

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)(11) 공개번호 10-2023-0045257
(43) 공개일자 2023년04월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G06Q 50/30 (2012.01) B60L 53/64 (2019.01)
B60L 53/66 (2019.01) G06Q 10/10 (2023.01)
G06Q 20/14 (2012.01)

(52) CPC특허분류

G06Q 50/30 (2015.01)
B60L 53/64 (2019.02)

(21) 출원번호 10-2021-0127888

(22) 출원일자 2021년09월28일

심사청구일자 2021년09월28일

(71) 출원인

인하대학교 산학협력단

인천광역시 미추홀구 인하로 100(용현동, 인하대학교)

(72) 발명자

김영진

인천광역시 연수구 송도과학로27번길 55, 201동 1412호(송도동, 롯데캐슬 캠퍼스타운)

이경태

인천광역시 미추홀구 인하로47번길 152-1, 204호(용현동, 텔피노)

임정아

인천광역시 미추홀구 인하로47번길 113, 204호(용현동)

(74) 대리인

양성보

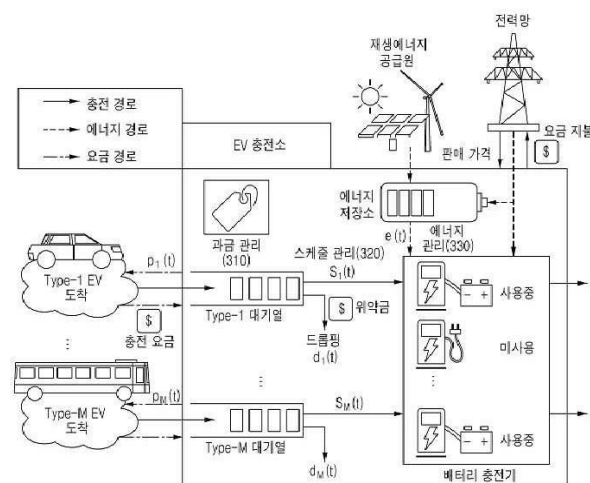
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 발명의 명칭 전기차 충전소의 과금, 충전 스케줄링, 재생에너지 관리 통합 최적화 방법 및 장치

(57) 요약

전기차 충전소의 과금, 충전 스케줄링, 재생에너지 관리 통합 최적화 방법 및 장치가 제시된다. 본 발명에서 제안하는 전기차 충전소의 과금, 충전 스케줄링, 재생에너지 관리 통합 최적화 장치는 전기차의 배터리 모델, 충전 요구량에 따라 전기차 유형을 나누어 충전 요금을 차등 책정하는 전기차 유형 별 과금 관리부, 전기차의 충전을 위해 대기 중인 전기차들의 충전 우선 순위를 결정하고, 대기 중인 전기차들 중 미리 정해진 보장 대기 시간 내에 충전 시작 가능한지 여부를 판단하는 전기차 충전 스케줄 관리부 및 저장된 에너지의 사용 시점 여부 및 에너지 공급원으로부터의 에너지의 추가 저장 여부를 결정하고 에너지의 저장을 관리하는 에너지 관리부를 포함한다.

대표도



(52) CPC특허분류

B60L 53/665 (2019.02)

G06Q 10/109 (2023.01)

G06Q 20/145 (2013.01)

B60Y 2200/91 (2013.01)

Y02T 10/70 (2020.08)

Y02T 10/7072 (2020.08)

Y02T 90/12 (2020.08)

Y02T 90/40 (2020.08)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711116910
 과제번호 2020-0-01389-001
 부처명 과학기술정보통신부
 과제관리(전문)기관명 정보통신기획평가원
 연구사업명 인공지능융합연구센터지원사업(국고)
 연구과제명 [Ezbaro][정부] 인공지능융합연구센터지원(2차년도)
 기 여 율 10/100
 과제수행기관명 인하대학교 산학협력단
 연구기간 2021.01.01 ~ 2021.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711118368
 과제번호 2020R1F1A1065638
 부처명 과학기술정보통신부
 과제관리(전문)기관명 한국연구재단
 연구사업명 기본연구
 연구과제명 [Ezbaro] 클라우드/엣지 인프라 가상화 기반 다중 자원 관리 기술 연구
 기 여 율 30/100
 과제수행기관명 인하대학교
 연구기간 2020.06.01 ~ 2021.02.28

