



(19) 대한민국 지식재산청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2025년10월14일
(11) 등록번호 10-2869013
(24) 등록일자 2025년09월30일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G06Q 50/06 (2024.01) G06N 3/045 (2023.01)
G06N 3/092 (2023.01) G06Q 30/0201 (2023.01)
G06Q 50/10 (2012.01)

(52) CPC특허분류

G06Q 50/06 (2024.01)
G06N 3/045 (2023.01)

(21) 출원번호 10-2024-0133904

(22) 출원일자 2024년10월02일

심사청구일자 2024년10월02일

(56) 선행기술조사문헌

KR1020230039311 A*
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자

렉스이노베이션 주식회사

전라남도 나주시 교육길 13, G동 201호(빛가람동, 스마트파크 지식산업센터)

(72) 발명자

임정민

전라남도 나주시 금천면 천석길 35, 105동 1001호
(빛가람코오롱하늘채아파트)

이지즈준

전라남도 나주시 상야3길 8, B동 205호 (빛가람동, 중흥s클래스 메가티움 2차)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인더웨이브

전체 청구항 수 : 총 10 항

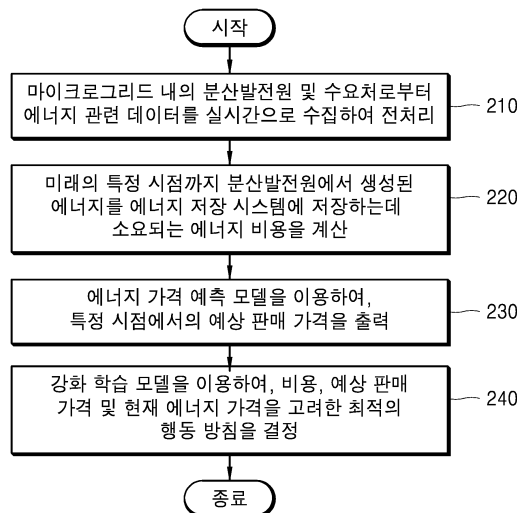
심사관 : 양찬호

(54) 발명의 명칭 ESS를 활용한 에너지 비용 및 판매 가격 계산 방법 및 장치

(57) 요약

본 개시는 ESS를 활용한 에너지 비용 및 판매 가격 계산 방법 및 장치에 관한 것이다. 본 개시의 에너지 관리 방법은, 마이크로그리드 내의 분산발전원 및 수요처로부터 에너지 관련 데이터를 실시간으로 수집하여 전처리하는 단계, 미래의 특정 시점까지 상기 분산발전원에서 생성된 에너지를 에너지 저장 시스템에 저장하는데 소요되는 에너지 비용을 추정하는 단계, 에너지 가격 예측 모델을 이용하여, 상기 특정 시점에서의 예상 판매 가격을 획득하는 단계 및 강화 학습 모델을 이용하여, 상기 에너지 비용, 상기 예상 판매 가격 및 현재 에너지 가격을 고려한 최적의 행동 방침을 결정하는 단계를 포함한다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

G06N 3/092 (2023.01)
G06Q 30/0206 (2013.01)
G06Q 50/10 (2015.01)
H02J 3/008 (2023.08)
H02J 2300/20 (2023.08)
Y04S 50/10 (2013.01)
Y04S 50/12 (2013.01)

(72) 발명자

코일준

전라남도 나주시 상야3길 8, A동 527호 (빛가람동,
중흥s클래스 메가티움 2차)

수크로브

전라남도 나주시 상야3길 8, A동 557호 (빛가람동,
중흥s클래스 메가티움 2차)

(56) 선행기술조사문헌

KR102497271 B1*
KR1020230125561 A*
KR1020240033738 A
KR102187327 B1

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

명세서

청구범위

청구항 1

에너지 관리 장치에 의해 수행되는 에너지 관리 방법으로서,

마이크로그리드 내의 분산발전원 및 수요처로부터 에너지 관련 데이터를 실시간으로 수집하여 전처리하는 단계;

O&M(Operation and Maintenance) 비용, 충전 비용, 감가상각비 및 인플레이션에 따른 미래 비용을 이용하여, 미래의 특정 시점까지 상기 분산발전원에서 생성된 에너지를 에너지 저장 시스템에 저장하는데 소요되는 에너지 비용을 추정하는 단계;

에너지 가격 예측 모델을 이용하여, 상기 특정 시점에서의 예상 판매 가격을 획득하는 단계; 및

강화 학습 모델을 이용하여, 상기 에너지 비용, 상기 예상 판매 가격 및 현재 에너지 가격을 고려한 최적의 행동 방침을 결정하는 단계;를 포함하는, 에너지 관리 방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 에너지 가격 예측 모델은,

계통 한계 가격(SMP)의 추이, 상기 마이크로그리드 내의 총 에너지 예상 생성량, 날씨 데이터, 상기 마이크로그리드 내의 총 에너지 예상 수요량, 과거 판매 가격 및 상기 에너지 비용을 입력 데이터로서 입력 받고, 상기 예상 판매 가격을 출력하는, 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 에너지 가격 예측 모델은,

입력 데이터의 공간적 특징 및 시간적 의존성을 포착하는,

CNN-LSTM 하이브리드 모델인, 방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 행동 방침은,

상기 생성된 에너지의 판매, 구매 또는 저장 중 적어도 하나를 포함하는, 방법.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 강화 학습 모델은,

마이크로그리드의 상태(State) 정보에 기초하여, 상기 최적의 행동 방침을 출력하며,

상기 상태 정보는,

날씨, 에너지 수요, 에너지 공급, 상기 에너지 저장 시스템의 저장 수준, 상기 에너지 비용 및 에너지 가격을 포함하는, 방법.

청구항 7

제 6 항에 있어서,
상기 강화 학습 모델은,
에이전트가 상기 분산발전원의 수익을 최대화하는 행동을 결정하도록 보상을 제공하는, 방법.

청구항 8

제 1 항에 있어서,
상기 강화 학습 모델은,
PPO(Proximal Policy Optimization) 알고리즘을 사용하여 사전 훈련된 것인, 방법.

청구항 9

제 1 항에 있어서,
상기 전처리하는 단계는,
상기 에너지 관련 데이터에 포함된 과거 전력 생성 데이터, 과거 수요 데이터, 배터리 용량, 에너지 가격 데이터에 포함된 타임 스탬프들을 표준화하고 일관된 데이터 형식으로 변환하여 통합하는 단계;를 포함하는, 방법.

