



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0109751
(43) 공개일자 2024년07월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06Q 50/06 (2024.01) G06Q 30/02 (2023.01)
G06Q 30/08 (2012.01) H02J 3/00 (2006.01)
H02J 3/38 (2022.01)
(52) CPC특허분류
G06Q 50/06 (2024.01)
G06Q 30/0283 (2023.01)
(21) 출원번호 10-2023-0001661
(22) 출원일자 2023년01월05일
심사청구일자 2023년01월05일

(71) 출원인
서울대학교산학협력단
서울특별시 관악구 관악로 1 (신림동)
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
이덕주
서울특별시 서초구 양재천로 13길 28 102동 602호
심지수
서울특별시 관악구 낙성대역3길 24 304호
윤기호
서울시 중구 다산로 32, 23동 405호
(74) 대리인
특허법인알피엠

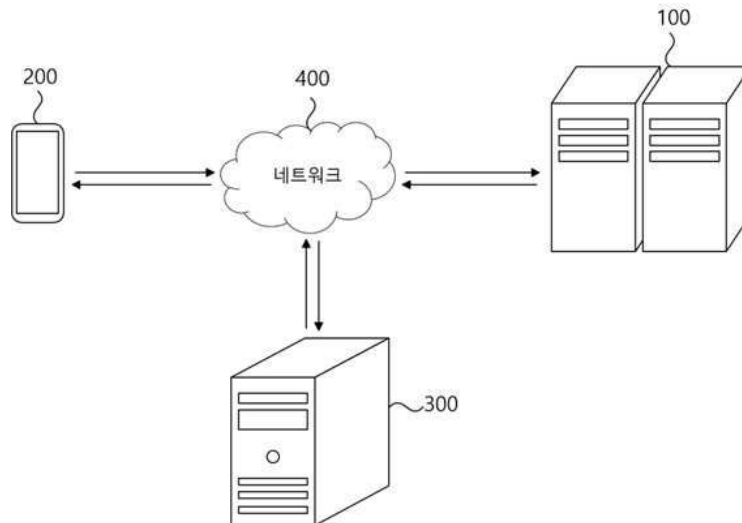
전체 청구항 수 : 총 16 항

(54) 발명의 명칭 이중 경매 기반 전력 거래 서비스 제공 방법, 서버 및 컴퓨터 프로그램

(57) 요약

전술한 바와 같은 과제를 실현하기 위한 본 발명의 다양한 실시예에 따른 이중 경매 기반 전력 거래 서비스 제공 방법이 개시된다. 상기 방법은, 컴퓨팅 장치의 하나 이상의 프로세서에서 수행되는 방법에 있어서, 수급 불균형에 관련한 두 개의 마이크로 그리드를 식별하는 단계, 상기 두 개의 마이크로 그리드 각각에 대응하여 제1경매를 수행하는 단계, 상기 두 개의 마이크로 그리드 간의 제2경매를 수행하는 단계 및 상기 제1경매 및 상기 제2경매 결과에 기초하여 전력 거래 할당 정보를 생성하는 단계를 포함하며, 상기 수급 불균형에 관련한 두 개의 마이크로 그리드는, 과수요에 관련한 제1마이크로 그리드 및 과공급에 관련한 제2마이크로 그리드를 포함할 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G06Q 30/08 (2023.01)

H02J 3/008 (2023.08)

H02J 3/381 (2023.08)

H02J 2300/00 (2020.01)

Y04S 50/10 (2013.01)

Y04S 50/12 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1345352072

과제번호 2021R1I1A4A01059254

부처명 교육부

과제관리(전문)기관명 한국연구재단

연구사업명 이공학학술연구기반구축

연구과제명 메커니즘 디자인 모형을 이용한 저탄소 에너지 시장 설계 및 최적 알고리즘 개발

기 여 율 1/1

과제수행기관명 서울대학교 산학협력단

연구기간 2021.06.01 ~ 2024.05.31

명세서

청구범위

청구항 1

컴퓨팅 장치의 하나 이상의 프로세서에서 수행되는 방법에 있어서,
 수급 불균형에 관련한 두 개의 마이크로 그리드를 식별하는 단계;
 상기 두 개의 마이크로 그리드 각각에 대응하여 제1경매를 수행하는 단계;
 상기 두 개의 마이크로 그리드 간의 제2경매를 수행하는 단계; 및
 상기 제1경매 및 상기 제2경매 결과에 기초하여 거래 할당 정보를 생성하는 단계;
 를 포함하며,
 상기 수급 불균형에 관련한 두 개의 마이크로 그리드는,
 과수요에 관련한 제1마이크로 그리드 및 과공급에 관련한 제2마이크로 그리드를 포함하는,
 이중 경매 기반 전력 거래 서비스 제공 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,
 상기 제1경매는,
 각 마이크로 그리드 내부에서 수행되는 것을 특징으로 하며,
 상기 제1경매를 수행하는 단계는,
 상기 두 개의 마이크로 그리드 각각에 대응하는 복수의 구매자 및 복수의 판매자 각각으로부터 거래 입찰 정보를 수신하는 단계;
 상기 복수의 구매자 및 상기 복수의 판매자 각각에 대응하는 상기 거래 입찰 정보에 기초하여 상기 각 마이크로 그리드에 대응하는 제1낙찰자들을 결정하는 단계; 및
 상기 각 마이크로 그리드에 대응하는 제1낙찰자들에 기초하여 상기 각 마이크로 그리드에 대응하는 전력 가격 정보를 생성하는 단계;
 를 포함하며,
 상기 거래 입찰 정보는,
 경매 참여자들로부터 경매 낙찰자를 결정하기 위해 기반이 되는 정보로, 구매와 판매에 관련한 입찰 가격 정보 및 공급과 수요에 관련한 전력량 정보를 포함하는,
 이중 경매 기반 전력 거래 서비스 제공 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,
 상기 제1낙찰자를 결정하는 단계는,
 구매에 관련한 거래 가격 정보가 높은 구매자와 판매에 관련한 거래 가격 정보가 낮은 판매자 각각을 순차적으로 제1낙찰자로 결정하되, 판매자가 원하는 판매에 관련한 거래 가격 정보가 구매자가 원하는 구매에 관련한 거

래 가격 정보 보다 높아지는 경우, 낙찰자를 결정하지 않는 것을 특징으로 하는,
이중 경매 기반 전력 거래 서비스 제공 방법.

청구항 4

제2항에 있어서,

상기 제1낙찰자를 결정하는 단계는,

$$b_K \geq s_L \geq b_{K+1} \text{ and } \sum_{j=1}^{L-1} y_j \leq \sum_{i=1}^K x_i \leq \sum_{j=1}^L y_j \quad (\text{수식 1})$$

$$s_{L+1} \geq b_K \geq s_L \text{ and } \sum_{i=1}^{K-1} x_i \leq \sum_{j=1}^L y_j \leq \sum_{i=1}^K x_i \quad (\text{수식 2})$$

상기의 두 수식 모두에 대응하여 L 보다 작은 인덱스를 갖는 판매자와 K 보다 작은 인덱스를 갖는 구매자를 상기 제1경매에 대응하는 제1낙찰자로 결정하는 단계; 를 포함하며,

x_i 는 구매자의 수요량이며, b_i 는 구매자의 가격 입찰 정보이고,

y_j 는 판매자의 수요량이며, s_j 는 판매자의 가격 입찰 정보인,

이중 경매 기반 전력 거래 서비스 제공 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 전력 가격 정보를 생성하는 단계는,

상기 제1마이크로 그리드에서 L보다 작은 인덱스의 판매자들과 K 보다 작은 인덱스의 구매자들이 낙찰된 경우, 낙찰된 판매자들이 판매하는 전력 가격을 s_L 로 결정하는 단계;

상기 제2마이크로 그리드에서 L보다 작은 인덱스의 판매자들과 K 보다 작은 인덱스의 구매자들이 낙찰된 경우, 낙찰된 구매자들이 구매하는 전력 가격을 b_K 로 결정하는 단계; 및

상기 제1마이크로 그리드에서 낙찰된 구매자들이 구매하는 전력 가격 및 상기 제2마이크로 그리드에서 판매자들이 판매하는 전력 가격은 상기 제2경매 수행 결과에 따라 결정하는 단계;

를 포함하는,

이중 경매 기반 전력 거래 서비스 제공 방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 방법은,

상기 제1경매의 수행 결과가 기 설정된 조건을 충족하는지 여부에 기초하여 상기 제2경매 수행 여부를 결정하는 단계;

를 더 포함하며,

상기 기 설정된 조건은,

상기 제2마이크로 그리드에 대응하는 구매 전력 가격이 상기 제1마이크로 그리드에 대응하는 판매 전력 가격을

초과하는지에 관련한 제1조건;

상기 제1마이크로 그리드에서 낙찰되지 않은 구매자들이 존재하는지에 관련한 제2조건; 및

상기 제2마이크로 그리드에서 낙찰되지 않은 판매자들이 존재하는지에 관련한 제3조건;

를 포함하는,

이중 경매 기반 전력 거래 서비스 제공 방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 제2경매는,

상기 두 개의 마이크로 그리드 간에 수행되는 것을 특징으로 하며,

상기 제2경매를 수행하는 단계는,

상기 두 개의 마이크로 그리드에 대응하는 복수의 구매자 및 복수의 판매자 각각으로부터 상기 제1경매 과정에서 수신한 거래 입찰 정보에 기초하여 양 마이크로 그리드에 대응하는 제2낙찰자들을 결정하는 단계;

상기 제2낙찰자들에 기초하여 전력 가격 정보를 생성하는 단계; 및

낙찰된 참여자들 간 전력 거래량을 결정하는 단계;

를 포함하는,

이중 경매 기반 전력 거래 서비스 제공 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 전력 가격 정보를 생성하는 단계는,

상기 제1경매 과정에서 상기 제1마이크로 그리드에서 낙찰된 판매자들이 판매하는 전력 가격 및 상기 제2마이크로 그리드에서 낙찰된 구매자들이 구매하는 전력 가격의 중간값에 기초하여 제1마이크로 그리드에서 낙찰된 구매자들이 구매하는 전력 가격, 상기 제2마이크로 그리드에서 낙찰된 판매자들이 판매하는 전력 가격, 그리고 제2경매에서 낙찰된 구매자 및 판매자들 각각의 구매 및 판매 전력 가격을 결정하는 단계;

를 포함하는,

이중 경매 기반 전력 거래 서비스 제공 방법.

청구항 9

제7항에 있어서,

낙찰된 참여자들 간 전력 거래량을 결정하는 단계는,

상기 제1마이크로 그리드의 전체 수요량에서 전체 공급량을 감산한 값이 상기 제2마이크로 그리드의 전체 공급량에서 전체 수요량을 감산한 값 이상인 경우, 제1할당법을 통해 거래량을 결정하는 단계; 및

상기 제1마이크로 그리드의 전체 수요량에서 전체 공급량을 감산한 값이 상기 제2마이크로 그리드의 전체 공급량에서 전체 수요량을 감산한 값 미만인 경우, 제2할당법을 통해 거래량을 결정하는 단계;

를 포함하는,

이중 경매 기반 전력 거래 서비스 제공 방법.

청구항 10

제9항에 있어서

상기 제1할당법은,

상기 제1마이크로 그리드와 상기 제2마이크로 그리드에서 낙찰된 판매자들은 입찰한 공급량을 모두 판매하도록 하며, 상기 제1마이크로 그리드에서 낙찰된 구매자들은 입찰한 수요량을 모두 구매하도록 거래량을 할당하고,

상기 제2마이크로 그리드에서 잔여 공급량을 상기 제1마이크로 그리드로 전송하며, 상기 잔여 공급량을 상기 제1마이크로 그리드에서 낙찰된 구매자들 각각의 거래량으로 할당하되, 상기 잔여 공급량의 전력 손실률을 고려하여 상기 낙찰된 구매자들에 대응하여 균등한 제한량을 설정하는,

이중 경매 기반 전력 거래 서비스 제공 방법.

청구항 11

제9항에 있어서

상기 제2할당법은,

참조값이 음수인지 아닌지 여부에 기초하여 제2할당제1산정법 및 제2할당제2산정법 중 적어도 하나를 수행하여 거래량을 결정하는 것을 특징으로 하며,

상기 참조값은,

1에서 전력손실율을 감산한 값에서 상기 제1마이크로 그리드의 전체 수요량에서 전체 공급량을 감산한 값을 감산한 값과 상기 제2마이크로 그리드의 전체 공급량에서 전체 수요량을 감산한 값의 곱을 통해 획득되는,

이중 경매 기반 전력 거래 서비스 제공 방법.

청구항 12

제11항에 있어서

상기 제2할당제1산정법은,

상기 제1마이크로 그리드 및 상기 제2마이크로 그리드에서 낙찰된 구매자들은 입찰한 수요량을 모두 구매하도록 하며, 상기 제1마이크로 그리드에서 낙찰된 판매자들은 입찰한 공급량을 모두 판매하도록 거래량을 할당하고,

상기 제2마이크로 그리드에서 잔여 공급량을 상기 제1마이크로 그리드로 전송하며, 상기 잔여 공급량을 상기 제2마이크로 그리드에서 낙찰된 판매자들 각각의 거래량으로 할당하되, 상기 잔여 공급량의 전력 손실률을 고려하여 상기 낙찰된 판매자들에 대응하여 균등한 제한량을 설정하는,

이중 경매 기반 전력 거래 서비스 제공 방법.

청구항 13

제11항에 있어서

상기 제2할당제2산정법은,

상기 제1마이크로 그리드 및 상기 제2마이크로 그리드에서 낙찰된 판매자들은 입찰한 공급량을 모두 판매하도록 하고, 상기 제2마이크로 그리드에서 낙찰된 구매자들은 입찰한 수요량을 모두 구매하도록 거래량을 할당하고,

상기 제2마이크로 그리드에서 잔여 공급량을 상기 제1마이크로 그리드로 전송하며, 상기 잔여 공급량을 상기 제

2마이크로 그리드에서 낙찰된 구매자들 각각의 거래량으로 할당하되, 상기 잔여 공급량의 전력 손실률을 고려하여 상기 낙찰된 구매자들에 대응하여 균등한 제한량을 설정하는,
이중 경매 기반 전력 거래 서비스 제공 방법.

청구항 14

제1항에 있어서,
상기 방법은,
전력 거래 과정에서 발생하는 비용을 산정하는 단계; 및
상기 비용에 기초하여 낙찰된 복수의 판매자 및 구매자 각각에 대응하여 비용 분배 정보를 생성하는 단계;
를 더 포함하며,
상기 비용은,
전력 손실에 관련한 제1비용, 상기 제1마이크로 그리드에서 판매자와 구매자 간 거래 가격 차이로 인해 발생하는 제2비용 및 상기 제2마이크로 그리드에서 판매자와 구매자 간 거래 가격 차이로 인해 발생하는 제3비용을 포함하는,
이중 경매 기반 전력 거래 서비스 제공 방법.

청구항 15

하나 이상의 인스트럭션을 저장하는 메모리; 및
상기 메모리에 저장된 상기 하나 이상의 인스트럭션을 실행하는 프로세서를 포함하고,
상기 프로세서는 상기 하나 이상의 인스트럭션을 실행함으로써,
제1항의 방법을 수행하는, 서버.

