



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0099817
(43) 공개일자 2022년07월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02J 3/00 (2006.01) G06N 3/08 (2006.01)
G06Q 50/06 (2012.01) H02J 3/32 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H02J 3/003 (2020.01)
G06N 3/08 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-0002146
(22) 출원일자 2021년01월07일
심사청구일자 2021년01월07일

(71) 출원인
연세대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)
(72) 발명자
신용준
서울특별시 서대문구 연세로 50, 제3공학관 C511호(신촌동, 연세대학교)
김선혁
서울특별시 서대문구 연세로 50, 제2공학관 B729호(신촌동, 연세대학교)
(74) 대리인
특허법인우인

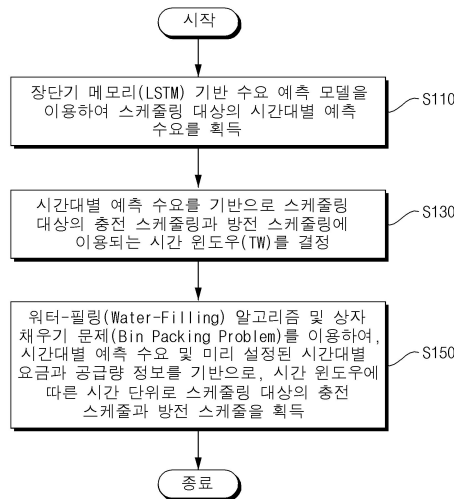
전체 청구항 수 : 총 5 항

(54) 발명의 명칭 인공지능 기반 수요 예측을 이용한 배터리 스케줄링 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명의 바람직한 실시예에 따른 인공지능 기반 수요 예측을 이용한 배터리 스케줄링 장치 및 방법은, 장단기 메모리(long short-term memory, LSTM) 기반 수요 예측 모델을 이용하여 획득한 시간대별 예측 수요를 기반으로, 전기 자동차(Electric Vehicle, EV) 또는 에너지 저장 시스템(Energy Storage System, ESS)의 최적의 충전 스케줄링을 수행함으로써, 각 시간대별로 최적화된 에너지 스케줄링을 결정하여 경제적 비용의 절감 및 시스템 부하의 안전성을 향상시킬 수 있다.

대표도 - 도9



(52) CPC특허분류

G06Q 50/06 (2013.01)

H02J 3/32 (2013.01)

H02J 2310/64 (2020.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711110384
과제번호	2020R1A2B5B03001692
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	중견연구자지원사업
연구과제명	수퍼 그리드 구현을 위한 차세대 전력망 진단 및 모니터링 기술 개발(1/3)
기 여 율	1/2
과제수행기관명	연세대학교 산학협력단
연구기간	2020.03.01 ~ 2021.02.28

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711116478
과제번호	2017K1A4A3013579
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	해외우수연구기관유치사업
연구과제명	한-미 연구재단 신 전력기술 국제 산학협력 연구센터
기 여 율	1/2
과제수행기관명	고려대학교 산학협력단
연구기간	2020.01.01 ~ 2020.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

학습 데이터를 토대로 학습된 장단기 메모리(long short-term memory, LSTM) 기반 수요 예측 모델을 이용하여 스케줄링 대상의 시간대별 예측 수요를 획득하는 수요 예측부;

상기 수요 예측부를 통해 획득된 상기 시간대별 예측 수요를 기반으로 상기 스케줄링 대상의 충전 스케줄링과 방전 스케줄링에 이용되는 시간 윈도우(Time Window, TW)를 결정하는 결정부; 및

워터-필링(Water-Filling) 알고리즘 및 상자 채우기 문제(Bin Packing Problem)를 이용하여, 상기 수요 예측부를 통해 획득된 상기 시간대별 예측 수요 및 미리 설정된 시간대별 요금과 공급량 정보를 기반으로, 상기 결정부를 통해 결정된 상기 시간 윈도우에 따른 시간 단위로 상기 스케줄링 대상의 충전 스케줄과 방전 스케줄을 획득하는 스케줄링부;

를 포함하는 인공지능 기반 수요 예측을 이용한 배터리 스케줄링 장치.

청구항 2

제1항에서,

상기 스케줄링부는,

상기 워터-필링 알고리즘을 이용하여 상기 시간 윈도우에 따른 시간대별로 최대 충전 용량과 최대 방전 용량을 획득하고, 상기 상자 채우기 문제를 이용하여 상기 시간대별 예측 수요, 상기 시간대별 요금과 공급량 정보 및 상기 시간대별 최대 충전 용량과 최대 방전 용량을 기반으로 상기 시간 윈도우에 따른 시간 단위로 상기 스케줄링 대상의 상기 충전 스케줄과 상기 방전 스케줄을 획득하는,

인공지능 기반 수요 예측을 이용한 배터리 스케줄링 장치.

청구항 3

제2항에서,

상기 스케줄링부는,

상기 시간대별 예측 수요를 기반으로 충전 레벨을 획득하고, 상기 충전 레벨, 상기 시간대별 요금과 공급량 정보 및 상기 시간대별 최대 충전 용량을 기반으로 상기 스케줄링 대상의 상기 충전 스케줄을 획득하며, 상기 충전 레벨을 역변환하여 방전 레벨을 획득하고, 상기 방전 레벨, 상기 시간대별 요금과 공급량 정보 및 상기 시간대별 최대 방전 용량을 기반으로 상기 스케줄링 대상의 상기 방전 스케줄을 획득하는,

인공지능 기반 수요 예측을 이용한 배터리 스케줄링 장치.

청구항 4

제1항에서,

상기 학습 데이터는,

전기 자동차의 운행 데이터 또는 전력망의 AMI(Advanced Metering Infrastructure) 데이터인,

인공지능 기반 수요 예측을 이용한 배터리 스케줄링 장치.

청구항 5

학습 데이터를 토대로 학습된 장단기 메모리(long short-term memory, LSTM) 기반 수요 예측 모델을 이용하여 스케줄링 대상의 시간대별 예측 수요를 획득하는 단계;

상기 시간대별 예측 수요를 기반으로 상기 스케줄링 대상의 충전 스케줄링과 방전 스케줄링에 이용되는 시간 윈

도우(Time Window, TW)를 결정하는 단계; 및

워터-필링(Water-Filling) 알고리즘 및 상자 채우기 문제(Bin Packing Problem)를 이용하여, 상기 시간대별 예측 수요 및 미리 설정된 시간대별 요금과 공급량 정보를 기반으로, 상기 시간 윈도우에 따른 시간 단위로 상기 스케줄링 대상의 충전 스케줄과 방전 스케줄을 획득하는 단계;

를 포함하는 인공지능 기반 수요 예측을 이용한 배터리 스케줄링 방법.