청구항 10

적어도 하나의 프로그램이 저장된 메모리; 및
상기 적어도 하나의 프로그램을 실행함으로써 동작하는 적어도 하나의 프로세서를 포함하고,
상기 프로세서는,
마이크로그리드 내의 분산발전원 및 수요처로부터 에너지 관련 데이터를 실시간으로 수집하여 전처리하고,
O&M(Operation and Maintenance) 비용, 충전 비용, 감가상각비 및 인플레이션에 따른 미래 비용을 이용하여, 미래의 특정 시점까지 상기 분산발전원에서 생성된 에너지를 에너지 저장 시스템에 저장하는데 소요되는 비용을 추정하고,
에너지 가격 예측 모델을 이용하여, 상기 특정 시점에서의 예상 판매 가격을 획득하고,
강화 학습 모델을 이용하여, 상기 추정된 비용, 상기 예상 판매 가격 및 현재 에너지 가격을 고려한 최적의 행동 방침을 결정하는, 에너지 관리 장치.

청구항 11

제 1 항의 방법을 컴퓨터에서 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 개시는 ESS를 활용한 에너지 비용 및 판매 가격 계산 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 이 특허는 2024년 전라남도와 (재)전남테크노파크의 지역수요맞춤형 연구개발사업의 지원을 받아 수행된 연구임.

[0003] This patent has been written with the support of Jeollanam-do ('2024 R&D supporting program' operated by Jeonnam Technopark)

[0004] 마이크로그리드는 소규모 분산 발전원을 통해, 중앙 전력망과 분리되어, 특정 지역 내에서 독립적으로 에너지를

관리하고 운영할 수 있는 시스템이다. 마이크로그리드 내의 분산 발전원은 소수력, 풍력, 태양광 등 재생 가능한 에너지원이 대부분을 차지하며, 재생 에너지는 날씨 등의 영향에 의해 에너지 생산의 변동성이 크기 때문에 안정적인 전력 공급과 운영을 위해 에너지 저장 시스템(ESS)의 효율적인 활용이 필수적이다.

[0005] 기존의 에너지 관리 방법은 잔여 전력을 자가 소비하거나 저장할 뿐, 공급자(발전 사업자)의 수익성을 최대화하는 전략을 수립하는 데에는 한계가 존재한다. 따라서, 에너지의 저장 비용과 판매 가격을 정확히 예측하고, 이를 기반으로 최적의 행동 방침을 결정하는 기술이 요구된다.

[0006] 전문 배정기술은 발명자가 본 발명의 도출을 위해 보유하고 있었거나, 본 발명의 도출 과정에서 습득한 기술 정보로서, 반드시 본 발명의 출원 전에 일반 공중에게 공개된 공지기술이라 할 수는 없다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 개시는 ESS를 활용한 에너지 비용 및 판매 가격 계산 방법 및 장치를 제공한다. 본 개시가 해결하고자 하는 과제는 이상에서 언급한 과제에 한정되지 않으며, 언급되지 않은 본 개시의 다른 과제 및 장점들은 하기의 설명에 의해서 이해될 수 있고, 본 개시의 실시 예에 의해보다 분명하게 이해될 것이다. 또한, 본 개시가 해결하고자 하는 과제 및 장점들은 특허 청구 범위에 나타난 수단 및 그 조합에 의해 실현될 수 있음을 알 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0008] 일 측면에 따른 에너지 관리 방법은, 마이크로그리드 내의 분산발전원 및 수요처로부터 에너지 관련 데이터를 실시간으로 수집하여 전처리하는 단계; 미래의 특정 시점까지 상기 분산발전원에서 생성된 에너지를 에너지 저장 시스템에 저장하는데 소요되는 에너지 비용을 추정하는 단계; 에너지 가격 예측 모델을 이용하여, 상기 특정 시점에서의 예상 판매 가격을 획득하는 단계; 및 강화 학습 모델을 이용하여, 상기 에너지 비용, 상기 예상 판매 가격 및 현재 에너지 가격을 고려한 최적의 행동 방침을 결정하는 단계;를 포함할 수 있다.

[0009] 다른 측면에 따른 방법은 포함한다.

[0010] 또 다른 측면에 따른 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체는 상술한 방법을 컴퓨터에서 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 기록매체를 포함한다.

발명의 효과

[0011] 전문한 본 개시의 과제 해결 수단에 의하면, 실시간으로 수집된 데이터를 바탕으로 에너지를 저장하는 데 드는 비용을 정확하게 계산함으로써, ESS를 효율적으로 운영할 수 있다.

[0012] 또한, 다양한 입력 데이터를 고려한 에너지 가격 예측 모델을 통해 특정 시점에서의 판매 가격을 정확하게 예측함으로써, 시장에서의 수익성을 극대화할 수 있다.

[0013] 또한, 강화 학습 모델을 통해 에너지 비용, 예상 판매 가격 및 현재 에너지 가격을 통합적으로 고려하여, 최적의 에너지 관리 전략을 자동으로 결정할 수 있다.

[0014] 실시예들에 의한 효과가 이상에서 언급한 효과들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 효과들은 본 발명의 기재로부터 당해 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0015] 도 1은 일 실시예에 따른 에너지 관리 시스템의 일 예를 설명하기 위한 예시적인 도면이다.

도 2는 일 실시예에 따른 에너지 관리 방법의 일 예를 설명하기 위한 예시적인 도면이다.

도 3은 일 실시예에 따른 에너지 관리 장치에서의 프로세스를 나타내는 예시적인 도면이다.

도 4는 일 실시예에 따른 강화 학습 모델을 설명하기 위한 예시적인 도면이다.