청구항 16

하드웨어인 컴퓨터와 결합되어, 제1항의 방법을 수행할 수 있도록 컴퓨터에서 독출가능한 기록매체에 저장된 컴퓨터프로그램.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명의 다양한 실시예는 전력 거래 방법에 관한 것으로, 보다 구체적으로, 마이크로 그리드에 전력 직접 거래 시스템을 도입하기 위한 방법, 서버 및 컴퓨터 프로그램에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 마이크로 그리드는, 분산 에너지를 수용하여 소규모 단위로 에너지의 공급과 수요를 관리하는 지역 전력망을 의미할 수 있다. 즉, 다양한 분산 에너지를 경제적으로 조합하여 해당 구역에 필요한 에너지를 경제적으로 공급하는 지역적 그리드일 수 있다.

[0004] 마이크로 그리드는 기존의 중앙 집중식 시스템이 아닌 신재생 에너지를 발전하는 소규모 분산 자원을 활용하므로, 특정 에너지 공급에 문제가 발생해도 전력 공급이 중단되지 않는다는 장점이 있다. 대한민국 공개특허 10-

2012-0056748호는 마이크로 그리드 운영 시스템 및 방법을 개시하고 있다.

- [0005] 마이크로 그리드는 소규모의 분산된 공간에서 에너지를 자급자족하는 것을 목적으로 개발된 기술이지만 수도권과 같이 전력 수요가 과도하게 많은 지역이나, 지방과 같이 수요에 비해서 분산 자원이 과도하게 많이 설치된 지역 간에 전력 공급의 불균형이 발생할 수 있다.
- [0006] 한편, 마이크로 그리드 내부에서 전력 공급의 균형을 이루기 어려운 경우, 정부 기관에서 운영하는 기존 전력 시스템으로부터 전력을 사고 팔 수 있지만, 이러한 운영 방식은 마이크로 그리드의 개발 목적과는 거리가 멀다는 문제점이 존재한다.
- [0007] 따라서, 당 업계에는, 마이크로 그리드 간의 공급 불균형을 해결하고, 잉여 자원을 최소화하기 위하여, 마이크로 그리드 내부와 마이크로 그리드 간 전력을 거래할 수 있는 운영 시스템에 대한 수요가 존재할 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0009] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 전술한 배경기술에 대응하여 안출된 것으로, 마이크로 그리드 간의 공급 불균형을 해결하고, 잉여 자원을 최소화하기 위하여, 마이크로 그리드 내부와 마이크로 그리드 간 전력을 거래할 수 있는 이중 거래 매커니즘을 제공하기 위함이다.
- [0010] 본 발명이 해결하고자 하는 과제들은 이상에서 언급된 과제로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 통상의 기술자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

- [0012] 상술한 과제를 해결하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 이중 경매 기반 전력 거래 서비스 제공 방법이 개시된다. 상기 방법은, 컴퓨팅 장치의 하나 이상의 프로세서에서 수행되는 방법에 있어서, 공급 불균형에 관련된 두 개의 마이크로 그리드를 식별하는 단계, 상기 두 개의 마이크로 그리드 각각에 대응하여 제1경매를 수행하는 단계, 상기 두 개의 마이크로 그리드 간의 제2경매를 수행하는 단계 및 상기 제1경매 및 상기 제2경매 결과에 기초하여 전력 거래 할당 정보를 생성하는 단계를 포함하며, 상기 공급 불균형에 관련한 두 개의 마이크로 그리드는, 과수요에 관련한 제1마이크로 그리드 및 과공급에 관련한 제2마이크로 그리드를 포함할 수 있다.
- [0013] 대안적인 실시예에서, 상기 제1경매는, 각 마이크로 그리드 내부에서 수행되는 것을 특징으로 하며, 상기 제1경매를 수행하는 단계는, 상기 두 개의 마이크로 그리드 각각에 대응하는 복수의 구매자 및 복수의 판매자 각각으로부터 거래 입찰 정보를 수신하는 단계, 상기 복수의 구매자 및 상기 복수의 판매자 각각에 대응하는 상기 거래 입찰 정보에 기초하여 상기 각 마이크로 그리드에 대응하는 제1낙찰자들을 결정하는 단계 및 상기 각 마이크로 그리드에 대응하는 제1낙찰자들에 기초하여 상기 각 마이크로 그리드에 대응하는 전력 가격 정보를 생성하는 단계를 포함하며, 상기 거래 입찰 정보는, 경매 참여자들로부터 경매 낙찰자를 결정하기 위해 기반이 되는 정보로, 구매와 판매에 관련한 입찰 가격 정보 및 공급과 수요에 관련한 전력량 정보를 포함할 수 있다.
- [0014] 대안적인 실시예에서, 상기 제1낙찰자를 결정하는 단계는, 구매에 관련한 거래 가격 정보가 높은 구매자와 판매에 관련한 거래 가격 정보가 낮은 판매자 각각을 순차적으로 제1낙찰자로 결정하되, 판매자가 원하는 판매에 관련한 거래 가격 정보가 구매자가 원하는 구매에 관련한 거래 가격 정보 보다 높아지는 경우, 낙찰자를 결정하지 않는 것을 특징으로 할 수 있다.

- [0015] 대안적인 실시예에서, 상기 제1낙찰자를 결정하는 단계는,

$$b_K \geq s_L \geq b_{K+1} \text{ and } \sum_{j=1}^{L-1} y_j \leq \sum_{i=1}^K x_i \leq \sum_{j=1}^L y_j \quad (\text{수식 1})$$

$$s_{L+1} \geq b_K \geq s_L \text{ and } \sum_{i=1}^{K-1} x_i \leq \sum_{j=1}^L y_j \leq \sum_{i=1}^K x_i \quad (\text{수식 2})$$

- [0018] 상기의 두 수식 모두에 대응하여 L 보다 작은 인덱스를 갖는 판매자와 K 보다 작은 인덱스를 갖는 구매자를 상

기 제1경매에 대응하는 제1낙찰자로 결정하는 단계를 포함하며, s_i 는 구매자의 수요량이며, b_i 는 구매자의 가격 입찰 정보이고, m_j 는 판매자의 수요량이며, s_j 는 판매자의 가격 입찰 정보일 수 있다.

[0019] 대안적인 실시예에서, 상기 전력 가격 정보를 생성하는 단계는, 상기 제1마이크로 그리드에서 L보다 작은 인덱스의 판매자들과 K 보다 작은 인덱스의 구매자들이 낙찰된 경우, 낙찰된 판매자들이 판매하는 전력 가격을 s_L 로 결정하는 단계, 상기 제2마이크로 그리드에서 L보다 작은 인덱스의 판매자들과 K 보다 작은 인덱스의 구매자들이 낙찰된 경우, 낙찰된 구매자들이 구매하는 전력 가격을 b_K 로 결정하는 단계 및 상기 제1마이크로 그리드에서 낙찰된 구매자들이 구매하는 전력 가격 및 상기 제2마이크로 그리드에서 판매자들이 판매하는 전력 가격은 상기 제2경매 수행 결과에 따라 결정하는 단계를 포함할 수 있다.

[0020] 대안적인 실시예에서, 상기 방법은, 상기 제1경매의 수행 결과가 기 설정된 조건을 충족하는지 여부에 기초하여 상기 제2경매 수행 여부를 결정하는 단계를 더 포함하며, 상기 기 설정된 조건은, 상기 제2마이크로 그리드에 대응하는 구매 전력 가격이 상기 제1마이크로 그리드에 대응하는 판매 전력 가격을 초과하는지에 관련한 제1조건, 상기 제1마이크로 그리드에서 낙찰되지 않은 구매자들이 존재하는지에 관련한 제2조건 및 상기 제2마이크로 그리드에서 낙찰되지 않은 판매자들이 존재하는지에 관련한 제3조건을 포함할 수 있다.

[0021] 대안적인 실시예에서, 상기 제2경매는, 상기 두 개의 마이크로 그리드 간에 수행되는 것을 특징으로 하며, 상기 제2경매를 수행하는 단계는, 상기 두 개의 마이크로 그리드에 대응하는 복수의 구매자 및 복수의 판매자 각각으로부터 상기 제1경매 과정에서 수신한 거래 입찰 정보에 기초하여 양 마이크로 그리드에 대응하는 제2낙찰자들을 결정하는 단계, 상기 제2낙찰자들에 기초하여 전력 가격 정보를 생성하는 단계 및 낙찰된 참여자들 간 전력 거래량을 결정하는 단계를 포함할 수 있다.

[0022] 대안적인 실시예에서, 상기 전력 가격 정보를 생성하는 단계는, 상기 제1경매 과정에서 상기 제1마이크로 그리드에서 낙찰된 판매자들이 판매하는 전력 가격 및 상기 제2마이크로 그리드에서 낙찰된 구매자들이 구매하는 전력 가격의 중간값에 기초하여 제1마이크로 그리드에서 낙찰된 구매자들이 구매하는 전력 가격, 상기 제2마이크로 그리드에서 낙찰된 판매자들이 판매하는 전력 가격, 그리고 제2경매에서 낙찰된 구매자들 및 판매자들 각각의 구매 및 판매 전력 가격을 결정하는 단계를 포함할 수 있다.

[0023] 대안적인 실시예에서, 낙찰된 참여자들 간 전력 거래량을 결정하는 단계는, 상기 제1마이크로 그리드의 전체 수요량에서 전체 공급량을 감산한 값이 상기 제2마이크로 그리드의 전체 공급량에서 전체 수요량을 감산한 값 이 상인 경우, 제1할당법을 통해 거래량을 결정하는 단계 및 상기 제1마이크로 그리드의 전체 수요량에서 전체 공급량을 감산한 값이 상기 제2마이크로 그리드의 전체 공급량에서 전체 수요량을 감산한 값 미만인 경우, 제2할당법을 통해 거래량을 결정하는 단계를 포함할 수 있다.

[0024] 대안적인 실시예에서, 상기 제1할당법은, 상기 제1마이크로 그리드와 상기 제2마이크로 그리드에서 낙찰된 판매자들은 입찰한 공급량을 모두 판매하도록 하며, 상기 제1마이크로 그리드에서 낙찰된 구매자들은 입찰한 수요량을 모두 구매하도록 거래량을 할당하고, 상기 제2마이크로 그리드에서 잔여 공급량을 상기 제1마이크로 그리드로 전송하며, 상기 잔여 공급량을 상기 제1마이크로 그리드에서 낙찰된 구매자들 각각의 거래량으로 할당하되, 상기 잔여 공급량의 전력 손실률을 고려하여 상기 낙찰된 구매자들에 대응하여 균등한 제한량을 설정할 수 있다.

[0025] 대안적인 실시예에서, 상기 제2할당법은, 참조값이 음수인지 아닌지 여부에 기초하여 제2할당제1산정법 및 제2할당제2산정법 중 적어도 하나를 수행하여 거래량을 결정하는 것을 특징으로 하며, 상기 참조값은, 1에서 전력 손실율을 감산한 값에서 상기 제1마이크로 그리드의 전체 수요량에서 전체 공급량을 감산한 값을 감산한 값과 상기 제2마이크로 그리드의 전체 공급량에서 전체 수요량을 감산한 값의 곱을 통해 획득될 수 있다.

[0026] 대안적인 실시예에서, 상기 제2할당제1산정법은, 상기 제1마이크로 그리드 및 상기 제2마이크로 그리드에서 낙찰된 구매자들은 입찰한 수요량을 모두 구매하도록 하며, 상기 제1마이크로 그리드에서 낙찰된 판매자들은 입찰한 공급량을 모두 판매하도록 거래량을 할당하고, 상기 제2마이크로 그리드에서 잔여 공급량을 상기 제1마이크로 그리드로 전송하며, 상기 잔여 공급량을 상기 제2마이크로 그리드에서 낙찰된 판매자들 각각의 거래량으로 할당하되, 상기 잔여 공급량의 전력 손실률을 고려하여 상기 낙찰된 판매자들에 대응하여 균등한 제한량을 설정할 수 있다.

[0027] 대안적인 실시예에서, 상기 제2할당제2산정법은, 상기 제1마이크로 그리드 및 상기 제2마이크로 그리드에서 낙찰된 판매자들은 입찰한 공급량을 모두 판매하도록 하고, 상기 제2마이크로 그리드에서 낙찰된 구매자들은 입찰

한 수요량을 모두 구매하도록 거래량을 할당하고, 상기 제2마이크로 그리드에서 잔여 공급량을 상기 제1마이크로 그리드로 전송하며, 상기 잔여 공급량을 상기 제2마이크로 그리드에서 낙찰된 구매자들 각각의 거래량으로 할당하되, 상기 잔여 공급량의 전력 손실률을 고려하여 상기 낙찰된 구매자들에 대응하여 균등한 제한량을 설정할 수 있다.

[0028] 대안적인 실시예에서, 상기 방법은, 전력 거래 과정에서 발생하는 비용을 산정하는 단계 및 상기 비용에 기초하여 낙찰된 복수의 판매자 및 구매자 각각에 대응하여 비용 분배 정보를 생성하는 단계를 더 포함하며, 상기 비용은, 전력 손실에 관련한 제1비용, 상기 제1마이크로 그리드에서 판매자와 구매자 간 거래 가격 차이로 인해 발생하는 제2비용 및 상기 제2마이크로 그리드에서 판매자와 구매자 간 거래 가격 차이로 인해 발생하는 제3비용을 포함할 수 있다.

[0029] 본 발명의 다른 실시예에 따르면, 이중 경매 기반 전력 거래 서비스 제공 방법을 수행하기 위한 서버가 개시된다. 상기 서버는 하나 이상의 인스트럭션을 저장하는 메모리 및 상기 메모리에 저장된 하나 이상의 인스트럭션을 실행하는 프로세서를 포함하고, 상기 프로세서는 상기 하나 이상의 인스트럭션을 실행함으로써, 전술한 이중 경매 기반 전력 거래 서비스 제공 방법을 수행할 수 있다.

[0030] 본 발명의 또 다른 실시예에 따르면, 컴퓨터에서 독출가능한 기록매체에 저장된 컴퓨터 프로그램이 개시된다. 상기 컴퓨터 프로그램은 하드웨어인 컴퓨터와 결합되어, 이중 경매 기반 전력 거래 서비스 제공 방법을 수행할 수 있다.

[0031] 본 발명의 기타 구체적인 사항들은 상세한 설명 및 도면들에 포함되어 있다.

발명의 효과

[0033] 본 발명의 다양한 실시예에 따르면, 마이크로 그리드 간의 수급 불균형을 해결하고, 잉여 자원을 최소화하기 위하여, 마이크로 그리드 내부와 마이크로 그리드 간 전력을 거래할 수 있는 이중 경매 메커니즘을 제공할 수 있다.

[0034] 또한, 마이크로 그리드 간 전력 거래를 가능하게 하여 소규모 전력 거래와 소규모 신재생에너지 발전 활성화에 기여할 수 있다.

[0035] 추가적으로, 양방향 이중 경매 방식의 전력 거래를 통하여 사용자들의 전력에 대한 가치를 반영하여 거래 가격 및 거래량을 결정하는 서비스를 제공할 수 있으며, 사용자들이 진실하게 본인의 가치를 입력하는 것을 보장할 수 있으며, 메커니즘의 존재가 사용자들에게 개선된 효용을 주는 것을 보장하는 거래 서비스를 제공할 수 있다.

