



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년10월18일
 (11) 등록번호 10-1908515
 (24) 등록일자 2018년10월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 G06Q 50/06 (2012.01) G06Q 10/04 (2012.01)
 G06Q 20/14 (2012.01) G06Q 50/10 (2012.01)

(52) CPC특허분류
 G06Q 50/06 (2013.01)
 G06Q 10/04 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2016-0150143
 (22) 출원일자 2016년11월11일
 심사청구일자 2016년11월11일
 (65) 공개번호 10-2018-0053453
 (43) 공개일자 2018년05월23일
 (56) 선행기술조사문헌
 KR1020150000602 A*
 KR1020150009375 A*
 KR1020130091573 A*
 KR1020160034488 A*
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
 한국에너지기술연구원
 대전광역시 유성구 가정로 152(장동)

(72) 발명자
 송유진
 대전광역시 유성구 엑스포로 448 209동 1208호 (전민동, 엑스포아파트)
 성윤동
 대전광역시 유성구 노은동로 233 열매마을2단지 202동 1307호

(74) 대리인
 특허법인(유한)유일하이스트, 송해모, 김은구

전체 청구항 수 : 총 10 항

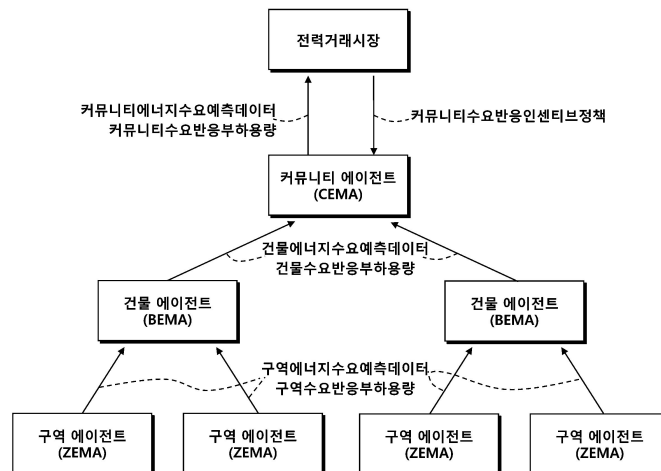
심사관 : 백양규

(54) 발명의 명칭 **에너지 관리 시스템, 에너지 관리 방법 및 에너지 수요 예측 방법**

(57) 요약

본 발명은, 적어도 하나 이상의 구역으로 세분화되는 건물이 적어도 하나 이상 위치하는 커뮤니티의 에너지관리 시스템에 있어서, 각 건물에 대한 건물에너지수요예측데이터 및 건물에너지사용량데이터를 관리하고, 상기 커뮤니티에 적용되는 커뮤니티수요반응인센티브정책을 관리하는 커뮤니티에이전트; 및 각 건물에 대한 상기 건물에너지수요예측데이터 및 상기 건물에너지사용량데이터, 그리고, 상기 커뮤니티수요반응인센티브정책을 입력데이터로 포함하고 상기 커뮤니티에 대한 커뮤니티수요관리이익이 최대가 되도록 계산하는 커뮤니티최적화기계학습모델을 통해 각 건물별로 적용시킬 건물수요반응인센티브정책을 생성하여 상기 커뮤니티에이전트로 전송하는 머신러닝장치 포함하고, 상기 커뮤니티에이전트는 상기 건물수요반응인센티브정책을 각 건물에 대응되는 건물에이전트로 전송하는 에너지관리시스템을 제공한다.

대표도



(52) CPC특허분류

G06Q 20/14 (2013.01)

G06Q 50/10 (2015.01)

Y04S 10/30 (2013.01)

Y04S 20/322 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 NP2015-0066

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 국가과학기술연구회

연구사업명 미래선도형융합연구사업

연구과제명 자가학습형 지식융합 슈퍼브레인 핵심 기술개발

기 여 율 1/1

주관기관 한국전자통신연구원

연구기간 2015.12.01 ~ 2021.11.30

명세서

청구범위

청구항 1

적어도 하나 이상의 구역으로 세분화되는 건물이 적어도 하나 이상 위치하는 커뮤니티의 에너지관리시스템에 있어서,

각 건물에 대한 건물에너지수요예측데이터 및 건물에너지사용량데이터를 관리하고, 상기 커뮤니티에 적용되는 커뮤니티수요반응인센티브정책을 관리하는 커뮤니티에이전트-상기 커뮤니티수요반응인센티브정책은 상기 커뮤니티에 대한 수요반응용량 및 상기 커뮤니티의 수요반응용량에 대한 가격정책을 포함함-; 및

각 건물별 상기 건물에너지수요예측데이터 및 상기 건물에너지사용량데이터, 그리고, 상기 커뮤니티수요반응인센티브정책을 입력데이터로 포함하고 상기 커뮤니티에 대한 커뮤니티수요관리수익이 최대가 되도록 계산하는 커뮤니티최적화기계학습모델을 통해 각 건물별로 적용시킬 건물수요반응인센티브정책을 생성하여 상기 커뮤니티에 이전트로 전송하는 머신러닝장치를 포함하고-상기 커뮤니티수요관리수익은 상기 커뮤니티에 적용되는 커뮤니티수요반응인센티브에서 각 건물로 재분배시키는 건물수요반응인센티브를 제외한 금액이고, 상기 건물수요반응인센티브정책은 해당 건물에 대한 수요반응용량 및 해당 건물의 수요반응용량에 대한 가격정책을 포함함-,

상기 커뮤니티에이전트는 상기 건물수요반응인센티브정책을 각 건물에 대응되는 건물에이전트로 전송하고,

각 건물에 대응되는 상기 건물에이전트는 상기 건물수요반응인센티브정책 및 실시간에너지가격정보를 이용하여 건물장치의 에너지비용이 최소화되도록 상기 건물장치의 사용을 스케줄링하는 에너지관리시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 머신러닝장치는 상기 커뮤니티최적화기계학습모델을 통해 상기 커뮤니티수요관리수익에 대한 예측값을 생성하고, 상기 커뮤니티에이전트로부터 상기 커뮤니티수요관리수익에 대한 실측값을 수신하며, 상기 예측값과 상기 실측값의 차이에 따른 에러데이터를 이용하여 상기 커뮤니티최적화기계학습모델을 학습시키는 에너지관리시스템.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 커뮤니티에이전트는 커뮤니티에너지수요예측데이터 및 커뮤니티수요반응부하용량을 이용하여 수요반응시스템에 입찰하고 입찰의 결과로서 상기 커뮤니티수요반응인센티브정책을 수신하는 에너지관리시스템.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 머신러닝장치는,

각 건물별로 산출된 수요반응부하용량과 각 건물별로 실제로 수요반응에 참여한 부하용량의 차이에 따른 에러데이터를 이용하여 상기 커뮤니티최적화기계학습모델을 학습시키는 에너지관리시스템.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 커뮤니티최적화기계학습모델은 각 건물별 수요반응순응지수 예측값을 더 생성하고,

상기 머신러닝장치는 상기 수요반응순응지수 예측값과 실측값의 차이에 따른 에러데이터를 이용하여 상기 커뮤니티최적화기계학습모델을 학습시키는 에너지관리시스템.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 건물에이전트는 각 구역에 대한 구역에너지수요예측데이터 및 구역에너지사용량데이터를 관리하고, 상기 건물에 적용되는 상기 건물수요반응인센티브정책을 관리하며,

상기 머신러닝장치는 각 구역에 대한 상기 구역에너지수요예측데이터 및 상기 구역에너지사용량데이터, 그리고, 상기 건물수요반응인센티브정책을 입력데이터로 포함하고 상기 건물에 대한 에너지비용이 최소화되도록 계산하는 건물최적화기계학습모델을 통해 각 구역별로 적용시킬 구역수요반응인센티브정책을 생성하여 상기 건물에이전트에 전송하며,

상기 건물에이전트는 상기 구역수요반응인센티브정책을 각 구역에 대응되는 구역에이전트로 전송하는 에너지관리시스템.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 구역에이전트는 사용자설정정보, 실내외환경정보, 기기별에너지사용패턴정보 및 재실자정보를 관리하고, 상기 구역수요반응인센티브정책을 관리하며,

상기 머신러닝장치는 상기 사용자설정정보, 상기 실내외환경정보, 상기 기기별에너지사용패턴정보 및 상기 재실자정보를 입력데이터로 포함하고, 사용자편의성 및 에너지비용절감을 변수로 포함하는 목표함수가 최적값을 가지도록 계산하는 구역최적화프로그램을 통해 구역 내 기기에 대한 최적제어 시나리오를 생성하고, 상기 최적제어 시나리오를 상기 구역에이전트로 전송하는 에너지관리시스템.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 사용자편의성은 에너지기기설정횟수 혹은 에너지기기설정값과 에너지기기측정값의 근접도를 인자로 하여 측정되는 에너지관리시스템.

청구항 9

에너지관리시스템이 적어도 하나 이상의 건물이 위치하는 커뮤니티의 에너지를 관리하는 방법에 있어서,

각 건물에 대한 건물에너지수요예측데이터 및 건물에너지사용량데이터를 관리하고, 상기 커뮤니티에 적용되는 커뮤니티수요반응인센티브정책을 관리하는 단계-상기 커뮤니티수요반응인센티브정책은 상기 커뮤니티에 대한 수요반응용량 및 상기 커뮤니티의 수요반응용량에 대한 가격정책을 포함함-;

각 건물별 상기 건물에너지수요예측데이터 및 상기 건물에너지사용량데이터, 그리고, 상기 커뮤니티수요반응인센티브정책을 입력데이터로 포함하고 상기 커뮤니티에 대한 커뮤니티수요관리수익이 최대가 되도록 계산하는 커뮤니티최적화기계학습모델을 통해 각 건물별로 적용시킬 건물수요반응인센티브정책을 생성하는 단계-상기 커뮤니티수요관리수익은 상기 커뮤니티에 적용되는 커뮤니티수요반응인센티브에서 각 건물로 재분배시키는 건물수요반응인센티브를 제외한 금액이고, 상기 건물수요반응인센티브정책은 해당 건물에 대한 수요반응용량 및 해당 건물의 수요반응용량에 대한 가격정책을 포함함-; 및

상기 건물수요반응인센티브정책을 각 건물에 대응되는 건물에이전트로 전송하는 단계를 포함하고,

각 건물에 대응되는 상기 건물에이전트는 상기 건물수요반응인센티브정책 및 실시간에너지가격정보를 이용하여 건물장치의 에너지비용이 최소화되도록 상기 건물장치의 사용을 스케줄링하는 에너지관리방법.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 커뮤니티최적화기계학습모델을 통해 상기 커뮤니티수요관리수익에 대한 예측값을 생성하고, 상기 커뮤니티수요관리수익에 대한 실측값을 수신하며, 상기 예측값과 상기 실측값의 차이에 따른 에러데이터를 이용하여 상기 커뮤니티최적화기계학습모델을 학습시키는 단계

를 더 포함하는 에너지관리방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 에너지 관리 기술에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근 에너지 수요가 빠르게 증가하면서 전력 부족 현상이 심화되고 있다. 이러한 전력 부족 현상을 해소하기 위해, 발전 및 송배전 시설을 추가 설치함에 따라 사회적 비용이 급증하고 있으며, 전력의 공급확대도 지체되고 있다. 이에 따라, 정부에서도 과거의 공급중심에서 수요관리 중심으로 에너지 정책을 전환하고 있다.

[0003] 전력의 수요관리란 소비자들의 전력 사용 패턴을 변화시켜 비용은 최소화시키면서 전력수요는 안정적으로 충족시키는 방법이다. 전력의 수요관리는 수요반응과 에너지효율향상으로 나눌 수 있다. 이러한 전력 수요관리를 건물, 가정, 공장에 적용할 경우 그 효과가 크게 나타날 수 있다.

[0004] 최근에는 태양광 등의 신재생 에너지, LED 조명, ESS (Energy Storage System), 전기자동차, 스마트 미터 등 다양한 스마트 그리드 기술들이 건물에 도입됨에 따라 이들의 통합운전을 통해 건물의 전력 소비량을 제어하는 BEMS (Building Energy Management System), HEMS (Home Energy Management System), FEMS (Factory Management System) 기술에 대한 시장수요가 증가하고 있다.

[0005] 그런데, 종래의 BEMS, HEMS, FEMS는 중앙집중적인 통합제어방식을 채택하고 있어 세부 구역에서의 환경 차이를 반영하지 못하는 문제가 있었다.

[0006] 예를 들어, 수요반응인센티브정책을 적용함에 있어서, 종래의 기술은 전체 영역(커뮤니티 전체 영역 혹은 건물 전체 영역)에 단일한 수요반응인센티브정책을 적용하였다. 그런데, 세부 구역마다 환경적으로 차이가 있고 해당 구역에 거주하는 사용자의 성향도 다르기 때문에 단일한 수요반응인센티브정책으로는 전체적으로 높은 성과를 달성하기 어려웠다. 또한, 시스템이 강제성을 높여 수요반응에 대응하는 경우, 사용자 편의성이 낮아지는 문제가 있었다.

[0007] 또한, 종래의 BEMS, HEMS, FEMS는 중앙집중적인 통합제어방식을 채택하고 있어 일부 구성의 고장에 유연하게 대응하지 못하는 문제가 있었으며 또한 새로운 구성을 추가할 때마다 시스템을 고쳐야 하는 문제가 있었다.

[0008] 또한, 이러한 중앙집중적인 통합제어방식은 단일한 EMS알고리즘으로 전체 구성을 관리하고 제어하게 되는데, 이러한 방식은 전력소비패턴이 다른 블록을 단일한 EMS(Energy Management System)알고리즘으로 제어함으로써 각각의 전력소비패턴별로 에너지의 수급을 최적화시키지 못하는 문제가 있었다.

[0009] 또한, 이러한 중앙집중적인 통합제어방식은 건물의 구역별로 발생하는 국부적인 부하변동을 효과적으로 관리하지 못하는 문제가 있었다.

[0010] 또한, 이러한 중앙집중적인 통합제어방식은 기기의 추가 또는 제거 때마다 전체 EMS의 수정 및 재검파일이 필요해 유지관리 비용이 증가하는 문제가 있었다.

[0011] 또한, 이러한 중앙집중적인 통합제어방식은 거주자의 재실현황, 에너지사용패턴, 편의성에 대한 반영이 미흡한 문제가 있었다.

발명의 내용

[0012] 이러한 배경에서, 본 발명의 목적은, 일 측면에서, 건물의 구역별 다양한 (에너지)환경을 반영하는 에너지관리 시스템(EMS: Energy Management System) 기술을 제공하는 것이다.

[0013] 본 발명의 목적은, 다른 측면에서, 일부 고장이 발생하여도 전체 시스템의 신뢰성이 저하되지 않는 EMS 기술을 제공하는 것이다.

[0014] 본 발명의 목적은, 또 다른 측면에서, 기기의 플러그앤플레이(Plug & Play)가 가능한 EMS 기술을 제공하는 것이다.

[0015] 본 발명의 목적은 또 다른 측면에서, 거주자의 재실현황, 에너지사용패턴, 편의성을 반영하는 EMS 기술을 제공하는 것이다.

- [0016] 본 발명의 목적은, 다른 측면에서, 건물의 구역별로 사용자 편의성과 에너지 비용이 최적으로 결정되도록 하는 에너지관리시스템 기술을 제공하는 것이다.
- [0017] 본 발명의 목적은, 또 다른 측면에서, 종래의 탑-다운방식(중앙집중적인 통합제어방식)의 문제를 해소하고, 각 구역에서의 독립적인 에너지관리정책을 반영하여 전체 영역의 에너지관리정책을 결정하는 기술을 제공하는 것이다.
- [0018] 전술한 목적을 달성하기 위하여, 일 측면에서, 본 발명은, 적어도 하나 이상의 구역으로 세분화되는 건물이 적어도 하나 이상 위치하는 커뮤니티의 에너지관리시스템에 있어서, 각 건물에 대한 건물에너지수요예측데이터 및 건물에너지사용량데이터를 관리하고, 상기 커뮤니티에 적용되는 커뮤니티수요반응인센티브정책을 관리하는 커뮤니티에이전트; 및 각 건물에 대한 상기 건물에너지수요예측데이터 및 상기 건물에너지사용량데이터, 그리고, 상기 커뮤니티수요반응인센티브정책을 입력데이터로 포함하고 상기 커뮤니티에 대한 커뮤니티수요관리수익이 최대가 되도록 계산하는 커뮤니티최적화기계학습모델을 통해 각 건물별로 적용시킬 건물수요반응인센티브정책을 생성하여 상기 커뮤니티에이전트로 전송하는 머신러닝장치를 포함하고, 상기 커뮤니티에이전트는 상기 건물수요반응인센티브정책을 각 건물에 대응되는 건물에이전트로 전송하는 에너지관리시스템을 제공한다.
- [0019] 다른 측면에서, 본 발명은, 적어도 하나 이상의 구역으로 세분화되는 건물이 적어도 하나 이상 위치하는 커뮤니티의 에너지관리방법에 있어서, 각 건물에 대한 건물에너지수요예측데이터 및 건물에너지사용량데이터를 관리하고, 상기 커뮤니티에 적용되는 커뮤니티수요반응인센티브정책을 관리하는 단계; 및 각 건물에 대한 상기 건물에너지수요예측데이터 및 상기 건물에너지사용량데이터, 그리고, 상기 커뮤니티수요반응인센티브정책을 입력데이터로 포함하고 상기 커뮤니티에 대한 커뮤니티수요관리수익이 최대가 되도록 계산하는 커뮤니티최적화기계학습모델을 통해 각 건물별로 적용시킬 건물수요반응인센티브정책을 생성하는 단계를 포함하는 에너지관리방법을 제공한다.
- [0020] 이상에서 설명한 바와 같이 본 발명에 의하면, EMS 장치가 건물의 구역별 다양한 (에너지)환경을 반영할 수 있게 되고, 일부 고장이 발생하여도 전체 시스템의 신뢰성이 저하되지 않으며, 기기의 플러그앤플레이(Plug & Play)가 가능하게 되고, 거주자의 재실현황, 에너지사용패턴, 편의성을 반영할 수 있게 된다. 또한, 본 발명에 의하면, 건물의 구역별로 사용자 편의성과 에너지 비용이 최적으로 결정되도록 하는 에너지관리시스템 기술을 제공할 수 있다. 그리고, 본 발명에 의하면, 종래의 탑-다운방식(중앙집중적인 통합제어방식)의 문제를 해소하고, 각 구역에서의 독립적인 에너지관리정책을 반영하여 전체 영역의 에너지관리정책을 결정할 수 있게 된다.