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711174118
 과제번호 68468-1
 부처명 과학기술정보통신부
 과제관리(전문)기관명 정보통신기획평가원
 연구사업명 인공지능융합혁신인재양성(R&D)
 연구과제명 [Ezbaro][정부+민간] 인공지능융합혁신인재양성(1차년도)
 기 여 율 10/100
 과제수행기관명 인하대학교
 연구기간 2022.07.01 ~ 2022.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711160586
 과제번호 67762-1
 부처명 과학기술정보통신부
 과제관리(전문)기관명 정보통신기획평가원
 연구사업명 사람중심인공지능핵심원천기술개발
 연구과제명 [Ezbaro] 인간처럼 회상이 가능한 인공 신경망 지속학습 플랫폼 개발(1차년도)
 기 여 율 20/100
 과제수행기관명 인하대학교
 연구기간 2022.04.01 ~ 2022.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711173189
 과제번호 68418-1
 부처명 과학기술정보통신부
 과제관리(전문)기관명 정보통신기획평가원
 연구사업명 정보통신방송기술국제공동연구
 연구과제명 [Ezbaro]사용자 프라이버시를 보존하는 비디오 캐싱을 위한 연합 학습 시스템(2차년
 도)
 기 여 율 30/100
 과제수행기관명 경희대학교
 연구기간 2022.06.01 ~ 2023.01.31

명세서

청구범위

청구항 1

전기차의 배터리 모델, 충전 요구량에 따라 전기차 유형을 나누어 충전 요금을 차등 책정하는 전기차 유형 별 과금 관리부;

전기차의 충전을 위해 대기 중인 전기차들의 충전 우선 순위를 결정하고, 대기 중인 전기차들 중 미리 정해진 보장 대기 시간 내에 충전 시작 가능한지 여부를 판단하는 전기차 충전 스케줄 관리부; 및

저장된 에너지의 사용 시점 여부 및 에너지 공급원으로부터의 에너지의 추가 저장 여부를 결정하고 에너지의 저장을 관리하는 에너지 관리부

를 포함하는 전기차 충전소 관리 통합 최적화 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 전기차 유형 별 과금 관리부는,

전기차 유형을 집합으로 정의하고, 정의되는 각각의 집합은 전기차 유형과 전기차 유형 별 요구하는 충전 에너지 양에 따라 분류되며,

상기 정의된 전기차 유형의 집합, 미리 정해진 시간마다 전기차 유형 별 전기차 충전소를 지나가는 차량의 수, 전기차 충전소 관리 통합 최적화 장치로부터 제시되는 충전 요금에 따른 차주의 민감도를 포함하는 과금 관리 조건에 기초하여 미리 정해진 시간마다 전기차 유형 별 충전 요금을 정하는

전기차 충전소 관리 통합 최적화 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 전기차 충전 스케줄 관리부는,

충전소의 대기열에서 대기 중인 차량의 충전 요청 총량을 정의하고, 대기열에서 대기 중인 차량이 충전소로 들어온 시점부터 미리 정해진 대기 시간 내에 충전 완료율 보장하며, 미리 정해진 대기 시간 내에 충전을 완료하지 못한 경우, 해당 차량에 대한 위약금을 지불하도록 제어하며, 해당 차량이 요청하는 충전 전력, 시간 별 전력수요, 대기열에서 대기 중인 차량 수, 남은 대기 시간을 포함하는 스케줄링 조건에 따라 전기차 충전 스케줄링을 수행하는

전기차 충전소 관리 통합 최적화 장치.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 에너지 관리부는,

미리 정해진 시간마다 에너지 저장소에 남아있는 에너지의 양을 정의하고, 에너지 저장소의 과잉충전을 방지하기 위해 저장된 에너지의 사용 시점 여부 및 전력망으로부터 전기요금을 지불하고 에너지를 공급 받거나 또는 재생에너지를 이용하여 에너지를 공급 받는 방법을 통한 에너지 공급원으로부터의 에너지의 추가 저장 여부를 결정하고 에너지의 저장을 관리하는

전기차 충전소 관리 통합 최적화 장치.