[0036] 본 발명의 효과들은 이상에서 언급된 효과로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 효과들은 아래의 기재로부터 통상의 기술자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0038] 도 1은 본 발명의 일 실시예와 관련된 이중 경매 기반 전력 거래 서비스 제공 방법을 구현하기 위한 시스템을 개략적으로 도시한 예시도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예와 관련된 이중 경매 기반 전력 거래 서비스 제공 방법을 수행하기 위한 컴퓨팅 장치의 하드웨어 구성도이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예와 관련된 이중 경매 기반 전력 거래 서비스 제공 방법을 수행하기 위한 예시적인 순서도를 도시한다.

도 4는 본 발명의 일 실시예와 관련된 제1경매 과정을 예시적으로 나타낸 순서도를 도시한다.

도 5는 본 발명의 일 실시예와 관련된 수요 곡선 및 공급 곡선을 예시적으로 나타낸 예시도이다.

도 6은 본 발명의 일 실시예와 관련된 제1경매의 수행 결과에 따라, 제2경매의 수행 여부를 결정하는 과정을 예시적으로 나타낸 예시도이다.

도 7은 본 발명의 일 실시예와 관련된 제2경매 과정을 예시적으로 나타낸 순서도를 도시한다.

도 8은 본 발명의 일 실시예와 관련된 이중 경매 기반 전력 거래 방법의 전체 프로세스 과정을 개략적으로 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0039] 다양한 실시예들이 이제 도면을 참조하여 설명된다. 본 명세서에서, 다양한 설명들이 본 발명의 이해를 제공하기 위해서 제시된다. 그러나, 이러한 실시예들은 이러한 구체적인 설명 없이도 실행될 수 있음이 명백하다.
- [0040] 본 명세서에서 사용되는 용어 "컴포넌트", "모듈", "시스템" 등은 컴퓨터-관련 엔티티, 하드웨어, 펌웨어, 소프트웨어, 소프트웨어 및 하드웨어의 조합, 또는 소프트웨어의 실행을 지칭한다. 예를 들어, 컴포넌트는 프로세서 상에서 실행되는 처리과정(procedure), 프로세서, 객체, 실행 스레드, 프로그램, 및/또는 컴퓨터일 수 있지만, 이들로 제한되는 것은 아니다. 예를 들어, 컴퓨팅 장치에서 실행되는 애플리케이션 및 컴퓨팅 장치 모두 컴포넌트일 수 있다. 하나 이상의 컴포넌트는 프로세서 및/또는 실행 스레드 내에 상주할 수 있다. 일 컴포넌트는 하나의 컴퓨터 내에 로컬화 될 수 있다. 일 컴포넌트는 2개 이상의 컴퓨터들 사이에 분배될 수 있다. 또한, 이러한 컴포넌트들은 그 내부에 저장된 다양한 데이터 구조들을 갖는 다양한 컴퓨터 관독가능한 매체로부터 실행할 수 있다. 컴포넌트들은 예를 들어 하나 이상의 데이터 패킷들을 갖는 신호(예를 들면, 로컬 시스템, 분산 시스템에서 다른 컴포넌트와 상호작용하는 하나의 컴포넌트로부터의 데이터 및/또는 신호를 통해 다른 시스템과 인터넷과 같은 네트워크를 통해 전송되는 데이터)에 따라 로컬 및/또는 원격 처리들을 통해 통신할 수 있다.
- [0041] 더불어, 용어 "또는"은 배타적 "또는"이 아니라 내포적 "또는"을 의미하는 것으로 의도된다. 즉, 달리 특정되지 않거나 문맥상 명확하지 않은 경우에, "X는 A 또는 B를 이용한다"는 자연적인 내포적 치환 중 하나를 의미하는 것으로 의도된다. 즉, X가 A를 이용하거나; X가 B를 이용하거나; 또는 X가 A 및 B 모두를 이용하는 경우, "X는 A 또는 B를 이용한다"가 이들 경우들 어느 것으로도 적용될 수 있다. 또한, 본 명세서에 사용된 "및/또는"이라는 용어는 열거된 관련 아이템들 중 하나 이상의 아이템의 가능한 모든 조합을 지칭하고 포함하는 것으로 이해되어야 한다.
- [0042] 또한, "포함한다" 및/또는 "포함하는"이라는 용어는, 해당 특징 및/또는 구성요소가 존재함을 의미하는 것으로 이해되어야 한다. 다만, "포함한다" 및/또는 "포함하는"이라는 용어는, 하나 이상의 다른 특징, 구성요소 및/또는 이들의 그룹의 존재 또는 추가를 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다. 또한, 달리 특정되지 않거나 단수 형태를 지시하는 것으로 문맥상 명확하지 않은 경우에, 본 명세서와 청구범위에서 단수는 일반적으로 "하나 또는 그 이상"을 의미하는 것으로 해석되어야 한다.
- [0043] 당업자들은 추가적으로 여기서 개시된 실시예들과 관련되어 설명된 다양한 예시적 논리적 블록들, 구성들, 모듈들, 회로들, 수단들, 로직들, 및 알고리즘 단계들이 전자 하드웨어, 컴퓨터 소프트웨어, 또는 양쪽 모두의 조합들로 구현될 수 있음을 인식해야 한다. 하드웨어 및 소프트웨어의 상호호환성을 명백하게 예시하기 위해, 다양한 예시적 컴포넌트들, 블록들, 구성들, 수단들, 로직들, 모듈들, 회로들, 및 단계들은 그들의 기능성 측면에서 일반적으로 위에서 설명되었다. 그러한 기능성이 하드웨어로 또는 소프트웨어로서 구현되는지 여부는 전반적인 시스템에 부과된 특정 어플리케이션(application) 및 설계 제한들에 달려 있다. 숙련된 기술자들은 각각의 특정 어플리케이션들을 위해 다양한 방법들로 설명된 기능성을 구현할 수 있다. 다만, 그러한 구현의 결정들이 본 발명내용의 영역을 벗어나게 하는 것으로 해석되어서는 안된다.
- [0044] 제시된 실시예들에 대한 설명은 본 발명의 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명을 이용하거나 또는 실시할 수 있도록 제공된다. 이러한 실시예들에 대한 다양한 변형들은 본 발명의 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명백할 것이다. 여기에 정의된 일반적인 원리들은 본 발명의 범위를 벗어남이 없이 다른 실시예들에 적용될 수 있다. 그리하여, 본 발명은 여기에 제시된 실시예들로 한정되는 것이 아니다. 본 발명은 여기에 제시된 원리들 및 신규한 특징들과 일관되는 최광의의 범위에서 해석되어야 할 것이다.
- [0045] 본 명세서에서, 컴퓨터는 적어도 하나의 프로세서를 포함하는 모든 종류의 하드웨어 장치를 의미하는 것이고, 실시 예에 따라 해당 하드웨어 장치에서 동작하는 소프트웨어적 구성도 포괄하는 의미로서 이해될 수 있다. 예를 들어, 컴퓨터는 스마트폰, 태블릿 PC, 데스크톱, 노트북 및 각 장치에서 구동되는 사용자 클라이언트 및 애플리케이션을 모두 포함하는 의미로서 이해될 수 있으며, 또한 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0046] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세하게 설명한다.
- [0047] 본 명세서에서 설명되는 각 단계들은 컴퓨터에 의하여 수행되는 것으로 설명되나, 각 단계의 주체는 이에 제한되는 것은 아니며, 실시 예에 따라 각 단계들의 적어도 일부가 서로 다른 장치에서 수행될 수도 있다.

- [0049] 도 1은 본 발명의 일 실시예와 관련된 이중 경매 기반 전력 거래 서비스 제공 방법을 구현하기 위한 시스템을 개략적으로 도시한 예시도이다.
- [0050] 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명의 실시예들에 따른 시스템은, 컴퓨팅 장치(100), 사용자 단말(200), 외부 서버(300) 및 네트워크(400)를 포함할 수 있다. 도 1에서 도시되는 컴포넌트들은 예시적인 것으로서, 추가적인 컴포넌트들이 존재하거나 또는 도 1에서 도시되는 컴포넌트들 중 일부는 생략될 수 있다. 본 발명의 실시예들에 따른 컴퓨팅 장치(100), 외부 서버(300) 및 사용자 단말(200)은 네트워크(400)를 통해, 본 발명의 일 실시예들에 따른 시스템을 위한 데이터를 상호 송수신할 수 있다.
- [0051] 본 발명의 실시예들에 따른 네트워크(400)는 공중전화 교환망(PSTN: Public Switched Telephone Network), xDSL(x Digital Subscriber Line), RADSL(Rate Adaptive DSL), MDSL(Multi Rate DSL), VDSL(Very High Speed DSL), UADSL(Universal Asymmetric DSL), HDSL(High Bit Rate DSL) 및 근거리 통신망(LAN) 등과 같은 다양한 유선 통신 시스템들을 사용할 수 있다.
- [0052] 또한, 여기서 제시되는 네트워크(400)는 CDMA(Code Division Multi Access), TDMA(Time Division Multi Access), FDMA(Frequency Division Multi Access), OFDMA(Orthogonal Frequency Division Multi Access), SC-FDMA(Single Carrier-FDMA) 및 다른 시스템들과 같은 다양한 무선 통신 시스템들을 사용할 수 있다.
- [0053] 본 발명의 실시예들에 따른 네트워크(400)는 유선 및 무선 등과 같은 그 통신 양태를 가리지 않고 구성될 수 있으며, 단거리 통신망(PAN: Personal Area Network), 근거리 통신망(WAN: Wide Area Network) 등 다양한 통신망으로 구성될 수 있다. 또한, 네트워크(400)는 공지의 월드와이드웹(WWW: World Wide Web)일 수 있으며, 적외선(IrDA: Infrared Data Association) 또는 블루투스(Bluetooth)와 같이 단거리 통신에 이용되는 무선 전송 기술을 이용할 수도 있다. 본 명세서에서 설명된 기술들은 위에서 언급된 네트워크들뿐만 아니라, 다른 네트워크들에서도 사용될 수 있다.
- [0054] 본 발명의 실시예에 따르면, 이중 경매 기반 전력 거래 서비스 제공 방법을 수행하기 위한 컴퓨팅 장치(100)(이하 '컴퓨팅 장치(100)')는 복수의 사용자 간 전력 거래 서비스를 제공할 수 있다. 실시예에서, 컴퓨팅 장치(100)가 제공하는 전력 거래 서비스는 양방향 이중 경매 방식의 전력 거래 서비스일 수 있다. 컴퓨팅 장치(100)는 각 마이크로 그리드 내부에 존재하는 사용자들 간의 전력 거래 서비스를 제공할 수 있다. 또한, 컴퓨팅 장치(100)는 수급 불균형에 관련한 두 개의 마이크로 그리드에 대응하는 복수의 사용자(예컨대, 판매자 및 구매자)들 간 전력 거래 서비스를 제공할 수 있다. 예컨대, 컴퓨팅 장치(100)는 마이크로 그리드 내부의 사용자들 간 제1경매를 수행한 이후, 수급 불균형에 관련한 마이크로 그리드 간의 제2경매를 수행할 수 있다. 즉, 컴퓨팅 장치(100)는 두 단계의 이중 경매를 통해 두 개의 마이크로 그리드를 대상으로 전력 거래 서비스를 제공할 수 있다.
- [0055] 실시예에서, 두 개의 마이크로 그리드는, 보편적으로 전력 수요량이 공급 보다 더 많은 마이크로 그리드와 보편적으로 전력 공급량이 더 많은 마이크로 그리드를 의미할 수 있다. 즉, 두 개의 마이크로 그리드는, 과수요에 관련한 제1마이크로 그리드 및 과공급에 관련한 제2마이크로 그리드를 포함할 수 있다.
- [0056] 구체적으로, 컴퓨팅 장치(100)는 두 개의 마이크로 그리드에 대응하는 복수의 사용자들로부터 거래 입찰 정보를 수신할 수 있다. 각 마이크로 그리드의 판매 및 구매에 관련한 사용자들은 자신이 소지한 단말을 통해 거래 입찰 정보를 생성할 수 있으며, 이를 컴퓨팅 장치(100)로 전송할 수 있다.
- [0057] 컴퓨팅 장치(100)는 각 마이크로 그리드의 사용자들로부터 수신한 거래 입찰 정보를 통해 판매자 및 구매자 각각에 관련한 사용자를 식별할 수 있으며, 거래 입찰 정보를 통해 낙찰된 사용자를 결정하며, 낙찰가와 낙찰자들의 거래량을 결정하여 마이크로 그리드 내부에서의 전력 거래와 서로 다른 마이크로 그리드 간의 전력 거래 서비스를 제공할 수 있다.
- [0058] 즉, 컴퓨팅 장치(100)는 사용자들로부터 수집된 거래 입찰 정보를 통해 우선적으로, 각 마이크로 내부에서의 제1경매를 수행하고, 제1경매 수행 과정에서 각 마이크로 그리드의 내부에서 낙찰되지 못한 사용자들(판매자들 및 구매자들)을 통해, 양 마이크로 간의 제2경매를 수행할 수 있다. 제2경매를 통해 서로 다른 마이크로 그리드에 속해 있는 판매자 및 구매자 간의 전력 거래를 가능케할 수 있다. 이 경우, 서로 다른 마이크로 그리드는, 공급 부족(즉, 과수요)에 관련한 제1마이크로 그리드 및 수요 부족(즉, 과공급)에 관련한 마이크로 그리드를 포함하기 때문에, 각 마이크로 그리드 간의 전력 거래가 이루어지는 경우, 전력 불균형이 해소된다는 장점이 있다.