도면의 간단한 설명

- [0021] 도 1은 일 실시예에 따른 에너지관리시스템의 개념도이다.
- 도 2는 커뮤니티의 계층적 구조를 나타내는 도면이다.
- 도 3은 커뮤니티 레벨의 시스템 구성도이다.
- 도 4는 건물 레벨의 시스템 구성도이다.
- 도 5는 구역 레벨의 시스템 구성도이다.
- 도 6은 일 실시예에 따른 에너지 수요 예측 방법의 흐름도이다.
- 도 7은 재실자수 예측을 위한 제1기계학습모델의 구성도이다.
- 도 8은 각 구역에 대한 재실자수 예측 방법의 흐름도이다.
- 도 9는 구역별 에너지 수요 예측을 위한 제2기계학습모델의 구성도이다.
- 도 10은 구역별 에너지 수요 예측 방법의 흐름도이다.
- 도 11은 건물별 에너지 수요 예측을 위한 제3기계학습모델의 구성도이다.
- 도 12는 건물별 에너지 수요 예측 방법의 흐름도이다.
- 도 13은 커뮤니티 에너지 수요 예측을 위한 제4기계학습모델의 구성도이다.
- 도 14는 커뮤니티 에너지 수요 예측 방법의 흐름도이다.
- 도 15는 일 실시예에 따른 에너지 최적화 방법의 흐름도이다.

- 도 16은 일 실시예에 따른 에너지관리시스템에서 커뮤니티수요반응인센티브정책이 결정되는 과정을 나타내는 도면이다.
- 도 17은 일 실시예에 따라 커뮤니티레벨에서 최적화하는 과정을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 18은 일 실시예에 따른 커뮤니티최적화기계학습모델의 구성도이다.
- 도 19는 일 실시예에 따라 커뮤니티 최적제어 시나리오를 생성하는 방법의 흐름도이다.
- 도 20은 일 실시예에 따라 건물레벨에서 최적화하는 과정을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 21은 일 실시예에 따른 건물최적화기계학습모델의 구성도이다.
- 도 22는 일 실시예에 따라 건물 최적제어 시나리오를 생성하는 방법의 흐름도이다.
- 도 23은 일 실시예에 따라 구역별로 최적제어 시나리오를 생성하는 구역최적화프로그램의 구성도이다.
- 도 24는 일 실시예에 따라 구역별로 최적제어 시나리오를 생성하는 방법의 흐름도이다.
- 도 25는 다른 실시예에 따른 에너지관리방법의 흐름도이다.
- 도 26은 또 다른 실시예에 따른 에너지 수요 예측 방법의 흐름도이다.
- 도 27은 xEMA의 내부 구성도이다.
- 도 28은 도 27에서 계층관리장치의 세부 구성도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0022] 이하, 본 발명의 일부 실시예들을 예시적인 도면을 통해 상세하게 설명한다. 각 도면의 구성요소들에 참조부호를 부가함에 있어서, 동일한 구성요소들에 대해서는 비록 다른 도면상에 표시되더라도 가능한 한 동일한 부호를 가지도록 하고 있음에 유의해야 한다. 또한, 본 발명을 설명함에 있어, 관련된 공지 구성 또는 기능에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명은 생략한다.
- [0023] 또한, 본 발명의 구성 요소를 설명하는 데 있어서, 제 1, 제 2, A, B, (a), (b) 등의 용어를 사용할 수 있다. 이러한 용어는 그 구성 요소를 다른 구성 요소와 구별하기 위한 것일 뿐, 그 용어에 의해 해당 구성 요소의 본질이나 차례 또는 순서 등이 한정되지 않는다. 어떤 구성 요소가 다른 구성요소에 "연결", "결합" 또는 "접속"된다고 기재된 경우, 그 구성 요소는 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되거나 또는 접속될 수 있지만, 각 구성 요소 사이에 또 다른 구성 요소가 "연결", "결합" 또는 "접속"될 수도 있다고 이해되어야 할 것이다.
- [0024] 도 1은 일 실시예에 따른 에너지관리시스템의 개념도이다.
- [0025] 도 1을 참조하면, 에너지관리시스템(100)은 커뮤니티 시스템과 클라우드 시스템으로 구성된다.
- [0026] 커뮤니티 시스템에는 적어도 하나 이상의 에이전트장치(110)가 포함되고, 클라우드 시스템에는 적어도 하나 이상의 머신러닝장치(120)이 포함된다.
- [0027] 에이전트장치(110)는 커뮤니티의 공간 내에 위치하고 있는 다양한 센서들 및 미터기들로부터 측정데이터를 생성한 후 네트워크를 통해 머신러닝장치(120)로 전송한다. 또한, 에이전트장치(110)는 UI(User Interface)장치를 포함하고 있으면서 UI장치를 통해 사용자로부터 획득한 설정정보를 머신러닝장치(120)로 전송한다.
- [0028] 그리고, 머신러닝장치(120)는 에이전트장치(110)로부터 수신한 측정데이터 및 설정정보를 입력데이터로 하는 기계학습모델을 통해 예측데이터 및 최적화데이터를 생성하여 에이전트장치(110)로 전송한다.
- [0029] 그리고, 에이전트장치(110)는 머신러닝장치(120)로부터 수신한 예측데이터 및 최적화데이터를 이용하여 커뮤니티의 에너지를 관리한다.
- [0030] 커뮤니티에서 에이전트장치(110)는 계층적으로 배치될 수 있고, 각 계층에 배치되는 에이전트장치(110)는 독립적으로 머신러닝장치(120)와 통신하면서 정보를 송수신할 수 있다.
- [0031] 도 2 내지 도 5를 참조하여, 커뮤니티의 계층적 구조를 설명한다.
- [0032] 도 2는 커뮤니티의 계층적 구조를 나타내는 도면이다.
- [0033] 도 2를 참조하면, 최상의 커뮤니티 레벨에 커뮤니티에이전트(CEMA: Community Energy Management Agent)가 위

치하고, 다음의 건물 레벨에 커뮤니티에이전트(CEMA)와 연결되는 적어도 하나 이상의 건물에이전트(BEMA: Building Energy Management Agent)가 위치한다. 그리고, 그 다음의 구역 레벨에 각각의 건물에이전트(BEMA)와 연결되는 적어도 하나 이상의 구역에이전트(ZEMA: Zone Energy Management Agent)가 위치하고, 각각의 구역에이전트(ZEMA)에는 최하의 센서네트워크 레벨에 위치하는 에너지기기-예를 들어, HVAC기기, 조명기기 등-와, 개인화기기-예를 들어, PC(Personal Computer) 등-와, 미터기, 센서 등이 위치한다.

- [0034] 도 3은 커뮤니티 레벨의 시스템 구성도이다.
- [0035] 도 3을 참조하면, 커뮤니티에는 적어도 하나 이상의 건물(310)이 위치한다. 그리고, 커뮤니티에는 건물(310)에 속하지 않는 커뮤니티장치들이 포함될 수 있는데, 예를 들어, 커뮤니티에는 커뮤니티부하(320)-가로등, 교통신호시스템 등-가 포함될 수 있다. 그리고, 커뮤니티에는 커뮤니티장치로서, 커뮤니티분산전원(330), 커뮤니티ESS(Energy Storage System, 340), 커뮤니티EV(Electric Vehicle)충전소(350) 등이 포함될 수 있다.
- [0036] 커뮤니티에는 전술한 커뮤니티장치들-커뮤니티부하(320), 커뮤니티분산전원(330), 커뮤니티ESS(340), 커뮤니티EV충전소(350)-이 모두 포함될 수도 있고, 이 중 적어도 하나의 커뮤니티장치만 포함될 수도 있다.
- [0037] 커뮤니티에는 커뮤니티 전체의 에너지를 관리하는 커뮤니티에이전트(CEMA)가 위치한다. 커뮤니티에이전트(CEMA)는 각 건물(310)에 위치하는 건물에이전트(BEMA)와 연결되어 있으면서, 각 건물에이전트(BEMA)를 관장한다. 또한, 커뮤니티에이전트(CEMA)는 각 건물에 속하지 않는 커뮤니티장치들(320, 330, 340, 350)과 연결되어 있으면서, 각 커뮤니티장치들(320, 330, 340, 350)의 상태정보를 획득하고, 각 커뮤니티장치들(320, 330, 340, 350)을 제어한다.
- [0038] 도 4는 건물 레벨의 시스템 구성도이다.
- [0039] 도 4를 참조하면, 각 건물은 적어도 하나 이상의 구역(410)으로 세분된다.
- [0040] 일 실시예에 따른 에너지관리시스템을 구축하는 사람은 각 건물을 복수의 열적구역으로 세분할 수 있다. 여기서, 열적구역이란 열에너지기기-예를 들어, 냉난방기-가 독립적으로 제어되는 구역을 의미할 수 있다. 서로 다른 열적구역은 서로 다른 열적상태로 제어될 수 있다. 예를 들어, 제1열적구역은 실내 온도가 23도로 제어될 수 있고, 제2열적구역은 실내 온도가 28도로 제어될 수 있다.
- [0041] 건물에는 각 구역(410)에 속하지 않는 건물장치들이 포함될 수 있다. 예를 들어, 건물에는 건물부하(420)-엘리베이터부하 등-, 건물분산전원(430), 건물ESS(440), 건물EV충전소(450) 등이 포함될 수 있다.
- [0042] 건물에는 건물 전체의 에너지를 관리하는 건물에이전트(BEMA)가 위치한다. 그리고, 건물에이전트(BEMA)는 각 구역(410)에 위치하는 구역에이전트(ZEMA)와 연결되어 있으면서, 각 구역에이전트(ZEMA)를 관장한다. 또한, 건물에이전트(BEMA)는 각 구역에 속하지 않는 건물장치들(420, 430, 440, 450)과 연결되어 있으면서, 각 건물장치들(420, 430, 440, 450)의 상태정보를 획득하고, 각 건물장치들(420, 430, 440, 450)을 제어한다.
- [0043] 도 5는 구역 레벨의 시스템 구성도이다.
- [0044] 도 5를 참조하면, 각 구역에는 에너지기기(312, 314) 및 개인화기기(316)가 위치할 수 있다.
- [0045] 개인화기기(316)는 개인의 특성이 반영되는 전기기기로서, 예를 들어, PC(Personal Computer), 책상용 스탠드조명 등이 개인화기기(316)에 속한다. 에너지기기(312, 314)는 개인화기기(316)에 해당되지 않는 전기기기로서, 주로 각 구역의 환경을 제어하는 전기기기이다. 예를 들어, HVAC(Heating, Ventilation, Air Condition)기기(312) 및 조명기기(314)가 에너지기기에 속한다.
- [0046] 각 구역에는 복수의 센서들이 위치하면서, 센서네트워크를 구성할 수 있다. 예를 들어, 각 구역에는 온도센서(520), CO2센서(530), 습도센서(540), 조도센서(550) 등이 위치할 수 있다.
- [0047] 구역에는 구역 전체의 에너지를 관리하는 구역에이전트(ZEMA)가 위치한다. 그리고, 구역에이전트(ZEMA)는 센서들(520, 530, 540, 550)로부터 환경데이터를 획득하고, 에너지기기(312, 314) 및 개인화기기(316)로부터 기기에너지사용량데이터를 획득할 수 있다.
- [0048] 에너지관리시스템은 커뮤니티의 계층적 구조를 이용하여, 에너지수요를 예측한다.
- [0049] 도 6은 일 실시예에 따른 에너지 수요 예측 방법의 흐름도이다.
- [0050] 도 6을 참조하면, 먼저 각 구역별로 에너지 수요가 예측된다(S602).

- [0051] 각 구역에 위치하는 구역에이전트(ZEMA)는 센서네트워크로부터 획득한 환경데이터 및 전기기기로부터 획득한 기기에너지사용량데이터를 머신러닝장치로 전송하고 구역에너지수요예측데이터를 수신한다.
- [0052] 각 구역별로 에너지 수요가 예측되면, 그 다음으로 각 건물별로 에너지 수요가 예측된다(S604).
- [0053] 각 건물에 위치하는 건물에이전트(BEMA)는 각 구역들에 대한 구역에너지수요예측데이터와 각 구역에 속하지 않는 건물장치들의 상태정보를 머신러닝장치로 전송하고 건물에너지수요예측데이터를 수신한다.
- [0054] 각 건물별로 에너지 수요가 예측되면, 그 다음으로 커뮤니티 전체에 대한 에너지 수요가 예측된다(S606).
- [0055] 커뮤니티에이전트(CEMA)는 각 건물에 대한 건물에너지수요예측데이터와 각 건물에 속하지 않는 커뮤니티장치들의 상태정보를 머신러닝장치로 전송하고 커뮤니티에너지수요예측데이터를 수신한다.
- [0056] 에너지관리시스템은 이러한 계층적인 구조를 통해 각 구역별로 에너지 수요를 예측할 수 있게 된다.
- [0057] 각 계층에서의 에너지 수요 예측 방법에 대해 좀더 설명한다.
- [0058] 도 7은 재실자수 예측을 위한 제1기계학습모델의 구성도이고, 도 8은 각 구역에 대한 재실자수 예측 방법의 흐름도이다.
- [0059] 에너지관리시스템은 구역에 대한 에너지 수요를 예측하기 전에, 각 구역의 재실자수를 예측할 수 있다. 에너지관리시스템은 재실자수를 먼저 예측함으로써 각 구역의 거주자에 대한 사용자 편의성을 높이고 에너지효율도 적절히 유지할 수 있다.
- [0060] 도 7을 참조하면, 재실자수 예측을 위한 제1기계학습모델은 온도데이터, CO2데이터 및 개인화기기 에너지사용량데이터를 입력데이터로 포함할 수 있다. 온도데이터, CO2데이터 및 개인화기기 에너지사용량데이터는 모두 재실자와 관련된 변수들이다. 예를 들어, 각 구역에서의 재실자수가 증가하면 CO2의 농도가 높아지게 된다. 제1기계학습모델은 CO2의 농도와 재실자수와의 관계를 학습하고, 예측 단계에서 CO2데이터가 입력되면 이를 통해 재실자수를 예측할 수 있다. 개인화기기 에너지사용량데이터도 재실자수와 밀접한 상관관계를 가질 수 있다. 예를 들어, PC의 에너지사용량이 높은 상태에 있다면 PC를 운영하는 사람이 해당 구역에 있다는 것을 의미할 수 있다. 제1기계학습모델은 개인화기기의 에너지사용량데이터와 재실자수와의 관계를 학습하고, 예측 단계에서 개인화기기 에너지사용량데이터가 입력되면 이를 통해 재실자수를 예측할 수 있다.
- [0061] 제1기계학습모델은 조도데이터 혹은 사용자단말과의 무선통신(예를 들어, 근거리통신인 블루투스, 와이파이 등)데이터를 입력데이터로 더 사용할 수 있다. 무선통신데이터를 생성하기 위해, 각 구역에는 무선통신장치-예를 들어, 블루투스 장치-가 배치될 수 있다. 이러한 무선통신장치는 사용자단말-예를 들어, 모바일폰-과 무선통신을 통해 사용자가 실내에 위치하고 있는지를 판단하고 이를 무선통신데이터로 생성할 수 있다.
- [0062] 제1기계학습모델은 온도데이터, CO2데이터 및 개인화기기 에너지사용량데이터를 모두 입력데이터로 사용할 수도 있으나 실시예에 따라서는 그 중 일부의 데이터만 입력데이터로 사용할 수 있다. 예를 들어, 제1기계학습모델은 CO2데이터를 입력데이터로 하여 재실자수를 계산할 수 있다. 그리고, 실시예에 따라 온도데이터 및 개인화기기에 대한 기기에너지사용량데이터를 입력데이터로 더 포함할 수 있다.
- [0063] 제1기계학습모델은 재실자수 예측데이터와 실측데이터를 비교하여 에러데이터를 생성하고 에러데이터에서의 에러값이 작아지도록 제1기계학습모델 내의 파라미터 및 구조를 변경할 수 있다. 이때, 각 구역에는 재실자수를 측정하는 센서가 포함되지 않을 수 있다. 이러한 상황에서 실측데이터를 확보하기 위해 제1기계학습모델은 다른 정보를 활용할 수 있다. 예를 들어, 구역에이전트(ZEMA)에는 UI장치가 포함될 수 있는데, 이러한 UI장치를 통해 비정기적으로 재실자수가 입력되고 이러한 사용자 입력 정보가 제1기계학습모델의 실측데이터로서 활용될 수 있다.
- [0064] 제1기계학습모델은 재실자수 뿐만 아니라 재실자패턴도 생성할 수 있다. 재실자패턴이란, 재실여부를 시간의 흐름에 따라 나타내는 값일 수 있는데, 제1기계학습모델은 이러한 재실자패턴도 생성할 수 있다. 머신러닝장치는 제1기계학습모델을 통해 재실자수 및 재실자패턴을 포함하는 재실자추정정보를 생성하고 이러한 재실자추정정보를 이용하여 구역에너지수요예측데이터를 생성할 수 있다. 아래에서는 재실자추정정보의 일 예인 재실자수에 대해 설명하나, 다른 예로서 재실자패턴 등이 사용될 수도 있다.
- [0065] 도 8을 참조하면, 구역에이전트(ZEMA)는 제1환경데이터를 머신러닝장치(120)로 전송한다(S802). 여기서, 제1환경데이터는 각 구역에 설치되는 센서네트워크로부터 획득한 환경데이터 중 재실자수와 연관도가 높은 환경데이

터로서 예를 들어, 온도데이터 및 CO2데이터가 이에 해당될 수 있다.