발명의 설명

기술 분야

- [0001] 본 발명은 인공지능 기반 수요 예측을 이용한 배터리 스케줄링 장치 및 방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 전기 자동차(Electric Vehicle, EV) 또는 에너지 저장 시스템(Energy Storage System, ESS)의 충방전 스케줄링을 수행하는, 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 에너지 저장 시스템(Energy Storage System, ESS)을 활용한 에너지 스케줄링은 부족한 수요에 대해서는 추가적으로 공급하고, 공급이 과도한 경우에는 남은 에너지를 에너지 저장 시스템(ESS)에 저장하여 수요와 공급을 조정하는 것을 말한다.
- [0003] 에너지 저장 시스템(ESS) 및 전기 자동차(Electric Vehicle, EV)에 포함된 다수의 배터리를 스케줄링하여 전력 부하를 효율적으로 관리 할 수 있고, 에너지 스케줄링 방법은 수요와 공급에 따라 유동적으로 변동될 수 있다.
- [0004] 전력망(Grid) 및 전기 자동차(EV) 부하의 특성은 각 시간대 별로 모니터링될 수 있고, 각 부하의 특성은 시간에 따라 달라지며, 사용에 따른 요금 부과 시간에 기반한 요금제에 따라 달라질 수 있고, 각 시간대에 적합한 충전/방전 레벨에 따라 적절한 에너지량을 충전/방전하여야 한다.
- [0005] 스케줄링은 수요와 공급을 고려하면서 경제적 비용을 최대한 절감하여야 하며, 종래의 스케줄링 방법에서는 각 시간대별로 변화하는 에너지 비용을 고려하지 못하기 때문에 경제적 효과를 얻기 어렵고, 에너지 스케줄링을 위해서는 사전에 전력망(Grid) 혹은 전기 자동차(EV)의 에너지 수요를 각 시간대별로 예측하여야 하는 문제가 있다.
- [0006] 전기 자동차(EV)에서 스케줄링을 위해서는 기존의 시간 단위 스케줄링이 아닌 분 단위 스케줄링 및 예측 기술이 필요하고, 이에 정확한 수요 예측에 기반하여 각 시간대별 필요한 수요/공급에 따라 적합한 스케줄링이 제시되어야 한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0007] 본 발명이 이루고자 하는 목적은, 장단기 메모리(long short-term memory, LSTM) 기반 수요 예측 모델을 이용하여 획득한 시간대별 예측 수요를 기반으로, 전기 자동차(Electric Vehicle, EV) 또는 에너지 저장 시스템(Energy Storage System, ESS)의 최적의 충방전 스케줄링을 수행하는, 인공지능 기반 수요 예측을 이용한 배터리 스케줄링 장치 및 방법을 제공하는 데 있다.
- [0008] 본 발명의 명시되지 않은 또 다른 목적들은 하기의 상세한 설명 및 그 효과로부터 용이하게 추론할 수 있는 범위 내에서 추가적으로 고려될 수 있다.

과제의 해결 수단

- [0009] 상기의 목적을 달성하기 위한 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 인공지능 기반 수요 예측을 이용한 배터리 스케줄링 장치는, 학습 데이터를 토대로 학습된 장단기 메모리(long short-term memory, LSTM) 기반 수요 예측 모델을 이용하여 스케줄링 대상의 시간대별 예측 수요를 획득하는 수요 예측부; 상기 수요 예측부를 통해 획득된 상기 시간대별 예측 수요를 기반으로 상기 스케줄링 대상의 충전 스케줄링과 방전 스케줄링에 이용되는 시간 윈도우(Time Window, TW)를 결정하는 결정부; 및 워터-필링(Water-Filling) 알고리즘 및 상자 채우기 문제(Bin

Packing Problem)를 이용하여, 상기 수요 예측부를 통해 획득된 상기 시간대별 예측 수요 및 미리 설정된 시간대별 요금과 공급량 정보를 기반으로, 상기 결정부를 통해 결정된 상기 시간 윈도우에 따른 시간 단위로 상기 스케줄링 대상의 충전 스케줄과 방전 스케줄을 획득하는 스케줄링부;를 포함한다.

[0010] 여기서, 상기 스케줄링부는, 상기 워터-필링 알고리즘을 이용하여 상기 시간 윈도우에 따른 시간대별로 최대 충전 용량과 최대 방전 용량을 획득하고, 상기 상자 채우기 문제를 이용하여 상기 시간대별 예측 수요, 상기 시간대별 요금과 공급량 정보 및 상기 시간대별 최대 충전 용량과 최대 방전 용량을 기반으로 상기 시간 윈도우에 따른 시간 단위로 상기 스케줄링 대상의 상기 충전 스케줄과 상기 방전 스케줄을 획득할 수 있다.

[0011] 여기서, 상기 스케줄링부는, 상기 시간대별 예측 수요를 기반으로 충전 레벨을 획득하고, 상기 충전 레벨, 상기 시간대별 요금과 공급량 정보 및 상기 시간대별 최대 충전 용량을 기반으로 상기 스케줄링 대상의 상기 충전 스케줄을 획득하며, 상기 충전 레벨을 역변환하여 방전 레벨을 획득하고, 상기 방전 레벨, 상기 시간대별 요금과 공급량 정보 및 상기 시간대별 최대 방전 용량을 기반으로 상기 스케줄링 대상의 상기 방전 스케줄을 획득할 수 있다.

[0012] 여기서, 상기 학습 데이터는, 전기 자동차의 운행 데이터 또는 전력망의 AMI(Advanced Metering Infrastructure) 데이터일 수 있다.

[0014] 상기의 목적을 달성하기 위한 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 인공지능 기반 수요 예측을 이용한 배터리 스케줄링 방법은, 학습 데이터를 토대로 학습된 장단기 메모리(long short-term memory, LSTM) 기반 수요 예측 모델을 이용하여 스케줄링 대상의 시간대별 예측 수요를 획득하는 단계; 상기 시간대별 예측 수요를 기반으로 상기 스케줄링 대상의 충전 스케줄링과 방전 스케줄링에 이용되는 시간 윈도우(Time Window, TW)를 결정하는 단계; 및 워터-필링(Water-Filling) 알고리즘 및 상자 채우기 문제(Bin Packing Problem)를 이용하여, 상기 시간대별 예측 수요 및 미리 설정된 시간대별 요금과 공급량 정보를 기반으로, 상기 시간 윈도우에 따른 시간 단위로 상기 스케줄링 대상의 충전 스케줄과 방전 스케줄을 획득하는 단계;를 포함한다.