도 5는 일 실시예에 따른 에너지 관리 장치의 일 예를 나타내는 구성도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0016] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 설명되는 실시 예를 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 아래에서 제시되는 실시 예들로 한정되는 것이 아니라, 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있고, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변환, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.
- [0017] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시 예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, “포함하다” 또는 “가지다” 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0018] 본 개시의 일부 실시예는 기능적인 블록 구성들 및 다양한 처리 단계들로 나타내어질 수 있다. 이러한 기능 블록들의 일부 또는 전부는, 특정 기능들을 실행하는 다양한 개수의 하드웨어 및/또는 소프트웨어 구성들로 구현될 수 있다. 예를 들어, 본 개시의 기능 블록들은 하나 이상의 마이크로 프로세서들에 의해 구현되거나, 소정의 기능을 위한 회로 구성들에 의해 구현될 수 있다.
- [0019] 또한, 예를 들어, 본 개시의 기능 블록들은 다양한 프로그래밍 또는 스크립팅 언어로 구현될 수 있다. 기능 블록들은 하나 이상의 프로세서들에서 실행되는 알고리즘으로 구현될 수 있다. 또한, 본 개시는 전자적인 환경 설정, 신호 처리, 및/또는 데이터 처리 등을 위하여 종래 기술을 채용할 수 있다. “매커니즘”, “요소”, “수단” 및 “구성” 등과 같은 용어는 넓게 사용될 수 있으며, 기계적이고 물리적인 구성들로서 한정되는 것은 아니다.
- [0020] 또한, 도면에 도시된 구성 요소들 간의 연결 선 또는 연결 부재들은 기능적인 연결 및/또는 물리적 또는 회로적 연결들을 예시적으로 나타낸 것일 뿐이다. 실제 장치에서는 대체 가능하거나 추가된 다양한 기능적인 연결, 물리적인 연결, 또는 회로 연결들에 의해 구성 요소들 간의 연결이 나타내어질 수 있다.
- [0021] 이하 첨부된 도면을 참고하여 본 개시를 상세히 설명하기로 한다. 그러나 실시 예는 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 예에 한정되지 않는다.
- [0022] 도 1은 일 실시예에 따른 에너지 관리 시스템의 일 예를 설명하기 위한 예시적인 도면이다.
- [0023] 도 1을 참조하면, 일 실시예에 에너지 관리 시스템(10)은 분산발전원(101), 에너지 저장 시스템(102), 수요처(103) 및 에너지 관리 장치(100)를 포함할 수 있다.
- [0024] 중앙 전력망을 이용하지 않는 독립적인 에너지 관리 시스템으로, 특정 지역 내에서 자율적으로 운영될 수 있다. 예를 들어, 에너지 특화 지역으로 선정된 지역일 수 있고, 다양한 재생 에너지를 통해 운영되며 지역 내에서 생성된 에너지를 자급자족하는 형태로 구성될 수 있다.
- [0025] 분산발전원(101)에는 소수력, 풍력, 태양광과 같은 재생 가능한 에너지원이 포함될 수 있으며, 바이오매스, 지열, 연료전지 등과 같은 다른 형태의 에너지원도 포함될 수 있다. 또한, ESS 자체도 분산발전원으로 포함될 수 있다. 이 경우, ESS에서 방전되는 에너지도 하나의 생성 에너지로 간주될 수 있다. 분산발전원(101)에 포함된 재생 에너지원들은 날씨, 계절, 환경 조건에 따라 에너지 생성량의 변동성이 크다. 이로 인해 안정적인 전력 공급을 위해 에너지를 저장하고 관리하는 시스템이 필수적이다.
- [0026] 에너지 저장 시스템(ESS, 102)이란 분산발전원에서 생성된 에너지를 저장하기 위한 장치로, 대형 ESS, 단주기 ESS, 장주기 ESS 등의 다양한 형태로 구성될 수 있다. ESS(102)는 전력 수요와 공급 간의 불균형을 해소하기 위해 사용되며, 특히 직류 전력 시스템의 효율성을 극대화하는 데 중요한 역할을 한다.
- [0027] 예를 들어, 풍력 및 소수력 발전 시스템에서 발생하는 재생 에너지는 일반적으로 교류(AC) 형태로 생성된다. AC 전력은 전송 및 변환 과정에서 손실이 발생하기 쉽다. 따라서 본 발명의 마이크로그리드는 전력을 효율적으로 저장하기 위해 AC 전력을 직류(DC)로 변환하여 에너지 저장 시스템(102)에 저장한 뒤, DC 전력을 DC 직배선 또는 이동형 ESS로 DC to DC 방식으로 전달할 수 있다. 이후, 이동형 ESS에 저장된 DC 전력은 수요처에서 다시 교류(AC)로 변환되어 사용될 수 있다.
- [0028] 본 개시에서, 수요처(103)는 마이크로그리드 내에서 생성된 에너지를 소비하는 모든 주체일 수 있다. 예를 들어, 수요처(103)는 공장, 주택, 상업 시설 등을 포함할 수 있다.

- [0029] 일 실시예에 따르면, 에너지 관리 장치(100)는 비용 계산 모듈(110), 가격 예측 모듈(120), 행동 결정 모듈(130)을 포함할 수 있다. 에너지 관리 장치(100)는 마이크로그리드 내의 다양한 에너지 관련 데이터를 실시간으로 수집하고, 수집된 데이터를 전처리할 수 있다.
- [0030] 에너지 관련 데이터에는 각 분산발전원의 에너지 생성량, ESS(102)의 저장 상태, 현재 전력 수요, 예상 수요, 시장 가격 동향 등이 포함될 수 있다. 이때 예상 수요는 수요처의 AMI(Advanced Metering Infrastructure)로부터 수집된 빅데이터를 분석한 결과일 수 있다.
- [0031] 비용 계산 모듈(110)은 ESS(102)에 에너지를 저장하는 데 소요되는 비용을 계산하는 역할을 한다. 일 실시예에 따르면 비용 계산 모듈(110)은 O&M(Operation and Maintenance) 비용, 충전 비용, 감가상각비를 산출하고, 이를 합산하여 총 일일 비용을 계산할 수 있다. 그리고, 인플레이션율을 적용하여 미래 비용이 조정된 특정 시점까지의 에너지 저장 비용을 예측할 수 있다.
- [0032] 가격 예측 모듈(120)은 계통 한계 가격(SMP), 예상 에너지 생성량, 날씨 데이터, 예상 에너지 수요량, 과거 판매 가격 및 저장 비용과 같은 입력 데이터를 기반으로 특정 시점에서의 예상 에너지 판매 가격을 예측할 수 있다.
- [0033] 행동 결정 모듈(130)은 강화 학습 모델을 이용하여 최적의 행동 방침을 결정할 수 있다. 행동 결정 모듈(130)은 비용 계산 모듈(110)과 가격 예측 모듈(120)에서 제공된 데이터를 바탕으로 에너지를 판매, 구매 또는 저장하는 등 최적의 전략을 자동으로 선택할 수 있다. 이 과정에서 에너지 관리 장치(100)는 분산발전원의 수익성을 최대화하고, 마이크로그리드의 운영 효율성을 극대화할 수 있다.
- [0035] 도 2는 일 실시예에 따른 에너지 관리 방법의 일 예를 설명하기 위한 예시적인 도면이다.
- [0036] 도 2를 참조하면, 단계 210에서 에너지 관리 장치(100)는 마이크로그리드 내의 분산발전원 및 수요처로부터 에너지 관련 데이터를 실시간으로 수집하여 전처리할 수 있다.
- [0037] 예를 들어, 에너지 관리 장치(100)는 에너지 관련 데이터에 포함된 과거 전력 생성 데이터, 과거 수요 데이터, 배터리 용량, 에너지 가격 데이터에 포함된 타임 스탬프들을 표준화하고 일관된 데이터 형식으로 변환하여 통합할 수 있다.
- [0038] 그리고, 에너지 관리 장치(100)는 통합된 데이터들을 정제 및 정규화하는 과정을 수행할 수 있다. 이 과정에는 누락된 값의 보간, 통계적 이상값 제거, 일관된 척도로의 수치 값 정규화가 포함될 수 있다. 이를 통해 데이터의 무결성을 유지하고, 후속 분석의 신뢰도가 향상될 수 있다.
- [0039] 정규화된 데이터는 다양한 특징 공학(Feature Engineering) 기법을 통해 의미 있는 정보로 변환될 수 있다. 예를 들어, 통합된 데이터로부터 시간 관련 속성(일별 시간 및 계절 패턴), 과거 데이터 포인트를 고려한 지연 특징, 다중 변수의 결합 효과를 분석하기 위해 상호 작용 특징이 도출될 수 있다. 이러한 특징 공학 기법은 데이터 표현을 향상시켜, 에너지 관리 시스템의 예측 정확도와 모델 성능을 향상시키는 데 기여할 수 있다.
- [0040] 단계 220에서 에너지 관리 장치(100)는 미래의 특정 시점까지 분산발전원에서 생성된 에너지를 에너지 저장 시스템에 저장하는데 소요되는 에너지 비용을 추정할 수 있다.
- [0041] 제1 실시예에 따르면, 에너지 관리 장치(100)는 다양한 비용 요소를 고려하여 ESS에 에너지를 저장하는 데 소요되는 총 에너지 비용을 계산할 수 있다. 특정 시점에서의 에너지 비용을 보다 정확하게 추정하기 위해 고려되는 비용 요소에는, O&M(Operation and Maintenance) 비용, 충전 비용, 감가상각비 및 인플레이션에 따른 미래 비용이 포함될 수 있다.
- [0042] 우선, 에너지 저장 시스템의 연간 운영 비용을 일 단위로 나누어 일일 O&M 비용을 산출할 수 있다. 예를 들어, 연간 O&M 비용이 \$5,000인 경우, 일일 O&M 비용은 \$13.69(= 365)로 산출된다.
- [0043] 다음으로, 일일 방전된 에너지량에 전기 요금을 곱함으로써 에너지를 충전하는 데 소요되는 충전 비용을 산출할 수 있다. 예를 들어, 하루에 방전된 에너지량이 500kWh이고, 전기 요금이 \$0.10/kWh인 경우, 일일 충전 비용은 \$50(=500 × \$0.10)로 계산된다.
- [0044] 또한, 초기 투자 비용을 에너지 저장 시스템의 예상 수명(일)으로 나누어 일일 감가상각비가 산출될 수 있다. 예를 들어, 초기 투자 비용이 \$100,000이고, 예상 수명이 10년(3650일)인 경우, 일일 감가상각비는 \$27.40(= \$100,000 / 3650)로 산출될 수 있다.