- [0066] 구역에이전트(ZEMA)는 개인화기기에 대한 에너지사용량데이터를 머신러닝장치(120)로 전송한다(S804).
- [0067] 머신러닝장치(120)는 제1환경데이터 및 개인화기기에 대한 에너지사용량데이터를 입력데이터로 포함하는 제1기계학습모델을 통해 각 구역에 대한 재실자수를 계산하고, 재실자예측데이터를 생성하여 구역에이전트(ZEMA)로 전송한다(S806).
- [0068] 재실자수가 예측되면 그 다음으로 구역에너지수요예측데이터가 생성된다.
- [0069] 도 9는 구역별 에너지 수요 예측을 위한 제2기계학습모델의 구성도이고, 도 10은 구역별 에너지 수요 예측 방법의 흐름도이다.
- [0070] 도 9를 참조하면, 구역별 에너지 수요 예측을 위한 제2기계학습모델은 재실자수, 환경데이터, 전기기기(에너지기기 및 개인화기기)의 기기에너지사용량데이터, 각 구역에 대한 물리적정보를 입력데이터로 포함할 수 있다. 여기서, 각 구역에 대한 물리적정보는 각 구역의 위치정보, 각 구역의 면적정보, 각 구역의 창호정보 및 각 구역의 외벽정보를 포함할 수 있다. 그리고, 기기에너지사용량데이터는 실시간에너지사용량 및 에너지사용패턴정보를 포함할 수 있다. 그리고, 환경데이터는 온도데이터, 습도데이터, 조도데이터, CO2데이터 등을 포함할 수 있다.
- [0071] 제2기계학습모델은 입력데이터와 구역에너지사용량과의 관계를 학습하고, 예측 단계에서 입력데이터가 입력되면 구역에너지수요예측데이터를 생성할 수 있다.
- [0072] 제2기계학습모델은 구역에너지수요예측데이터와 실측데이터를 비교하여 에러데이터를 생성하고 에러데이터에서의 에러값이 작아지도록 제2기계학습모델 내의 파라미터 및 구조를 변경할 수 있다. 이때, 실측데이터는 기기에너지사용량데이터를 통해 획득될 수 있다.
- [0073] 도 10을 참조하면, 머신러닝장치(120)는 도 7 내지 도 8을 참조하여 설명한 것과 같이 재실자수를 예측하고 재실자수예측데이터를 생성할 수 있다(S1002)
- [0074] 그리고, 구역에이전트(ZEMA)는 구역에 대한 물리적정보를 관리하고 있으면서 주기적으로 혹은 비주기적으로 물리적정보를 머신러닝장치(120)로 전송한다(S1004).
- [0075] 그리고, 구역에이전트(ZEMA)는 환경데이터를 전송하고(S1006), 전기기기에 대한 기기에너지사용량데이터를 전송한다(S1008).
- [0076] 머신러닝장치(120)는 재실자수, 환경데이터, 기기에너지사용량데이터 및 물리적정보를 입력데이터로 포함하는 제2기계학습모델을 통해 각 구역에 대한 구역에너지수요예측데이터를 생성하여 구역에이전트(ZEMA)로 전송할 수 있다(S1010).
- [0077] 구역에이전트(ZEMA)는 각 구역별로 수신되는 구역에너지수요예측데이터를 이용하여 각 구역의 에너지를 관리한다.
- [0078] 각 구역에 대한 물리적정보는 각 구역의 위치정보를 더 포함할 수 있다. 그리고, 머신러닝장치는 구역에이전트(ZEMA) 혹은 다른 장치-예를 들어, 기상서버-로부터 각 구역의 위치에 대한 외기데이터를 더 획득하고, 제2기계학습모델에 외기데이터를 입력데이터로 더 포함시켜 구역에너지수요예측데이터를 생성할 수 있다.
- [0079] 구역에이전트(ZEMA)는 환경데이터, 기기에너지사용량데이터 및 물리적정보를 로컬DB(DATABASE)에 저장하고 있으면서, 주기적으로 로컬DB에 저장된 데이터를 머신러닝장치(120)와 연계된 클라우드DB로 전송할 수 있다. 그리고, 머신러닝장치(120)는 클라우드DB에 저장된 데이터를 활용하여, 재실자수 혹은 구역에너지수요예측데이터를 생성할 수 있다.
- [0080] 에너지관리시스템은 구역별로 에너지 수요 예측이 완료되면, 이를 취합하여 건물에 대한 에너지 수요 예측을 수행할 수 있다.
- [0081] 도 11은 건물별 에너지 수요 예측을 위한 제3기계학습모델의 구성도이고, 도 12는 건물별 에너지 수요 예측 방법의 흐름도이다.
- [0082] 도 11을 참조하면, 건물별 에너지 수요 예측을 위한 제3기계학습모델은 구역에너지수요예측데이터, 건물장치에 대한 상태정보, 건물의 물리적정보를 입력데이터로 포함할 수 있다. 여기서, 건물의 물리적정보는 각 건물의 위치정보, 각 건물의 면적정보, 각 건물의 창호정보 및 각 건물의 외벽정보 등을 포함할 수 있다. 그리고, 건물장

치에 대한 상태정보는 예를 들어, 건물분산전원의 발전량, 건물ESS의 충전량, 건물EV충전소에 접속된 전기자동차로 공급하는 전력량 등의 정보가 포함될 수 있다.

- [0083] 제3기계학습모델은 입력데이터와 건물에너지사용량과의 관계를 학습하고, 예측 단계에서 입력데이터가 입력되면 건물에너지수요예측데이터를 생성할 수 있다.
- [0084] 제3기계학습모델은 건물에너지수요예측데이터와 실측데이터를 비교하여 에러데이터를 생성하고 에러데이터에서의 에러값이 작아지도록 제3기계학습모델 내의 파라미터 및 구조를 변경할 수 있다. 이때, 실측데이터는 각 구역의 에너지사용량데이터 및 건물장치의 에너지사용량데이터 혹은 에너지공급량데이터를 통해 획득될 수 있다.
- [0085] 도 12를 참조하면, 머신러닝장치(120)는 구역별로 에너지수요예측데이터를 생성한다(S1202).
- [0086] 그리고, 건물에이전트(BEMA)는 건물에 대한 물리적정보를 관리하고 있으면서 주기적으로 혹은 비주기적으로 물리적정보를 머신러닝장치(120)에 전송한다(S1204).
- [0087] 그리고, 건물에이전트(BEMA)는 건물부하, 건물분산전원, 건물ESS 및 건물EV충전소 중 적어도 하나의 건물장치에 대한 상태정보를 획득하여 머신러닝장치(120)로 전송한다(S1206).
- [0088] 그리고, 머신러닝장치(120)는 각 건물에 대하여 각 구역에 대한 구역에너지수요예측데이터, 건물장치에 대한 상태정보 및 각 건물에 대한 물리적정보를 입력데이터로 포함하는 제3기계학습모델을 통해 건물에너지수요예측데이터를 생성하고 건물에이전트(BEMA)로 전송할 수 있다(S1208).
- [0089] 에너지관리시스템은 건물별로 에너지 수요 예측이 완료되면, 이를 취합하여 커뮤니티에 대한 에너지 수요 예측을 수행할 수 있다.
- [0090] 도 13은 커뮤니티 에너지 수요 예측을 위한 제4기계학습모델의 구성도이고, 도 14는 커뮤니티 에너지 수요 예측 방법의 흐름도이다.
- [0091] 도 13을 참조하면, 커뮤니티 에너지 수요 예측을 위한 제4기계학습모델은 건물에너지수요예측데이터, 커뮤니티 장치에 대한 상태정보, 커뮤니티의 물리적정보를 입력데이터로 포함할 수 있다. 여기서, 커뮤니티의 물리적정보는 커뮤니티의 위치정보 등을 포함할 수 있다. 그리고, 커뮤니티장치에 대한 상태정보는 예를 들어, 커뮤니티분산전원의 발전량, 커뮤니티ESS의 충전량, 커뮤니티EV충전소에 접속된 전기자동차로 공급하는 전력량 등의 정보를 포함할 수 있다.
- [0092] 제4기계학습모델은 입력데이터와 커뮤니티에너지사용량과의 관계를 학습하고, 예측 단계에서 입력데이터가 입력되면 커뮤니티에너지수요예측데이터를 생성할 수 있다.
- [0093] 제4기계학습모델은 커뮤니티에너지수요예측데이터와 실측데이터를 비교하여 에러데이터를 생성하고 에러데이터에서의 에러값이 작아지도록 제4기계학습모델 내의 파라미터 및 구조를 변경할 수 있다. 이때, 실측데이터는 각 건물의 에너지사용량데이터 및 커뮤니티장치의 에너지사용량데이터 혹은 에너지공급량데이터를 통해 획득될 수 있다.
- [0094] 도 14를 참조하면, 머신러닝장치(120)는 건물별로 에너지수요예측데이터를 생성한다(S1402).
- [0095] 그리고, 커뮤니티에이전트(CEMA)는 커뮤니티에 대한 물리적정보를 관리하고 있으면서 주기적으로 혹은 비주기적으로 물리적정보를 머신러닝장치(120)에 전송한다(S1404).
- [0096] 그리고, 커뮤니티에이전트(CEMA)는 커뮤니티부하, 커뮤니티분산전원, 커뮤니티ESS 및 커뮤니티EV충전소 중 적어도 하나의 커뮤니티장치에 대한 상태정보를 획득하여 머신러닝장치(120)로 전송한다(S1406).
- [0097] 그리고, 머신러닝장치(120)는 각 건물에 대한 건물에너지수요예측데이터, 커뮤니티장치에 대한 상태정보 및 커뮤니티에 대한 물리적정보를 입력데이터로 포함하는 제4기계학습모델을 통해 커뮤니티에너지수요예측데이터를 생성하여 커뮤니티에이전트(CEMA)로 전송할 수 있다(S1408).
- [0098] 에너지관리시스템은 에너지수요예측데이터를 이용하여 각 레벨별로 최적제어 시나리오 및 에너지관리정책을 생성할 수 있다.
- [0099] 도 15는 일 실시예에 따른 에너지 최적화 방법의 흐름도이다.
- [0100] 도 15를 참조하면, 에너지관리시스템은 커뮤니티레벨에서 에너지를 최적화한다(S1502).
- [0101] 커뮤니티레벨에는 각 건물에 속하지 않는 커뮤니티장치가 포함될 수 있는데, 커뮤니티레벨 최적화 단계에서, 이

러한 커뮤니티장치에 대한 최적제어 시나리오가 생성될 수 있다. 커뮤니티장치에 대한 최적제어 시나리오를 생성할 때, 에너지관리시스템은 에너지비용이 최소화되도록 최적제어 시나리오를 생성할 수 있다. 예를 들어, 에너지관리시스템은 수요반응인센티브 및 실시간에너지가격정보를 이용하여, 커뮤니티장치의 에너지사용량을 시간대별로 혹은 전체적으로 조절하고, 이를 통해 에너지비용을 최소화시킬 수 있다. 구체적으로, 에너지관리시스템은 실시간에너지가격정보를 통해 에너지가격이 낮은 시간대로 커뮤니티장치의 사용을 스케줄링하고, 또한, 수요반응인센티브가 주어지는 시간대에 에너지사용이 줄어들도록 커뮤니티장치의 사용을 스케줄링할 수 있다.

[0102] 에너지관리시스템은 커뮤니티장치에 대해서는 직접 제어를 위한 최적제어 시나리오를 생성하고, 소속 건물들에 대해서는 특정 목적함수의 값이 최대가 되도록 유도하는 에너지관리정책을 생성하여 각 건물의 건물에이전트로 전송할 수 있다. 여기서, 에너지관리정책은 강제적인 제어신호가 아닌 특정 목적함수의 값이 최대가 되도록 유도하기 위한 정책에 관한 것이다. 예를 들어, 에너지관리정책에는 부하차단, 부하스케줄링과 같은 강제적인 제어신호가 아닌 수요반응인센티브정책과 같은 특정 목적함수의 값이 최대가 되도록 유도하기 위한 정책이 포함될 수 있다.

[0103] 커뮤니티에이전트는 커뮤니티의 수요반응인센티브총액이 최대가 되도록 하는 목적함수를 사용하면서, 이러한 목적함수가 최대가 되도록 에너지관리정책을 생성할 수 있다. 예를 들어, 커뮤니티에이전트를 관리하는 주체는 커뮤니티 단위에서 수요반응에 참여할 건물들을 모집하고 운영하는 에너지수요관리회사일 수 있다. 이러한 에너지수요관리회사는 커뮤니티의 수요반응인센티브총액을 최대로 하는 것을 목적으로 설립된 회사일 수 있다.

[0104] 혹은 에너지수요관리회사는 수요반응 참여를 통한 수익이 최대가 되는 것을 목적으로 설립된 회사일 수 있다. 이 경우, 커뮤니티에이전트가 사용하는 목적함수는 커뮤니티의 수요관리수익의 총액이 최대가 되는 것일 수 있다. 수요관리수익은 전력거래시장으로부터 받는 커뮤니티수요반응인센티브에서 각 건물로 재분배시키는 건물수요반응인센티브를 제외한 금액일 수 있다. 건물수요반응인센티브가 너무 높게 책정되면 커뮤니티수요반응인센티브의 수익이 줄어드는 경우도 있지만, 반대로 건물수요반응인센티브가 너무 낮게 책정되면 각 건물의 수요반응 순응지수가 낮아지면서 커뮤니티수요반응인센티브의 수익도 줄어들 수 있다. 에너지관리시스템은 이러한 것들을 고려하여 에너지관리정책을 생성할 수 있다.

[0105] 에너지관리정책이 건물에이전트로 전송되면, 에너지관리시스템은 건물레벨에서 에너지를 최적화한다(S1504).

[0106] 건물레벨에는 각 구역에 속하지 않는 건물장치가 포함될 수 있는데, 건물레벨 최적화 단계에서, 이러한 건물장치에 대한 최적제어 시나리오가 생성될 수 있다. 건물장치에 대한 최적제어 시나리오를 생성할 때, 에너지관리시스템은 에너지비용이 최소화되도록 최적제어 시나리오를 생성할 수 있다. 예를 들어, 에너지관리시스템은 수요반응인센티브 및 실시간에너지가격정보를 이용하여, 건물장치의 에너지사용량을 시간대별로 혹은 전체적으로 조절하고, 이를 통해 에너지비용을 최소화시킬 수 있다. 구체적으로, 에너지관리시스템은 실시간에너지가격정보를 통해 에너지가격이 낮은 시간대로 건물장치의 사용을 스케줄링하고, 또한, 수요반응인센티브가 주어지는 시간대에 에너지사용이 줄어들도록 건물장치의 사용을 스케줄링할 수 있다.

[0107] 여기서, 수요반응인센티브는 커뮤니티에이전트로부터 수신하는 에너지관리정책에 포함되어 있을 수 있다. 건물에이전트는 커뮤니티에이전트로부터 수신하는 에너지관리정책을 고려하여 최적제어 시나리오를 생성하기 때문에, 커뮤니티에이전트에 직접적으로 제어를 받지 않지만 커뮤니티에이전트와 간접적인 제어 관계를 유지할 수 있게 된다.

[0108] 에너지관리시스템은 건물장치에 대해서는 직접 제어를 위한 최적제어 시나리오를 생성하고, 소속 구역들에 대해서는 특정 목적함수의 값이 최대가 되도록 유도하는 에너지관리정책을 생성하여 각 구역의 구역에이전트로 전송할 수 있다. 여기서, 에너지관리정책은 강제적인 제어신호가 아닌 특정 목적함수의 값이 최대가 되도록 유도하기 위한 정책에 관한 것이다. 예를 들어, 에너지관리정책에는 부하차단, 부하스케줄링과 같은 강제적인 제어신호가 아닌 수요반응인센티브정책과 같은 특정 목적함수의 값이 최대가 되도록 유도하기 위한 정책이 포함될 수 있다.

[0109] 건물에이전트는 건물의 에너지비용이 최소가 되도록 하는 목적함수를 사용하면서, 이러한 목적함수가 최소가 되도록 에너지관리정책을 생성할 수 있다.

[0110] 커뮤니티에이전트가 각 건물에이전트로 전송하는 에너지관리정책이나 건물에이전트가 각 구역에이전트로 전송하는 에너지관리정책은 각 건물에이전트별로 혹은 각 구역에이전트별로 서로 다르게 책정될 수 있다. 예를 들어, 건물에이전트는 제1구역에이전트를 위한 제1에너지관리정책과 제2구역에이전트를 위한 제2에너지관리정책을 서로 다르게 책정할 수 있다. 에너지관리정책으로 수요반응인센티브정책을 사용한다고 할 때, 수요반응인센티브를

받을 수 있는 수요반응부하용량은 정해져 있기 때문에, 각 건물별로 혹은 각 구역별로 수요반응부하용량을 적절히 배분하고 수요반응에 참여한 부하에 대하여 적절한 인센티브를 제공하는 것이 필요하다. 이를 위해, 커뮤니티에이전트는 각 건물에이전트별로 서로 다르게 에너지관리정책을 생성하여 각 건물에이전트를 통해 최대의 수요관리수익을 창출할 수 있도록 한다. 그리고, 건물에이전트는 각 구역에이전트별로 서로 다르게 에너지관리정책을 생성하여 건물 전체의 에너지 비용이 최소화되도록 한다.