발명의 효과

[0015] 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 인공지능 기반 수요 예측을 이용한 배터리 스케줄링 장치 및 방법에 의하면, 장단기 메모리(long short-term memory, LSTM) 기반 수요 예측 모델을 이용하여 획득한 시간대별 예측 수요를 기반으로, 전기 자동차(Electric Vehicle, EV) 또는 에너지 저장 시스템(Energy Storage System, ESS)의 최적의 충방전 스케줄링을 수행함으로써, 각 시간대별로 최적화된 에너지 스케줄링을 결정하여 경제적 비용의 절감 및 시스템 부하의 안전성을 향상시킬 수 있다.

[0016] 본 발명의 효과들은 이상에서 언급한 효과들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 효과들은 아래의 기재로부터 통상의 기술자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0017] 도 1은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 인공지능 기반 수요 예측을 이용한 배터리 스케줄링 장치를 설명하기 위한 블록도이다.

도 2는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 장단기 메모리(long short-term memory, LSTM)를 설명하기 위한 도면이다.

도 3은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 충전 레벨과 방전 레벨의 획득 과정을 설명하기 위한 도면이다.

도 4는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 최대 충전 용량과 최대 방전 용량의 획득 과정을 설명하기 위한 도면이다.

도 5는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 충전 스케줄과 방전 스케줄의 획득 과정을 설명하기 위한 도면으로, 시간대별 가중치 획득 과정을 나타낸다.

도 6은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 충전 스케줄과 방전 스케줄의 획득 과정을 설명하기 위한 도면으로, 상자 채우기 문제(Bin Packing Problem)를 이용한 충전 스케줄과 방전 스케줄의 최적화 과정을 나타낸다.

도 7은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 스케줄링 대상의 충전 스케줄과 방전 스케줄의 일례를 설명하기 위한

도면으로, 도 7의 (a)는 시간 윈도우(Time Window, TW)가 5분인 경우를 나타내고, 도 7의 (b)는 시간 윈도우(TW)가 45분인 경우를 나타내며, 도 7의 (c)는 시간 윈도우(TW)가 60분인 경우를 나타내고, 도 7의 (d)는 시간 윈도우(TW)가 180분인 경우를 나타낸다.

도 8은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 시간 윈도우(TW)에 따른 충전 스케줄과 방전 스케줄의 최적화 결과 및 비용을 설명하기 위한 도면이다.

도 9는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 인공지능 기반 수요 예측을 이용한 배터리 스케줄링 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0018] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시 예를 상세히 설명한다. 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시 예를 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있으며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하고, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 명세서 전체에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성 요소를 지칭한다.
- [0019] 다른 정의가 없다면, 본 명세서에서 사용되는 모든 용어(기술 및 과학적 용어를 포함)는 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 공통적으로 이해될 수 있는 의미로 사용될 수 있을 것이다. 또 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 용어들은 명백하게 특별히 정의되어 있지 않는 한 이상적으로 또는 과도하게 해석되지 않는다.
- [0020] 본 명세서에서 "제1", "제2" 등의 용어는 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하기 위한 것으로, 이들 용어들에 의해 권리범위가 한정되어서는 아니 된다. 예를 들어, 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소도 제1 구성요소로 명명될 수 있다.
- [0021] 본 명세서에서 각 단계들에 있어 식별부호(예를 들어, a, b, c 등)는 설명의 편의를 위하여 사용되는 것으로 식별부호는 각 단계들의 순서를 설명하는 것이 아니며, 각 단계들은 문맥상 명백하게 특정 순서를 기재하지 않는 이상 명기된 순서와 다르게 일어날 수 있다. 즉, 각 단계들은 명기된 순서와 동일하게 일어날 수도 있고 실질적으로 동시에 수행될 수도 있으며 반대의 순서대로 수행될 수도 있다.
- [0022] 본 명세서에서, "가진다", "가질 수 있다", "포함한다" 또는 "포함할 수 있다"등의 표현은 해당 특징(예: 수치, 기능, 동작, 또는 부품 등의 구성요소)의 존재를 가리키며, 추가적인 특징의 존재를 배제하지 않는다.
- [0023] 또한, 본 명세서에 기재된 '~부'라는 용어는 소프트웨어 또는 FPGA(field-programmable gate array) 또는 ASIC과 같은 하드웨어 구성요소를 의미하며, '~부'는 어떤 역할들을 수행한다. 그렇지만 '~부'는 소프트웨어 또는 하드웨어에 한정되는 의미는 아니다. '~부'는 어드레싱할 수 있는 저장 매체에 있도록 구성될 수도 있고 하나 또는 그 이상의 프로세서들을 재생시키도록 구성될 수도 있다. 따라서, 일 예로서 '~부'는 소프트웨어 구성요소들, 객체지향 소프트웨어 구성요소들, 클래스 구성요소들 및 태스크 구성요소들과 같은 구성요소들과, 프로세스들, 함수들, 속성들, 프로시저들, 서브루틴들, 프로그램 코드의 세그먼트들, 드라이버들, 펌웨어, 마이크로코드, 회로, 데이터 구조들 및 변수들을 포함한다. 구성요소들과 '~부'들 안에서 제공되는 기능은 더 작은 수의 구성요소들 및 '~부'들로 결합되거나 추가적인 구성요소들과 '~부'들로 더 분리될 수 있다.
- [0025] 이하에서 첨부한 도면을 참조하여 본 발명에 따른 인공지능 기반 수요 예측을 이용한 배터리 스케줄링 장치 및 방법의 바람직한 실시예에 대해 상세하게 설명한다.
- [0027] 먼저, 도 1 내지 도 6을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 인공지능 기반 수요 예측을 이용한 배터리 스케줄링 장치에 대하여 설명한다.
- [0028] 도 1은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 인공지능 기반 수요 예측을 이용한 배터리 스케줄링 장치를 설명하기 위한 블록도이고, 도 2는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 장단기 메모리(long short-term memory, LSTM)를 설명하기 위한 도면이며, 도 3은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 충전 레벨과 방전 레벨의 획득 과정을 설명하기 위한 도면이고, 도 4는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 최대 충전 용량과 최대 방전 용량의 획득 과정

을 설명하기 위한 도면이며, 도 5는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 충전 스케줄과 방전 스케줄의 획득 과정을 설명하기 위한 도면으로, 시간대별 가중치 획득 과정을 나타내고, 도 6은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 충전 스케줄과 방전 스케줄의 획득 과정을 설명하기 위한 도면으로, 상자 채우기 문제(Bin Packing Problem)를 이용한 충전 스케줄과 방전 스케줄의 최적화 과정을 나타낸다.