[0045] 총 일일 비용은 일일 O&M 비용, 일일 충전 비용, 일일 감가상각비를 모두 합산하여 계산될 수 있다. 예를 들어, 일일 O&M 비용이 \$13.69, 일일 충전 비용이 \$50, 일일 감가상각비가 \$27.40인 경우, 총 일일 비용은 \$91.09(= \$13.69 + \$50 + \$27.40)로 계산된다.

[0046] 그리고, 에너지 관리 장치(100)는 미래의 일일 비용을 계산하기 위해 인플레이션율을 적용하여 조정된 총 일일 비용을 산출할 수 있다. 인플레이션율에 따라, 에너지 비용은 시간이 지남에 따라 증가할 수 있다. 에너지 관리 장치(100)는 미래 비용 조정을 통해, 시간에 따른 비용 증가를 반영할 수 있다.

[0047] 미래 일일 비용은 다음의 <수학식 1>에 의해 계산될 수 있다. 여기서, r은 일일 인플레이션율이고, t는 미래의 일수이다.

수학식 1

[0048]
$$\text{미래일일비용} = \text{총일일비용} \times (1+r)^t$$

[0049] 예를 들어, 연간 인플레이션율(r)이 2%일 때, 일일 인플레이션율은 0.00005479 (= $0.02^{(1/365)} - 1$)로 계산될 수 있다. 그리고, 이때 5년 후의 미래 일일 비용은 $\$100.51$ (= $\$91.09 \times (1 + 0.00005479)^{1825}$)로 계산될 수 있다.

[0050] 최종적으로, 제1 실시예에 따른 미래의 특정 시점까지 분산발전원에서 생성된 에너지를 에너지 저장 시스템에 저장하는데 소요되는 에너지 비용은, 다음의 <수학식 2>에 의하여 산출될 수 있다.

수학식 2

[0051]
$$\text{Total Daily Cost} = \left(\frac{\text{Annual O\&M Costs}}{365} + \text{Daily Energy Discharged} \times \text{Cost of Electricity} + \frac{\text{Initial Investment}}{\text{Lifespan in Days}} \right) \times (1+r)^t$$

[0052] 여기서, Total Daily Cost는 특정 시점까지 저장된 에너지의 총 비용을 의미하며, O&M 비용, 충전 비용, 감가상각비 및 인플레이션율을 고려한 값이다. Annual O&M Costs는 연간 O&M 비용, Daily Energy Discharged는 일일 방전된 에너지량, Cost of Electricity는 전기 요금, Initial Investment는 에너지 저장 시스템(ESS)에 필요한 초기 투자 비용, Lifespan in Days는 에너지 저장 시스템의 예상 수명(일)이다.

[0054] 제2 실시예에 따르면, 에너지 관리 장치(100)는 초기 자본 지출, 연간 운영 지출, 배터리 충방전 비용, 에너지 손실 비용 및 금융 비용을 합산하여 총 지출을 계산하고, 총 지출을 에너지 저장 시스템의 예상 수명으로 나누어 단위기간 당 저장 비용을 계산할 수 있다. 그리고, 계산된 단위기간 당 저장 비용을 기반으로 특정 시점까지의 총 에너지 비용을 산출할 수 있다. 다른 실시예에 따르면, 에너지 관리 장치(100)는 투자 회수(Return on Investment, ROI) 기간을 고려하여, 저장 비용을 추정할 수 있다.

[0055] 초기 자본 지출은, ESS 설치에 필요한 초기 투자 비용으로, 설비 비용, 설치 비용, 초기 인프라 구축 비용 등을 포함할 수 있다. 연간 운영 지출은 ESS의 연간 운영 및 유지보수에 필요한 비용으로, 운영 인력 비용, 유지보수 비용, 정기적인 점검 및 업그레이드 비용 등을 포함할 수 있다.