- [0059] 전술한 바와 같이, 컴퓨팅 장치(100)는 이중 경매 방식의 전력 거래 서비스를 제공함으로써, 각 마이크로 그리드의 사용자들이 용이하게 필요한 전력을 거래할 수 있도록 하며, 마이크로 그리드 간의 전력 불균형을 해소할 수 있다. 이중 경매 기반 전력 거래 서비스 제공 방법에 관한 보다 구체적인 설명은, 도 3을 참조하여 후술하도록 한다.
- [0060] 실시예에서, 도 1에서의 1개의 컴퓨팅 장치(100)만을 도시하고 있으나, 이보다 많은 서버들 또한 본 발명의 범위에 포함될 수 있다는 점 그리고 컴퓨팅 장치(100)가 추가적인 컴포넌트들을 포함할 수 있다는 점은 당해 출원 분야에 있어서 통상의 지식을 가진 자에게 명백할 것이다. 즉, 컴퓨팅 장치(100)는 복수 개의 컴퓨팅 장치로 구성될 수도 있다. 다시 말해, 복수의 노드의 집합이 컴퓨팅 장치(100)를 구성할 수 있다.
- [0061] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 컴퓨팅 장치(100)는 클라우드 컴퓨팅 서비스를 제공하는 서버일 수 있다. 보다 구체적으로, 컴퓨팅 장치(100)는 인터넷 기반 컴퓨팅의 일종으로 정보를 사용자의 컴퓨터가 아닌 인터넷에 연결된 다른 컴퓨터로 처리하는 클라우드 컴퓨팅 서비스를 제공하는 서버일 수 있다. 상기 클라우드 컴퓨팅 서비스는 인터넷 상에 자료를 저장해 두고, 사용자가 필요한 자료나 프로그램을 자신의 컴퓨터에 설치하지 않고도 인터넷 접속을 통해 언제 어디서나 이용할 수 있는 서비스일 수 있으며, 인터넷 상에 저장된 자료들을 간단한 조작 및 클릭으로 쉽게 공유하고 전달할 수 있다. 또한, 클라우드 컴퓨팅 서비스는 인터넷 상의 서버에 단순히 자료를 저장하는 것뿐만 아니라, 별도로 프로그램을 설치하지 않아도 웹에서 제공하는 응용프로그램의 기능을 이용하여 원하는 작업을 수행할 수 있으며, 여러 사람이 동시에 문서를 공유하면서 작업을 진행할 수 있는 서비스일 수 있다. 또한, 클라우드 컴퓨팅 서비스는 IaaS(Infrastructure as a Service), PaaS(Platform as a Service), SaaS(Software as a Service), 가상 머신 기반 클라우드 서버 및 컨테이너 기반 클라우드 서버 중 적어도 하나의 형태로 구현될 수 있다. 즉, 본 발명의 컴퓨팅 장치(100)는 상술한 클라우드 컴퓨팅 서비스 중 적어도 하나의 형태로 구현될 수 있다. 전술한 클라우드 컴퓨팅 서비스의 구체적인 기제는 예시일 뿐, 본 발명의 클라우드 컴퓨팅 환경을 구축하는 임의의 플랫폼을 포함할 수도 있다.
- [0062] 본 발명의 실시예에 따른 사용자 단말(200)은 컴퓨팅 장치(100)와 통신을 위한 메커니즘을 갖는 시스템에서의 임의의 형태의 노드(들)를 의미할 수 있다. 사용자 단말(200)은 컴퓨팅 장치(100)와의 정보 교환을 통해 전력을 거래 서비스를 제공받을 수 있는 단말로, 사용자가 소지한 단말을 의미할 수 있다. 예컨대, 사용자 단말(200)은 전력을 판매하고자 하는 판매자에 관련한 단말이거나, 또는 전력을 구매하고자 하는 구매자에 관련한 단말일 수 있다.
- [0063] 일 실시예에서, 각 마이크로 그리드 내에 존재하는 사용자들(판매자들 및 구매자들)은 사용자 단말을 통해 전력의 가치를 입력하여 컴퓨팅 장치(100)로 전송할 수 있으며, 컴퓨팅 장치(100)는 복수의 사용자들로부터 수신한 정보에 기초한 경매를 수행함으로써, 특정 마이크로 내의 사용자 간 또는 양 마이크로의 사용자 간 전력 거래를 허용할 수 있다.
- [0064] 사용자 단말(200)은 컴퓨팅 장치(100)와 통신을 위한 메커니즘을 갖는 시스템에서의 임의의 형태의 엔티티(들)를 의미할 수 있다. 예를 들어, 이러한 사용자 단말(200)은 PC(personal computer), 노트북(note book), 모바일 단말기(mobile terminal), 스마트폰(smart phone), 태블릿 PC(tablet pc) 및 웨어러블 디바이스(wearable device) 등을 포함할 수 있으며, 유/무선 네트워크에 접속할 수 있는 모든 종류의 단말을 포함할 수 있다. 또한, 사용자 단말(200)은 에이전트, API(Application Programming Interface) 및 플러그-인(Plug-in) 중 적어도 하나에 의해 구현되는 임의의 서버를 포함할 수도 있다. 또한, 사용자 단말(200)은 애플리케이션 소스 및/또는 클라이언트 애플리케이션을 포함할 수 있다.
- [0065] 일 실시예에서, 외부 서버(300)는 네트워크(400)를 통해 컴퓨팅 장치(100)와 연결될 수 있으며, 컴퓨팅 장치(100)가 이중 거래 기반 전력 거래 서비스 제공 방법을 수행하기 위해 필요한 각종 정보/데이터를 제공하거나, 이중 거래 기반 전력 거래 서비스 제공 방법을 수행함에 따라 도출되는 결과 데이터를 제공받아 저장 및 관리할 수 있다. 예를 들어, 외부 서버(300)는 컴퓨팅 장치(100)의 외부에 별도로 구비되는 저장 서버일 수 있으나, 이에 한정되지 않는다. 이하, 도 2를 참조하여, 이중 거래 기반 전력 거래 서비스 제공 방법을 수행하기 위한 컴퓨팅 장치(100)의 하드웨어 구성에 대해 설명하도록 한다.
- [0067] 도 2는 본 발명의 일 실시예와 관련된 이중 경매 기반 전력 거래 서비스 제공 방법을 수행하기 위한 컴퓨팅 장치의 하드웨어 구성도이다.
- [0068] 도 2를 참조하면, 본 발명의 일 실시예와 관련된 이중 경매 기반 전력 거래 서비스 제공 방법을 수행하기 위한

컴퓨팅 장치(100)는 하나 이상의 프로세서(110), 프로세서(110)에 의하여 수행되는 컴퓨터 프로그램(151)을 로드(Load)하는 메모리(120), 버스(130), 통신 인터페이스(140) 및 컴퓨터 프로그램(151)을 저장하는 스토리지(150)를 포함할 수 있다. 여기서, 도 2에는 본 발명의 실시예와 관련 있는 구성요소들만 도시되어 있다. 따라서, 본 발명이 속한 기술분야의 통상의 기술자라면 도 2에 도시된 구성요소들 외에 다른 범용적인 구성 요소들이 더 포함될 수 있음을 알 수 있다.

- [0069] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 프로세서(110)는 통상적으로 컴퓨팅 장치(100)의 전반적인 동작을 처리할 수 있다. 프로세서(110)는 위에서 살펴본 구성요소들을 통해 입력 또는 출력되는 신호, 데이터, 정보 등을 처리하거나 메모리(120)에 저장된 응용 프로그램을 구동함으로써, 사용자 또는 사용자 단말에게 적절한 정보 또는, 기능을 제공하거나 처리할 수 있다.
- [0070] 또한, 프로세서(110)는 본 발명의 실시예들에 따른 방법을 실행하기 위한 적어도 하나의 애플리케이션 또는 프로그램에 대한 연산을 수행할 수 있으며, 컴퓨팅 장치(100)는 하나 이상의 프로세서를 구비할 수 있다.
- [0071] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 프로세서(110)는 하나 이상의 코어로 구성될 수 있으며, 컴퓨팅 장치의 중앙 처리 장치(CPU: central processing unit), 범용 그래픽 처리 장치(GPGPU: general purpose graphics processing unit), 텐서 처리 장치(TPU: tensor processing unit) 등의 데이터 분석, 딥러닝을 위한 프로세서를 포함할 수 있다.
- [0072] 프로세서(110)는 메모리(120)에 저장된 컴퓨터 프로그램을 판독하여 본 발명의 일 실시예에 따른 이중 경매 기반 전력 거래 서비스 제공 방법을 제공할 수 있다.
- [0073] 다양한 실시예에서, 프로세서(110)는 프로세서(110) 내부에서 처리되는 신호(또는, 데이터)를 일시적 및/또는 영구적으로 저장하는 램(RAM: Random Access Memory, 미도시) 및 롬(ROM: Read-Only Memory, 미도시)을 더 포함할 수 있다. 또한, 프로세서(110)는 그래픽 처리부, 램 및 롬 중 적어도 하나를 포함하는 시스템온칩(SoC: system on chip) 형태로 구현될 수 있다.
- [0074] 메모리(120)는 각종 데이터, 명령 및/또는 정보를 저장한다. 메모리(120)는 본 발명의 다양한 실시예에 따른 방법/동작을 실행하기 위하여 스토리지(150)로부터 컴퓨터 프로그램(151)을 로드할 수 있다. 메모리(120)에 컴퓨터 프로그램(151)이 로드되면, 프로세서(110)는 컴퓨터 프로그램(151)을 구성하는 하나 이상의 인스트럭션들을 실행함으로써 상기 방법/동작을 수행할 수 있다. 메모리(120)는 RAM과 같은 휘발성 메모리로 구현될 수 있을 것이나, 본 개시의 기술적 범위가 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0075] 버스(130)는 컴퓨팅 장치(100)의 구성 요소 간 통신 기능을 제공한다. 버스(130)는 주소 버스(address Bus), 데이터 버스(Data Bus) 및 제어 버스(Control Bus) 등 다양한 형태의 버스로 구현될 수 있다.
- [0076] 통신 인터페이스(140)는 컴퓨팅 장치(100)의 유무선 인터넷 통신을 지원한다. 또한, 통신 인터페이스(140)는 인터넷 통신 외의 다양한 통신 방식을 지원할 수도 있다. 이를 위해, 통신 인터페이스(140)는 본 발명의 기술 분야에 잘 알려진 통신 모듈을 포함하여 구성될 수 있다. 몇몇 실시예에서, 통신 인터페이스(140)는 생략될 수도 있다.
- [0077] 스토리지(150)는 컴퓨터 프로그램(151)을 비 임시적으로 저장할 수 있다. 컴퓨팅 장치(100)를 통해 이중 경매 기반 전력 거래 서비스 제공하기 위한 프로세스를 수행하는 경우, 스토리지(150)는 이중 경매 기반 전력 거래 서비스 제공하기 위한 프로세스를 제공하기 위하여 필요한 각종 정보를 저장할 수 있다.
- [0078] 스토리지(150)는 ROM(Read Only Memory), EPROM(Erasable Programmable ROM), EEPROM(Electrically Erasable Programmable ROM), 플래시 메모리 등과 같은 비휘발성 메모리, 하드 디스크, 착탈형 디스크, 또는 본 발명이 속하는 기술 분야에서 잘 알려진 임의의 형태의 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록 매체를 포함하여 구성될 수 있다.
- [0079] 컴퓨터 프로그램(151)은 메모리(120)에 로드될 때 프로세서(110)로 하여금 본 발명의 다양한 실시예에 따른 방법/동작을 수행하도록 하는 하나 이상의 인스트럭션들을 포함할 수 있다. 즉, 프로세서(110)는 상기 하나 이상의 인스트럭션들을 실행함으로써, 본 발명의 다양한 실시예에 따른 상기 방법/동작을 수행할 수 있다.
- [0080] 일 실시예에서, 컴퓨터 프로그램(151)은 수급 불균형에 관련한 두 개의 마이크로 그리드를 식별하는 단계, 두 개의 마이크로 그리드 각각에 대응하여 제1경매를 수행하는 단계, 두 개의 마이크로 그리드 간의 제2경매를 수행하는 단계 및 제1경매 및 제2경매 결과에 기초하여 전력 거래 할당 정보를 생성하는 단계를 포함하는 이중 경매 기반 전력 거래 서비스 제공 방법을 수행하도록 하는 하나 이상의 인스트럭션을 포함할 수 있다.

- [0081] 본 발명의 실시예와 관련하여 설명된 방법 또는 알고리즘의 단계들은 하드웨어로 직접 구현되거나, 하드웨어에 의해 실행되는 소프트웨어 모듈로 구현되거나, 또는 이들의 결합에 의해 구현될 수 있다. 소프트웨어 모듈은 RAM(Random Access Memory), ROM(Read Only Memory), EPROM(Erasable Programmable ROM), EEPROM(Electrically Erasable Programmable ROM), 플래시 메모리(Flash Memory), 하드 디스크, 착탈형 디스크, CD-ROM, 또는 본 발명이 속하는 기술 분야에서 잘 알려진 임의의 형태의 컴퓨터 판독가능 기록매체에 상주할 수도 있다.
- [0082] 본 발명의 구성 요소들은 하드웨어인 컴퓨터와 결합되어 실행되기 위해 프로그램(또는 애플리케이션)으로 구현되어 매체에 저장될 수 있다. 본 발명의 구성 요소들은 소프트웨어 프로그래밍 또는 소프트웨어 요소들로 실행될 수 있으며, 이와 유사하게, 실시 예는 데이터 구조, 프로세스들, 루틴들 또는 다른 프로그래밍 구성들의 조합으로 구현되는 다양한 알고리즘을 포함하여, C, C++, 자바(Java), 어셈블러(assembler) 등과 같은 프로그래밍 또는 스크립팅 언어로 구현될 수 있다. 기능적인 측면들은 하나 이상의 프로세서들에서 실행되는 알고리즘으로 구현될 수 있다. 이하, 도 3 내지 도 8을 참조하여, 컴퓨팅 장치(100)에 의해 수행되는 이중 경매 기반 전력 거래 서비스 제공 방법에 대하여 구체적으로 후술하도록 한다.
- [0084] 도 3은 본 발명의 일 실시예와 관련된 이중 경매 기반 전력 거래 서비스 제공 방법을 수행하기 위한 예시적인 순서도를 도시한다. 도 3에 도시된 단계들은 필요에 의해 순서가 변경될 수 있으며, 적어도 하나 이상의 단계가 생략 또는 추가될 수 있다. 즉, 이하의 단계들은 본 발명의 일 실시예에 불과할 뿐, 본 발명의 권리 범위는 이에 제한되지 않는다.
- [0085] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 이중 경매 기반 전력 거래 서비스 제공 방법은, 수급 불균형에 관련한 두 개의 마이크로 그리드를 식별하는 단계(S110)를 포함할 수 있다.
- [0086] 수급 불균형에 관련한 두 개의 마이크로 그리드는, 과수요에 관련한 제1마이크로 그리드 및 과공급에 관련한 제2마이크로 그리드를 포함할 수 있다. 구체적인 예를 들어, 전력의 수요가 공급에 비해 과도하게 많은 수도권 지역은 제1마이크로 그리드에 해당할 수 있으며, 전력의 공급이 수요에 비해 과도하게 많은 지방 지역이 제2마이크로 그리드에 해당할 수 있다.
- [0087] 추가적인 실시예에서, 이중 경매 기반 전력 거래 서비스 제공 방법은, 두 개의 마이크로 그리드를 선별하는 단계를 더 포함할 수 있다. 마이크로 그리드는 소규모 지역(예컨대, 대학 캠퍼스, 산업단지, 병원, 군부대 등)에 대응하여 생성되는 것으로, 다양한 지역에 대응하는 복수 개의 마이크로 그리드가 존재할 수 있다. 컴퓨팅 장치(100)는 다양한 지역에 대응하여 구비되는 복수 개의 마이크로 그리드 중 이중 경매 방식의 거래 서비스 제공을 위한 적어도 둘 이상의 마이크로 그리드를 선별할 수 있다.
- [0088] 다시 말해, 컴퓨팅 장치(100)는 복수 개의 마이크로 그리드 중 수급 불균형에 관련한 제1마이크로 그리드 및 제2마이크로 그리드를 식별할 수 있다. 예컨대, 수요가 부족한 두 개의 마이크로 그리드(즉, 과공급 마이크로 그리드) 간의 전력 거래 서비스를 제공하는 경우, 양 마이크로 그리드 모두에서 판매자의 비중이 크기 때문에, 양 마이크로 그리드 간의 적정한 거래가 수행되지 않을 수 있다. 즉, 구매자 보다 판매자 비중이 높아 각 마이크로 그리드 내부에서도 적정한 구매자를 매칭하기 어렵기 때문에, 이 경우 양 마이크로 그리드 간의 전력 거래는 비효율적일 수 있다.
- [0089] 이에 따라, 컴퓨팅 장치(100)는 복수 개의 마이크로 그리드 각각으로부터 전력 사용 정보를 수집하고, 이를 통해 수급 불균형에 관련한 마이크로 그리드끼리 연계시킬 수 있다. 컴퓨팅 장치(100)는 복수 개의 마이크로 그리드 중에서 과수요에 관련한 마이크로 그리드들 각각과 과공급에 관련한 마이크로 그리드 각각을 식별하여 서로 연계시킬 수 있으며, 연계된 두 개의 마이크로 그리드를 기준으로 이중 경매 방식의 전력 거래 서비스를 제공할 수 있다.
- [0090] 구체적인 실시예에서, 컴퓨팅 장치(100)는 각 마이크로 그리드 간의 위치 정보를 고려하여 수급 불균형에 관련한 마이크로 그리드를 연계시킬 수 있다. 예컨대, A 마이크로 그리드는 과수요에 관련한 제1마이크로 그리드에 관련할 수 있으며, B 마이크로 그리드 및 C 마이크로 그리드는 과공급에 관련한 제2마이크로 그리드에 관련할 수 있다. A 마이크로 그리드와 B 마이크로 그리드 간의 거리는 100km이며, A 마이크로 그리드와 C 마이크로 그리드 간의 거리가 50km일 수 있다. 이 경우, 컴퓨팅 장치(100)는 제1마이크로 그리드인 A 마이크로 그리드가 B 마이크로 그리드 보다 C 마이크로 그리드와 상대적으로 가까운 것을 식별하여 A 마이크로 그리드와 C 마이크로 그리드를 연계시킬 수 있다. 전술한 각 마이크로 그리드 간의 거리에 관련한 구체적인 수치적 기재는 예시일

뿐, 본 발명은 이에 제한되지 않는다.