청구항 5

전기차 유형 별 과금 관리부를 통해 전기차의 배터리 모델, 충전 요구량에 따라 전기차 유형을 나누어 충전 요금을 차등 책정하는 단계;

전기차 충전 스케줄 관리부를 통해 전기차의 충전을 위해 대기 중인 전기차들의 충전 우선 순위를 결정하고, 대기 중인 전기차들 중 미리 정해진 보장 대기 시간 내에 충전 시작 가능 여부를 판단하는 단계; 및

저장된 에너지의 사용 시점 여부 및 에너지 공급원으로부터의 에너지의 추가 저장 여부를 에너지 관리부를 통해 결정하고 에너지의 저장을 관리하는 단계

를 포함하는 전기차 충전소 관리 통합 최적화 방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 전기차 유형 별 과금 관리부를 통해 전기차의 배터리 모델, 충전 요구량에 따라 전기차 유형을 나누어 충전 요금을 차등 책정하는 단계는,

전기차 유형을 집합으로 정의하고, 정의되는 각각의 집합은 전기차 유형과 전기차 유형 별 요구하는 충전 에너지 양에 따라 분류되며,

상기 정의된 전기차 유형의 집합, 미리 정해진 시간마다 전기차 유형 별 전기차 충전소를 지나가는 차량의 수, 전기차 충전소 관리 통합 최적화 장치로부터 제시되는 충전 요금에 따른 차주의 민감도를 포함하는 과금 관리 조건에 기초하여 미리 정해진 시간마다 전기차 유형 별 충전 요금을 정하는

전기차 충전소 관리 통합 최적화 방법.

청구항 7

제5항에 있어서,

상기 전기차 충전 스케줄 관리부를 통해 전기차의 충전을 위해 대기 중인 전기차들의 충전 우선 순위를 결정하고, 대기 중인 전기차들 중 미리 정해진 보장 대기 시간 내에 충전 시작 가능 여부를 판단하는 단계는,

충전소의 대기열에서 대기 중인 차량의 충전 요청 총량을 정의하고, 대기열에서 대기 중인 차량이 충전소로 들어온 시점부터 미리 정해진 대기 시간 내에 충전 완료를 보장하며, 미리 정해진 대기 시간 내에 충전을 완료하지 못한 경우, 해당 차량에 대한 위약금을 지불하도록 제어하며, 해당 차량이 요청하는 충전 전력, 시간 별 전력수요, 대기열에서 대기 중인 차량 수, 남은 대기 시간을 포함하는 스케줄링 조건에 따라 전기차 충전 스케줄링을 수행하는

전기차 충전소 관리 통합 최적화 방법.

청구항 8

제5항에 있어서,

상기 저장된 에너지의 사용 시점 여부 및 에너지 공급원으로부터의 에너지의 추가 저장 여부를 에너지 관리부를 통해 결정하고 에너지의 저장을 관리하는 단계는,

미리 정해진 시간마다 에너지 저장소에 남아있는 에너지의 양을 정의하고, 에너지 저장소의 과잉충전을 방지하기 위해 저장된 에너지의 사용 시점 여부 및 전력망으로부터 전기요금을 지불하고 에너지를 공급 받거나 또는 재생에너지를 이용하여 에너지를 공급 받는 방법을 통한 에너지 공급원으로부터의 에너지의 추가 저장 여부를 결정하고 에너지의 저장을 관리하는

전기차 충전소 관리 통합 최적화 방법.

발명의 설명

기술 분야

본 발명은 전기차 충전소의 과금, 충전 스케줄링, 재생에너지 관리 통합 최적화 방법 및 장치에 관한 것이다.

[0001]