[0056] 배터리 충방전 비용은 에너지를 충전하고 방전하는 과정에서 발생하는 비용이다. 예를 들어, 충방전 횟수에 따른 배터리의 수명 단축에 의해 발생하는 비용이 포함될 수 있다. 에너지 손실 비용은 ESS에 에너지를 저장하거나 방전하는 과정에서 발생하는 에너지 손실에 따른 비용으로, ESS의 라운드 트립 효율(round-trip efficiency)과 관련된 손실을 금전적으로 평가한 것이다. 에너지 저장 시스템(ESS)을 구축하고 운영하기 위해 필요한 자본을 조달하는 과정에서 발생하는 비용을 의미하며, 이자 비용, 대출 상환 비용, 또는 기타 금융 관련 비용이 포함될 수 있다.

[0057] 단계 230에서 에너지 관리 장치(100)는 에너지 가격 예측 모델을 이용하여, 특정 시점에서의 예상 판매 가격을 획득할 수 있다.

[0058] 일 실시예에 따르면, 에너지 가격 예측 모델은 계통 한계 가격(System Marginal Price; SMP)의 추이, 마이크로 그리드 내의 총 에너지 예상 생성량, 날씨 데이터, 마이크로그리드 내의 총 에너지 예상 수요량, 과거 판매 가

격 및 에너지 비용을 입력 데이터로서 입력 받고, 예상 판매 가격을 출력할 수 있다.

- [0059] 계통 한계 가격(SMP)은 각 시간대별 수요를 충족시키기 위해 발전이 할당된 발전기별 발전가격(변동비) 중 가장 비싼 값을 의미한다. SMP는 국가 또는 지역 전체의 전력 시장(중앙 전력망)에서 결정되는 가격으로, 본 개시의 마이크로그리드 내에서 직접적으로 결정되는 값은 아니다. 그러나 수요처는 중앙 전력망의 전력 가격과 마이크로그리드 내에서 생성된 에너지 가격을 비교하여 전력을 구매할 수 있으므로, 판매 가격은 SMP의 영향을 받을 수 있다.
- [0060] 과거 판매 가격은 마이크로그리드 내의 분산발전원에서 생성된 에너지가 실제로 거래된 가격을 의미하며, 과거의 수요와 공급, 시장 조건 등을 반영한 가격이다.
- [0061] 이때 에너지 가격 예측 모델은 입력 데이터의 공간적 특징 및 시간적 의존성을 포착하는, CNN-LSTM 하이브리드 모델일 수 있다. 에너지 가격 예측 모델은 CNN(Convolutional Neural Network)을 통해 입력 데이터의 공간적 특징을 인식하여, 지역적 패턴을 분석할 수 있다 또한, LSTM(Long Short-Term Memory)을 통해 시간적 종속성을 고려하여 과거와 현재의 데이터를 바탕으로 미래의 가격 변동을 정확하게 예측할 수 있다.
- [0062] 에너지 가격 예측 모델을 이용하여, 가격을 예측하는 과정은, 전처리된 데이터를 기반으로 특징 공학 과정, 모델 학습 과정, 모델 검증 과정 및 에너지 가격 예측을 포함할 수 있다.
- [0063] 먼저, 전처리된 데이터에 대해 다양한 특징을 도출될하는 특징 공학 과정이 수행된다. 예를 들어, 시간 기반 특징으로, 하루 중 시간($h = t \% 24$), 주 중 요일($d = (t // 24) \% 7$), 월($m = (t // (24 * 30)) \% 12$)과 같은 정보가 생성될 수 있다. 또한, 시계열 데이터의 시간 패턴을 반영하기 위한 지연 변수가 생성될 수 있다. 또한, 에너지 공급과 수요 간의 비율(총 에너지 생성량 / 총 에너지 수요) 및 저장-가격 상호작용(저장 수준 X 현재 가격)과 같은 상호작용 변수도 생성될 수 있다.
- [0064] 그리고, 에너지 관리 장치(100)는 CNN-LSTM 하이브리드 모델을 이용해 에너지 가격을 예측하는 학습을 수행할 수 있다. 이때 손실 함수로는 평균 제곱 오차(MSE)가 사용될 수 있다. 학습 과정에서, Adam 옵티마이저와 학습률 스케줄링이 적용될 수 있다.
- [0065] 모델 검증 과정에서, 학습된 에너지 가격 예측 모델은 평균 절대 오차(MAE) 및 평균 제곱근 오차(RMSE)와 같은 성능 지표를 사용하여 검증될 수 있다. MAE는 $(1/n) * \sum |y_{true} - y_{pred}|$ 로 계산되며, RMSE는 $\sqrt{(1/n) * \sum (y_{true} - y_{pred})^2}$ 로 정의될 수 있다. 이러한 지표는 모델의 예측 성능을 평가하는 데 중요한 역할을 한다.
- [0066] 최종적으로 학습된 모델은 수집된 데이터와 새로운 입력 데이터를 기반으로 미래의 에너지 가격을 예측한다. CNN 계층은 입력 데이터의 공간적 특징을 분석하고, LSTM 계층은 시간적 의존성을 고려하여 과거와 현재의 데이터를 기반으로 미래의 가격 변동을 정확히 예측할 수 있다.
- [0067] 단계 240에서 에너지 관리 장치(100)는 강화 학습 모델을 이용하여, 에너지 비용, 예상 판매 가격 및 현재 에너지 가격을 고려한 최적의 행동 방침을 결정할 수 있다.
- [0068] 에너지 관리 장치(100)는 생성된 에너지를 판매, 구매 또는 저장하는 등의 행동 방침을 결정하고, 실시간으로 조정할 수 있다. 강화 학습 모델은 마이크로그리드의 상태(State) 정보에 기초하여, 최적의 행동 방침을 출력할 수 있다. 상태 정보는 날씨, 에너지 수요, 에너지 공급, 에너지 저장 시스템의 저장 수준, 에너지 비용 및 에너지 가격을 포함할 수 있다. 또한, 강화 학습 모델은 에이전트가 분산발전원의 수익을 최대화하는 행동을 결정하도록 보상을 제공할 수 있다.
- [0069] 강화 학습 모델은 다양한 시장 조건과 에너지 수요 패턴을 반영한 시뮬레이션 환경에서 사전 학습되며, 복잡한 변수 간의 상호작용을 이해하고 최적의 결정을 내릴 수 있도록 훈련될 수 있다. 또한, 강화 학습 모델은 실시간으로 수집된 데이터를 지속적으로 분석하며, 이 데이터를 바탕으로 전략을 유동적으로 조정하여 변화하는 시장 상황에 신속하게 대응할 수 있다.
- [0070] 예를 들어, 초기에는 에너지를 일주일 동안 저장한 후 판매하는 것이 최적의 행동 방침으로 결정될 수 있다. 그러나 실시간으로 수집되는 데이터에 의해 시장 상황이 변동된 경우, 강화 학습 모델은 이러한 변화를 즉시 반영하여 에너지를 저장하지 않고 바로 판매하는 등의 새로운 행동 방침을 선택할 수 있다.
- [0071] 일 실시예에 따르면, 강화 학습 모델은 PPO(Proximal Policy Optimization) 알고리즘을 사용하여 사전 훈련된 것일 수 있다. PPO 알고리즘을 사용한 강화 학습 모델은 불안정한 학습 과정을 방지하기 위해 정책의 변화 폭을 제한하여 신뢰성 있는 결정을 보장할 수 있다. 이와 같이, 강화 학습 모델은 실시간으로 변화하는 시장 조건에

신속하게 대응하며, 단기적인 거래 이익뿐만 아니라 장기적인 수익성을 극대화하기 위해 행동 방침을 지속적으로 최적화할 수 있다.