- [0111] 에너지관리정책이 구역에이전트로 전송되면, 에너지관리시스템은 구역레벨에서 에너지를 최적화한다(S1506).
- [0112] 구역레벨에서는 하위 레벨이 존재하지 않기 때문에, 제어 가능한 모든 기기(부하)에 대해 최적의 제어 시나리오를 생성하는 것이 중요할 수 있다. 한편, 에너지관리시스템은 에너지 비용 뿐만 아니라 각 구역에 거주하고 있는 사용자들의 편의성까지 고려하여 제어 시나리오를 생성하기 때문에, 다른 레벨과 목적함수가 다를 수 있다.
- [0113] 에너지관리시스템은 구역의 최적제어 시나리오를 생성할 때, 에너지관리정책 뿐만 아니라, 사용자설정정보, 실내외환경정보, 기기별에너지사용패턴정보 및 재실자정보 등을 더 고려하여 최적제어 시나리오를 생성할 수 있다. 이러한 정보들은 사용자 편의성을 고려하는데 사용될 수 있다.
- [0114] 아래에서는 이해의 편의를 위해 에너지관리정책으로서, 수요반응인센티브정책이 사용되는 경우를 예로 들어 설명한다.
- [0115] 도 16은 일 실시예에 따른 에너지관리시스템에서 커뮤니티수요반응인센티브정책이 결정되는 과정을 나타내는 도면이다.
- [0116] 도 16을 참조하면, 각 구역에이전트(ZEMA)는 구역에너지수요예측데이터 및 구역수요반응부하용량을 산정하여 건물에이전트(BEMA)로 전송한다. 각 구역에이전트(ZEMA)는 구역수요반응부하용량을 건물에이전트(BEMA)로 전송하지 않을 수도 있다. 건물에이전트(BEMA)는 각 구역에서 수요반응에 참여할 것으로 예측되는 부하용량을 산정하여 관리할 수도 있다.
- [0117] 건물에이전트(BEMA)는 구역에너지수요예측데이터를 취합하고, 각 구역에 속하지 않는 건물장치에 대한 에너지수요예측데이터를 더해 건물에너지수요예측데이터를 생성한다. 그리고, 건물에이전트(BEMA)는 구역수요반응부하용량을 취합하고, 각 구역에 속하지 않는 건물장치에 대한 수요반응부하용량을 산정하여 건물수요반응부하용량을 생성한다. 그리고, 건물에이전트(BEMA)는 건물에너지수요예측데이터 및 건물수요반응부하용량을 커뮤니티에이전트(CEMA)로 전송한다. 건물에이전트(BEMA)는 건물수요반응부하용량을 커뮤니티에이전트(CEMA)로 전송하지 않을 수도 있다. 커뮤니티에이전트(CEMA)는 각 건물에서 수요반응에 참여할 것으로 예측되는 부하용량을 산정하여 관리할 수 있다.
- [0118] 커뮤니티에이전트(CEMA)는 건물에너지수요예측데이터를 취합하고, 각 건물에 속하지 않는 커뮤니티장치에 대한 에너지수요예측데이터를 더해 커뮤니티에너지수요예측데이터를 생성한다. 그리고, 커뮤니티에이전트(CEMA)는 건물수요반응부하용량을 취합하고, 각 건물에 속하지 않는 커뮤니티장치에 대한 수요반응부하용량을 산정하여 커뮤니티수요반응부하용량을 생성한다. 커뮤니티수요반응부하용량은 기계학습모델을 통해 추정된 값일 수 있다. 커뮤니티에이전트(CEMA)가 각 건물에이전트(BEMA)로부터 수요반응에 참여할 부하용량을 전송받지 않는 실시예에서는 커뮤니티에이전트(CEMA)가 커뮤니티수요반응부하용량을 추정하여 관리할 수 있다.
- [0119] 커뮤니티에이전트(CEMA)는 커뮤니티에너지수요예측데이터 및 커뮤니티수요반응부하용량을 이용하여 수요반응시스템에 입찰하고 입찰의 결과로서 커뮤니티수요반응인센티브정책을 수신할 수 있다.
- [0120] 커뮤니티수요반응인센티브정책은 수요반응부하용량 및 가격정책일 수 있다. 예를 들어, 커뮤니티수요반응인센티브정책은 수요반응에 참여한 부하용량 및 그 부하용량에 대한 가격정책일 수 있다. 더 구체적인 예로서, 커뮤니티수요반응인센티브정책은 부하용량의 크기 및 그 부하용량에 대한 KW당의 가격일 수 있다. 이때, 가격은 시간 단위로 다르게 책정될 수 있다. 건물수요반응인센티브정책이나 구역수요반응인센티브정책도 수요반응부하용량 및 그 수요반응부하용량에 대한 가격정책일 수 있다.
- [0121] 도 17은 일 실시예에 따라 커뮤니티레벨에서 최적화하는 과정을 설명하기 위한 도면이다.
- [0122] 도 17을 참조하면, 머신러닝장치는 커뮤니티최적화기계학습모델을 통해 커뮤니티장치에 대한 최적제어 시나리오를 생성할 수 있다.
- [0123] 커뮤니티에이전트는 건물에 속하지 않는 커뮤니티부하, 커뮤니티분산전원, 커뮤니티ESS(Energy Storage System) 및 커뮤니티EV(Electric Vehicle)충전소 중 적어도 하나의 커뮤니티장치에 대한 상태정보를 획득하여 머신러닝

장치로 전송할 수 있다.

- [0124] 그리고, 머신러닝장치는 커뮤니티장치에 대한 상태정보 및 커뮤니티수요반응인센티브정책을 이용하여 커뮤니티 장치에 대한 최적제어 시나리오를 생성할 수 있다. 이때, 머신러닝장치는 커뮤니티장치의 에너지비용이 최소화 되도록 최적제어 시나리오를 생성할 수 있다.
- [0125] 머신러닝장치에서 생성된 최적제어 시나리오가 커뮤니티에이전트로 전송되면, 커뮤니티에이전트는 이러한 최적 제어 시나리오에 따라 커뮤니티장치들을 제어할 수 있다.
- [0126] 한편, 머신러닝장치는 각 건물에 대한 건물에너지수요예측데이터 및 건물에너지사용량데이터, 그리고, 커뮤니티 수요반응인센티브정책을 입력데이터로 포함하는 커뮤니티최적화기계학습모델을 통해 각 건물별로 적용시킬 건물 수요반응인센티브정책을 생성할 수 있다. 이때 생성되는 건물수요반응인센티브정책은 건물별로 다를 수 있다.
- [0127] 커뮤니티최적화기계학습모델은 특정 최적화함수가 최대 혹은 최소가 되도록 건물수요반응인센티브정책을 생성할 수 있다. 그리고, 커뮤니티최적화기계학습모델은 최적화함수에 대한 예측값과 실측값의 차이에 의한 에러데이터에 따라 기계학습을 수행할 수 있다.
- [0128] 예를 들어, 최적화함수는 커뮤니티수요관리수익에 대한 함수일 수 있다. 이때, 커뮤니티최적화기계학습모델은 커뮤니티수요관리수익이 최대가 되도록 각 건물에 대한 건물수요반응인센티브정책을 생성할 수 있다. 그런데, 각 건물이 기대하는 방향으로 수요반응을 진행하지 않을 수 있다. 이런 경우, 커뮤니티최적화기계학습모델은 내부 파라미터가 최적화되지 않은 것으로 판단하고, 예측값과 실측값의 차이에 의한 에러데이터에 따라 기계학습을 수행할 수 있다.
- [0129] 일 예로서, 머신러닝장치는 커뮤니티최적화기계학습모델을 통해 커뮤니티수요관리수익에 대한 예측값을 생성하고, 커뮤니티에이전트로부터 커뮤니티수요관리수익에 대한 실측값을 수신할 수 있다. 그리고, 머신러닝장치는 예측값과 실측값의 차이에 따른 에러데이터를 이용하여 커뮤니티최적화기계학습모델을 학습시킬 수 있다.
- [0130] 다른 예로서, 머신러닝장치는 커뮤니티최적화기계학습모델을 통해 각 건물별로 커뮤니티 관점의 수요관리수익에 대한 예측값을 생성하고, 커뮤니티에이전트로부터 건물별 수요반응인센티브수익에 대한 실측값을 수신할 수 있다. 그리고, 머신러닝장치는 예측값과 실측값의 차이에 따른 에러데이터를 이용하여 커뮤니티최적화기계학습모델을 학습시킬 수 있다.
- [0131] 커뮤니티최적화기계학습모델은 건물수요반응인센티브정책으로서 각 건물별 수요반응부하용량을 산출할 수 있는데, 이러한 실시예에서, 머신러닝장치는 커뮤니티최적화기계학습모델을 통해 각 건물별로 산출된 수요반응 부하용량과 각 건물별로 실제로 수요반응에 참여한 부하용량의 차이에 따른 에러데이터를 이용하여 커뮤니티최적화기계학습모델을 학습시킬 수 있다.
- [0132] 커뮤니티최적화기계학습모델은 건물별로 수요반응순응지수도 생성할 수 있다. 이러한 수요반응순응지수는 커뮤니티최적화기계학습모델의 내부 파라미터로 사용되면서 각 건물별로 할당할 수요반응부하용량 및 에너지가격을 산출하는데 사용될 수 있다.
- [0133] 다른 한편으로는, 수요반응순응지수는 기계학습에 사용될 수 있다. 커뮤니티최적화기계학습모델은 각 건물별 수요반응순응지수 예측값을 더 생성하고, 머신러닝장치는 수요반응순응지수 예측값과 실측값의 차이에 따른 에러데이터를 이용하여 커뮤니티최적화기계학습모델을 학습시킬 수 있다.
- [0134] 도 18은 일 실시예에 따른 커뮤니티최적화기계학습모델의 구성도이다.
- [0135] 도 18을 참조하면, 커뮤니티최적화기계학습모델은 실시간에너지가격정보, 수요반응인센티브정책, CO2저감인센티브정책, 커뮤니티장치에 대한 상태정보, 각 건물별 에너지사용량데이터 및 커뮤니티에너지수요예측데이터를 입력데이터로 포함할 수 있다.
- [0136] 그리고, 머신러닝장치는 커뮤니티최적화기계학습모델을 통해 커뮤니티장치 최적제어 시나리오를 생성할 수 있다. 그리고, 머신러닝장치는 커뮤니티최적화기계학습모델을 통해 건물별로 건물수요반응인센티브정책을 생성할 수 있다. 실시예에 따라서는, 머신러닝장치는 건물별로 CO2저감인센티브정책을 더 생성할 수 있다.
- [0137] 커뮤니티최적화기계학습모델은 최적화 함수가 최대 혹은 최소가 되도록 출력값들을 생성할 수 있다.

수학식 1

제1 최적화 함수 = $i \times$ 에너지비용 - $k \times$ 수요반응인센티브수익 - $j \times CO_2$ 저감인센티브수익

- [0138] 제1 최적화 함수 = $i \times$ 에너지비용 - $k \times$ 수요반응인센티브수익 - $j \times CO_2$ 저감인센티브수익
- [0139] 여기서, CO_2 저감에 따른 인센티브는 신재생에너지사용량 혹은 전기자동차의 충전량의 함수로 계산될 수 있고, i , k , j 는 수요관리사업자의 선택 혹은 에너지관리시스템의 선택에 따라 결정될 수 있다.
- [0140] 커뮤니티최적화기계학습모델은 출력으로서 최적화함수값을 생성하고, 실측데이터와 비교하여 기계학습에 사용할 수 있다. 또한, 커뮤니티최적화기계학습모델은 각 건물별로 수요반응 순응지수를 입력데이터로 더 포함할 수 있다. 수요반응 순응지수는 커뮤니티에이전트에서 생성되어 머신러닝장치로 전송될 수 있다.
- [0141] 도 19는 일 실시예에 따라 커뮤니티 최적제어 시나리오를 생성하는 방법의 흐름도이다.
- [0142] 커뮤니티에이전트(CEMA)는 커뮤니티에 대한 수요반응부하용량을 관리하고, 전력거래시장으로부터 실시간에너지 가격정보, 수요반응인센티브정책 및 CO_2 저감인센티브정책을 수신할 수 있다. 여기서, 수요반응인센티브정책 및 CO_2 저감인센티브정책은 커뮤니티에너지수요예측데이터 및 커뮤니티에 대한 수요반응부하용량을 이용하여 커뮤니티에이전트(CEMA)가 수요반응시스템에 입찰하고 입찰의 결과로서 수신한 값일 수 있다. 커뮤니티에이전트(CEMA)는 이러한 입찰을 통해 주기적으로 혹은 비주기적으로 수요반응인센티브정책 및 CO_2 저감인센티브정책을 갱신할 수 있다.
- [0143] 도 19를 참조하면, 머신러닝장치(120)는 커뮤니티에너지수요예측데이터를 생성하여 커뮤니티에이전트(CEMA)로 전송한다(S1902).
- [0144] 그리고, 커뮤니티에이전트(CEMA)는 전력거래시장으로 커뮤니티에너지수요예측데이터를 전송하고(S1904), 커뮤니티에서 수요반응에 참여할 수 있는 수요반응부하용량을 전력거래시장으로 전송한다(S1906).
- [0145] 전력거래시장-하드웨어적으로 전력거래시장을 관리하는 서버-은 이러한 정보에 대응하여 수요반응인센티브정책 및 CO_2 저감인센티브정책을 커뮤니티에이전트(CEMA)로 전송할 수 있다(S1908).
- [0146] 수요반응인센티브정책에는 수요반응에 참여해야 하는 부하용량, 시간 등의 정보와 수요반응에 참여했을 때의 인센티브에 대한 정보가 포함될 수 있다. 또한, CO_2 저감인센티브정책에는 신재생에너지별로 사용량에 따른 인센티브 정보가 포함될 수 있다.
- [0147] 전력거래시장은 커뮤니티에이전트(CEMA)로 실시간에너지가격정보를 전송할 수 있다(S1910).
- [0148] 커뮤니티에이전트(CEMA)는 머신러닝장치(120)로 실시간에너지가격정보를 전송하고(S1912), 수요반응인센티브정책 및 CO_2 저감인센티브정책을 전송할 수 있다(S1914).
- [0149] 그리고, 커뮤니티에이전트(CEMA)는 커뮤니티장치에 대한 상태정보를 머신러닝장치(120)로 전송하고(S1916), 각 건물별 에너지사용량데이터를 머신러닝장치(120)로 전송할 수 있다(S1920).
- [0150] 머신러닝장치(120)는 실시간에너지가격정보, 수요반응인센티브정책, CO_2 저감인센티브정책, 커뮤니티장치에 대한 상태정보, 각 건물별 에너지사용량데이터 및 커뮤니티에너지수요예측데이터를 입력데이터로 포함하는 커뮤니티 최적화기계학습모델을 통해 각 건물별 수요반응인센티브정책, 각 건물별 CO_2 저감인센티브정책 및 커뮤니티장치에 대한 제어시나리오를 생성하여 커뮤니티에이전트(CEMA)로 전송할 수 있다(S1922, S1924).
- [0151] 커뮤니티에이전트(CEMA)는 커뮤니티장치에 대한 제어시나리오에 따라 커뮤니티장치를 제어하고, 각 건물별 수요반응인센티브정책 및 CO_2 저감인센티브정책을 각 건물에이전트(BEMA)로 전송할 수 있다.
- [0152] 한편, 건물에이전트는 각 구역에 대한 구역에너지수요예측데이터를 포함하는 건물에너지수요예측데이터 및 각 구역의 구역수요반응부하용량을 포함하는 건물수요반응부하용량을 관리하고, 건물에 적용되는 건물수요반응인센티브정책을 관리할 수 있다.
- [0153] 그리고, 머신러닝장치는 각 구역에 대한 구역에너지수요예측데이터 그리고, 건물수요반응인센티브정책을 입력데이터로 포함하고 건물에 대한 에너지비용이 최소화되도록 계산하는 건물최적화기계학습모델을 통해 각 구역별로 적용시킬 구역수요반응인센티브정책을 생성하여 건물에이전트에 전송할 수 있다.
- [0154] 그리고, 건물에이전트는 구역수요반응인센티브정책을 각 구역에 대응되는 구역에이전트로 전송할 수 있다.

- [0155] 도 20은 일 실시예에 따라 건물레벨에서 최적화하는 과정을 설명하기 위한 도면이다.
- [0156] 도 20을 참조하면, 머신러닝장치는 건물최적화기계학습모델을 통해 건물장치에 대한 최적제어 시나리오를 생성할 수 있다.
- [0157] 건물에이전트는 구역에 속하지 않는 건물부하, 건물분산전원, 건물ESS 및 건물EV충전소 중 적어도 하나의 건물장치에 대한 상태정보를 획득하여 머신러닝장치로 전송할 수 있다.
- [0158] 그리고, 머신러닝장치는 건물장치에 대한 상태정보 및 건물수요반응인센티브정책을 이용하여 건물장치에 대한 최적제어 시나리오를 생성할 수 있다. 이때, 머신러닝장치는 건물장치의 에너지비용이 최소화되도록 최적제어 시나리오를 생성할 수 있다.
- [0159] 머신러닝장치에서 생성된 최적제어 시나리오가 건물에이전트로 전송되면, 건물에이전트는 이러한 최적제어 시나리오에 따라 건물장치들을 제어할 수 있다.
- [0160] 한편, 머신러닝장치는 각 구역에 대한 구역에너지수요예측데이터 및 구역에너지사용량데이터, 그리고, 건물수요반응인센티브정책을 입력데이터로 포함하는 건물최적화기계학습모델을 통해 각 구역별로 적용시킬 구역수요반응인센티브정책을 생성할 수 있다. 이때 생성되는 구역수요반응인센티브정책은 구역별로 다를 수 있다.
- [0161] 건물최적화기계학습모델은 특정 최적화함수가 최대 혹은 최소가 되도록 구역수요반응인센티브정책을 생성할 수 있다. 그리고, 건물최적화기계학습모델은 최적화함수에 대한 예측값과 실측값의 차이에 의한 에러데이터에 따라 기계학습을 수행할 수 있다.
- [0162] 예를 들어, 최적화함수는 건물에너지비용에 대한 함수일 수 있다. 이때, 건물최적화기계학습모델은 건물에너지비용이 최소가 되도록 각 구역에 대한 구역수요반응인센티브정책을 생성할 수 있다. 그런데, 각 구역이 기대하는 방향으로 수요반응을 진행하지 않을 수 있다. 이런 경우, 건물최적화기계학습모델은 내부 파라미터가 최적화되지 않은 것으로 판단하고, 예측값과 실측값의 차이에 의한 에러데이터에 따라 기계학습을 수행할 수 있다.
- [0163] 도 21은 일 실시예에 따른 건물최적화기계학습모델의 구성도이다.
- [0164] 도 21을 참조하면, 건물최적화기계학습모델은 실시간에너지가격정보, 각 건물별 수요반응인센티브정책 및 CO2저감인센티브정책, 각 건물장치에 대한 상태정보, 각 구역별 에너지사용량데이터 및 각 건물의 건물에너지수요예측데이터를 입력데이터로 포함할 수 있다.
- [0165] 그리고, 머신러닝장치는 건물최적화기계학습모델을 통해 각 구역별 수요반응인센티브정책, 각 구역별 CO2저감인센티브정책 및 각 건물장치에 대한 제어시나리오를 생성할 수 있다.
- [0166] 여기서, 건물최적화기계학습모델은 제2최적화함수가 최소화되도록 출력값들을 생성할 수 있다.
- [0167] 제2최적화함수는 건물 전체의 에너지사용량이 최소화되고, 수요반응에 따른 인센티브가 최대화되며, CO2 저감에 따른 인센티브가 최대화되도록 하는 함수이다.
- [0168] 도 22는 일 실시예에 따라 건물 최적제어 시나리오를 생성하는 방법의 흐름도이다.
- [0169] 도 22를 참조하면, 머신러닝장치(120)는 건물별 수요반응인센티브정책 및 CO2저감인센티브정책을 커뮤니티에이전트(CEMA)로 전송하고(S2202), 커뮤니티에이전트(CEMA)는 건물에이전트(BEMA)로 건물별 수요반응인센티브정책 및 CO2저감인센티브정책을 전송할 수 있다(S2204).
- [0170] 그리고, 건물에이전트(BEMA)는 실시간에너지가격정보, 건물별 수요반응인센티브정책 및 CO2저감인센티브정책, 건물장치의 상태정보, 건물의 수요반응부하정보, 구역별 에너지사용량데이터 등을 머신러닝장치(120)로 전송할 수 있다(S2206, S2208, S2210, S2212, S2214).
- [0171] 그리고, 머신러닝장치(120)는 실시간에너지가격정보, 각 건물별 수요반응인센티브정책 및 CO2저감인센티브정책, 각 건물장치에 대한 상태정보, 각 구역별 에너지사용량데이터 및 각 건물의 건물에너지수요예측데이터를 입력데이터로 포함하는 건물최적화기계학습모델을 통해 각 구역별 수요반응인센티브정책, 각 구역별 CO2저감인센티브정책 및 각 건물장치에 대한 제어시나리오를 생성하여 건물에이전트(BEMA)로 전송할 수 있다(S2216, S2218).
- [0172] 머신러닝장치(120)는 각 구역별 수요반응부하용량 및 수요반응순응지수를 계산하고 각 구역별 수요반응부하용량 및 수요반응순응지수를 이용하여 각 구역별 수요반응인센티브정책 및 CO2저감인센티브정책을 생성할 수도 있다.
- [0173] 도 23은 일 실시예에 따라 구역별로 최적제어 시나리오를 생성하는 구역최적화프로그램의 구성도이고, 도 24는

일 실시예에 따라 구역별로 최적제어 시나리오를 생성하는 방법의 흐름도이다.