배경 기술

- [0002] 현재는 전기차 충전소의 설치율이 높지 않으나, 전기차의 보급률은 매년 가파르게 증가하고 있으며 향후 미래에는 모든 내연기관 차가 전기차로 대체되고, 모든 주유소가 전기차 충전소로 대체될 것으로 예상된다. 전기차 충전소는 에너지를 외부 업체에서 구매한 뒤, 운전자들에게 더 높은 금액에 판매한다는 관점에서 주유소와 굉장히 유사해 보이지만, 아래와 같은 근본적인 차이점으로 인하여 훨씬 더 복잡하다.
- [0003] 예를 들어, 주유소는 차량 1대를 주유하는데 1분 내지 2분 내외의 짧은 시간이 걸리는 반면, 전기차 충전소는 최소 30분, 길게는 3시간까지의 긴 충전 시간이 필요하다. 따라서, 주유소는 대기 손님이 많은 상황에서도 금방 주유 서비스를 받고 나갈 수 있지만, 전기차 충전소는 시간이 많이 소요되기 때문에, 대기열 관리 및 충전 스케줄링 관리가 매우 중요하다. 특히, 충전소 사업자는 대기 중인 손님에게 특정 시간 이하의 대기를 보장해 줄 수 있도록 하는 것이 핵심이다.
- [0004] 주유소는 연료(예를 들어, 휘발유, 경유 등)를 구입해오는 주기가 일 단위 이상이지만, 전기차 충전소는 분 단위의 짧은 시간 간격으로 연료(예를 들어, 전기에너지)를 전력망으로부터 거의 실시간으로 구매를 할 수 있다.
- [0005] 다시 말해, 충전소 사업자는 사실 에너지 저장소를 이용하여, 재생에너지(예를 들어, 태양광, 풍력 발전 에너지 등)뿐만 아니라 전력망의 에너지 또한 기회적으로 구매 및 저장할 수 있다. 결론적으로 전기차 충전소는 주유소에 비하여 에너지를 다룰 수 있는 유연성이 훨씬 높고 이를 통해 추가적인 이익을 도모할 수 있다는 것이다.
- [0006] 따라서, 이러한 전기차 충전소의 금전적 수익을 최대화하면서도 전력수요 피크 시간대의 전기차 충전수요를 분산시킬 수 있는 충전소 관리 알고리즘을 필요로 한다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0007] (특허문헌 0001) 한국등록특허 제101864197호(2018.05.29)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0008] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 전기차 충전소의 정책을 최적화함으로써 충전소의 수익을 최대화하고, 전력수요 피크 시간대의 전기차 충전수요를 분산시킬 수 있는 방법 및 장치를 제공하는데 있다. 제안하는 전기차 충전소의 과금, 충전 스케줄링, 재생에너지 관리 통합 최적화 방법 및 장치를 통해 분 단위(예를 들어, 5분)의 유동적 과금 정책, 전기차 충전 스케줄링, 재생에너지 사용 관리를 제어하고자 한다. 또한, 모든 충전기가 사용 중이라 대기해야 하는 경우에도 사용자에게 약속된 충전 완료 시간을 보장하고, 에너지 저장소의 과잉 충전을 방지하고자 한다.

과제의 해결 수단

- [0009] 일 측면에 있어서, 본 발명에서 제안하는 전기차 충전소의 과금, 충전 스케줄링, 재생에너지 관리 통합 최적화 장치는 전기차의 배터리 모델, 충전 요구량에 따라 전기차 유형을 나누어 충전 요금을 차등 책정하는 전기차 유형 별 과금 관리부, 전기차의 충전을 위해 대기 중인 전기차들의 충전 우선 순위를 결정하고, 대기 중인 전기차들 중 미리 정해진 보장 대기 시간 내에 충전 시작 가능한지 여부를 판단하는 전기차 충전 스케줄 관리부 및 저장된 에너지의 사용 시점 여부 및 에너지 공급원으로부터의 에너지의 추가 저장 여부를 결정하고 에너지의 저장을 관리하는 에너지 관리부를 포함한다.
- [0010] 상기 전기차 유형 별 과금 관리부는 전기차 유형을 집합으로 정의하고, 정의되는 각각의 집합은 전기차 유형과 전기차 유형 별 요구하는 충전 에너지 양에 따라 분류되며, 상기 정의된 전기차 유형의 집합, 미리 정해진 시간마다 전기차 유형 별 전기차 충전소를 지나가는 차량의 수, 전기차 충전소 관리 통합 최적화 장치로부터 제시되는 충전 요금에 따른 차주의 민감도를 포함하는 과금 관리 조건에 기초하여 미리 정해진 시간마다 전기차 유형 별 충전 요금을 정한다.
- [0011] 상기 전기차 충전 스케줄 관리부는 충전소의 대기열에서 대기 중인 차량의 충전 요청 총량을 정의하고, 대기열

에서 대기 중인 차량이 충전소로 들어온 시점부터 미리 정해진 대기 시간 내에 충전 완료를 보장하며, 미리 정해진 대기 시간 내에 충전을 완료하지 못한 경우, 해당 차량에 대한 위약금을 지불하도록 제어하며, 해당 차량이 요청하는 충전 전력, 시간 별 전력수요, 대기열에서 대기 중인 차량 수, 남은 대기 시간을 포함하는 스케줄링 조건에 따라 전기차 충전 스케줄링을 수행한다.