- [0073] 도 3은 일 실시예에 따른 에너지 관리 장치에서의 프로세스를 나타내는 예시적인 도면이다.
- [0074] 도 3을 참조하면, 에너지 관리 장치(100)는 마이크로그리드 내에서 에너지 거래를 최적화하기 위해 다양한 데이터를 처리하고, 이를 기반으로 에너지를 판매, 구매 또는 저장할지에 대한 결정을 내리는 자율 에이전트를 포함한다.
- [0075] 먼저, 데이터 전처리 단계에서 에너지 관리 장치(100)는 날씨 데이터, 에너지 수요 및 공급 데이터 등 다양한 데이터를 실시간으로 수집하고 표준화된 형식으로 변환하여 정제 및 정규화한다. 이를 통해 후속 분석의 신뢰성을 확보할 수 있다.
- [0076] 다음으로, 에너지 관리 장치(100)는 특정 시점까지 ESS에 에너지를 저장하는 데 필요한 에너지 비용을 계산한다. 이 과정에서 초기 자본 지출, 연간 운영 지출, 배터리 충방전 비용, 에너지 손실 비용, 금융 비용 등이 종합적으로 고려된다. 산출된 저장 비용은 에너지 거래 전략 수립을 위한 기초 데이터로 활용된다.
- [0077] 에너지 관리 장치(100)는 계통 한계 가격(SMP) 데이터, 과거 에너지 거래 데이터 등을 포함하는 에너지 가격 정보를 이용하여, 특정 시점의 예상 판매 가격을 예측한다. 에너지 관리 장치(100)는 AI 기반의 에너지 가격 예측 모델을 통해 특정 시점의 예상 판매 가격을 예측하고, 이를 실시간으로 업데이트한다. 예측된 판매 가격 및 현재 에너지 가격 정보는 자율 에이전트의 의사 결정에 중요한 영향을 미친다.
- [0078] 자율 에이전트는 마이크로그리드 내에서 발생하는 다양한 데이터를 분석하여 최적의 에너지 거래 전략을 수립하는 구성이다. 자율 에이전트는 강화 학습 알고리즘을 활용하여 지속적으로 학습하고, 실시간으로 변동하는 시장 조건에 대응할 수 있는 능력을 갖춘다. 예를 들어, Proximal Policy Optimization (PPO) 알고리즘을 통해 사전 학습된 자율 에이전트는 주어진 상태 정보(State)를 기반으로 에너지를 판매할지, 구매할지, 또는 저장할지에 대한 결정을 내리며, 이 결정은 에이전트가 공급자의 수익성을 극대화하는 방향으로 이루어진다.
- [0080] 도 4는 일 실시예에 따른 강화 학습 모델을 설명하기 위한 예시적인 도면이다.
- [0081] 도 4를 참조하면, 에이전트는 주어진 환경에서 최적의 행동을 선택하기 위해 강화 학습 알고리즘인 PPO(Proximal Policy Optimization)를 활용한다. PPO 알고리즘은 정책의 변화 폭을 제한하여 불안정한 학습 과정을 방지하면서도, 효율적인 정책 탐색을 가능하게 한다.
- [0082] 에이전트는 주기적으로 환경(Environment)으로부터 상태 정보(State)를 받아들인 후, 이를 바탕으로 특정 행동(Action)을 결정한다. 환경은 에이전트의 행동에 대한 피드백으로 보상(Reward)을 제공하며, 보상은 공급자(분산발전원)의 수익성을 극대화하기 위해 설정되며, 에너지를 판매하거나 저장하는 시점을 결정하는 지표로 작용할 수 있다.
- [0083] 환경은 에이전트에게 상태 정보를 제공하는데, 상태 정보에는 에너지 비용(저장 비용), 에너지 수요와 공급, 날씨 데이터, 판매 가격, ESS 저장 수준 및 기타 관련 센서 데이터 등이 포함된다. 에이전트는 환경으로부터 현재 시점 t 에서의 환경에 대한 상태 정보인 S_t 및 보상 R_t 를 받고, 현재 상태 정보 S_t 를 바탕으로 행동 A_t 를 결정한다. 그리고 에이전트는 결정된 행동 A_t 를 환경으로 보낸다. 환경은 에이전트로부터 받은 행동 A_t 를 통해서 상태 변화를 일으키고, 그 결과 상태는 S_{t+1} 로 전환된다. 또한, 환경은 에이전트에게 줄 보상 R_{t+1} 를 계산하고, S_{t+1} 및 R_{t+1} 를 에이전트에게 전달한다. 에이전트는 새로운 상태 S_{t+1} 와 보상 R_{t+1} 에 기반하여 학습을 계속 진행한다. 이를 통해 에이전트는 상태 정보를 바탕으로 실시간으로 최적의 결정을 내리며, 특정 시점에 에너지를 저장할지, 판매할지 결정할 수 있다.
- [0085] 도 5는 일 실시예에 따른 에너지 관리 장치의 일 예를 나타내는 구성도이다. 한편, 도 5에 도시된 에너지 관리 장치(500)는 도 1에 도시된 에너지 관리 장치(100)에 대응될 수 있다.
- [0086] 도 5를 참조하면, 에너지 관리 장치(500)는 통신 모듈(510), 프로세서(530) 및 메모리(520)를 포함할 수 있다. 도 5의 에너지 관리 장치(500)에는 실시예와 관련된 구성요소들만이 도시되어 있다. 따라서, 도 5에 도시된 구성요소들 외에 다른 범용적인 구성요소들이 더 포함될 수 있음을 당해 기술분야의 통상의 기술자라면 이해할 수 있다.
- [0087] 통신 모듈(510)은 다양한 분산발전원, 각 분산발전원의 생성 에너지가 저장되는 복수의 ESS, 구매자 서버, 판매

자 서버 및/또는 다른 외부 장치와 유선/무선 통신을 하게 하는 하나 이상의 구성 요소를 포함할 수 있다. 예를 들어, 통신 모듈(510)은, 근거리 통신부(미도시) 및 이동 통신부(미도시) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0088] 메모리(520)는 에너지 관리 장치(500) 내에서 처리되는 각종 데이터들을 저장하는 하드웨어로서, 프로세서(530)의 처리 및 제어를 위한 프로그램을 저장할 수 있다.