- [0174] 구역에이전트(ZEMA)는 각 구역에 대한 수요반응부하정보를 관리하고, 건물에이전트(BEMA)로부터 각 구역별 수요 반응인센티브정책 및 CO2저감인센티브정책을 수신할 수 있다.
- [0175] 도 23을 참조하면, 구역별로 최적제어 시나리오를 생성하는 구역최적화프로그램은 실시간에너지가격정보, 각 구역별 수요반응인센티브정책 및 CO2저감인센티브정책, 각 구역별 재실자정보, 각 구역에서 작동되는 에너지기기 및 개인화기기의 기기에너지사용량데이터(혹은 기기별에너지사용패턴정보), 및 각 구역별 구역에너지수요예측데이터를 입력데이터로 포함할 수 있다.
- [0176] 다른 예로서, 구역최적화프로그램은 사용자설정정보, 실내외환경정보, 기기별에너지사용패턴정보, 재실자정보, 구역수요반응부하정보, 및 구역에너지수요예측데이터를 입력데이터로 포함할 수 있다. 사용자설정정보는 예를 들어, 수요반응우선순위설정정보, 회의스케줄설정정보, 실내환경설정정보 등을 수 있다.
- [0177] 그리고, 머신러닝장치는 구역최적화프로그램을 통해 각 구역에서 작동되는 에너지기기 및 개인화기기에 대한 최적제어 시나리오를 생성할 수 있다.
- [0178] 또한, 구역에이전트는 회의스케줄설정정보 및 일별 에너지기기의 온도 혹은 조도 설정횟수정보를 더 관리하고, 구역최적화프로그램은 회의스케줄설정정보 및 설정횟수정보를 입력데이터로 더 포함하면서, 회의스케줄, 실내온도, 실내조도 등에 대한 최적제어 시나리오를 생성할 수 있다.
- [0179] 구역최적화프로그램은 사용자설정정보를 입력데이터로 더 포함할 수 있다. 예를 들어, 구역에이전트(ZEMA)는 UI 장치를 포함하고 있으면서, 수요반응에 참여할 부하기기의 우선순위정보, 변경 가능한 회의스케줄정보, 원하는 실내환경정보(예, 온도, 습도, 조도, 미세먼지 등)를 생성하고 이를 사용자설정정보로서 구역최적화프로그램에 입력시킬 수 있다. 재실자의 입력이 없는 구역에이전트(ZEMA)는 기본값 혹은 이전설정값으로 사용자설정정보를 생성할 수도 있다.
- [0180] 구역최적화프로그램은 제3최적화함수가 최소(혹은 최대)화되도록 제어시나리오를 생성할 수 있다.

수학식 2

- [0181] 제3최적화함수 = $i \times \text{에너지비용} - h \times \text{사용자편의성}$
- [0182] 사용자편의성 = $a \times \text{쾌적지수} - b \times \text{에너지기기설정횟수} + c \times \text{사용자설정값의근접도}$
- [0183] 여기서, i, h, a, b, c 는 사용자에게 의해 조절될 수 있고, 쾌적지수는 온도, 습도, 이산화탄소 농도, 미세먼지 농도의 함수일 수 있으며, 에너지기기설정횟수는 예를 들어, HVAC의 설정 변경 횟수 혹은 조명기기의 조도 변경 횟수일 수 있다. 그리고, 사용자설정값의 근접도는 예를 들어, 사용자가 설정한 실내 온도와 실측된 실내 온도의 근접도일 수 있다. 혹은 사용자설정값의 근접도는 예를 들어, 사용자가 설정한 실내 온도와 구역에이전트(ZEMA)가 제어할 실내 온도값의 근접도일 수 있다.
- [0184] 그리고, 최적제어 시나리오에는 기기별 운전지령치가 포함되어 있어, 구역에이전트(ZEMA)는 이러한 운전지령치에 따라 각각의 기기를 제어할 수 있다. 건물장치에 대한 제어시나리오 및 커뮤니티장치에 대한 제어시나리오도 마찬가지로 운전지령치를 포함할 수 있고, 각각의 에이전트(BEMA, CEMA)는 이러한 운전지령치에 따라 해당 장치들을 제어할 수 있다.
- [0185] 도 24를 참조하면, 머신러닝장치(120)는 건물에이전트(BEMA)로 구역별 수요반응인센티브정책 및 CO2저감인센티브정책을 전송하고(S2402), 건물에이전트(BEMA)는 구역에이전트(ZEMA)로 구역별 수요반응인센티브정책 및 CO2저감인센티브정책을 전송할 수 있다(S2404).
- [0186] 그리고, 구역에이전트(ZEMA)는 실시간에너지가격정보, 각 구역별 수요반응인센티브정책 및 CO2저감인센티브정책, 각 구역별 재실자수, 각 구역에서 작동되는 에너지기기 및 개인화기기의 기기에너지사용량데이터, 및 각 구역별 구역에너지수요예측데이터를 머신러닝장치(120)로 전송할 수 있다(S2406, S2408, S2410).
- [0187] 그리고, 머신러닝장치는 구역최적화프로그램을 통해 각 구역에서 작동되는 에너지기기 및 개인화기기에 대한 제

어시나리오를 생성하여 구역에이전트(ZEMA)로 전송할 수 있다(S2414).

- [0188] 도 25는 다른 실시예에 따른 에너지관리방법의 흐름도이다.
- [0189] 도 25를 참조하면, 적어도 하나 이상의 구역으로 세분화되는 건물이 적어도 하나 이상 위치하는 커뮤니티의 에너지를 관리하는 에너지관리시스템은, 각 구역에 설치되는 센서네트워크로부터 각 구역에 대한 환경데이터를 획득하고, 각 구역에서 작동되는 에너지기기 및 개인화기기에 대한 기기에너지사용량데이터를 획득하며, 각 구역에 대한 물리적정보를 획득할 수 있다(S2502).
- [0190] 그리고, 에너지관리시스템은 환경데이터 중 온도데이터 및 CO2데이터와, 개인화기기에 대한 기기에너지사용량데이터를 입력데이터로 포함하는 제1기계학습모델을 통해 각 구역에 대한 재실자정보를 생성하고, 재실자정보, 환경데이터, 에너지기기 및 개인화기기에 대한 기기에너지사용량데이터 및 각 구역에 대한 물리적정보를 입력데이터로 포함하는 제2기계학습모델을 통해 각 구역에 대한 구역에너지수요예측데이터를 생성할 수 있다(S2504). 그리고, 에너지관리시스템은 구역에너지수요예측데이터를 이용하여 각 구역의 에너지를 관리할 수 있다.
- [0191] 그리고, 에너지관리시스템은 각 건물에서 상기 구역에 속하지 않는 건물부하, 건물분산전원, 건물ESS(Energy Storage System) 및 건물EV(Electric Vehicle)충전소 중 적어도 하나의 건물장치에 대한 상태정보를 획득하고, 각 건물에 대한 물리적정보를 획득할 수 있다(S2506).
- [0192] 그리고, 에너지관리시스템은 각 건물에 대하여, 각 구역에 대한 구역에너지수요예측데이터, 건물장치에 대한 상태정보 및 각 건물에 대한 물리적정보를 입력데이터로 포함하는 제3기계학습모델을 통해 건물에너지수요예측데이터를 생성할 수 있다(S2508).
- [0193] 그리고, 에너지관리시스템은 커뮤니티에서 건물에 속하지 않는 커뮤니티부하, 커뮤니티분산전원, 커뮤니티ESS(Energy Storage System) 및 커뮤니티EV(Electric Vehicle)충전소 중 적어도 하나의 커뮤니티장치에 대한 상태정보를 획득하고, 커뮤니티에 대한 물리적정보를 획득할 수 있다(S2510).
- [0194] 그리고, 에너지관리시스템은 각 건물에 대한 건물에너지수요예측데이터, 커뮤니티장치에 대한 상태정보 및 커뮤니티에 대한 물리적정보를 입력데이터로 포함하는 제4기계학습모델을 통해 커뮤니티에너지수요예측데이터를 생성할 수 있다(S2512).
- [0195] 그리고, 에너지관리시스템은 커뮤니티에 대한 수요반응부하정보를 획득하고, 전력관리서버(전력거래시장을 관리하는 서버)로부터 실시간에너지가격정보, 수요반응인센티브정책 및 CO2저감인센티브정책을 수신할 수 있다(S2514).
- [0196] 그리고, 에너지관리시스템은 실시간에너지가격정보, 수요반응인센티브정책, CO2저감인센티브정책, 커뮤니티장치에 대한 상태정보, 각 건물별 에너지사용량데이터 및 커뮤니티에너지수요예측데이터를 입력데이터로 포함하는 커뮤니티최적화기계학습모델을 통해 각 건물별 수요반응인센티브정책, 각 건물별 CO2저감인센티브정책 및 커뮤니티장치에 대한 제어시나리오를 생성할 수 있다(S2516).
- [0197] 그리고, 에너지관리시스템은 수요반응인센티브정책, CO2저감인센티브정책을 획득할 수 있다(S2518).
- [0198] 그리고, 에너지관리시스템은 실시간에너지가격정보, 각 건물별 수요반응인센티브정책 및 CO2저감인센티브정책, 각 건물장치에 대한 상태정보, 각 구역별 에너지사용량데이터 및 각 건물의 건물에너지수요예측데이터를 입력데이터로 포함하는 건물최적화기계학습모델을 통해 각 구역별 수요반응인센티브정책, 각 구역별 CO2저감인센티브정책 및 각 건물장치에 대한 제어시나리오를 생성할 수 있다(S2520).
- [0199] 그리고, 에너지관리시스템은 수요반응인센티브정책, CO2저감인센티브정책을 획득할 수 있다(S2522).
- [0200] 그리고, 에너지관리시스템은 실시간에너지가격정보, 각 구역별 수요반응인센티브정책 및 CO2저감인센티브정책, 각 구역별 재실자정보, 각 구역에서 작동되는 에너지기기 및 개인화기기의 기기에너지사용량데이터, 및 각 구역별 구역에너지수요예측데이터를 입력데이터로 포함하는 구역최적화프로그램을 통해 각 구역에서 작동되는 에너지기기 및 개인화기기에 대한 제어시나리오를 생성할 수 있다(S2524).
- [0201] 도 26은 또 다른 실시예에 따른 에너지 수요 예측 방법의 흐름도이다.
- [0202] 도 26을 참조하면, 적어도 하나 이상의 구역으로 세분화되는 건물이 적어도 하나 이상 위치하는 커뮤니티에 대하여 에너지관리시스템은, 각 구역별 CO2데이터를 입력데이터로 포함하는 제1기계학습모델을 통해 각 구역에 대한 재실자수를 계산할 수 있다(S2602).

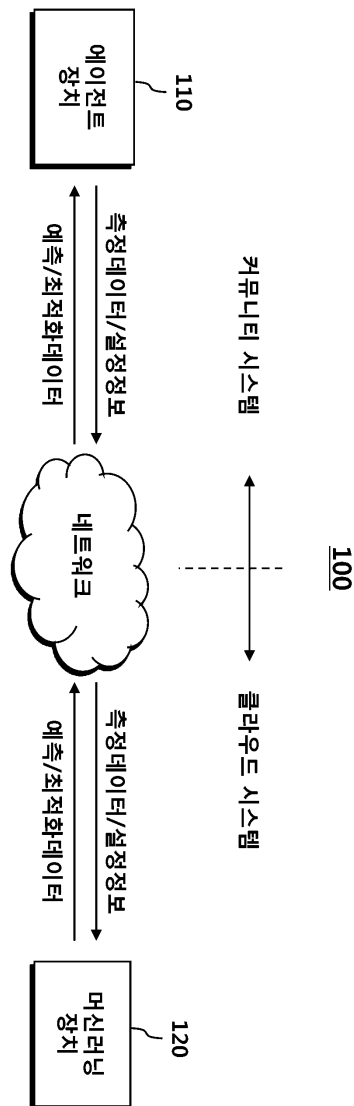
- [0203] 그리고, 에너지관리시스템은 재실자수, 각 구역별 환경데이터, 기기에너지사용량데이터를 입력데이터로 포함하는 제2기계학습모델을 통해 각 구역에 대한 구역에너지수요예측데이터를 생성할 수 있다(S2604).
- [0204] 그리고, 에너지관리시스템은 각 구역에 대한 구역에너지수요예측데이터 및 각 구역에 속하지 않는 건물장치에 대한 상태정보를 입력데이터로 포함하는 제3기계학습모델을 통해 각 건물에 대한 건물에너지수요예측데이터를 생성할 수 있다(S2606).
- [0205] 그리고, 에너지관리시스템은 각 건물에 대한 건물에너지수요예측데이터 및 각 건물에 속하지 않는 커뮤니티장치에 대한 상태정보를 입력데이터로 포함하는 제4기계학습모델을 통해 커뮤니티에 대한 커뮤니티에너지수요예측데이터를 생성할 수 있다(S2608).
- [0206] 여기서, 제1기계학습모델은 각 구역별 온도데이터 및 각 구역에 위치하는 개인화기기에 대한 기기에너지사용량데이터를 입력데이터로 더 포함할 수 있고, 제2기계학습모델은 각 구역에 대한 물리적정보를 입력데이터로 더 포함하고, 제3기계학습모델은 각 건물에 대한 물리적정보를 입력데이터로 더 포함하며, 제4기계학습모델은 커뮤니티에 대한 물리적정보를 입력데이터로 더 포함할 수 있다.
- [0207] 도 27은 xEMA의 내부 구성도이다.
- [0208] 구역에이전트(ZEMA), 건물에이전트(BEMA), 커뮤니티에이전트(CEMA)는 모두 동일하게 xEMA의 구조를 가질 수 있다. 그리고, 각각의 에이전트(ZEMA, BEMA, CEMA)는 필요에 따라 일부 구성을 활성(Active)으로 설정하거나 비활성(Non-active)으로 설정할 수 있다.
- [0209] xEMA는 데이터를 지역적으로 저장하는 로컬DB(2402), 기상정보 혹은 외기데이터를 획득하는 날씨장치(2404), 수요반응정보를 관리하고 수요반응지령치를 처리하는 수요반응장치(2406), 전력의 실시간에너지가격을 관리하는 실시간가격장치(2408), 에이전트의 계층구조를 관리하는 계층관리장치(2410), 에이전트의 고장을 진단하는 구성관리장치(2412), 머신러닝 및 기타 제어를 관리하는 ML(Machine Learning)장치(2414), 센서로부터 환경데이터를 획득하는 센서측정장치(2416), 전기기기로부터 에너지사용량데이터를 획득하는 전기기기측정장치(2418), 분산전원의 상태정보를 획득하고 분산전원을 제어하는 분산전원제어장치(2420), ESS의 상태정보를 획득하고 ESS를 제어하는 ESS제어장치(2422), EV충전소의 상태정보를 획득하고 EV충전소를 제어하는 EV충전소제어장치(2424), 부하를 제어하고 관리하는 부하관리장치(2426), 사용자인터페이스를 제공하는 UI장치(2428) 등을 포함할 수 있다.
- [0210] 도 28은 도 27에서 계층관리장치의 세부 구성도이다.
- [0211] 계층관리장치(2410)는 상층 레벨에 해당되는 Parent EMS 에이전트의 노드 정보를 관리하는 PEA모듈, 하층 레벨에 해당되는 Child EMS 에이전트의 노드 정보를 관리하는 CEA모듈, 동일 레벨에 해당되는 Neighbor EMS 에이전트의 노드 정보를 관리하는 NEA모듈 및 에이전트 등록 정보를 관리하는 AR모듈을 포함할 수 있다.
- [0212] 도 2를 다시 참조하면, 커뮤니티에이전트(CEMA)는 CEA모듈을 통해 하층 레벨에 해당되는 건물에이전트(BEMA)의 노드 정보를 관리하고 있으면서, 특정 노드의 건물에이전트(BEMA)가 고장나는 경우, 다른 노드의 건물에이전트(BEMA)가 고장난 건물에이전트(BEMA)의 기능을 대신하게 제어할 수 있다.
- [0213] 최상위에 해당되는 커뮤니티에이전트(CEMA)가 고장나는 경우, 하층 레벨에 해당되는 건물에이전트(BEMA) 중 하나가 커뮤니티에이전트(CEMA) 기능을 대신할 수 있다.
- [0214] 이때, 고장난 에이전트를 대체하는 다른 에이전트에는 우선순위가 미리 설정되어 있어서, 이러한 우선순위에 따라 기능이 순차적으로 대체될 수 있다. 이러한 고장 자동 복구 기능은 각 에이전트들이 동일한 구조를 가지고 있기 때문이며 또한, 각 에이전트가 순차적(sequential)으로 작동되지 않고 병렬적(parallel)하게 작동되기 때문이다.
- [0215] 이상에서 본 발명의 실시예에 대해 설명하였다. 이러한 실시예에 따르면, EMS 장치가 건물의 구역별 다양한 (에너지)환경을 반영할 수 있게 되고, 일부 고장이 발생하여도 전체 시스템의 신뢰성이 저하되지 않으며, 기기의 플러그앤플레이(Plug & Play)가 가능하게 되고, 거주자의 재실현황, 에너지사용패턴, 편의성을 반영할 수 있게 된다.
- [0216] 또한, 이러한 실시예에 따르면, 건물의 구역별로 사용자 편의성과 에너지 비용이 최적으로 결정되도록 하는 에너지관리시스템 기술을 제공할 수 있다. 그리고, 이러한 실시예에 따르면, 종래의 탑-다운방식(중앙집중적인 통합제어방식)의 문제를 해소하고, 각 구역에서의 독립적인 에너지관리정책을 반영하여 전체 영역의 에너지관리정책을 결정할 수 있게 된다.