[0012] 상기 에너지 관리부는 미리 정해진 시간마다 에너지 저장소에 남아있는 에너지의 양을 정의하고, 에너지 저장소의 과잉충전을 방지하기 위해 저장된 에너지의 사용 시점 여부 및 전력망으로부터 전기요금을 지불하고 에너지를 공급 받거나 또는 재생에너지를 이용하여 에너지를 공급 받는 방법을 통한 에너지 공급원으로부터의 에너지의 추가 저장 여부를 결정하고 에너지의 저장을 관리한다.

[0013] 또 다른 일 측면에 있어서, 본 발명에서 제안하는 전기차 충전소의 과금, 충전 스케줄링, 재생에너지 관리 통합 최적화 방법은 전기차 유형 별 과금 관리부를 통해 전기차의 배터리 모델, 충전 요구량에 따라 전기차 유형을 나누어 충전 요금을 차등 책정하는 단계, 전기차 충전 스케줄 관리부를 통해 전기차의 충전을 위해 대기 중인 전기차들의 충전 우선 순위를 결정하고, 대기 중인 전기차들 중 미리 정해진 보장 대기 시간 내에 충전 시작 가능 여부를 판단하는 단계 및 저장된 에너지의 사용 시점 여부 및 에너지 공급원으로부터의 에너지의 추가 저장 여부를 에너지 관리부를 통해 결정하고 에너지의 저장을 관리하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

[0014] 본 발명의 실시예들에 따르면 전기차 충전소의 정책을 최적화함으로써 충전소의 수익을 최대화하고, 전력수요 피크 시간대의 전기차 충전수요를 분산시킬 수 있다. 제안하는 전기차 충전소의 과금, 충전 스케줄링, 재생에너지 관리 통합 최적화 방법 및 장치를 통해 분 단위(예를 들어, 5분)의 유동적 과금 정책, 전기차 충전 스케줄링, 재생에너지 사용 관리를 제어할 수 있다. 또한, 모든 충전기가 사용 중이라 대기해야 하는 경우에도 사용자에게 약속된 충전 완료 시간을 보장하고, 에너지 저장소의 과잉충전을 방지할 수 있으며, 수학적으로 최적성을 보장하면서도 알고리즘의 구현이 간단하기 때문에 추가적인 장치 없이도 현재 시스템에도 쉽게 적용 가능하다.

도면의 간단한 설명

[0015] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 전기차 충전소의 과금, 충전 스케줄링, 재생에너지 관리 통합 최적화 장치의 구성을 나타내는 도면이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 전기차 충전소의 과금, 충전 스케줄링, 재생에너지 관리 통합 최적화 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 전기차 충전소 관리 통합 최적화 과정을 설명하기 위한 도면이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 EVCSM 알고리즘을 나타내는 도면이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 EVCSM 알고리즘 분석 결과를 나타내는 그래프이다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 EVCSM 알고리즘과 종래기술을 비교한 결과를 나타내는 그래프이다.

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 시간대에 따른 수익 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0016] 본 발명은 전기차 충전소의 정책을 최적화함으로써 충전소의 수익을 최대화하고, 전력수요 피크 시간대의 전기차 충전수요를 분산시킬 수 있는 방안을 제시한다. 시간대에 따라 예측할 수 없는 전력망 전기에너지 비용 변화, 다양한 전기 차종 별 배터리 충전 수요 변화, 재생에너지 획득량의 변화에 적응적인 전기차 충전소의 과금 정책, 충전 스케줄링, 재생에너지 사용 관리를 동시에 제어하기 위한 최적화 솔루션을 제안한다.

[0017] 본 발명의 실시예에 따르면, 분 단위(예를 들어, 5분)의 유동적 과금 정책, 전기차 충전 스케줄링, 재생에너지 사용 관리를 제어함으로써, 충전소의 수익을 최대화할 수 있다. 또한, 모든 충전기가 사용 중이라 대기해야 하는 경우에도 사용자에게 약속된 충전 완료 시간을 보장해주며, 에너지 저장소의 과잉충전을 방지할 수 있다. 또한, 본 발명의 실시예에 따르면 수학적으로 최적성을 보장하면서도 알고리즘의 구현이 간단하기 때문에 추가적인 장치 없이도 현재 시스템에도 쉽게 적용 가능하다. 이하, 본 발명의 실시 예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.