[0089] 메모리(520)는 DRAM(dynamic random access memory), SRAM(static random access memory) 등과 같은 RAM(random access memory), ROM(read-only memory), EEPROM(electrically erasable programmable read-only memory), CD-ROM, 블루레이 또는 다른 광학 디스크 스토리지, HDD(hard disk drive), SSD(solid state drive), 또는 플래시 메모리를 포함할 수 있다.

[0090] 프로세서(530)는 에너지 관리 장치(500)의 전반적인 동작을 제어한다. 예를 들어, 프로세서(530)는 메모리(520)에 저장된 프로그램들을 실행함으로써, 입력부(미도시), 디스플레이(미도시), 통신 모듈(510), 메모리(520) 등을 전반적으로 제어할 수 있다. 프로세서(530)는, 메모리(520)에 저장된 프로그램들을 실행함으로써, 에너지 관리 장치(500)의 동작을 제어할 수 있다.

[0091] 프로세서(530)는 도 1 내지 도 4에서 상술한 에너지 관리 장치(500)의 동작 중 적어도 일부를 제어할 수 있다.

[0092] 예를 들어, 프로세서(530)는 마이크로그리드 내의 분산발전원 및 수요처로부터 에너지 관련 데이터를 실시간으로 수집하여 전처리하고, 미래의 특정 시점까지 분산발전원에서 생성된 에너지를 에너지 저장 시스템에 저장하는데 소요되는 에너지 비용을 추정할 수 있다. 또한, 에너지 가격 예측 모델을 이용하여, 특정 시점에서의 예상 판매 가격을 획득할 수 있다. 그리고, 프로세서(530)는 강화 학습 모델을 이용하여, 에너지 비용, 예상 판매 가격 및 현재 에너지 가격을 고려한 최적의 행동 방침을 결정할 수 있다.

[0093] 한편, 프로세서(530)가 동작하는 구체적인 예는 도 1 내지 도 4를 참조하여 상술한 바와 동일하다. 따라서, 이하에서는 프로세서(530)의 동작에 대한 구체적인 설명은 생략한다.

[0094] 프로세서(530)는 ASICs (application specific integrated circuits), DSPs(digital signal processors), DSPDs(digital signal processing devices), PLDs(programmable logic devices), FPGAs(field programmable gate arrays), 제어기(controllers), 마이크로 컨트롤러(micro-controllers), 마이크로 프로세서(microprocessors), 기타 기능 수행을 위한 전기적 유닛 중 적어도 하나를 이용하여 구현될 수 있다.

[0096] 본 개시의 다양한 실시예들은 기기(machine) 의해 읽을 수 있는 저장 매체(storage medium)에 저장된 하나 이상의 명령어들을 포함하는 소프트웨어(예: 프로그램)로서 구현될 수 있다. 예를 들면, 기기의 프로세서는, 저장 매체로부터 저장된 하나 이상의 명령어들 중 적어도 하나의 명령어를 호출하고, 그것을 실행할 수 있다. 이것은 기기가 상기 호출된 적어도 하나의 명령어에 따라 적어도 하나의 기능을 수행하도록 운영되는 것을 가능하게 한다. 상기 하나 이상의 명령어들은 컴파일러에 의해 생성된 코드 또는 인터프리터에 의해 실행될 수 있는 코드를 포함할 수 있다. 기기로 읽을 수 있는 저장매체는, 비일시적(non-transitory) 저장매체의 형태로 제공될 수 있다. 여기서, '비일시적'은 저장매체가 실재(tangible)하는 장치이고, 신호(signal)(예: 전자기파)를 포함하지 않는다는 것을 의미할 뿐이며, 이 용어는 데이터가 저장매체에 반영구적으로 저장되는 경우와 일시적으로 저장되는 경우를 구분하지 않는다.

[0097] 일 실시예에 따르면, 본 개시의 다양한 실시예들에 따른 방법은 컴퓨터 프로그램 제품(computer program product)에 포함되어 제공될 수 있다. 컴퓨터 프로그램 제품은 상품으로서 판매자 및 구매자 간에 거래될 수 있다. 컴퓨터 프로그램 제품은 기기로 읽을 수 있는 저장 매체(예: compact disc read only memory (CD-ROM))의 형태로 배포되거나, 또는 어플리케이션 스토어(예: 플레이 스토어™)를 통해 또는 두 개의 사용자 장치들 간에 직접, 온라인으로 배포(예: 다운로드 또는 업로드)될 수 있다. 온라인 배포의 경우에, 컴퓨터 프로그램 제품의 적어도 일부는 제조사의 서버, 어플리케이션 스토어의 서버, 또는 중계 서버의 메모리와 같은 기기로 읽을 수 있는 저장 매체에 적어도 일시 저장되거나, 임시적으로 생성될 수 있다.

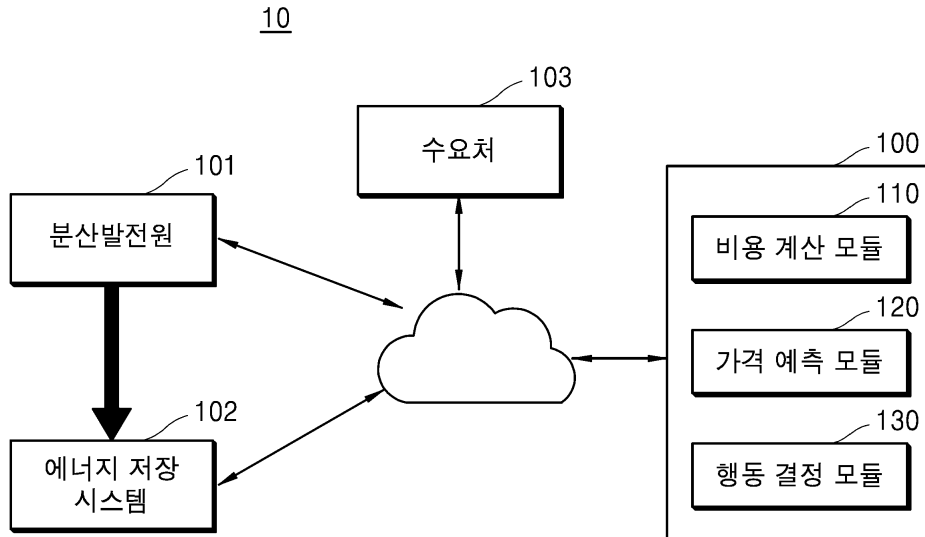
[0098] 한편, 본 개시에 따른 방법을 구성하는 단계들에 대하여 명백하게 순서를 기재하거나 반하는 기재가 없다면, 상기 단계들은 적당한 순서로 행해질 수 있다. 반드시 상기 단계들의 기재 순서에 따라 본 개시가 한정되는 것은 아니다. 본 개시에서 모든 예들 또는 예시적인 용어(예를 들어, 등등)의 사용은 단순히 본 개시를 상세히 설명하기 위한 것으로서 특허청구범위에 의해 한정되지 않는 이상 상기 예들 또는 예시적인 용어로 인해 본 개시의 범위가 한정되는 것은 아니다. 또한, 당업자는 다양한 수정, 조합 및 변경이 부가된 특허청구범위 또는 그 균등물의 범주 내에서 설계 조건 및 팩터에 따라 구성될 수 있음을 알 수 있다.