- [0091] 즉, 컴퓨팅 장치(100)는 각 마이크로 그리드 간의 전력 사용 정보를 기반으로 둘 이상의 마이크로 그리드를 연계시키되, 상대적으로 가까운 위치에 위치한 마이크로 그리드를 우선적으로 연계시키는 것을 특징으로 할 수 있다. 이는, 거래 대상 마이크로 그리드 간의 거리가 멀어지는 경우 커지는 전력 손실률을 최소화하기 위한 것일 수 있다. 다시 말해, 컴퓨팅 장치(100)는 전술한 바와 같이, 수급 불균형에 관련한 마이크로 그리드 각각을 위치에 기반하여 연계함으로써, 전력 거래 과정에서 발생하는 손실을 최소화할 수 있으며, 이에 따라 거래의 효율성을 증대시키는 효과를 제공할 수 있다.
- [0092] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 이중 경매 기반 전력 거래 서비스 제공 방법은, 두 개의 마이크로 그리드 각각에 대응하여 제1경매를 수행하는 단계(S120)를 포함할 수 있다.
- [0093] 실시예에서, 제1경매는 각 마이크로 그리드 내부에서 수행되는 것을 특징으로 할 수 있다. 과수요에 관련한 제1마이크로 그리드 및 과공급에 관련한 제2마이크로 그리드 각각의 내부에서 제1경매가 수행될 수 있다. 즉, 제1경매는 각 마이크로 그리드 내부에서 판매자들과 구매자들 간 전력 거래를 위한 경매일 수 있다.
- [0094] 보다 구체적으로, 도 4를 참조하면, 제1경매를 수행하는 단계는, 각 마이크로 그리드에 대응하는 구매자들 및 판매자들로부터 거래 입찰 정보를 수신하는 단계(S210)를 포함할 수 있다.
- [0095] 거래 입찰 정보는, 경매 참여자들로부터 경매 낙찰자를 결정하기 위해 기반이 되는 정보일 수 있다. 실시예에서, 참여자들로부터 수신하는 거래 입찰 정보에 기반하여 낙찰자가 결정될 수 있다.
- [0096] 일 실시예에서, 거래 입찰 정보는, 구매와 판매에 관련한 입찰 가격 정보 및 공급과 수요에 관련한 전력량 정보를 포함할 수 있다.
- [0097] 일 예로, A 사용자는 자신의 단말을 통해 자신이 필요한 전력에 100kW이며, 구매하고자 하는 가격이 3만원이라는 거래 입찰 정보를 생성할 수 있다. 또한, 예를 들어, B 사용자는 자신의 유휴 전력이 200kW이며, 판매하고자 하는 가격이 5만원이라는 거래 입찰 정보를 생성할 수 있다. 전술한 각 사용자의 거래 입찰 정보에 대한 구체적인 기재는 예시일 뿐, 본 발명은 이에 제한되지 않는다.
- [0098] 각 구매자 및 판매자는 자신이 소지한 단말을 통해 구매 또는 판매하고자 하는 전력량 및 각 전력량에 대응하는 전력 가격에 대한 정보를 입력하여 거래 입찰 정보를 생성할 수 있으며, 이를 컴퓨팅 장치(100)로 전송할 수 있다. 즉, 컴퓨팅 장치(100)는 각 사용자들이 생각하는 전력에 대한 가치에 관련한 정보인 거래 입찰 정보를 수신할 수 있으며, 수집된 거래 입찰 정보를 기반으로 각 마이크로 그리드 내부에서 판매자 및 구매자를 결정할 수 있다.
- [0099] 또한, 제1경매를 수행하는 단계는, 복수의 구매자 및 복수의 판매자 각각에 대응하는 거래 입찰 정보에 기초하여 각 마이크로 그리드에 대응하는 제1낙찰자를 결정하는 단계(S220)를 포함할 수 있다.
- [0100] 실시예에서, 제1낙찰자를 결정하는 단계는, 구매에 관련한 거래 가격 정보가 높은 구매자와 판매에 관련한 거래 가격 정보가 낮은 판매자 각각을 순차적으로 제1낙찰자로 결정하되, 판매자가 원하는 판매에 관련한 거래 가격 정보가 구매자가 원하는 구매에 관련한 거래 가격 정보 보다 높아지는 경우, 낙찰자를 결정하지 않는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0101] 자세히 설명하면, 컴퓨팅 장치(100)는 구매자들의 입찰은 내림차순으로 정렬하고, 판매자들의 입찰은 오름차순으로 정렬할 수 있다. 구매자들의 입찰 가격 정보(또는 구매 가격 정보)를 b 라 하고, 판매자들의 입찰 가격 정보(또는 판매 가격 정보)를 s 라 할 때, 정렬 결과는 다음과 같이 표현될 수 있다.
- [0102] $b_1 > b_2 > \dots > b_m$
- [0103] $s_1 < s_2 < \dots < s_n$
- [0104] 컴퓨팅 장치(100)는 구매하고자 하는 구매 가격이 높은 구매자와 판매하고자 하는 판매 가격이 낮은 판매자를 우선적으로 연결할 수 있다. 구체적으로, 구매자 b_1 과 판매자 s_1 , 구매자 b_2 와 판매자 $s_2 \dots$ 식으로 순차적으로 연결하여 제1낙찰자들을 결정할 수 있다. 즉, 컴퓨팅 장치(100)는 경매 메커니즘의 시장의 효율성을 향상시키기 위해서 입찰가가 가장 높은 구매자와 입찰가가 가장 낮은 판매자부터 낙찰자로 결정할 수 있다.
- [0105] 다만, 순차적으로 구매자와 판매자를 연결하여 순차적으로 제1낙찰자를 결정하는 과정에서 어느 순간 남은 판매자들이 원하는 입찰가가 남은 구매자들이 원하는 입찰가 보다 높아질 수 있다.

[0106] 보다 구체적으로, 도 5를 참조하면, 특정 임계점(수요 및 공급 곡선의 교차점)을 기준으로 구매자들이 원하는 구매 가격 보다 판매자가 원하는 판매 가격이 상승하게 된다.

[0107] 위의 과정을 수식으로 표현하면 다음과 같다.

$$b_K \geq s_L \geq b_{K+1} \text{ and } \sum_{j=1}^{L-1} y_j \leq \sum_{i=1}^K x_i \leq \sum_{j=1}^L y_j \quad (\text{수식 1})$$

$$s_{L+1} \geq b_K \geq s_L \text{ and } \sum_{i=1}^{K-1} x_i \leq \sum_{j=1}^L y_j \leq \sum_{i=1}^K x_i \quad (\text{수식 2})$$

[0110] 여기서, x_i 는 구매자의 수요량이며, b_i 는 구매자의 가격 입찰 정보이고, y_j 는 판매자의 수요량이며, s_j 는 판매자의 가격 입찰 정보일 수 있다.

[0111] 이와 같이, 구매자들이 구매하고 싶어하는 가격 보다 판매자들이 팔고 싶어하는 가격이 더 높다면, 시장에 비효율과 적자가 발생하는 것이므로, 컴퓨팅 장치(100)는 이러한 구매자들과 판매자들은 낙찰시키지 않을 수 있다.

[0112] 즉, 컴퓨팅 장치(100)는 (수식 1) 및 (수식 2) 모두에 대응하여 L 보다 작은 인덱스를 갖는 판매자와 K 보다 작은 인덱스를 갖는 구매자를 제1경매에 대응하는 제1낙찰자로 결정할 수 있다. 다시 말해, 컴퓨팅 장치(100)는 도 5에서 교차점 이전에 관련한 판매자들 및 구매자들을 낙찰자로 결정할 수 있다.

[0113] 추가적인 실시예에서, L 까지의 인덱스에 대응하는 판매자를 낙찰시켜도 시장에 적자가 발생하지 않을 수 있으나, 이보다 작은 인덱스를 갖는 판매자들을 낙찰시키는 것은, 특정 판매자가 전력적으로 입찰가를 조정하는 것을 방지하기 위함이다. 일 예로, 판매자가 판매하게 되는 전력 가격은 s_L 로 결정될 수 있다. 이 경우, L의 인덱스를 갖는 판매자가 낙찰된다면, 전력 가격은 해당 판매자의 입찰가에 의존하게 되므로, 해당 판매자에게 전력적으로 입찰가를 조정하게 하는 유인을 발생시킬 수 있다.

[0114] 또한, 실시예에서 제1경매를 수행하는 단계는, 각 마이크로 그리드에 대응하는 제1낙찰자들에 기초하여 각 마이크로 그리드에 대응하는 전력 가격 정보를 생성하는 단계(S230)를 포함할 수 있다.

[0115] 전력 가격 정보를 생성하는 단계는, 제1마이크로 그리드에서 L 보다 작은 인덱스의 판매자들과 K 보다 작은 인덱스의 구매자들이 낙찰된 경우, 낙찰된 판매자들이 판매하는 전력 가격을 s_L 로 결정하는 단계를 포함할 수 있다.

[0116] 즉, (수식 1) 및 (수식 2)를 참조하면, 수요가 많은 제1마이크로 그리드에서 L 보다 작은 인덱스의 판매자들과 K 보다 작은 인덱스의 구매자들이 낙찰된 경우, 낙찰된 판매자들의 판매 가격은 s_L 로 결정될 수 있다. 실시예에서, 이 경우, 낙찰된 구매자들의 구매 가격은 제2경매가 수행된 이후 결정되게 된다.

[0117] 또한, 전력 가격 정보를 생성하는 단계는, 제2마이크로 그리드에서 L 보다 인덱스의 판매자들과 K 보다 작은 인덱스의 구매자들이 낙찰된 경우, 낙찰된 구매자들이 구매하는 전력 가격을 b_K 로 결정하는 단계를 포함할 수 있다.

[0118] 즉, (수식 1) 및 (수식 2)를 참조하면, 공급이 많은 제2마이크로 그리드에서 L 보다 작은 인덱스의 판매자들과 K 보다 작은 인덱스의 구매자들이 낙찰된 경우, 낙찰된 구매자들의 구매 가격은 b_K 로 결정될 수 있다. 실시예에서, 이 경우, 낙찰된 판매자들의 판매 가격은 제2경매가 수행된 이후 결정되게 된다.

[0119] 실시예에서, 전력 가격 정보를 생성하는 단계는, 제1마이크로 그리드에서 낙찰된 구매자들이 구매하는 전력 가격 및 제2마이크로 그리드에서 판매자들이 판매하는 전력 가격은 제2경매 수행 결과에 따라 결정하는 단계를 포함할 수 있다. 실시예에 따르면, 제1마이크로 그리드에서 낙찰된 구매자들의 전력 가격(즉, 구매 전력 가격) 결정 및 제2마이크로 그리드에서 낙찰된 판매자들의 전력 가격(즉, 판매 전력 가격)이 연기되는 것은, 구매자 및 판매자들의 진실한 입찰(truthful bidding)을 보장하기 위한 것일 수 있다. 구매자 및 판매자들은 제2경매에도 참여할 수 있기 때문에, 제1경매와 제2경매에서 각 마이크로 그리드의 구매자 및 판매자들이 제시하는 전력 가격이 다르다면, 전략적으로 단계를 고르거나 하는 유인이 발생할 수 있어, 사용자의 진실한 입찰이 보장되기 어렵다. 이에 따라, 본원 발명은 제1마이크로 그리드에서 낙찰된 구매자들이 구매하는 전력 가격 및 제2마이크로 그리드에서 판매자들이 판매하는 전력 가격을 제2경매를 통해 결정되도록 연기함으로써, 사용자들의 진실한 입찰을 보장할 수 있다.