[0217] 이상에서 기재된 "포함하다", "구성하다" 또는 "가지다" 등의 용어는, 특별히 반대되는 기재가 없는 한, 해당 구성 요소가 내재될 수 있음을 의미하는 것이므로, 다른 구성 요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성 요소를 더 포함할 수 있는 것으로 해석되어야 한다. 기술적이거나 과학적인 용어를 포함한 모든 용어들은, 다르게 정의되지 않는 한, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가진다. 사전에 정의된 용어와 같이 일반적으로 사용되는 용어들은 관련 기술의 문맥 상의 의미와 일치하는 것으로 해석되어야 하며, 본 발명에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

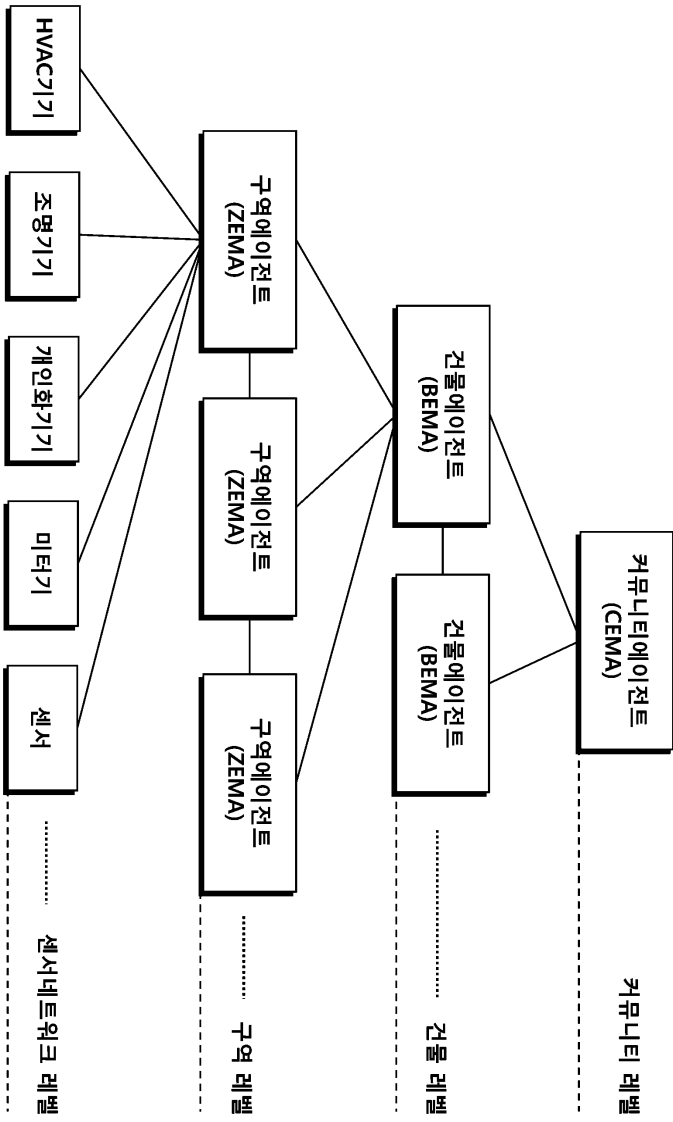
[0218] 이상의 설명은 본 발명의 기술 사상을 예시적으로 설명한 것에 불과한 것으로서, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 다양한 수정 및 변형이 가능할 것이다. 따라서, 본 발명에 개시된 실시예들은 본 발명의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예에 의하여 본 발명의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