[0099]

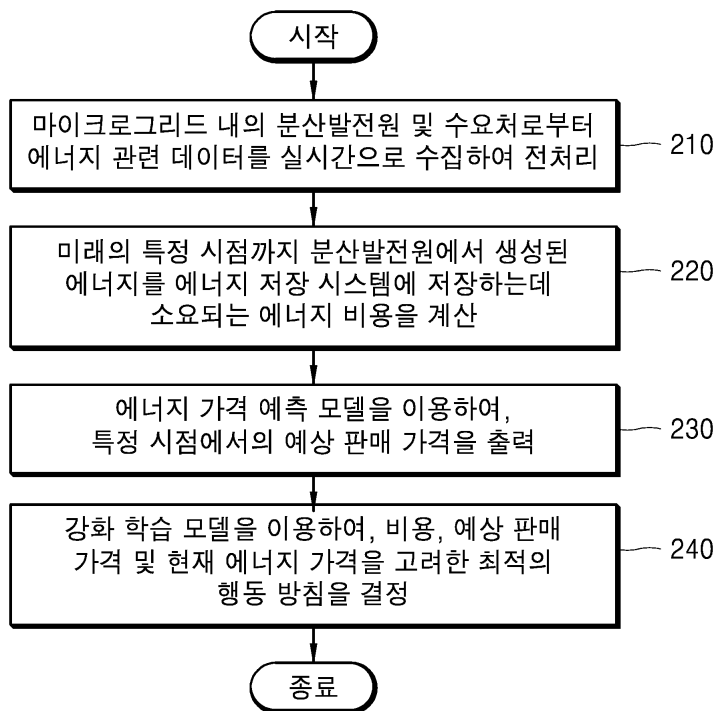
따라서, 본 개시의 사상은 상기 설명된 실시 예에 국한되어 정해져서는 아니 되며, 후술하는 특허청구범위 뿐만 아니라 이 특허청구범위와 균등한 또는 이로부터 등가적으로 변경된 모든 범위는 본 개시의 사상의 범주에 속한다고 할 것이다.

도면

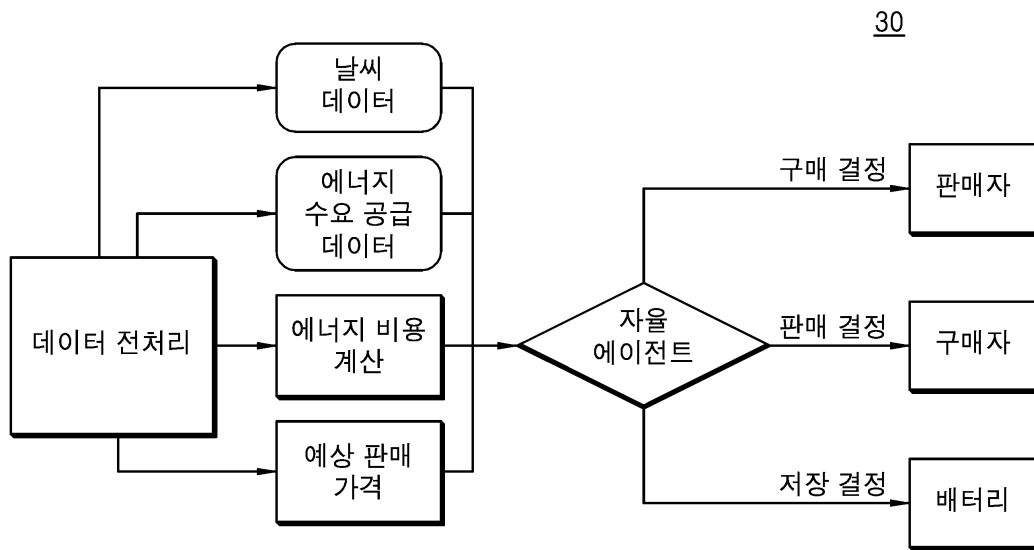
도면1



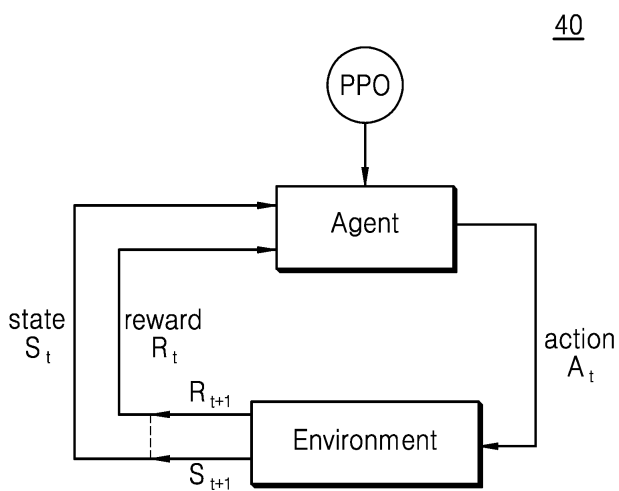
도면2



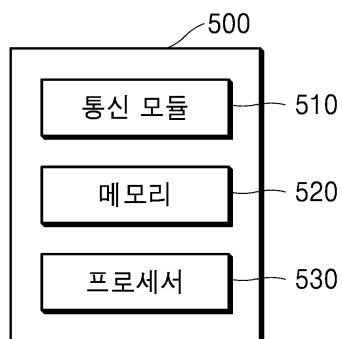
도면3



도면4



도면5



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 11

【변경전】

제 10 항의 방법을 컴퓨터에서 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체.

【변경후】

제 1 항의 방법을 컴퓨터에서 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체.