- [0120] 정리하면, 각 마이크로 그리드에서 L 보다 작은 인덱스 및 K 보다 작은 인덱스로 낙찰된 경우, 제1마이크로 그리드의 판매자들의 판매 전력 가격은 s_L 로 결정되며, 제2마이크로 그리드의 구매자들의 구매 전력 가격은 b_K 로 결정될 수 있다. 또한, 제1마이크로 그리드의 구매자들의 구매 전력 가격과 제2마이크로 그리드의 판매자들의 판매 전력 가격은 제2경매가 수행된 이후에 산정될 수 있다. 즉, 각 마이크로 그리드에서의 판매 가격 및 구매 가격이 일정 값(s_L , b_K)으로 통일되어 결정될 수 있다. 같은 마이크로 그리드에 속하는 낙찰된 판매자들은 균등 가격에 거래하며, 이는 같은 마이크로 그리드에 속한 낙찰된 구매자들 또한 동일하게 적용된다. 전력 가격이 차별적이지 않은 균등 가격으로 결정되므로, 경매에 참여하는 참여자들에게 진실한 입찰 정보를 이끌어 낸다는 장점이 있다.
- [0121] 한편, 제1경매 수행 결과에 따라 제2경매가 수행될지 여부가 결정될 수 있다.
- [0122] 보다 구체적으로, 이중 경매 기반 전력 거래 서비스 제공 방법은, 제1경매의 수행 결과가 기 설정된 조건을 충족하는지 여부에 기초하여 제2경매의 수행 여부를 결정하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0123] 도 6을 참조하면, 제1경매가 종료된 경우, 컴퓨팅 장치(100)는 제1경매 수행 결과가 기 설정된 조건을 충족하는지 여부를 판별할 수 있다(S310).
- [0124] 여기서, 기 설정된 조건은, 제1조건 내지 제3조건에 관련한 할 수 있다.
- [0125] 보다 구체적으로, 기 설정된 조건은, 제2마이크로 그리드에 대응하는 구매 전력 가격이 제1마이크로 그리드에 대응하는 판매 전력 가격을 초과하는지에 관련한 제1조건을 포함할 수 있다. 컴퓨팅 장치(100)는 제1경매 결과 각 마이크로 그리드에서 결정된 전력 가격 간의 비교를 통해 제1조건을 충족하는지 여부를 판별할 수 있다. 컴퓨팅 장치(100)는 제1경매가 수행됨에 따라, 제2마이크로 그리드에서 구매자들에 대응하여 결정된 구매 가격 정보(즉, b_K)가 제1마이크로 그리드에서 판매자들에 대응하여 결정된 판매 가격 정보(즉, s_L) 보다 큰 경우, 제1조건이 충족된 것으로 판별할 수 있다.
- [0126] 또한, 기 설정된 조건은, 제1마이크로 그리드에서 낙찰되지 않는 구매자들이 존재하는지에 관련한 제2조건을 포함할 수 있다. 즉, 제1경매 수행 결과 과수요에 관련한 제1마이크로 그리드에 낙찰되지 않은 구매자들이 존재하는 경우, 컴퓨팅 장치(100)는 제2조건이 충족된 것으로 판별할 수 있다.
- [0127] 또한, 기 설정된 조건은, 제2마이크로 그리드에서 낙찰되지 않는 판매자들이 존재하는지에 관련한 제3조건을 포함할 수 있다. 즉, 제1경매 수행 결과 과공급에 관련한 제2마이크로 그리드에 낙찰되지 않은 판매자들이 존재하는 경우, 컴퓨팅 장치(100)는 제3조건이 충족된 것으로 판별할 수 있다.
- [0128] 다시 말해, 컴퓨팅 장치(100)는 $b_K > s_L$ 임에 따라 제1조건을 충족하며, 제1마이크로 그리드에 낙찰되지 않은 구매자들이 존재하여 제2조건을 충족하고, 그리고 제2마이크로 그리드에 낙찰되지 않은 판매자들이 존재하여 제3조건을 충족하는 경우, 제2경매를 수행할 수 있다. 즉, 제1경매 수행 결과가 기 설정된 조건을 충족하지 않는 것으로 판별되는 경우, 컴퓨팅 장치(100)는 경매를 종료시킬 수 있다(S320). 이 경우, 제2경매는 수행되지 않을 수 있으며, 각 마이크로 그리드의 내부에서만 거래가 발생할 수 있다. 일 실시예에서, 제2경매가 수행되지 않는 경우, 제1경매 수행 결과 낙찰된 판매자들과 구매자들 전력 가격은, 제1마이크로 그리드의 판매자들의 판매 가격(s_L)과 제2마이크로 그리드의 구매자들의 구매 가격(b_K)의 중간 값(또는 평균 값)(($s_L + b_K$)/2)으로 결정될 수 있다.
- [0129] 또한, 실시예에서, 전술한 제1 내지 제3조건이 충족되지 않는 경우, 거래 시장에 적자만 가져오므로, 제2경매를 수행하지 않는다. 즉, 제1경매 수행 결과가 기 설정된 조건을 충족하는 것으로 판별되는 경우, 컴퓨팅 장치(100)는 제2경매를 수행할 수 있다(S330).
- [0130] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 이중 경매 기반 전력 거래 서비스 제공 방법은, 두 개의 마이크로 그리드 간의 제2경매를 수행하는 단계(S130)를 포함할 수 있다.
- [0131] 실시예에서, 제2경매는 도 7에 도시된 단계들을 통해 수행될 수 있다.
- [0132] 일 실시예에 따르면, 제2경매는, 두 개의 마이크로 그리드 간에 수행되는 것을 특징으로 할 수 있다. 수급 불균형에 관련한 두 개의 마이크로 그리드(과수요에 관련한 제1마이크로 그리드 및 과공급에 관련한 제2마이크로 그리드) 간에 제2경매가 수행될 수 있다.
- [0133] 보다 구체적으로, 제2경매를 수행하는 단계는, 제1경매 과정에서 수신한 거래 입찰 정보에 기초하여 각 마이크

로 그리드에 대응하는 제2낙찰자들을 결정하는 단계(S410)를 포함할 수 있다. 제2경매는 제1경매에서 수집된 입찰 정보(즉, 거래 입찰 정보)를 기반으로 수행되는 것을 특징으로 할 수 있다. 즉, 경매 참여자들은 제1경매에서와 상이한 입찰 가격을 제시할 수 없다.

[0134] 제2경매는 제1경매와 동일하게 구매자 및 판매자들의 입찰 가격을 정렬할 수 있다. 구체적으로, 컴퓨팅 장치(100)는 구매자들의 입찰은 내림차순으로 정렬하고, 판매자들의 입찰은 오름차순으로 정렬할 수 있다.

[0135] 컴퓨팅 장치(100)는 구매하고자 하는 구매 가격이 높은 구매자와 판매하고자 하는 판매 가격이 낮은 판매자를 우선적으로 연결할 수 있다. 구체적으로, 구매자 b1과 판매자 s1, 구매자 b2와 판매자 s2 ... 식으로 순차적으로 연결하여 제2낙찰자들을 결정할 수 있다.

[0136] 컴퓨팅 장치(100)는 제2경매 수행 과정에서, 제1경매와 동일하게, (수식 1) 및 (수식 2) 모두에 대응하여 L 보다 작은 인덱스를 갖는 판매자와 K 보다 작은 인덱스를 갖는 판매자를 경매의 제2낙찰자로 결정할 수 있다.

[0137] 또한, 제2경매를 수행하는 단계는 제2낙찰자들에 기초하여 전력 가격 정보를 생성하는 단계(S420)를 포함할 수 있다.

[0138] 보다 구체적으로, 전력 가격 정보를 생성하는 단계는, 제1경매 과정에서 제1마이크로 그리드에서 낙찰된 판매자들이 판매하는 전력 가격 및 제2마이크로 그리드에서 낙찰된 구매자들이 구매하는 전력 가격의 중간 값에 기초하여 제1마이크로 그리드에서 낙찰된 구매자들이 구매하는 전력 가격, 제2마이크로 그리드에서 낙찰된 판매자들이 판매하는 전력 가격 및 제2경매에서 낙찰된 구매자 및 판매자 각각의 구매 및 판매에 관련한 전력 가격을 결정하는 단계를 포함할 수 있다.

[0139] 구체적인 실시예에서, 제2경매에서 낙찰된 낙찰자(판매자 및 구매자)들과 제1경매에서 제1마이크로 그리드에서 낙찰된 구매자들, 그리고 제2마이크로 그리드에서 낙찰된 판매자들이 거래하는 전력 가격은 $(s_L + b_K)/2$ 로 결정될 수 있다. 다시 말해, 컴퓨팅 장치(100)는 제1마이크로 그리드의 판매자들의 판매 가격(s_L)과 제2마이크로 그리드의 구매자들의 구매 가격(b_K)의 중간 값을 통해 제2경매 낙찰자들, 제1마이크로 그리드의 구매자들, 제2마이크로 그리드의 판매자들의 전력 가격을 결정할 수 있다. 이 경우, 각 마이크로 그리드에서의 판매 가격 및 구매 가격이 일정 값($(s_L + b_K)/2$)으로 통일되어 결정될 수 있다. 같은 마이크로 그리드에 속하는 낙찰된 판매자들은 균등 가격에 거래하며, 이는 같은 마이크로 그리드에 속한 낙찰된 구매자들 또한 동일하게 적용된다. 전력 가격이 차별적이지 않은 균등 가격으로 결정되므로, 경매에 참여하는 참여자들에게 진실한 입찰 정보를 이끌어 낸다는 장점이 있다.

[0140] 또한, 제2경매를 수행하는 단계는 낙찰된 참여자들 간 전력 거래량을 결정하는 단계(S430)를 포함할 수 있다.

[0141] 일 실시예에서, 두 개의 마이크로 그리드 중 제1마이크로 그리드는 공급 보다 수요가 많은 마이크로 그리드일 수 있으며, 제2마이크로 그리드는 수요 보다 공급이 많은 마이크로 그리드일 수 있다. 이에 따라, 제1마이크로 그리드의 전체 공급량 및 전체 수요량을 S_d 및 D_d 로 나타내고, 제2마이크로 그리드의 전체 공급량 및 전체 수요량을 S_s 및 D_s 로 나타내면 다음과 같이 표현될 수 있다.

[0142] 구체적으로, 제1경매 및 제2경매에서 낙찰된 판매자와 구매자에 의한 제1마이크로 그리드에서의 전체 공급량 및 전체 수요량은 (수식 3)과 같이 표현될 수 있으며, 제2마이크로 그리드에서의 전체 공급량 및 전체 수요량은 (수식 4)와 같이 표현될 수 있다.

$$S_d = \sum_1^{L_d-1} u_j^d, D_d = \sum_1^{K_d-1} x_i^d + \sum_1^{K_s-1} x_i^s \quad (\text{수식 3})$$

$$S_s = \sum_1^{L_s-1} u_j^s + \sum_1^{L_d-1} u_j^d, D_s = \sum_1^{K_s-1} x_i^s \quad (\text{수식 4})$$

[0145] 입찰한 공급량 y와 수요량 x의 위첨자 d와 s, I는, 각각 제1마이크로 그리드와 제2마이크로 그리드, 그리고 제2경매에서 낙찰된 제2낙찰자들의 공급량 또는 수요량을 의미할 수 있다.

[0146] 일반성을 잃지 않고, $D_d > S_d$, $D_s < S_s$ 를 만족하는 경우, 하기와 같은 (수식 5) 및 (수식 6) 중 적어도 하나를 만족하게 된다.

- [0147] $D_d - S_d \geq S_s - D_s$ (수식 5)
- [0148] $D_d - S_d < S_s - D_s$ (수식 6)
- [0149] 일 실시예에서, 낙찰된 참여자들 간 전력 거래량을 결정하는 단계는, 제1마이크로 그리드의 전체 수요량에서 전체 공급량을 감산한 값이 제2마이크로 그리드의 전체 공급량에서 전체 수요량을 감산한 값 이상인 경우(즉, (수식 5)을 충족하는 경우), 제1할당법을 통해 거래량을 결정하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0150] 제1할당법은, 제1마이크로 그리드와 제2마이크로 그리드에서 낙찰된 판매자들은 입찰한 공급량을 모두 판매하도록 하며, 제1마이크로 그리드에서 낙찰된 구매자들은 입찰한 수요량을 모두 구매하도록 거래량을 할당할 수 있다.
- [0151] 이 경우, 제2마이크로 그리드에서는 잔여 공급량이 발생하며, 제1마이크로 그리드에서는 부족 공급량이 발생하게 된다. 다시 말해, 제1마이크로 그리드는 수요가 공급 보다 많기 때문에, 해당 제1마이크로 그리드 내부에서 판매자들 및 구매자들 간 입찰된 모든 전력량을 할당하여 거래를 허용하더라도 전력을 구매하지 못한 구매자들이 존재할 수 있다. 또한, 제2마이크로 그리드는 공급이 수요 보다 많기 때문에, 해당 제2마이크로 내부에서 판매자들 및 구매자들 간 입찰된 모든 전력량을 할당하여 거래를 허용하더라도 전력을 판매하지 못한 판매자가 존재할 수 있다.
- [0152] 이에 따라, 제1할당법은, 제2마이크로 그리드에서 잔여 공급량을 제1마이크로 그리드로 전송하며, 잔여 공급량을 제1마이크로 그리드에서 낙찰된 구매자들 각각의 거래량으로 할당하되, 잔여 공급량의 전력 손실률을 고려하여 낙찰된 구매자들에 대응하여 균등한 제한량을 설정할 수 있다.
- [0153] 예컨대, 각 마이크로 그리드 간 전력을 전달 과정에서 전력 손실이 발생하게 된다. 즉, 제1마이크로 그리드에서 필요한 구매 거래량 만큼 제2마이크로 그리드에서 전력을 전송하는 경우, 전력 손실이 발생하게 된다.
- [0154] 제2마이크로 그리드에서 남은 공급량($S_s - D_s$)을 제1마이크로 그리드로 보낸 후, 제1마이크로 그리드에서 충족되지 못한 수요(g_1)는, 전력 손실률 l 을 고려하여 계산될 수 있으며, 이는 하기의 (수식 7)와 같이 계산될 수 있다.
- [0155] $g_1 = (D_d - S_d) - (S_s - D_s) \cdot (1 - l)$ (수식 7)
- [0156] 여기서, g_1 은 제2마이크로 그리드의 낙찰된 구매자들의 거래량에 반영되어서 원래의 입찰 수요량에서 g_1 을 균등하게 나눈 양만큼을 제한량을 설정하여 이들의 거래량으로 할당할 수 있으며, 이는 하기의 (수식 8)과 같이 계산될 수 있다.
- [0157] $q_i^d = x_i^d - \frac{g_1}{K_d + K_f - 2}$ (수식 8)
- [0158] 이 경우, $q_i^d < 0$ 이 되는 구매자가 존재하는 경우, 해당 구매자는 거래량이 0인 것으로 하고, 다시 g_1 과 남은 낙찰된 구매자들의 거래량을 계산한다. 위의 과정을 남은 모든 낙찰된 구매자의 거래량이 0 이상으로 결정될 때까지 반복하며 거래량을 할당하게 된다.
- [0159] 또한, 낙찰된 참여자들 간 전력 거래량을 결정하는 단계는, 제1마이크로 그리드의 전체 수요량에서 전체 공급량을 감산한 값이 제2마이크로 그리드의 전체 공급량에서 전체 수요량을 감산한 값 미만인 경우(즉, (수식 6)를 충족하는 경우), 제2할당법을 통해 거래량을 결정하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0160] 제2할당법은, 참조값이 음수인지 아닌지 여부에 기초하여 제2할당제1산정법 및 제2할당제2산정법 중 적어도 하나를 수행하여 거래량을 결정하는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0161] 여기서 참조값은, 1에서 전력손실률을 감산한 값에서 제1마이크로 그리드의 전체 수요량에서 전체 공급량을 감산한 값을 감산한 값과 제2마이크로 그리드의 전체 공급량에서 전체 수요량을 감산한 값의 곱을 통해 획득될 수 있다. 참조값(g_2)은, 하기의 (수식 9)와 같이 표현될 수 있다.
- [0162] $g_2 = (S_s - D_s) \cdot (1 - l) - (D_d - S_d)$ (수식 9)
- [0163] 즉, 컴퓨팅 장치(100)는 (수식 9)에 해당하는 참조값이 음수가 아닌 경우, 제2할당제1산정법을 통해 거래량을

결정하며, (수식 9)에 해당하는 참조값이 음수인 경우, 제2할당제2산정법을 통해 거래량을 결정할 수 있다.

[0164] 실시예에서, 제2할당제1산정법은, 제1마이크로 그리드와 제2마이크로 그리드에서 낙찰된 구매자들은 입찰한 수요량을 모두 구매하도록 하며, 제1마이크로 그리드에서 낙찰된 판매자들은 입찰한 공급량을 모두 판매하도록 거래량을 할당할 수 있다.

[0165] 또한, 제2할당제1산정법은, 제2마이크로 그리드에서 잔여 공급량을 제1마이크로 그리드로 전송하며, 잔여 공급량을 제2마이크로 그리드에서 낙찰된 판매자들 각각의 거래량으로 할당하되, 잔여 공급량의 전력 손실률을 고려하여 낙찰된 판매자들에 대응하여 균등한 제한량을 설정할 수 있다.