- [0029] 도 1을 참조하면, 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 인공지능 기반 수요 예측을 이용한 배터리 스케줄링 장치(이하 '배터리 스케줄링 장치'라 한다)(100)는 장단기 메모리(long short-term memory, LSTM) 기반 수요 예측 모델을 이용하여 획득한 시간대별 예측 수요를 기반으로, 전기 자동차(Electric Vehicle, EV) 또는 에너지 저장 시스템(Energy Storage System, ESS)의 최적의 충방전 스케줄링을 수행한다.
- [0030] 이를 위해, 배터리 스케줄링 장치(100)는 수요 예측부(110), 결정부(130) 및 스케줄링부(150)를 포함할 수 있다.
- [0032] 수요 예측부(110)는 학습 데이터를 토대로 학습된 장단기 메모리(long short-term memory, LSTM) 기반 수요 예측 모델을 이용하여 스케줄링 대상의 시간대별 예측 수요를 획득한다.
- [0033] 여기서, 스케줄링 대상은 전기 자동차(Electric Vehicle, EV) 또는 에너지 저장 시스템(Energy Storage System, ESS) 등을 말한다.
- [0034] 그리고, 학습 데이터는 전기 자동차(EV)의 운행 데이터 또는 전력망(Grid)의 AMI(Advanced Metering Infrastructure) 데이터일 수 있다.
- [0035] 즉, 수요 예측부(110)는 도 2에 도시된 바와 같은 장단기 메모리(LSTM)를 통해 스케줄링 대상의 미래에 대한 시간대별 예측 수요를 획득할 수 있다. 도 2를 참조하면, 장단기 메모리(LSTM)는 은닉 층의 메모리 셀에 입력 게이트, 망각 게이트 및 출력 게이트를 추가하여, 불필요한 기억을 지우고, 기억해야 할 데이터 값을 기억함으로써, 장기 의존성 문제를 해결한 인공지능 및 심층 신경망 기반 모델을 말한다. x_t 는 입력 값으로서, 전기 자동차(EV) 또는 전력망(Grid)의 수요 데이터를 나타낸다.
- [0037] 결정부(130)는 수요 예측부(110)를 통해 획득된 시간대별 예측 수요를 기반으로 스케줄링 대상의 충전 스케줄링과 방전 스케줄링에 이용되는 시간 윈도우(Time Window, TW)를 결정한다.
- [0038] 즉, 결정부(130)는 스케줄링 대상의 미래에 대한 시간대별 예측 수요를 기반으로 스케줄링 대상에 적합한 시간 윈도우(TW)를 결정할 수 있다.
- [0039] 여기서, 시간 윈도우(TW)는 전력망(Grid)의 AMI의 샘플링 속도와 에너지 저장 시스템(ESS)의 출력 지속 최대 시간(같은 출력으로 지속 가능한 최대 시간)을 고려하여 결정될 수 있다. 예컨대, 전력망(Grid)의 AMI 샘플링 속도가 5분 단위인 경우, 시간 윈도우(TW)의 최소값은 5분이고, 시간 윈도우(TW)의 최대값은 에너지 저장 시스템(ESS)의 출력 지속 최대 시간일 수 있다. 즉, 시간 윈도우(TW)는 5분 ~ ESS의 출력 지속 최대 시간 사이의 값으로 결정될 수 있다.
- [0041] 스케줄링부(150)는 워터-필링(Water-Filling) 알고리즘 및 상자 채우기 문제(Bin Packing Problem)를 이용하여, 수요 예측부(110)를 통해 획득된 시간대별 예측 수요 및 미리 설정된 시간대별 요금과 공급량 정보를 기반으로, 결정부(130)를 통해 결정된 시간 윈도우(TW)에 따른 시간 단위로 스케줄링 대상의 충전 스케줄과 방전 스케줄을 획득한다.
- [0042] 예컨대, 도 3에 도시된 바와 같이, 시간대별 예측 수요 및 시간대별 요금과 공급량 정보를 토대로, 충전 레벨(C-Level)과 방전 레벨(D-Level)이 획득되고, 이때, 최대 충전 용량(W_c)과 최대 방전 용량(W_b)이 획득될 수 있다. 저부하(Off-Peak)에는 전력 가격이 낮기 때문에 주로 충전 스케줄링을 고려하고, 고부하(On-Peak)에서는 방전을 통해 전기 요금(Cost)을 최대한 감축하는 방향으로 스케줄링될 수 있다.
- [0043] 즉, 스케줄링부(150)는 워터-필링(Water-Filling) 알고리즘을 이용하여 시간 윈도우(TW)에 따른 시간대별로 최대 충전 용량(W_c)과 최대 방전 용량(W_b)을 획득할 수 있다.

[0044] 예컨대, 도 4에 도시된 바와 같이, 워터-필링(Water-Filling) 알고리즘을 기반으로 시간 윈도우(TW)에 따른 시간 단위로 최대 충전 용량(W_c) 또는 최대 방전 용량(W_D)을 획득할 수 있다. 워터-필링(Water-Filling) 알고리즘은 각 시간대에 어느 정도 용량을 배치하는 것이 전체 시간대에서 가장 최적화된 에너지 레벨인지를 결정하고, 이후 설명하는 상자 채우기 문제(Bin Packing Problem)를 이용하여 각 시간대별 충전 용량과 방전 용량을 최적화하게 된다.

[0045] 그리고, 스케줄링부(150)는 상자 채우기 문제(Bin Packing Problem)를 이용하여 시간대별 예측 수요, 시간대별 요금과 공급량 정보 및 시간대별 최대 충전 용량(W_c)과 최대 방전 용량(W_D)을 기반으로 시간 윈도우(TW)에 따른 시간 단위로 스케줄링 대상의 충전 스케줄과 방전 스케줄을 획득할 수 있다.

[0046] 예컨대, 도 5에 도시된 바와 같이, 각 시간대에 공급되는 에너지(α_i)는 두 가지 도메인으로 결정될 수 있다. 즉, α_i 는 함수 $W_k = (\alpha_i, M, t_k)$ 에 따라 결정되고, y축 도메인은 $1/\Phi(t_k)$ 이고, x축 도메인은 $M\text{-demand}(t_k)$ 이다. 여기서, $\Phi(t_k)$ 는 각 시간대별 요금을 나타낸다. M은 최대 충전 용량(W_c) 또는 최대 방전 용량(W_D)을 나타낸다. 이와 같이, 요금과 충전 가능 용량을 동시에 고려하여 각 시간대별 최적화된 충전 용량을 결정하여 배치할 수 있다.

