의 상태 진단이 가능하며, 배터리 팩 내부에 포함된 배터리 셀의 고장 진단을 배터리 셀/모듈/팩의 충전량을 통해 간접적으로 진행할 수 있다. 즉, 개시된 발명은 충전량의 변화량을 통해 간접적인 고장 진단이 가능하다.
- [0108] 도 7은 배터리 셀의 충전량 출력에 참조되는 관계도를 도시한다.
- [0109] 도 7을 참조하면, 배터리 모듈의 충전량의 추정 결과를 안전 영역($20\% < SOC < 80\%$)에서는 상태 융합을 통한 배터리 팩의 충전량을 사용한다. 융합된 배터리 팩의 충전량을 기준으로 하여 80% 이상에서는 배터리 셀의 충전량 중 가장 높은 값을 사용하고 20% 이하의 구간에서는 배터리 셀의 충전량의 값이 가장 낮은 값을 사용하여 안전한 배터리 운용 시스템 운용이 가능하다.
- [0110] 한편, 개시된 실시예들은 컴퓨터에 의해 실행 가능한 명령어를 저장하는 기록매체의 형태로 구현될 수 있다. 명령어는 프로그램 코드의 형태로 저장될 수 있으며, 프로세서에 의해 실행되었을 때, 프로그램 모듈을 생성하여 개시된 실시예들의 동작을 수행할 수 있다. 기록매체는 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체로 구현될 수 있다.
- [0111] 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체로는 컴퓨터에 의하여 해독될 수 있는 명령어가 저장된 모든 종류의 기록 매체를 포함한다. 예를 들어, ROM(Read Only Memory), RAM(Random Access Memory), 자기 테이프, 자기 디스크, 플래시 메모리, 광 데이터 저장장치 등이 있을 수 있다.
- [0112] 이상에서와 같이 첨부된 도면을 참조하여 개시된 실시예들을 설명하였다. 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고도, 개시된 실시예들과 다른 형태로 본 발명이 실시될 수 있음을 이해할 것이다. 개시된 실시예들은 예시적인 것이며, 한정적으로 해석되어서는 안 된다.