[0166] 이 경우, 제1할당법과 유사하게 g_2 를 균등하게 나눈 양만큼을 입찰한 공급량에서 제한한 만큼을 제2마이크로 그리드에서 낙찰된 판매자들의 거래량으로 할당할 수 있다. 또한, 마찬가지로, 이때 거래량이 음수가 되는 판매자가 존재한다면, 해당 판매자는 거래량이 0인 것으로 하고, 다시 g_2 와 거래량을 계산하며 모든 남은 낙찰된 판매자의 거래량이 0 이상으로 결정될 때까지 반복하여 거래량을 할당할 수 있다.

[0167] 또한, 실시예에서, 제2할당제2산정법은, 제1마이크로 그리드 및 제2마이크로 그리드에서 낙찰된 판매자들은 입찰한 공급량을 모두 판매하도록 하고, 제2마이크로 그리드에서 낙찰된 구매자들은 입찰한 수요량을 모두 구매하도록 거래량을 할당할 수 있다.

[0168] 또한, 제2할당제2산정법은, 제2마이크로 그리드에서 잔여 공급량을 제1마이크로 그리드로 전송하며, 잔여 공급량을 제2마이크로 그리드에서 낙찰된 구매자들 각각의 거래량으로 결정하되, 잔여 공급량의 전력 손실률을 고려하여 낙찰된 구매자들에 대응하여 균등한 제한량을 설정할 수 있다.

[0169] 이 경우, 제1할당법과 유사하게 $-g_2$ 를 균등하게 나눈 양만큼을 입찰한 공급량에서 제한한 만큼을 제2마이크로 그리드에서 낙찰된 판매자들의 거래량으로 할당할 수 있다. 또한, 마찬가지로, 이때 거래량이 음수가 되는 판매자가 존재한다면, 해당 판매자는 거래량이 0인 것으로 하고, 다시 g_2 와 거래량을 계산하며 모든 남은 낙찰된 판매자의 거래량이 0 이상으로 결정될 때까지 반복하여 거래량을 할당할 수 있다.

[0170] 즉, 전술한 바와 같이, 컴퓨팅 장치(100)는 제1경매 및 제2경매가 수행된 이후, 제1낙찰자 및 제2낙찰자들 각각의 수요 및 공급 전력을 파악하고, 이를 각 마이크로 그리드를 기준으로, 각 구매자 및 판매자에게 최적의 거래량을 할당할 수 있다.

[0171] 또한, 실시예에서 따르면, 이중 경매 기반 전력 거래 서비스 제공 방법은, 전력 거래 과정에서 발생하는 비용을 산정하는 단계 및 산정된 비용에 기초하여 낙찰된 복수의 판매자 및 구매자 각각에 대응하여 비용 분배 정보를 생성하는 단계를 포함할 수 있다.

[0172] 예컨대, 판매자는 판 전력 만큼, 구매자는 구매한 전력 만큼에 대하여 정산을 수행할 수 있다. 다만, 이러한 정산 과정에서 전력의 손실에 의해서 시장에 적자가 발생할 수 있다. 실시예에서, 경매 설계 시 적자를 방지하는 것을 중요할 수 있다. 이에 따라, 본 발명은 제1경매 및 제2경매 수행 후 발생하는 적자를 방지하는 구조를 가질 수 있다. 즉, 본 발명은, 전력 거래 과정에서 발생하는 적자에 관련한 비용을 산정하고, 이를 각 판매자 및 구매자에게 균등하게 부과하여 해당 적자를 해소할 수 있다. 다시 말해, 본원 발명은 해당 구성을 통해 전력 거래 서비스 제공 시 적자가 나지 않음을 보장할 수 있다.

[0173] 실시예에서, 비용은, 전력 손실에 관련한 제1비용, 제1마이크로 그리드에서 판매자와 구매자 간 거래 가격 차이로 인해 발생하는 제2비용 및 제2마이크로 그리드에서 판매자와 구매자 간 거래 가격 차이로 인해 발생하는 제3비용을 포함할 수 있다.

[0174] 전력 손실에 의한 제1비용(PL)은, (수식 10)과 같다.

$$PL = Q \cdot l \cdot \frac{b_{K_l} + s_{L_l}}{2} \quad (Q = \min(D_d - S_d, (S_s - D_s) \cdot (1-l))) \quad (\text{수식 10})$$

[0176] 이 경우, Q는 두 마이크로 그리드 간 거래된 전력량을 의미한다.

[0177] 또한, 제1마이크로 그리드에서 판매자와 구매자 간 거래 가격의 차이로 인해 발생하는 제2비용(BD₁)은, (수식 11)과 같다.

$$BD_d = (s_{L_d} - \frac{b_{K_I} + s_{L_I}}{2}) \cdot S_d \quad (\text{수식 11})$$

또한, 제2마이크로 그리드에서 판매자와 구매자 간 거래 가격의 차이로 인해 발생하는 제3비용(BD_s)은, (수식 12)와 같다.

$$BD_s = (\frac{b_{K_I} + s_{L_I}}{2} - b_{K_s}) \cdot D_s \quad (\text{수식 12})$$

컴퓨팅 장치(100)는 전술한 제1비용 내지 제3비용 각각을 제1마이크로 그리드에서 낙찰된 구매자들과 제2마이크로 그리드에서 낙찰된 판매자들 각각에게 분배할 수 있다. 즉, 공급이 부족한 제1마이크로 그리드 내의 구매자들과, 수요가 부족한 제2마이크로 그리드 내의 판매자들 각각에게 제1비용 내지 제3비용이 분배되어 부과될 수 있다.

제1마이크로 그리드의 구매자들 각각에게 부과되는 분배 비용은, 하기의 (수식 13)과 같을 수 있다.

$$c_d = \frac{BD_d}{K_d + K_I - 2} + \frac{PL}{K_d + K_I + L_s + L_I - 4} \quad (\text{수식 13})$$

또한, 제2마이크로 그리드의 판매자들 각각에 부과되는 분배 비용은 하기의 (수식 14)과 같을 수 있다.

$$c_s = \frac{BD_s}{L_s + L_I - 2} + \frac{PL}{K_d + K_I + L_s + L_I - 4} \quad (\text{수식 14})$$

일 실시예에서, 비용 분배 정보를 생성하는 단계는, 비용 분배에 따른 낙찰자들의 효용 정보 변화에 기초하여 거래량을 재할당하는 단계를 포함할 수 있다.

구체적으로, 컴퓨팅 장치(100)는 전력 거래 과정에서 발생하는 비용(예컨대, 적자 비용)을 산정하고, 이를 각 판매자 및 구매자에게 균등하게 부과하여 해당 적자를 해소함으로써, 전력 거래 시 적자가 발생하지 않음을 보장할 수 있다. 다만, 각 경매 참여자들에게 부과되는 분배 비용에 따라, 각 사용자의 효용 정보가 변화될 수 있다.

실시예에서, 효용 정보란, 입찰한 정보를 바탕으로 구매자 또는 판매자가 얻게 되는 효용에 관한 정보일 수 있다.

예컨대, 특정 사용자에게 분배되는 비용(예컨대, 적자에 의한 분배 비용)이 커질수록, 해당 사용자에게 대응하는 효용은 작아질 수 있다. 이와 반대로, 특정 사용자에게 분배되는 비용이 작아질수록, 해당 사용자에게 대응하는 효용은 커질 수 있다.

실시예에서, 본 발명의 이중 경매 기반 전력 거래 서비스는 각 사용자들(즉, 구매자들과 판매자들로 하여금 경매 참여 시 높은 효용을 보장하도록 설계될 수 있다. 예컨대, 높은 효용이 보장될수록, 거래 서비스 내에서 각 사용자의 이득이 커질 수 있으므로, 경매에 참여하는 것이 경매에 참여하지 않는 것보다 더 큰 이득을 가질 수 있음을 보장할 수 있다. 즉, 높은 효용이 보장되는 것은 본 발명의 경매 메커니즘이 향상된 성능을 가짐을 의미할 수 있다.

이러한 사용자의 효용 정보는, 하기의 수식들을 통해 획득될 수 있다.

$$u_i = (b_i - p_i)q_i - c_i \quad (\text{수식 15})$$

$$u_j = (p_j - s_j)q_j - c_j \quad (\text{수식 16})$$

(수식 15)는 모든 구매자 i 에 관한 효용이며, (수식 16)은 모든 판매자 j 에 관한 효용일 수 있다.

(수식 15)의 수식에서, ' $(b_i - p_i)q_i$ '는 경매를 통해 q_i 를 얻게 된 구매자가 존재하고, q_i 라는 전력량을 구매하게 되어 b_i 라는 가치를 얻었지만, 경매에 p_i 만큼의 가격을 지불함을 의미할 수 있다. 또한, 해당 수식에서 ' c_i '는, 경매의 결과로서, 사용자가 c_i 만큼의 참여/거래 비용(예컨대, 적자에 따른 분배 비용)을 지불함을 의미할 수 있다.

또한, (수식 16)의 수식에서, ' $(p_j - s_j)q_j$ '는 경매를 통해 q_j 를 얻게 된 판매자가 존재하고, q_j 라는 전력량을 판매

하게 되어 p_j 라는 가치를 얻었지만, 경매에 s_j 만큼의 가격을 지불함을 의미할 수 있다. 또한, 해당 주식에서 ' c_j '는, 경매의 결과로서, 사용자가 c_j 만큼의 참여/거래 비용(예컨대, 적자 비용)을 지불함을 의미할 수 있다.

[0197] 즉, 모든 구매자 및 모든 판매자의 효용은, 참여/거래 비용(즉, 적자에 따른 분배 비용)에 기반하여 변화될 수 있다.

[0198] 이에 따라, 컴퓨팅 장치(100)는 비용 분배에 따른 낙찰자들의 효용 정보 변화를 감지하고, 이에 기초하여 거래량을 재할당할 수 있다. 예컨대, 특정 사용자의 효용이 0이하가 되는 경우, 컴퓨팅 장치(100)는 거래량을 재할당할 것을 결정할 수 있다.

[0199] 구체적인 실시예에서, 비용 분배로 인해 효용이 음수가 되는 참여자가 있는 경우, 컴퓨팅 장치(100)는 해당 참여자의 거래량을 0으로 다시 할당하게 되며, 거래량 결정 과정과 비용 계산 과정을 다시 거쳐서 낙찰된 참여자들에게 새로운 비용을 분배하도록 분배 비용 정보를 생성할 수 있다. 전술한 과정을 반복하여 모든 낙찰자들의 효용이 0 이상일 때 제2경매가 종료되게 된다. 이에 따라, 경매에 참여한 모든 낙찰자들의 효용이 보장될 수 있다. 이는, 경매에 참여하는 것이 경매에 참여하지 않는 것보다 이득을 가질 수 있음을 보장할 수 있다.

[0201] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 이중 경매 기반 전력 거래 서비스 제공 방법은, 제1경매 및 제2경매 결과에 기초하여 전력 거래 할당 정보를 생성하는 단계(S140)를 포함할 수 있다.

[0202] 도 8을 참조하여 이중 경매 메커니즘을 전체 프로세스를 설명하면, 먼저, 제1마이크로 그리드 및 제2마이크로 그리드 각각의 사용자들(구매자 및 판매자)로부터 거래 입찰 정보가 수집될 수 있다. 각 마이크로 그리드에 대응하여 수집된 거래 입찰 정보들을 통해, 각 마이크로 그리드 내부에서 낙찰자 및 거래 가격이 결정된다.

[0203] 구체적으로, 제1마이크로 그리드의 사용자들로부터 수집된 거래 입찰 정보를 통해 제1마이크로 그리드 내부에서 낙찰자(예컨대, 제1낙찰자)들이 결정되고, 낙찰자들 간 거래 가격이 결정될 수 있다. 실시예에서, 제1마이크로 그리드 내에서 판매자들의 판매 가격은 s_L 로 결정되며, 이 경우, 낙찰된 구매자들의 구매 가격은 제2경매가 수행된 이후 결정되게 된다.

[0204] 또한, 제2마이크로 그리드의 사용자들로부터 수집된 거래 입찰 정보를 통해 제2마이크로 그리드 내부에서 낙찰자(예컨대, 제1낙찰자)들이 결정되고, 낙찰자들 간 거래 가격이 결정될 수 있다. 실시예에서, 제2마이크로 그리드 내에서 구매자들의 구매 가격은 b_K 로 결정될 수 있다. 실시예에서, 이 경우, 낙찰된 판매자들의 판매 가격은 제2경매가 수행된 이후 결정되게 된다.

[0205] 실시예에서, 제1경매 수행 결과, 제1마이크로 그리드에 대응하는 판매 전력 가격이 제2마이크로 그리드에 대응하는 구매 전력 가격을 초과(즉, 제1조건을 충족)하며, 제1마이크로 그리드에 남은 구매자가 존재(즉, 제2조건 충족)하고, 그리고 제2마이크로 그리드에 남은 판매자가 존재(즉, 제3조건 충족)하는 경우, 제2경매가 수행될 수 있다.

[0206] 또한, 실시예에서, 제1경매 수행 결과 제1 내지 제3조건을 충족하지 않는 경우, 거래 시장에 적자만 가져오므로, 제2경매를 수행하지 않으며, 경매가 종료될 수 있다.

[0207] 제2경매에서는 제1경매와 동일한 방법으로 양 마이크로 그리드 간 낙찰자를 결정하고, 낙찰자들 간 거래 가격이 결정될 수 있다. 실시예에서, 제1마이크로 그리드의 판매자들의 판매 가격(s_L)과 제2마이크로 그리드의 구매자들의 구매 가격(b_K)의 평균을 통해 제2경매 낙찰자들, 제1마이크로 그리드의 구매자들, 제2마이크로 그리드의 판매자들의 전력 가격을 결정할 수 있다. 즉, 제2경매에서 낙찰된 낙찰자(제2낙찰자에 관련한 판매자 및 구매자)들과 제1경매에서 제1마이크로 그리드에서 낙찰된 구매자들, 그리고 제2마이크로 그리드에서 낙찰된 판매자들이 거래하는 전력 가격은 $(s_L + b_K)/2$ 로 결정될 수 있다.

[0208] 제2경매에서 낙찰자들 및 가격이 결정되는 경우, 모든 낙찰자들(즉, 제1낙찰자 및 제2낙찰자) 각각의 거래량이 결정 및 할당될 수 있다. 실시예에서, 전술한 제1할당법 및 제2할당법을 통해 모든 낙찰자들 각각에게 거래량이 결정 및 할당될 수 있다.

[0209] 각 낙찰자들에게 거래량이 할당되는 경우, 적자에 관련한 비용(즉, 제1비용 내지 제3비용)이 산정되며, 시장에서 적자가 발생하는 것을 방지하게 위해, 산정된 비용이 낙찰자들 각각에 대응하여 분배될 수 있다.