도면

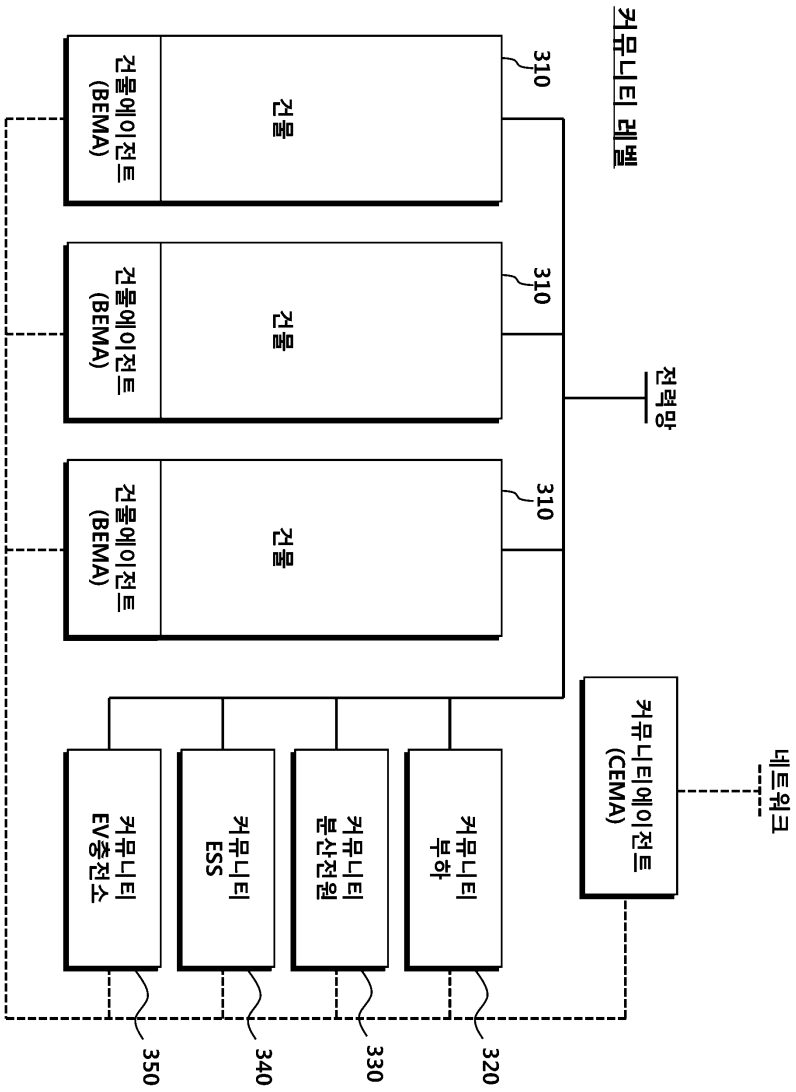
도면1



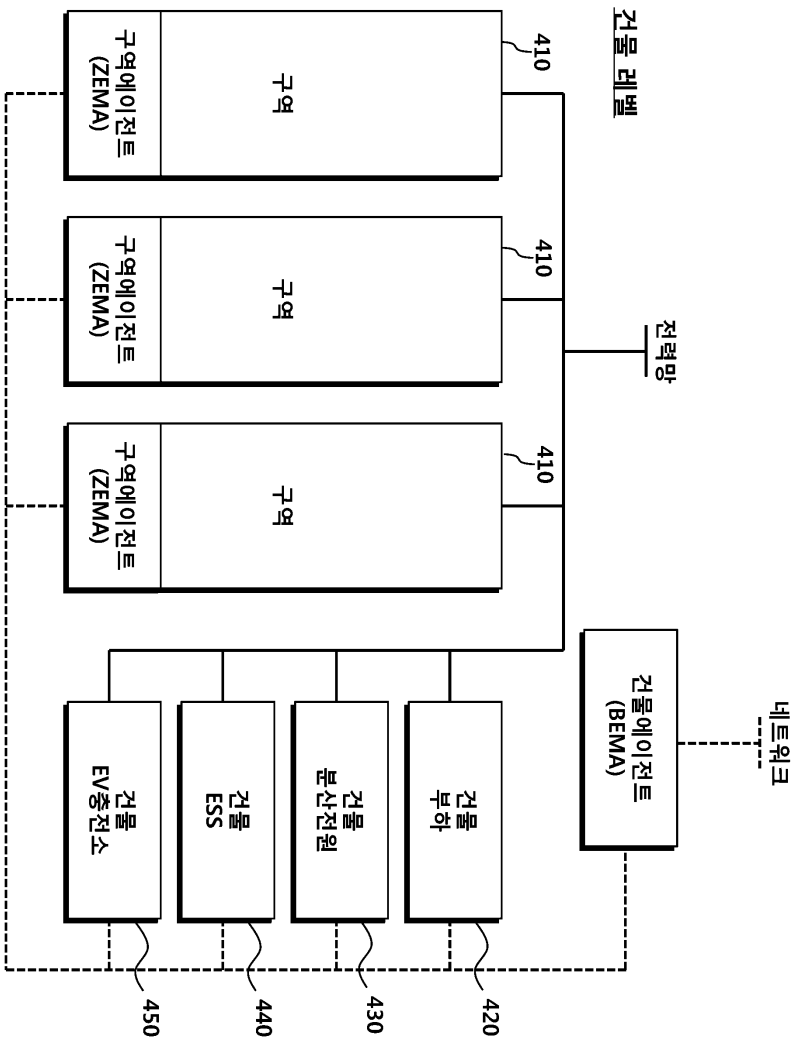
도면2



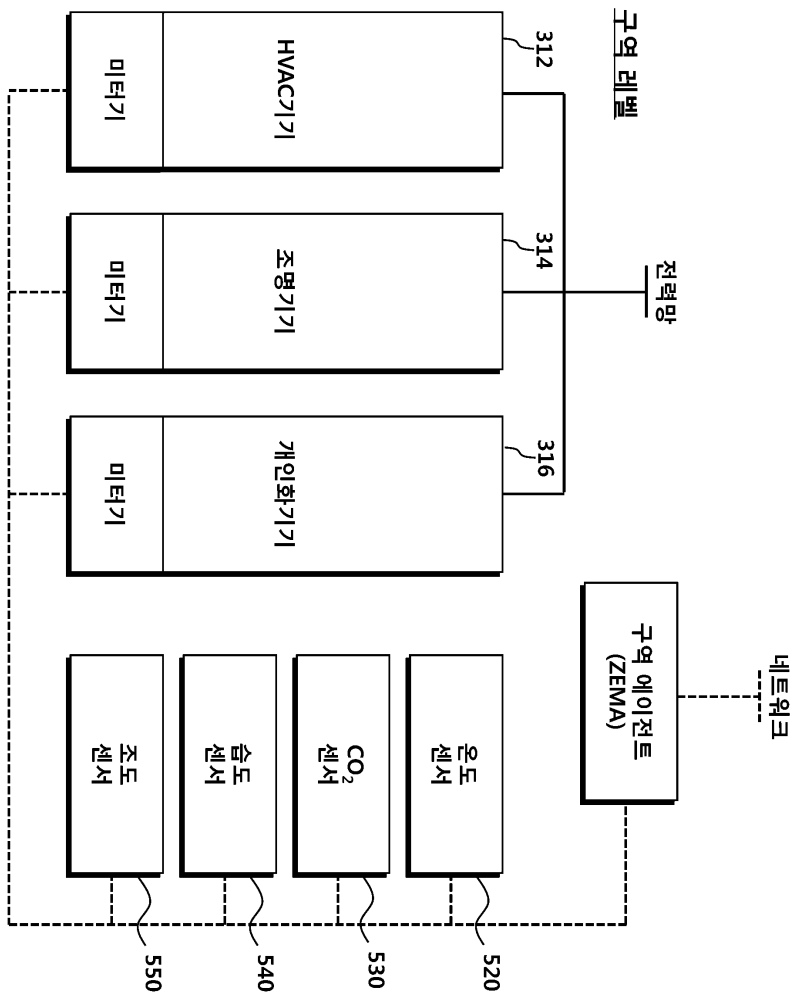
도면3



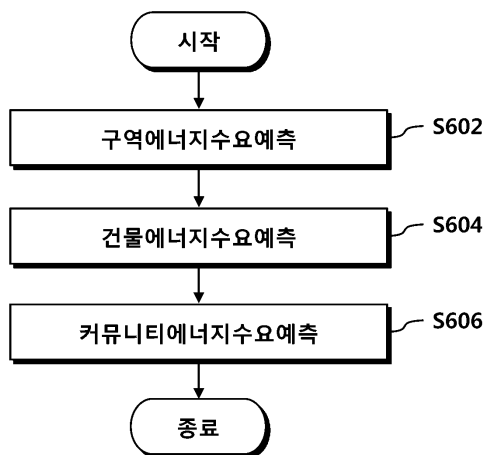
도면4



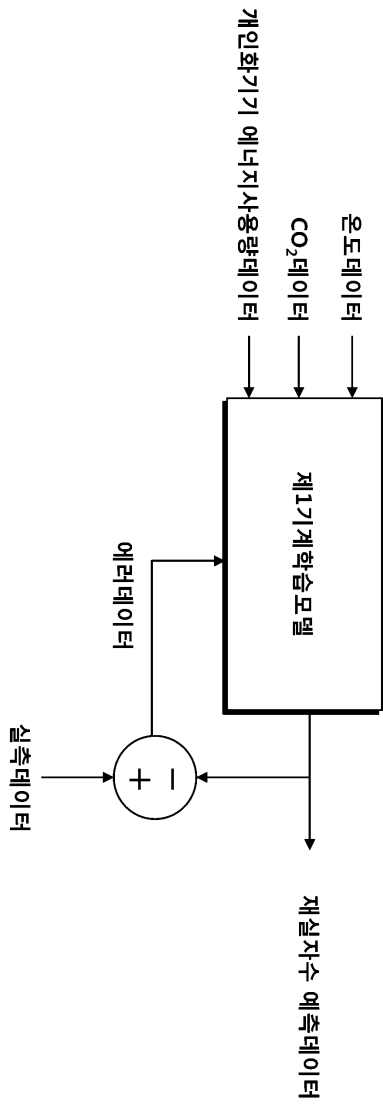
도면5



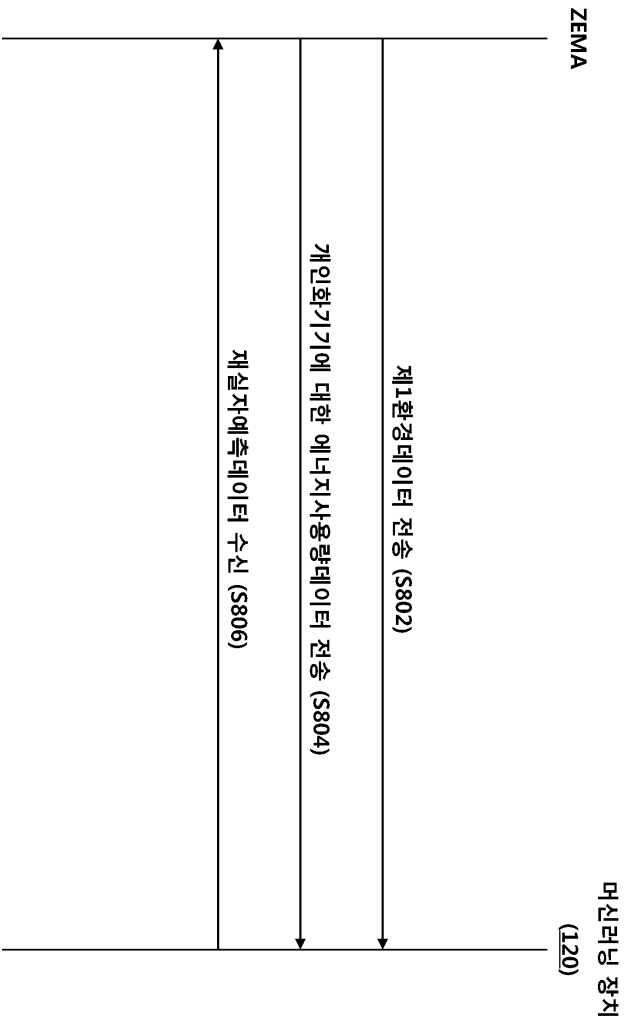
도면6



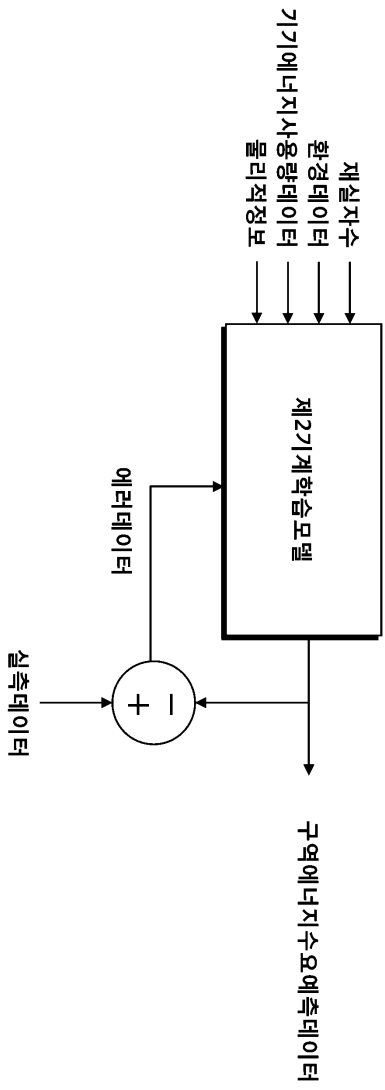
도면7



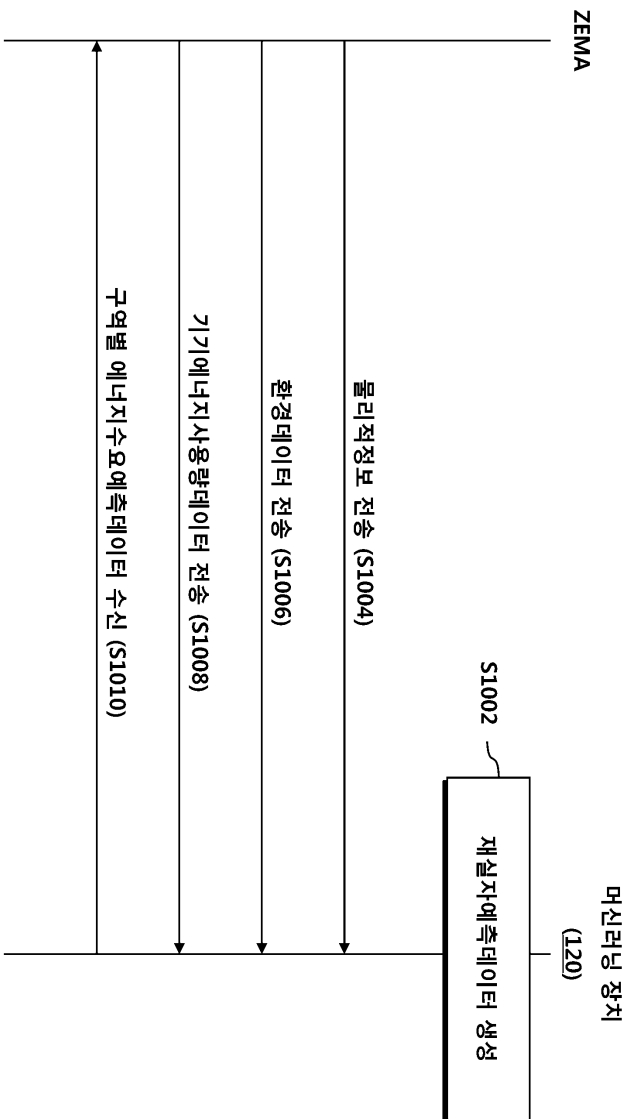
도면8



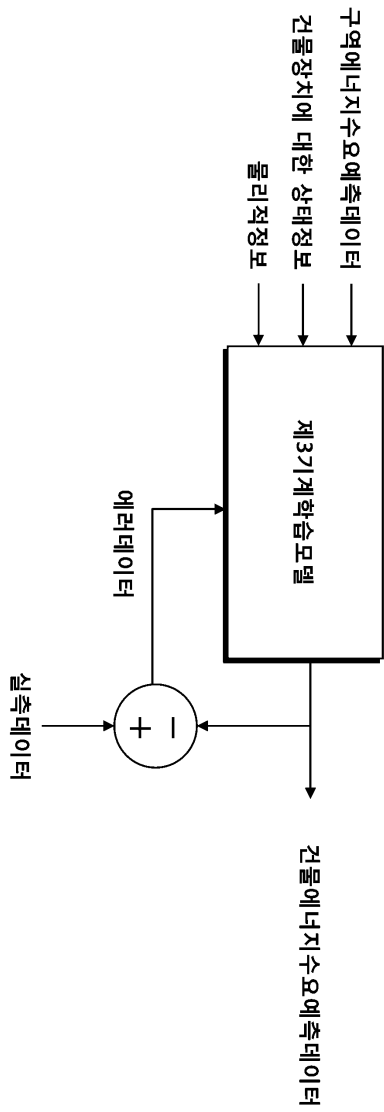
도면9



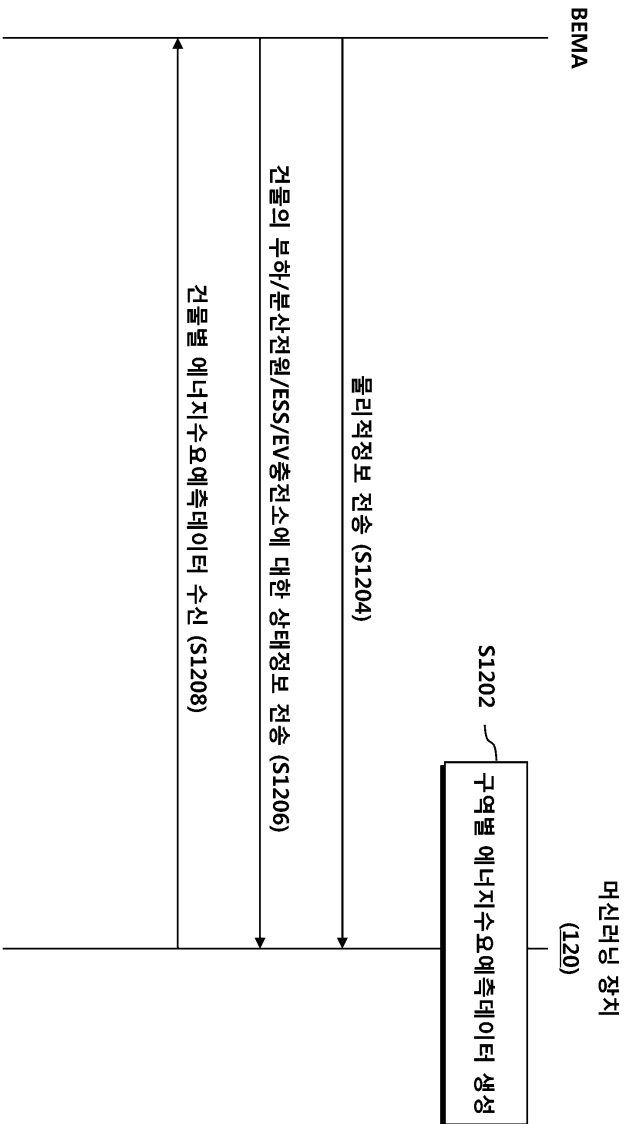
도면10



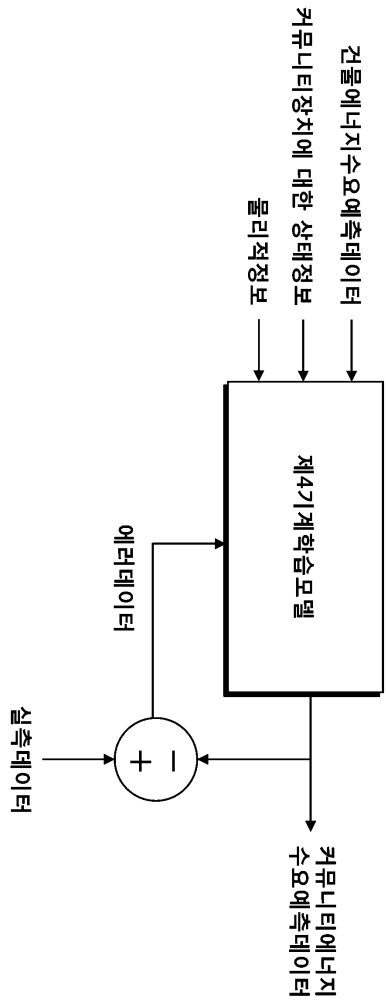
도면11



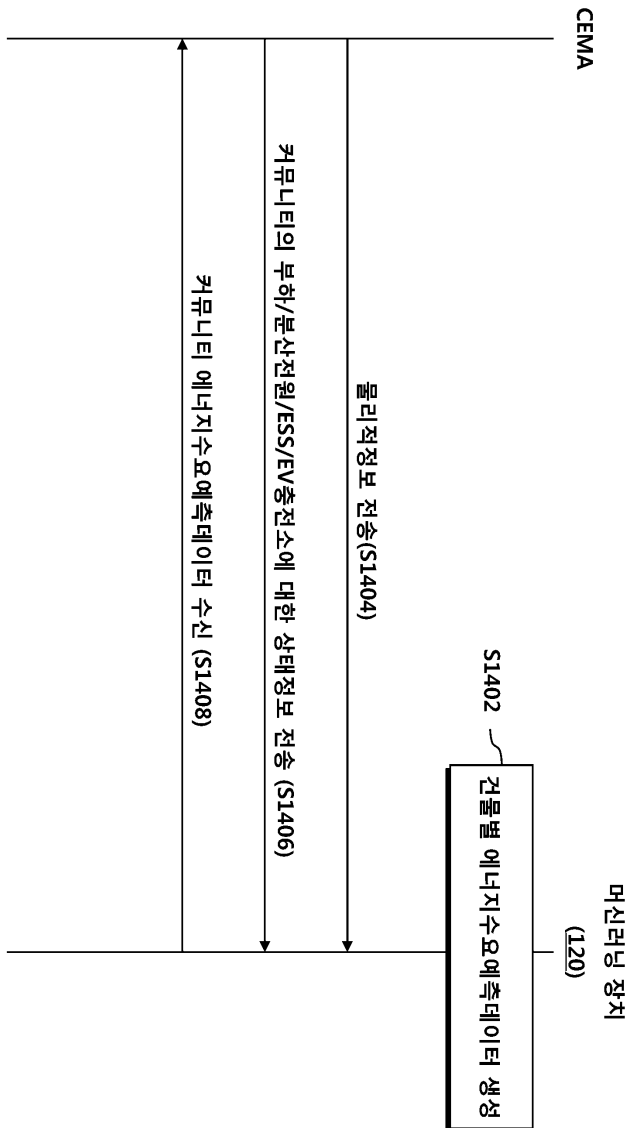
도면12



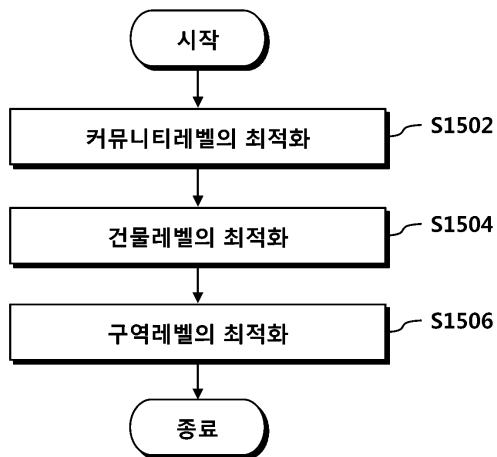
도면13