도면

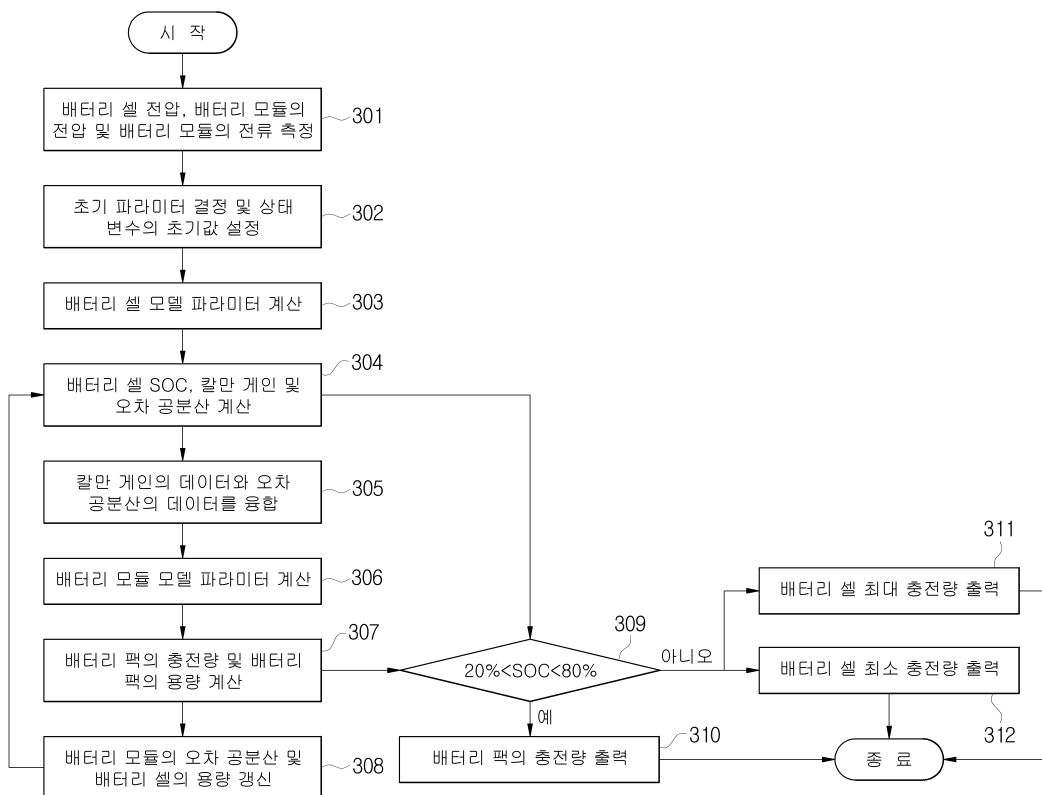
도면1



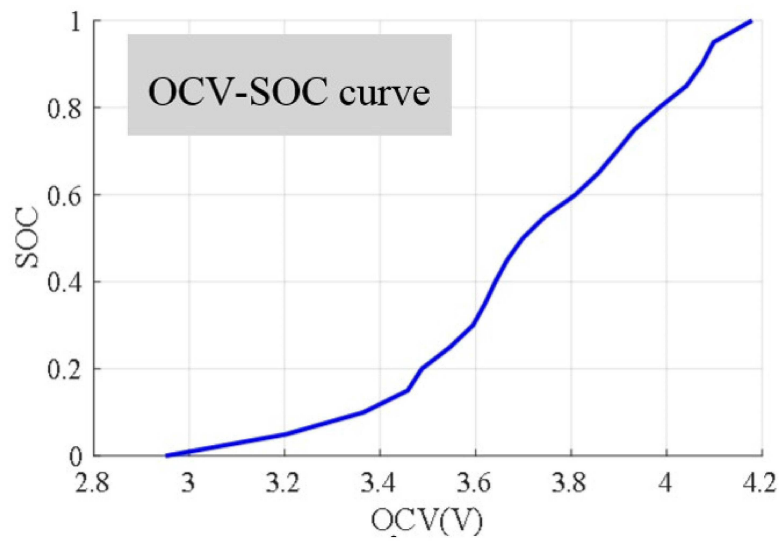
도면2



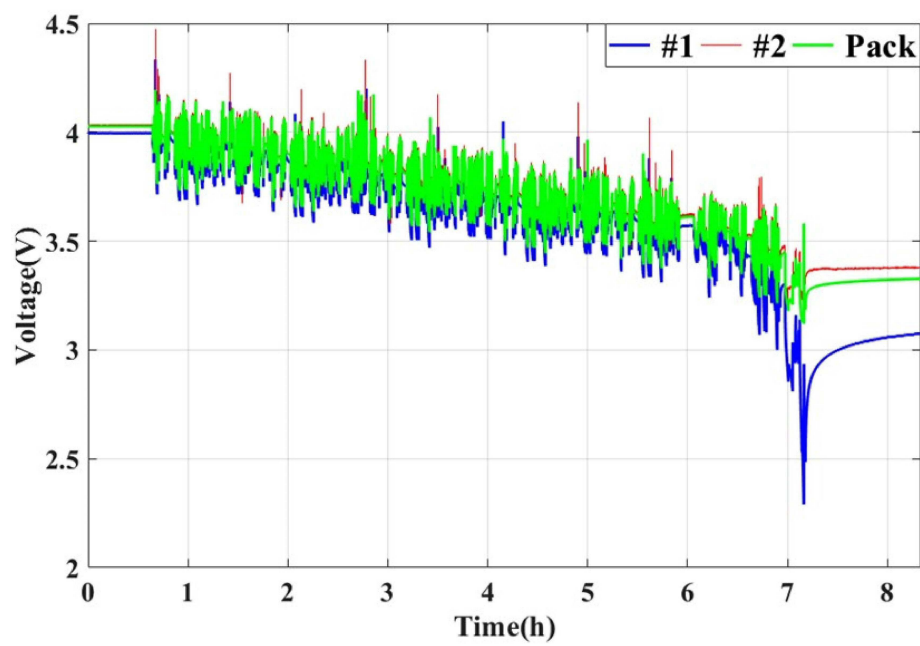
도면3



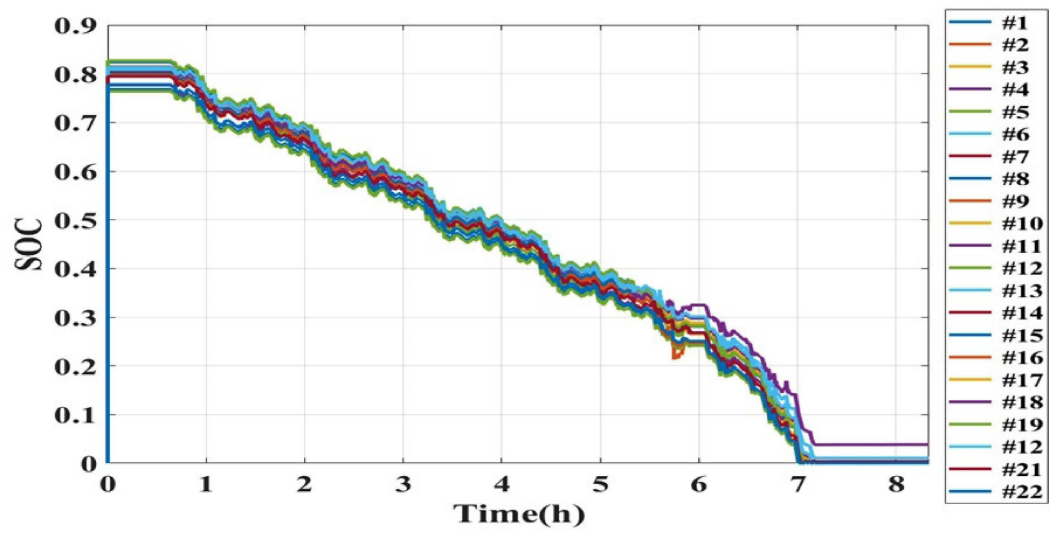
도면4



도면5



도면6



도면7