[0047] 보다 자세히 설명하면, 스케줄링부(150)는 시간대별 예측 수요를 기반으로 충전 레벨(C-Level)을 획득할 수 있다. 그리고, 스케줄링부(150)는 충전 레벨(C-Level), 시간대별 요금과 공급량 정보 및 시간대별 최대 충전 용량(W_c)을 기반으로 스케줄링 대상의 충전 스케줄을 획득할 수 있다. 그리고, 스케줄링부(150)는 충전 레벨(C-Level)을 역변환하여 방전 레벨(D-Level)을 획득할 수 있다. 그리고, 스케줄링부(150)는 방전 레벨(D-Level), 시간대별 요금과 공급량 정보 및 시간대별 최대 방전 용량(W_D)을 기반으로 스케줄링 대상의 방전 스케줄을 획득할 수 있다.

[0048] 즉, 경제적으로 적합한 최대 충전량을 결정하기 위한 충전 레벨(C-Level)은 도 4에 도시된 바와 같이 설치된 에너지 저장 시스템(ESS)의 총 용량과 전기 요금제를 고려하여 결정된다. 에너지 저장 시스템(ESS)을 저부하 요금 구간(Off-Peak)에서 100% 충전할 때 가장 저렴하게 충전 가능하도록 충전 레벨(C-Level)이 결정될 수 있다. 충전 레벨(C-Level)을 결정하기 위해서는 각 시간 대에서의 최대 충전 용량(W_c)의 결정이 선행되어야 한다.

$$\text{maximize } W_c = \sum_{t=1}^S \log(1 + \frac{C_t}{N_t^c})$$

[0049] 여기서, S는 시간 윈도우(TW)에 따른 하루의 스케줄링 횟수를 나타낸다. C_t 는 각 시간 단위에 할당된 충전 용량을 나타낸다. N_t^c 는 해당 충전 용량 사용시 부과되는 전기 요금을 나타낸다.

[0051] 워터-필링 알고리즘은 최대 충전 용량(W_c)를 최대화하면서 동시에 워터-필링 알고리즘을 통해 스케줄링되는 충전

용량의 총합($\sum_{t=1}^S C_t$)은 에너지 저장 시스템(ESS)의 설치 용량과 같거나 그 이하이어야 한다. 이때, 결정된 각 시간대별 최대 충전 용량(W_c)을 배치하는 경우(도 4의 하늘색 영역), 도 4에 도시된 바와 같이 충전 레벨(C-Level)이 결정될 수 있다.

[0052] 위와 마찬가지로 방전 레벨(D-Level)의 경우에도 유사한 방법으로 워터-필링 알고리즘을 통하여 방전 스케줄링이 결정된다.

$$\text{maximize } W_D = \sum_{t=1}^S \log(1 + \frac{D_t}{N_t^d})$$

[0053] 여기서, D_t 는 각 시간 단위에 할당된 방전 용량을 나타낸다. N_t^d 는 해당 방전 용량 사용시 부과되는 전기 요금을 나타낸다.

- [0055] 방전 스케줄링의 경우에는 방전 용량의 총합($\sum_{i=1}^S D_i$)은 충전 용량의 총합($\sum_{i=1}^S C_i$)과 같거나 그 이하이어야 한다. 마찬가지로 각 시간대 별로 최대 방전 용량(W_D)을 과부하 구간(On-Peak)에 배치하는 경우(도 4의 노란색 영역), 도 4에 도시된 바와 같이 방전(D-Level)이 결정될 수 있다.
- [0056] 충전 레벨(C-Level), 최대 충전 용량(W_C), 방전 레벨(D-Level), 최대 방전 용량(W_D)는 해당 전력망(grid), 전기 요금, 에너지 저장 시스템(ESS)을 고려하였을 때, 권장되는 최대 조건 및 한계치를 나타낸다.
- [0057] 각 시간대별로 최적화된 용량을 배치하기 위해서는 상자 채우기 문제(Bin Packing Problem)을 통하여 최적화하여야 한다. 총방전 용량으로 결정된 α 는 어느 시간대에 충전/방전 되느냐에 따라 경제적 비용과 전력망의 부하도가 달라지게 된다. 도 5에 도시된 바와 같이 경제적 비용을 고려할 수 있는 y축 도메인($1/\Phi(t_k)$)과 전력망의 부하도를 고려할 수 있는 x축 도메인(M-demand(t_k))을 동시에 최소화하는 시간대에 해당 용량을 배치하도록 한다. 이때, 배치되는 총방전 용량은 워터-필링 알고리즘에 의해 결정된 최대 충전/방전 레벨 조건을 넘지 않는 시간대에 배치하도록 한다. 최적화된 배치가 잘 될수록 최적화 점수(Balance Index)가 높게 나타나게 된다.
- [0060] 그러면, 도 7 및 도 8을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 인공지능 기반 수요 예측을 이용한 배터리 스케줄링 동작의 성능에 대하여 설명한다.
- [0061] 도 7은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 스케줄링 대상의 충전 스케줄과 방전 스케줄의 일례를 설명하기 위한 도면으로, 도 7의 (a)는 시간 윈도우(Time Window, TW)가 5분인 경우를 나타내고, 도 7의 (b)는 시간 윈도우(TW)가 45분인 경우를 나타내며, 도 7의 (c)는 시간 윈도우(TW)가 60분인 경우를 나타내고, 도 7의 (d)는 시간 윈도우(TW)가 180분인 경우를 나타낸다.
- [0062] 도 7을 참조하면, 각 시간대별로 최적화된 용량을 공급하기 때문에 경제적 비용을 감소시킬 수 있고, 부하의 안정성을 높일 수 있다. 또한, 시간 윈도우(TW)에 따라 유동적으로 스케줄링이 가능하므로 규모가 큰 전력망(Grid)뿐만 아니라 작은 에너지 단위인 전기 자동차(EV)에도 적용이 가능하다.
- [0063] 도 8은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 시간 윈도우(TW)에 따른 충전 스케줄과 방전 스케줄의 최적화 결과 및 비용을 설명하기 위한 도면이다.
- [0064] 도 8을 참조하면, 각 시간 윈도우(TW)에 따른 최적화 점수(Balance Index) 및 하루 전기 요금(Daily Cost)을 비교한 결과, 5분/10분/15분/20분/30분/60분 단위의 스케줄에서 경제적 비용은 동일하나, 최적화 점수는 60분 단위의 스케줄링에서 가장 효과적인 결과를 나타내는 것을 확인할 수 있다.
- [0067] 그러면, 도 9를 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 인공지능 기반 수요 예측을 이용한 배터리 스케줄링 방법에 대하여 설명한다.
- [0068] 도 9는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 인공지능 기반 수요 예측을 이용한 배터리 스케줄링 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.
- [0069] 도 9를 참조하면, 배터리 스케줄링 장치(100)는 장단기 메모리(LSTM) 기반 수요 예측 모델을 이용하여 스케줄링 대상의 시간대별 예측 수요를 획득한다(S110).
- [0071] 그러면, 배터리 스케줄링 장치(100)는 시간대별 예측 수요를 기반으로 스케줄링 대상의 충전 스케줄링과 방전 스케줄링에 이용되는 시간 윈도우(TW)를 결정한다(S130).