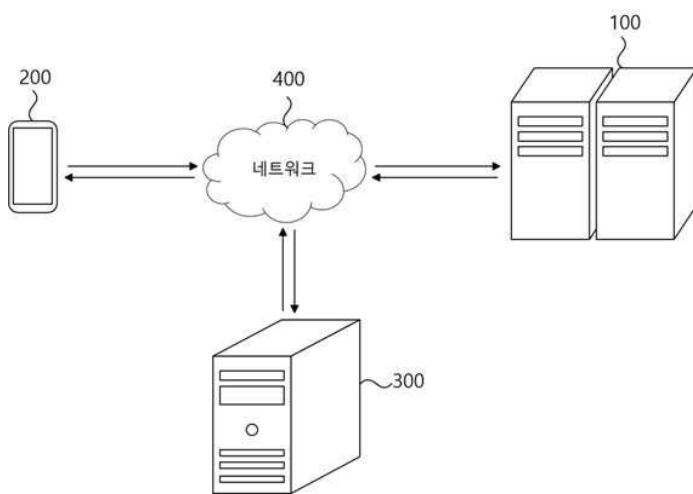
- [0210] 적자에 관련한 비용이 각 사용자에게 분배되는 경우, 각 사용자의 효용이 변화될 수 있다. 이에 따라, 본 발명은, 사용자의 효용이 0이하가 되는 경우, 거래량을 제한당할 것을 결정할 수 있다.
- [0211] 구체적인 실시예에서, 비용 분배로 인해 효용이 음수가 되는 참여자가 있는 경우, 컴퓨팅 장치(100)는 해당 참여자의 거래량을 0으로 다시 할당하게 되며, 거래량 결정 과정과 비용 계산 과정을 다시 거쳐서 낙찰된 참여자들에게 새로운 비용을 분배하도록 분배 비용 정보를 생성할 수 있다. 전술한 과정을 반복하여 모든 낙찰자들의 효용이 0 이상일 때 제2경매가 종료되게 된다.
- [0212] 전술한 바와 같이, 본 발명은, 마이크로 그리드 간의 수급 불균형을 해결하고, 잉여 자원을 최소화하기 위하여, 마이크로 그리드 내부와 마이크로 그리드 간 전력을 거래할 수 있는 이중 경매 메커니즘을 활용한 전력 거래 서비스를 제공할 수 있다.
- [0213] 본 발명의 이중 경매 기반 전력 거래 서비스는, 각 사용자가 원하는 목적을 달성하고, 원하는 성질('참여자 간 진실한 입찰 제공', '참여자들끼리 경매 참여를 통해 손해를 입지 않도록 0이상의 효용을 제공' 및 '이중 경매 메커니즘을 통해 시장에 적자 발생을 방지')을 만족하도록 가격 설정과 거래량을 할당할 수 있다.
- [0214] 즉, 양방향 이중 경매 방식의 전력 거래를 통하여 사용자들의 전력에 대한 가치를 반영하여 거래 가격 및 거래량을 결정하는 서비스를 제공할 수 있으며, 사용자들이 진실하게 본인의 가치를 입력하는 것을 보장할 수 있으며, 메커니즘의 존재가 사용자들에게 개선된 효용을 주는 것을 보장하는 거래 서비스를 제공할 수 있다. 해당 메커니즘을 갖는 전력 거래 서비스를 통해, 소규모 전력 거래와 소규모 신재생에너지 발전 활성화에 기여하는 효과를 제공할 수 있다.
- [0216] 본 발명의 실시예와 관련하여 설명된 방법 또는 알고리즘의 단계들은 하드웨어로 직접 구현되거나, 하드웨어에 의해 실행되는 소프트웨어 모듈로 구현되거나, 또는 이들의 결합에 의해 구현될 수 있다. 소프트웨어 모듈은 RAM(Random Access Memory), ROM(Read Only Memory), EPROM(Erasable Programmable ROM), EEPROM(Electrically Erasable Programmable ROM), 플래시 메모리(Flash Memory), 하드 디스크, 착탈형 디스크, CD-ROM, 또는 본 발명이 속하는 기술 분야에서 잘 알려진 임의의 형태의 컴퓨터 판독가능 기록매체에 상주할 수도 있다.
- [0217] 본 발명의 구성 요소들은 하드웨어인 컴퓨터와 결합되어 실행되기 위해 프로그램(또는 애플리케이션)으로 구현되어 매체에 저장될 수 있다. 본 발명의 구성 요소들은 소프트웨어 프로그래밍 또는 소프트웨어 요소들로 실행될 수 있으며, 이와 유사하게, 실시 예는 데이터 구조, 프로세스들, 루틴들 또는 다른 프로그래밍 구성들의 조합으로 구현되는 다양한 알고리즘을 포함하여, C, C++, 자바(Java), 어셈블리(assembler) 등과 같은 프로그래밍 또는 스크립팅 언어로 구현될 수 있다. 기능적인 측면들은 하나 이상의 프로세서들에서 실행되는 알고리즘으로 구현될 수 있다.
- [0218] 본 발명의 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 여기에 개시된 실시예들과 관련하여 설명된 다양한 예시적인 논리 블록들, 모듈들, 프로세서들, 수단들, 회로들 및 알고리즘 단계들이 전자 하드웨어, (편의를 위해, 여기에서 "소프트웨어"로 지칭되는) 다양한 형태들의 프로그램 또는 설계 코드 또는 이들 모두의 결합에 의해 구현될 수 있다는 것을 이해할 것이다. 하드웨어 및 소프트웨어의 이러한 상호 호환성을 명확하게 설명하기 위해, 다양한 예시적인 컴포넌트들, 블록들, 모듈들, 회로들 및 단계들이 이들의 기능과 관련하여 위에서 일반적으로 설명되었다. 이러한 기능이 하드웨어 또는 소프트웨어로서 구현되는지 여부는 특정한 애플리케이션 및 전체 시스템에 대하여 부과되는 설계 제약들에 따라 좌우된다. 본 발명의 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 각각의 특정한 애플리케이션에 대하여 다양한 방식으로 설명된 기능을 구현할 수 있으나, 이러한 구현 결정들은 본 발명의 범위를 벗어나는 것으로 해석되어서는 안 될 것이다.
- [0219] 여기서 제시된 다양한 실시예들은 방법, 장치, 또는 표준 프로그래밍 및/또는 엔지니어링 기술을 사용한 제조 물품(article)으로 구현될 수 있다. 용어 "제조 물품"은 임의의 컴퓨터-판독가능 장치로부터 액세스 가능한 컴퓨터 프로그램, 캐리어, 또는 매체(media)를 포함한다. 예를 들어, 컴퓨터-판독가능 매체는 자기 저장 장치(예를 들면, 하드 디스크, 플로피 디스크, 자기 스트림, 등), 광학 디스크(예를 들면, CD, DVD, 등), 스마트 카드, 및 플래시 메모리 장치(예를 들면, EEPROM, 카드, 스틱, 키 드라이브, 등)를 포함하지만, 이들로 제한되는 것은 아니다. 또한, 여기서 제시되는 다양한 저장 매체는 정보를 저장하기 위한 하나 이상의 장치 및/또는 다른 기계-판독가능 매체를 포함한다. 용어 "기계-판독가능 매체"는 명령(들) 및/또는 데이터를 저장, 보유, 및/또는 전달할 수 있는 무선 채널 및 다양한 다른 매체를 포함하지만, 이들로 제한되는 것은 아니다.

[0220] 제시된 프로세스들에 있는 단계들의 특정한 순서 또는 계층 구조는 예시적인 접근들의 일례임을 이해하도록 한다. 설계 우선순위들에 기반하여, 본 발명의 범위 내에서 프로세스들에 있는 단계들의 특정한 순서 또는 계층 구조가 재배열될 수 있다는 것을 이해하도록 한다. 첨부된 방법 청구항들은 샘플 순서로 다양한 단계들의 엘리먼트들을 제공하지만 제시된 특정한 순서 또는 계층 구조에 한정되는 것을 의미하지는 않는다.

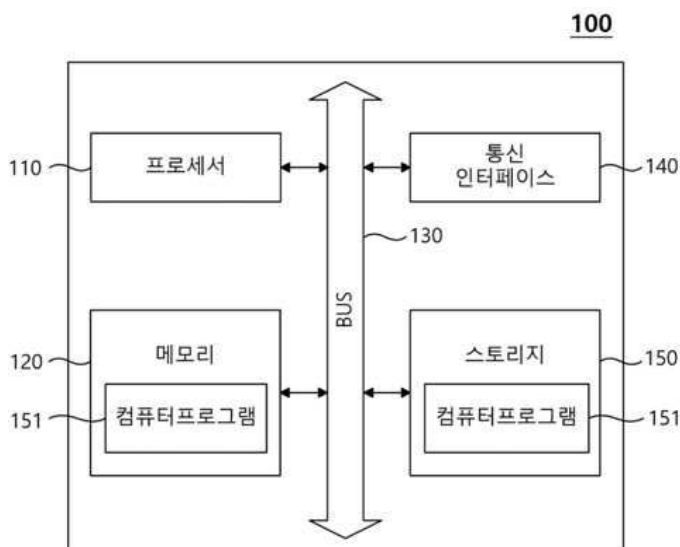
[0221] 제시된 실시예들에 대한 설명은 임의의 본 발명의 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명을 이용하거나 또는 실시할 수 있도록 제공된다. 이러한 실시예들에 대한 다양한 변형들은 본 발명의 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명백할 것이며, 여기에 정의된 일반적인 원리들은 본 발명의 범위를 벗어남이 없이 다른 실시예들에 적용될 수 있다. 그리하여, 본 발명은 여기에 제시된 실시예들로 한정되는 것이 아니라, 여기에 제시된 원리들 및 신규한 특징들과 일관되는 최광의의 범위에서 해석되어야 할 것이다.

도면

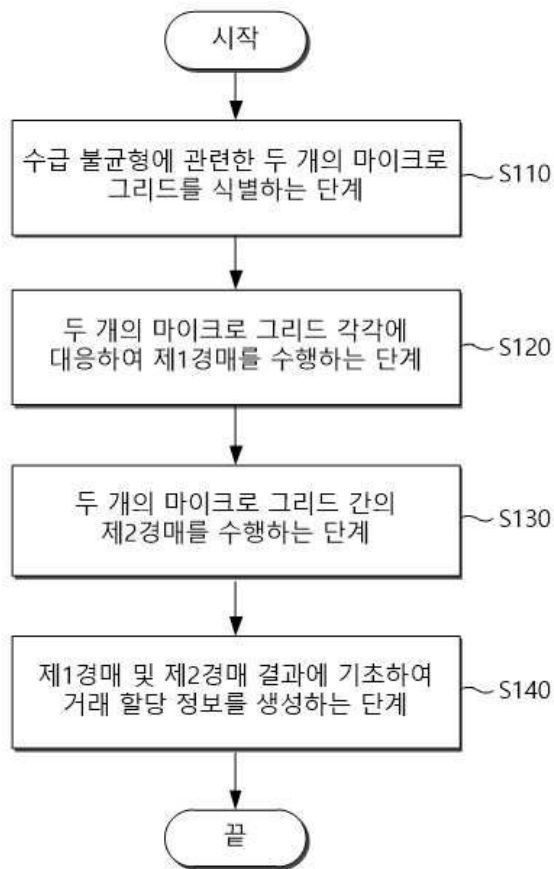
도면1



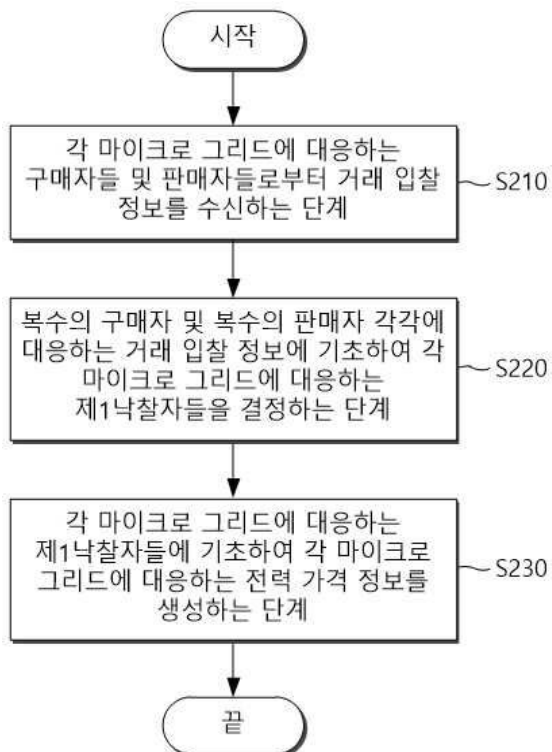
도면2



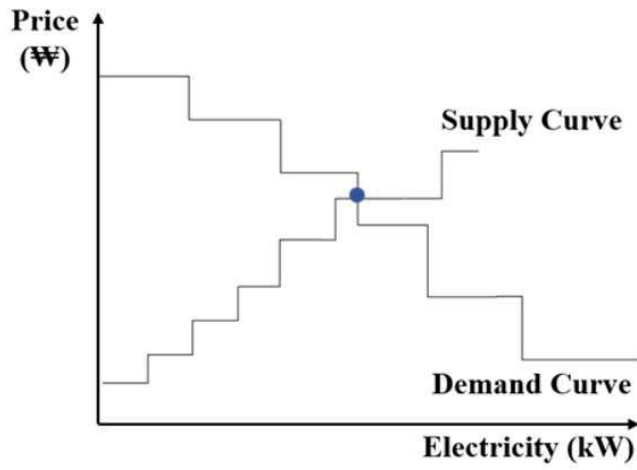
도면3



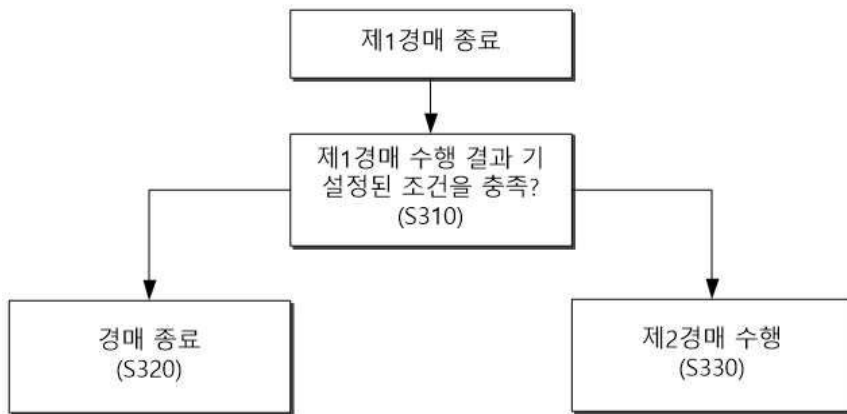
도면4



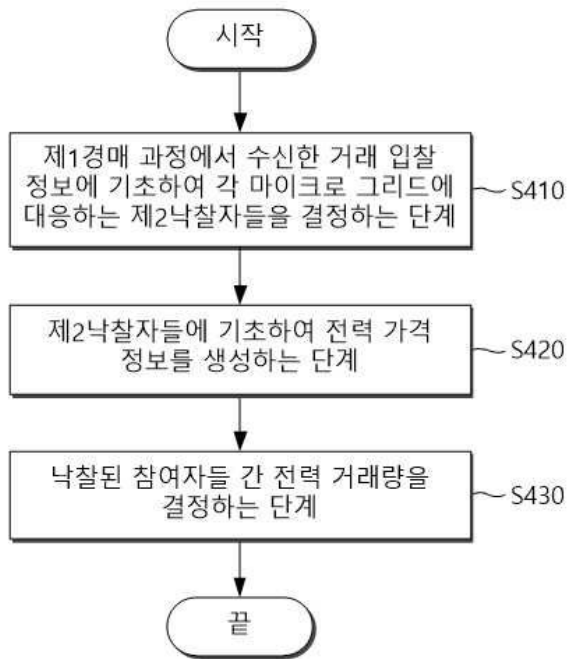
도면5



도면6



도면7



도면8