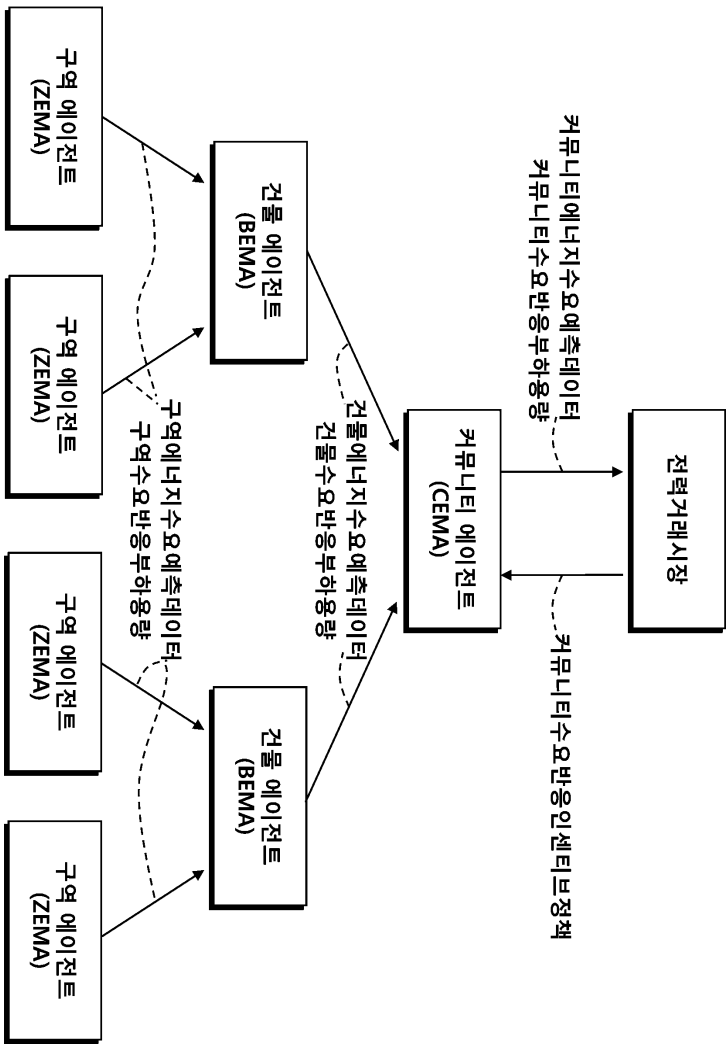
도면14



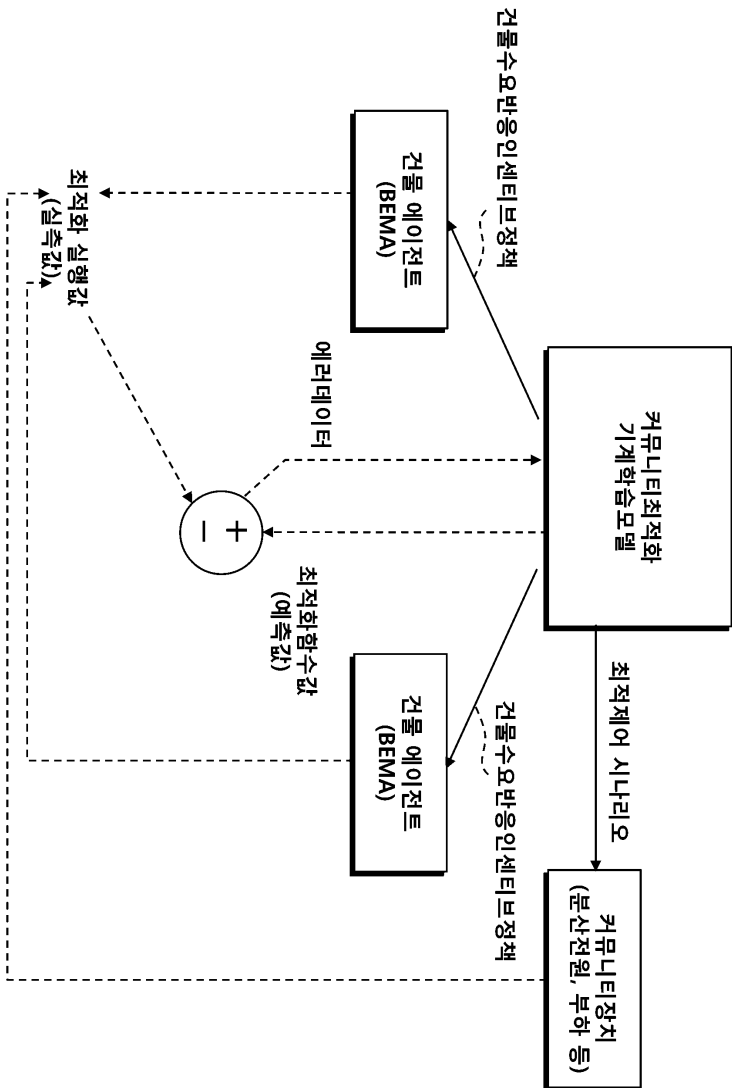
도면15



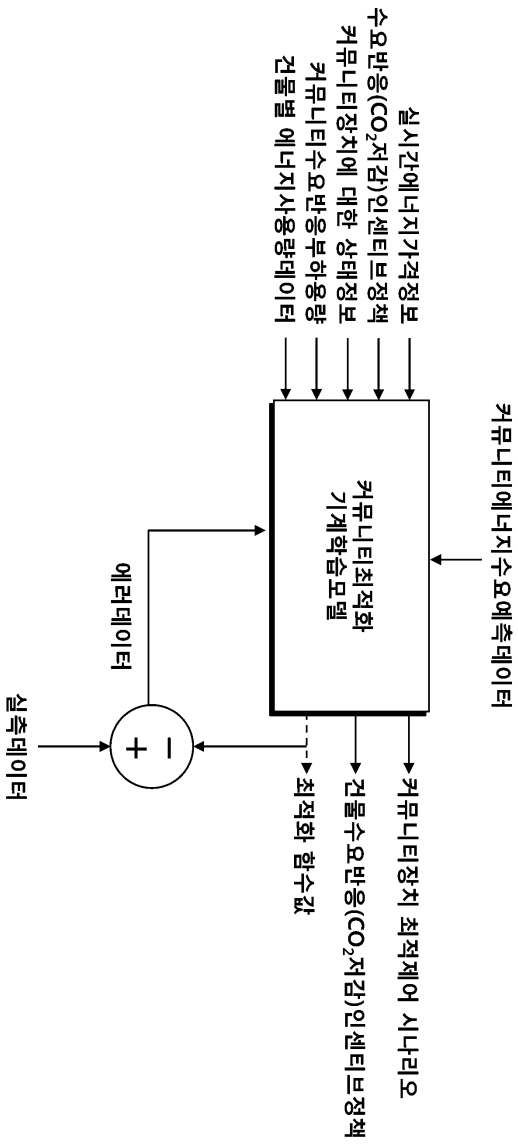
도면16

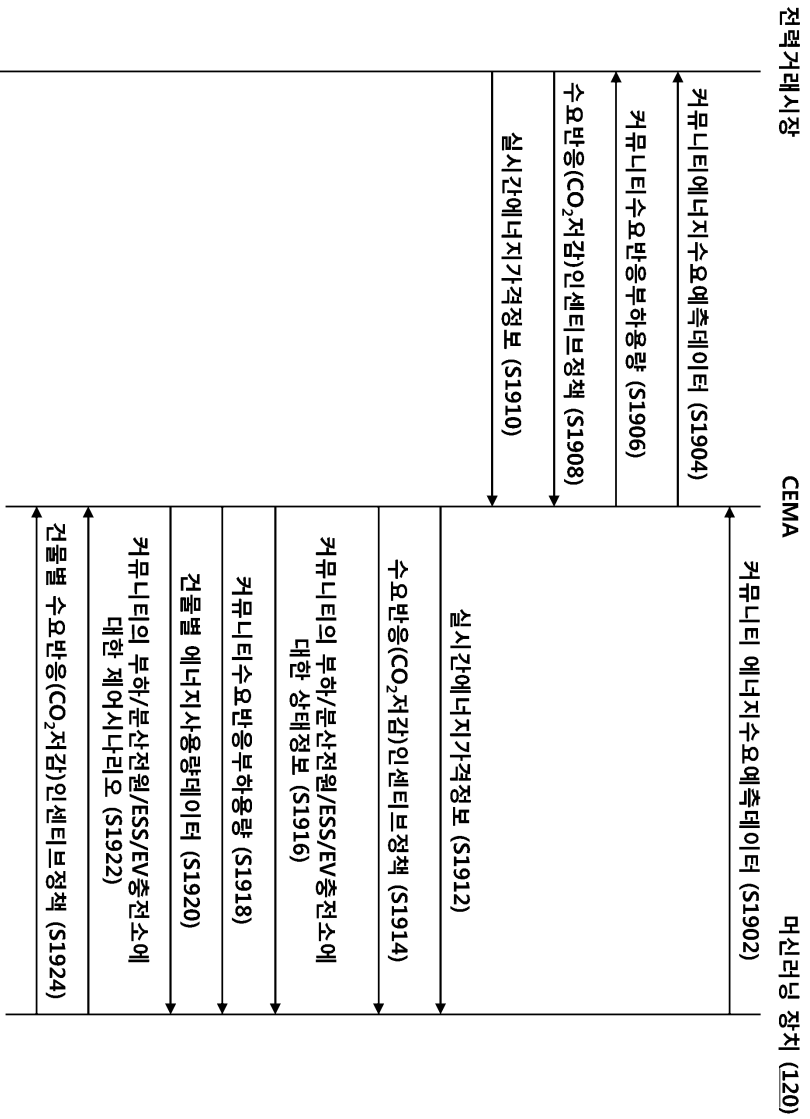


도면17



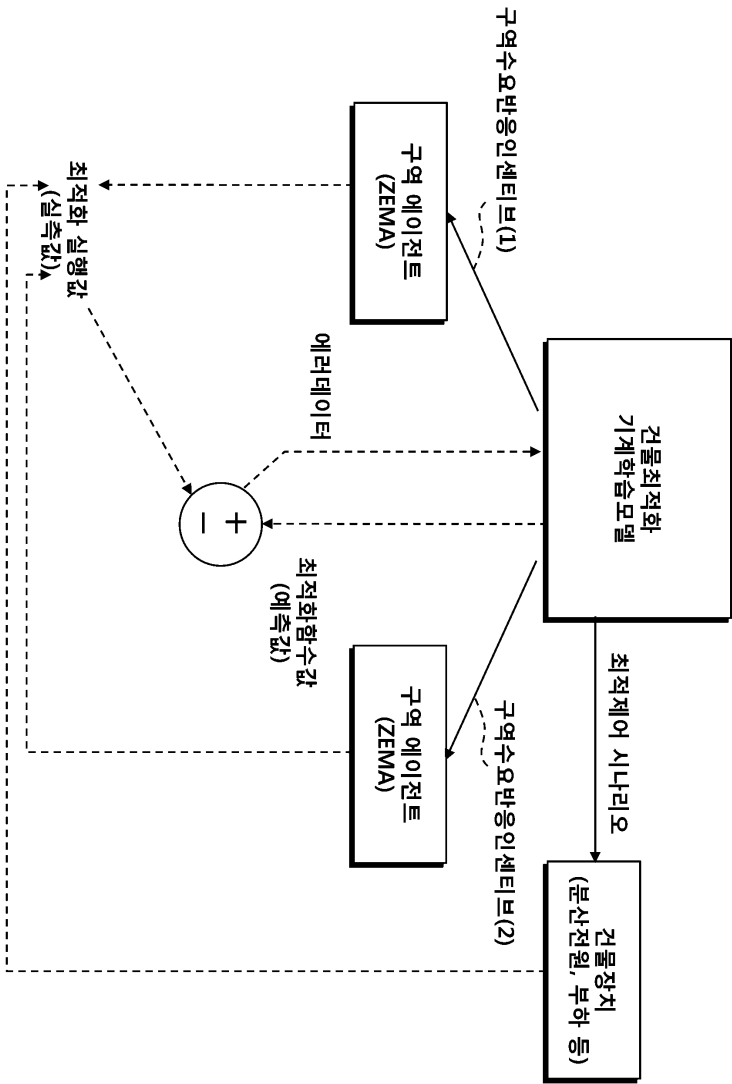
도면18



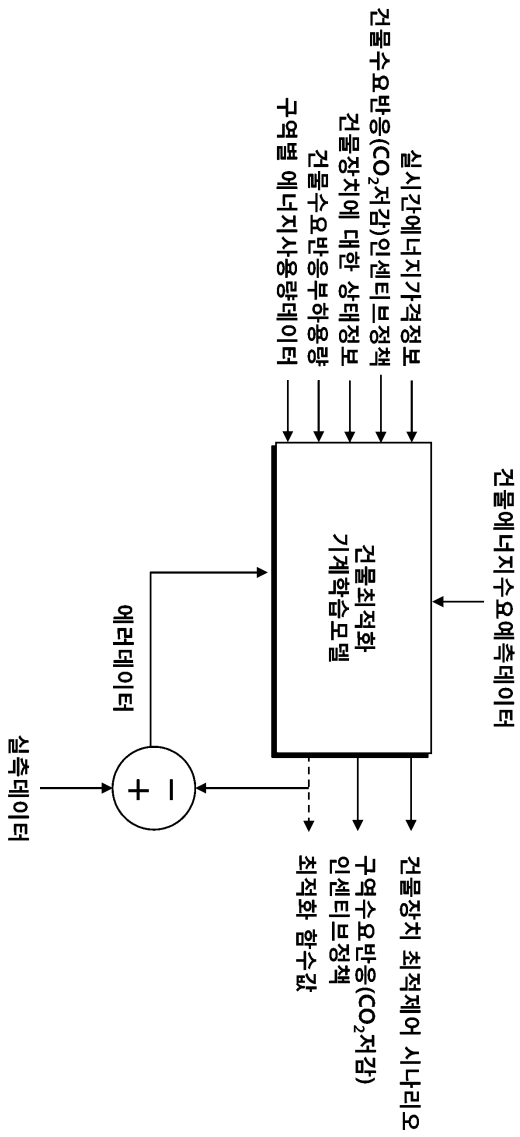


도면19

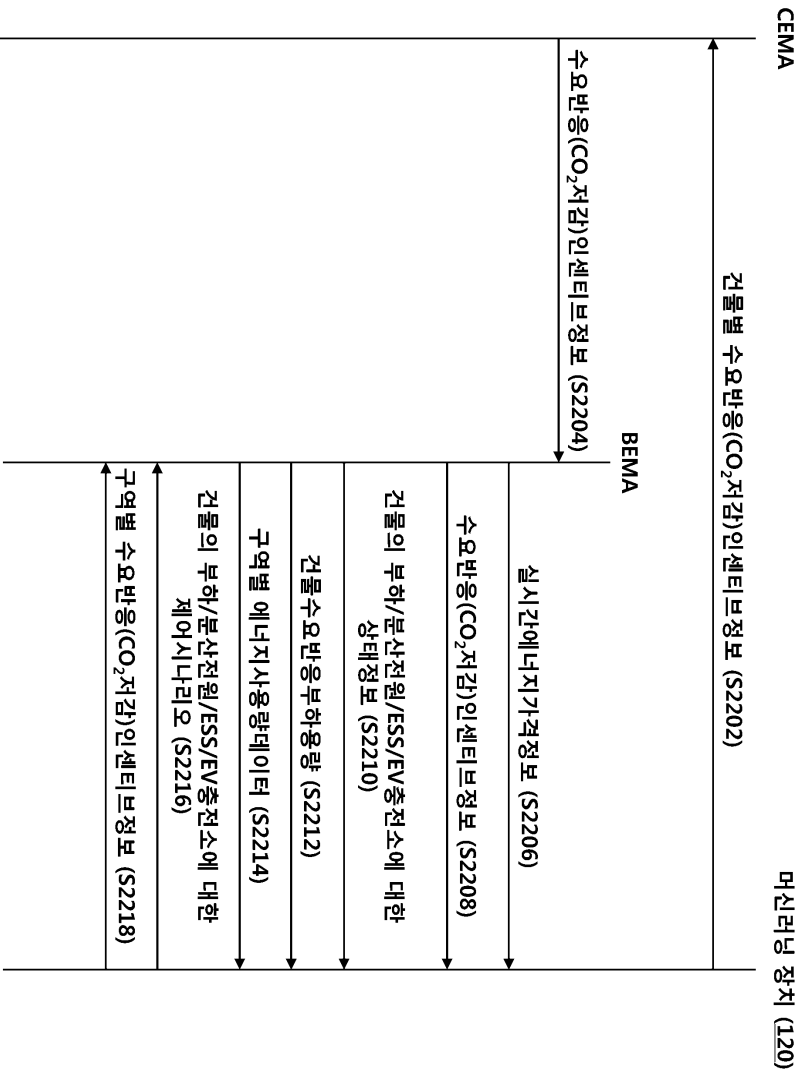
도면20



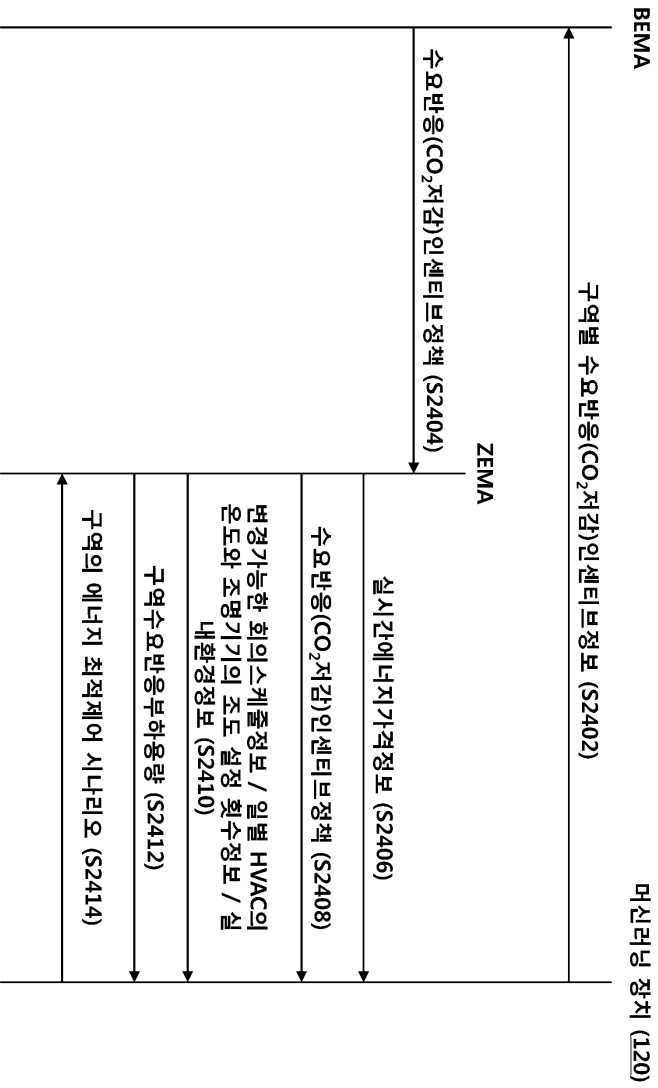
도면21



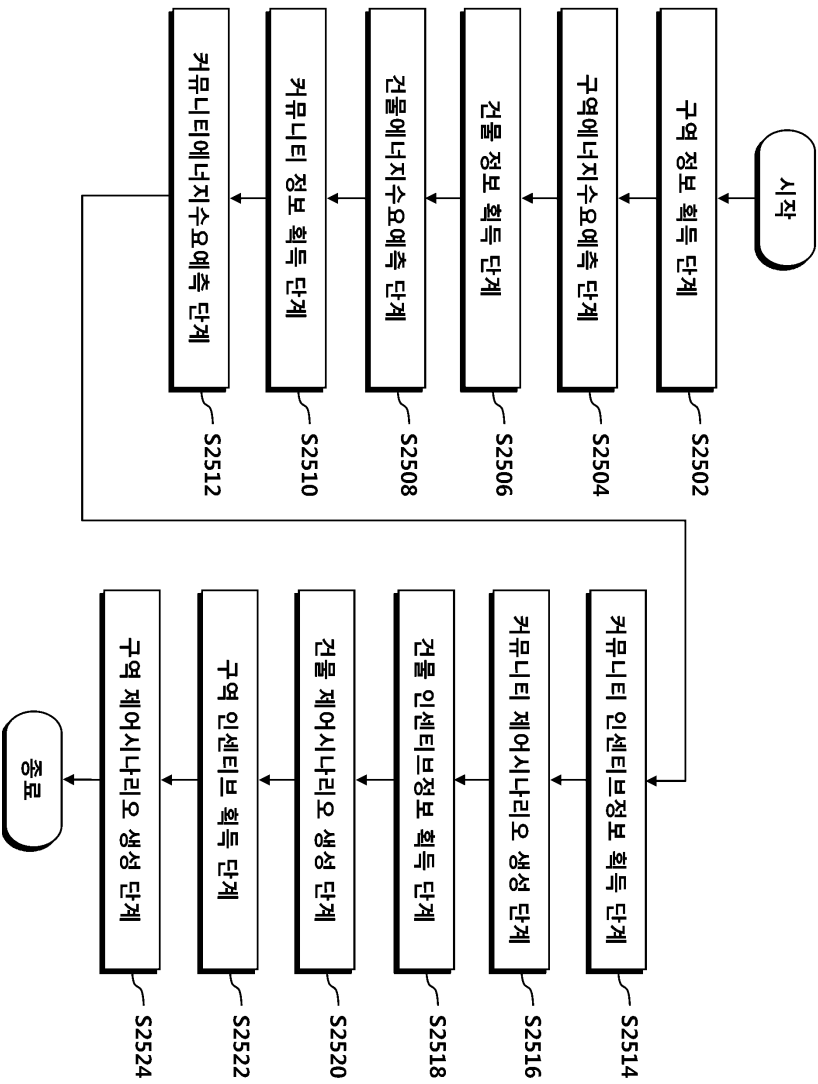
도면22



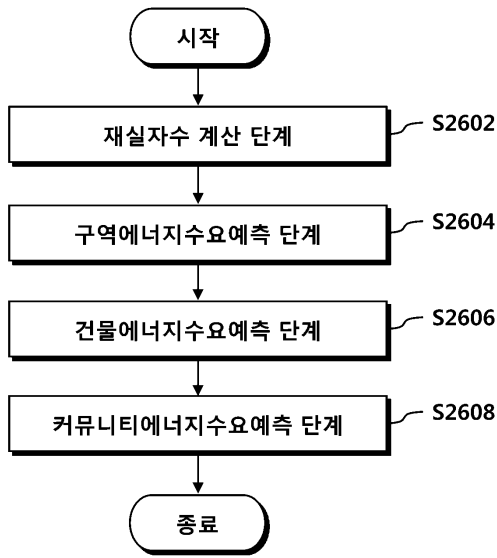
도면24



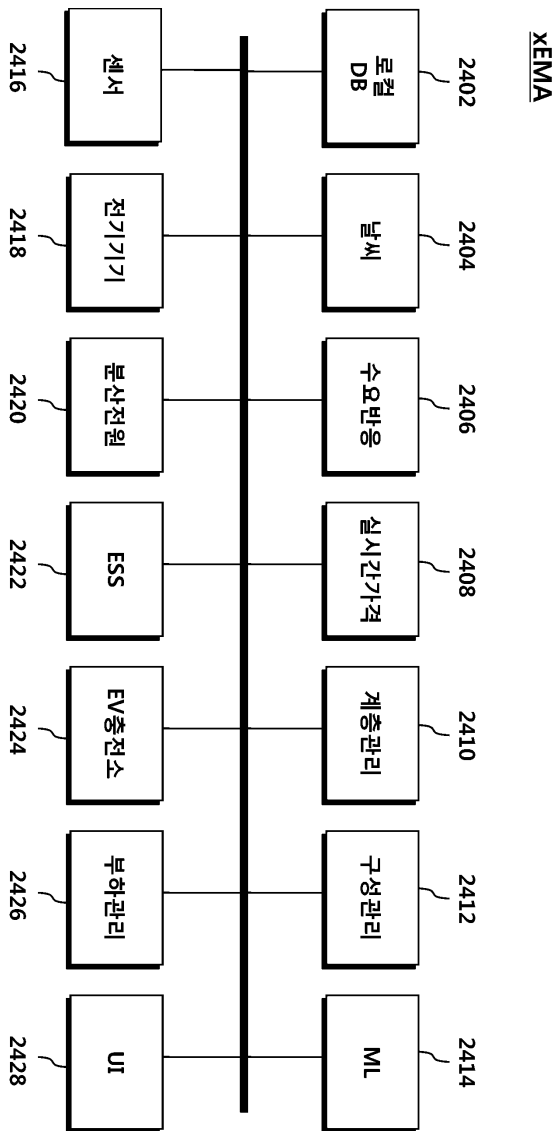
도면25



도면26



도면27



도면28

Parent EMS 에이전트 노드 정보 관리(PEA)
Child EMS 에이전트 노드 정보 관리(CEA)
Neighbor EMS 에이전트 노드 정보 관리(NEA)
에이전트 등록 정보 관리(AR)