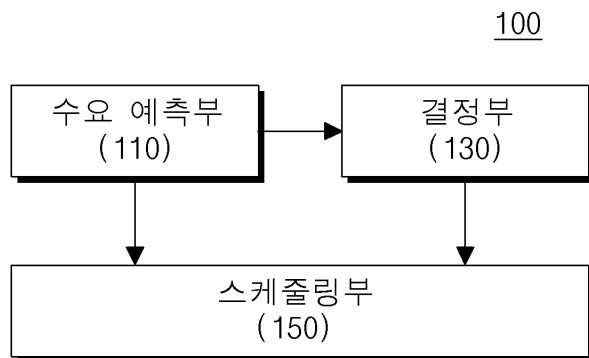
- [0073] 그런 다음, 배터리 스케줄링 장치(100)는 워터-필링(Water-Filling) 알고리즘 및 상자 채우기 문제(Bin Packing Problem)를 이용하여, 시간대별 예측 수요 및 미리 설정된 시간대별 요금과 공급량 정보를 기반으로, 시간 윈도우에 따른 시간 단위로 스케줄링 대상의 충전 스케줄과 방전 스케줄을 획득한다(S150).
- [0074] 즉, 배터리 스케줄링 장치(100)는 워터-필링(Water-Filling) 알고리즘을 이용하여 시간 윈도우(TW)에 따른 시간대별로 최대 충전 용량(W_c)과 최대 방전 용량(W_d)을 획득하고, 상자 채우기 문제(Bin Packing Problem)를 이용하여 시간대별 예측 수요, 시간대별 요금과 공급량 정보 및 시간대별 최대 충전 용량(W_c)과 최대 방전 용량(W_d)을 기반으로 시간 윈도우(TW)에 따른 시간 단위로 스케줄링 대상의 충전 스케줄과 방전 스케줄을 획득할 수 있다.
- [0075] 보다 자세히 설명하면, 배터리 스케줄링 장치(100)는 시간대별 예측 수요를 기반으로 충전 레벨(C-Level)을 획득하고, 충전 레벨(C-Level), 시간대별 요금과 공급량 정보 및 시간대별 최대 충전 용량(W_c)을 기반으로 스케줄링 대상의 충전 스케줄을 획득하며, 충전 레벨(C-Level)을 역변환하여 방전 레벨(D-Level)을 획득하고, 방전 레벨(D-Level), 시간대별 요금과 공급량 정보 및 시간대별 최대 방전 용량(W_d)을 기반으로 스케줄링 대상의 방전 스케줄을 획득할 수 있다.
- [0078] 이상에서 설명한 본 발명의 실시예를 구성하는 모든 구성요소들이 하나로 결합하거나 결합하여 동작하는 것으로 기재되어 있다고 해서, 본 발명이 반드시 이러한 실시예에 한정되는 것은 아니다. 즉, 본 발명의 목적 범위 안에서라면, 그 모든 구성요소들이 하나 이상으로 선택적으로 결합하여 동작할 수도 있다. 또한, 그 모든 구성요소들이 각각 하나의 독립적인 하드웨어로 구현될 수 있지만, 각 구성요소들의 그 일부 또는 전부가 선택적으로 조합되어 하나 또는 복수개의 하드웨어에서 조합된 일부 또는 전부의 기능을 수행하는 프로그램 모듈을 갖는 컴퓨터 프로그램으로서 구현될 수도 있다. 또한, 이와 같은 컴퓨터 프로그램은 USB 메모리, CD 디스크, 플래쉬 메모리 등과 같은 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록 매체(Computer Readable Media)에 저장되어 컴퓨터에 의하여 읽혀지고 실행됨으로써, 본 발명의 실시예를 구현할 수 있다. 컴퓨터 프로그램의 기록 매체로서는 자기기록매체, 광기록매체 등이 포함될 수 있다.
- [0079] 이상의 설명은 본 발명의 기술 사상을 예시적으로 설명한 것에 불과한 것으로서, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위 내에서 다양한 수정, 변경 및 치환이 가능할 것이다. 따라서, 본 발명에 개시된 실시예 및 첨부된 도면들은 본 발명의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예 및 첨부된 도면에 의하여 본 발명의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

부호의 설명

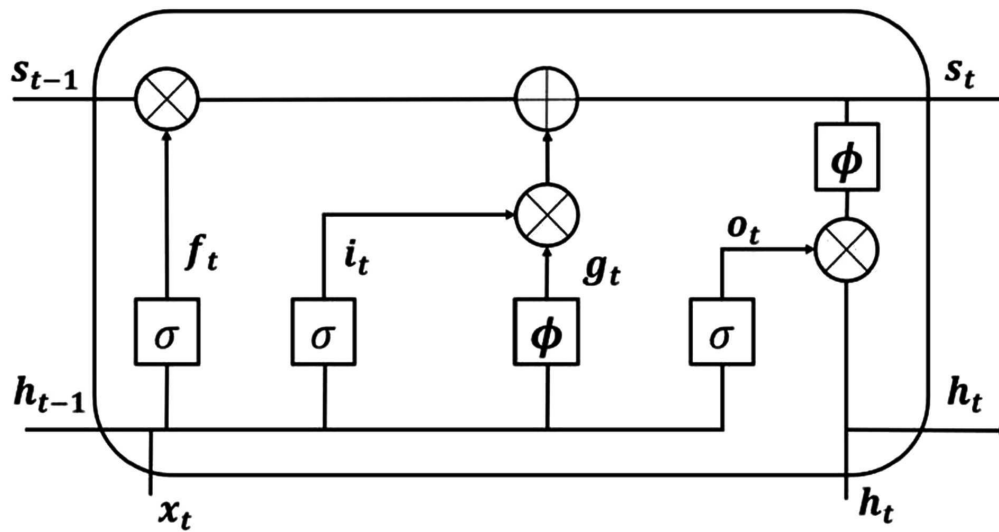
- [0080] 100 : 배터리 스케줄링 장치,
110 : 수요 예측부,
130 : 결정부,
150 : 스케줄링부

도면

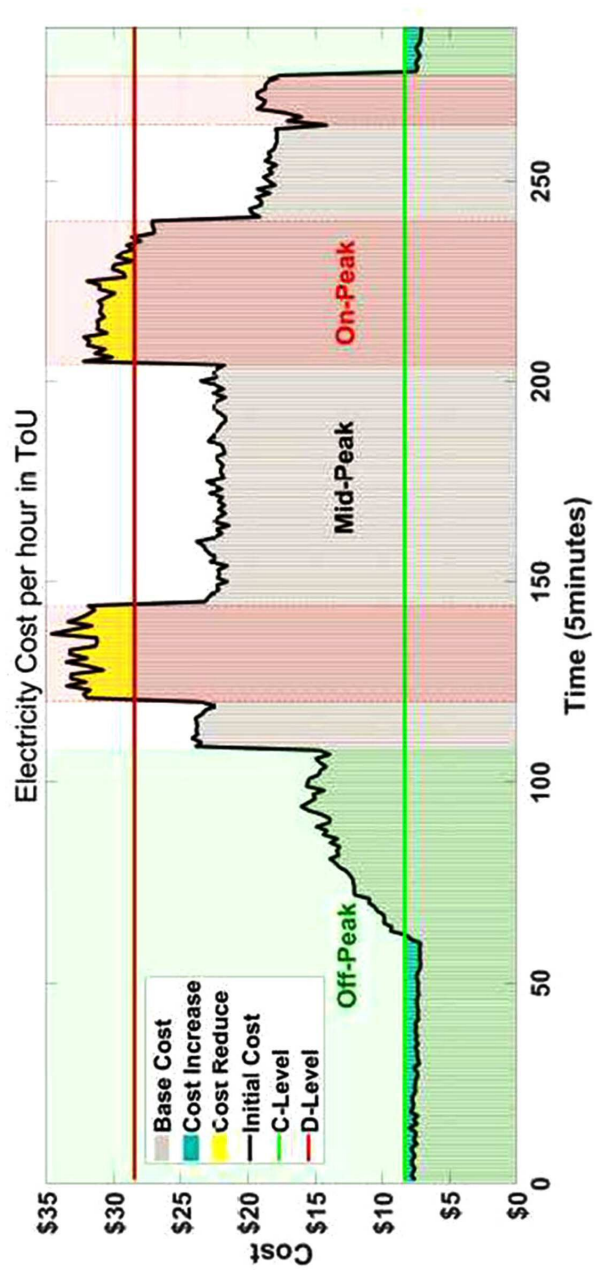
도면1



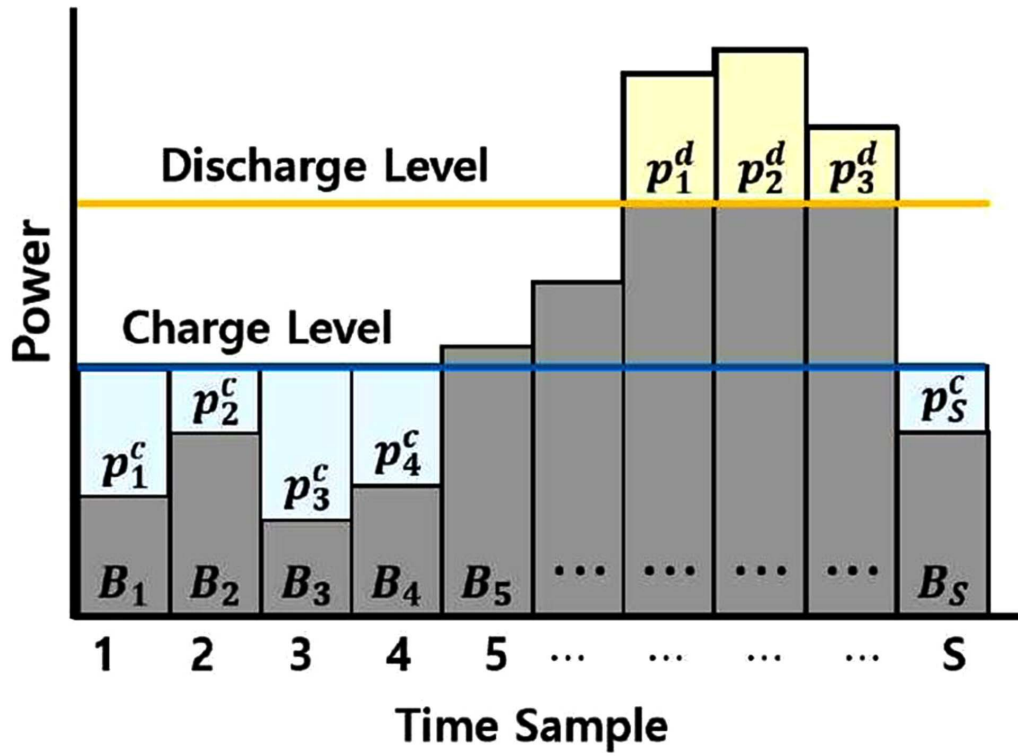
도면2



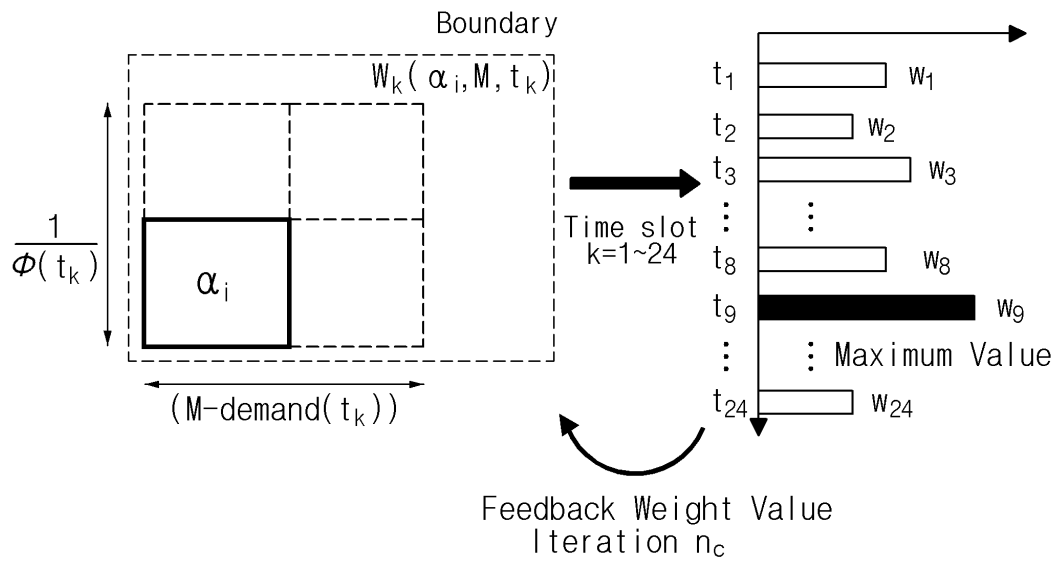
도면3



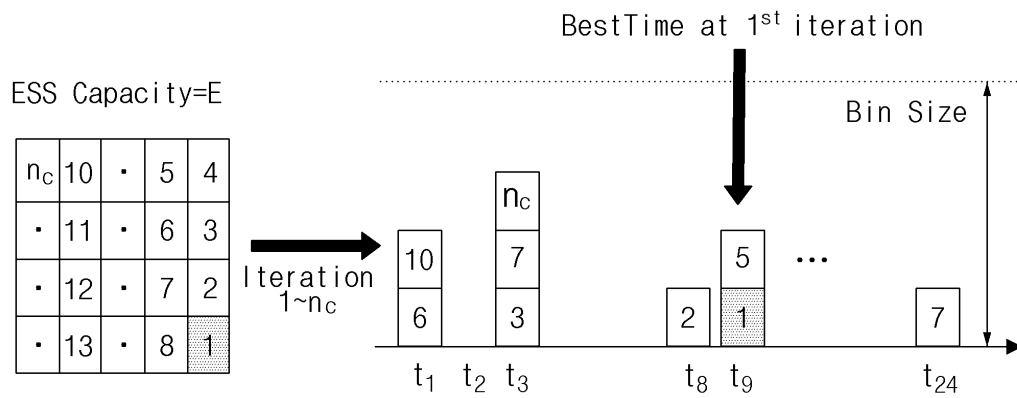
도면4



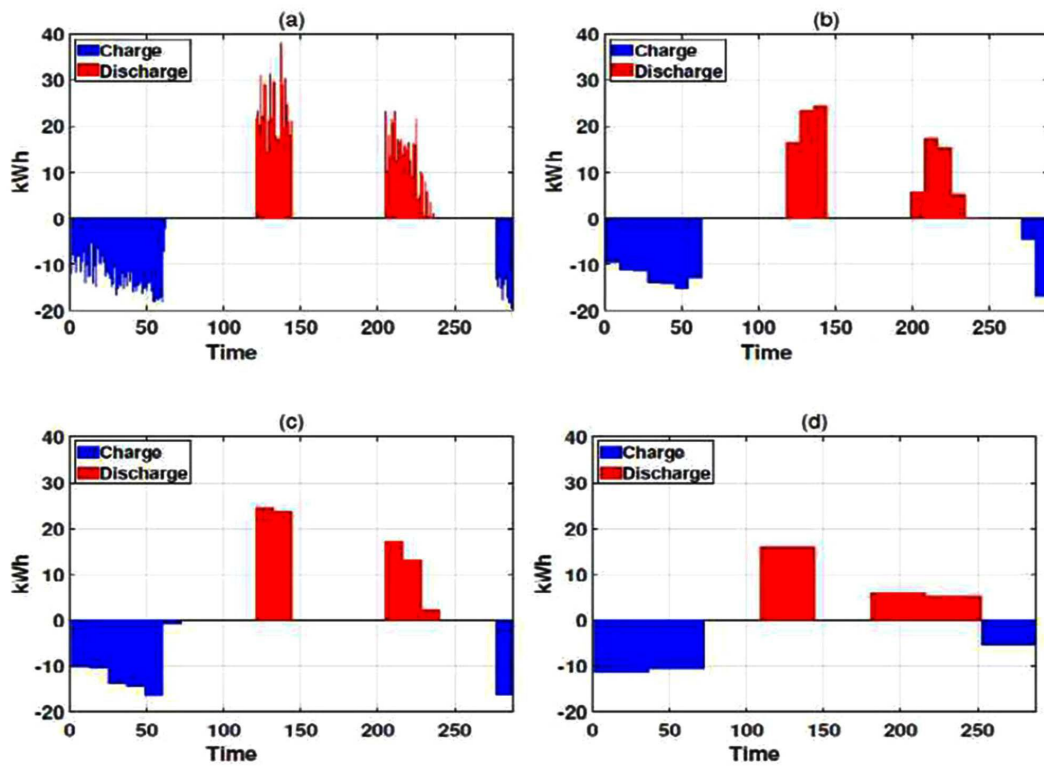
도면5



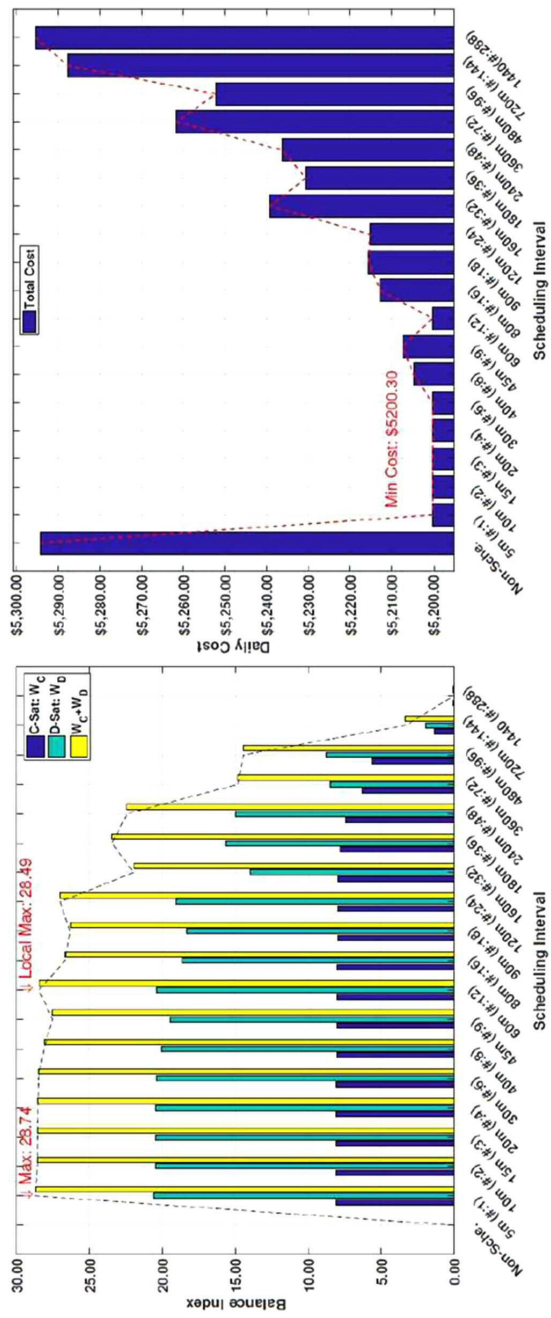
도면6



도면7



도면8



도면9