- [0019] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 전기차 충전소의 과금, 충전 스케줄링, 재생에너지 관리 통합 최적화 장치의 구성을 나타내는 도면이다.
- [0020] 본 발명에서는 전기차 충전소의 금전적 수익을 최대화하면서도 전력수요 피크 시간대의 전기차 충전수요를 분산시킬 수 있는 충전소 관리 EVCSM (Electric Vehicle Charging Station Management) 알고리즘을 제안한다. 본 발명의 실시예에 따른 EVCSM 알고리즘을 분 단위로 제어하는 요소에 대하여 더욱 상세히 설명한다.
- [0021] 제안하는 전기차 충전소의 과금, 충전 스케줄링, 재생에너지 관리 통합 최적화 장치(100)는 전기차 유형 별 과금 관리부(110), 전기차 충전 스케줄 관리부(120) 및 에너지 관리부(130)를 포함한다.
- [0022] 본 발명의 실시예에 따른 전기차 유형 별 과금 관리부(110)는 전기차의 배터리 모델, 충전 요구량에 따라 전기차 유형을 나누어 충전 요금을 차등 책정한다.
- [0023] 본 발명의 실시예에 따른 전기차 유형 별 과금 관리부(110)는 전기차 유형을 집합으로 정의하고, 정의되는 각각의 집합은 전기차 유형과 전기차 유형 별 요구하는 충전 에너지 양에 따라 분류된다. 상기 정의된 전기차 유형의 집합, 미리 정해진 시간마다 전기차 유형 별 전기차 충전소를 지나가는 차량의 수, 전기차 충전소 관리 통합 최적화 장치로부터 제시되는 충전 요금에 따른 차주의 민감도를 포함하는 과금 관리 조건에 기초하여 미리 정해진 시간마다 전기차 유형 별 충전 요금을 정할 수 있다.
- [0024] 본 발명의 실시예에 따른 전기차 충전 스케줄 관리부(120)는 전기차의 충전을 위해 대기 중인 전기차들의 충전 우선 순위를 결정하고, 대기 중인 전기차들 중 미리 정해진 보장 대기 시간 내에 충전 시작 가능한지 여부를 판단한다.
- [0025] 본 발명의 실시예에 따른 전기차 충전 스케줄 관리부(120)는 충전소의 대기열에서 대기 중인 차량의 충전 요청 총량을 정의하고, 대기열에서 대기 중인 차량이 충전소로 들어온 시점부터 미리 정해진 대기 시간 내에 충전 완료를 보장한다. 이때, 미리 정해진 대기 시간 내에 충전을 완료하지 못한 경우, 해당 차량에 대한 위약금을 지불하도록 제한한다.
- [0026] 본 발명의 실시예에 따른 전기차 충전 스케줄 관리부(120)는 해당 차량이 요청하는 충전 전력, 시간 별 전력수요, 대기열에서 대기 중인 차량 수, 남은 대기 시간을 포함하는 스케줄링 조건에 따라 전기차 충전 스케줄링을 수행한다.
- [0027] 에너지 관리부(130)는 저장된 에너지의 사용 시점 여부 및 에너지 공급원으로부터의 에너지의 추가 저장 여부를 결정하고 에너지의 저장을 관리한다.
- [0028] 본 발명의 실시예에 따른 에너지 관리부(130)는 미리 정해진 시간마다 에너지 저장소에 남아있는 에너지의 양을 정의한다. 또한, 에너지 저장소의 과잉충전을 방지하기 위해 저장된 에너지의 사용 시점 여부 및 전력망으로부터 전기요금을 지불하고 에너지를 공급 받거나 또는 재생에너지를 이용하여 에너지를 공급 받는 방법을 통한 에너지 공급원으로부터의 에너지의 추가 저장 여부를 결정하고 에너지의 저장을 관리한다.
- [0030] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 전기차 충전소의 과금, 충전 스케줄링, 재생에너지 관리 통합 최적화 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.
- [0031] 제안하는 전기차 충전소의 과금, 충전 스케줄링, 재생에너지 관리 통합 최적화 방법은 전기차 유형 별 과금 관리부를 통해 전기차의 배터리 모델, 충전 요구량에 따라 전기차 유형을 나누어 충전 요금을 차등 책정하는 단계(210), 전기차 충전 스케줄 관리부를 통해 전기차의 충전을 위해 대기 중인 전기차들의 충전 우선 순위를 결정하고, 대기 중인 전기차들 중 미리 정해진 보장 대기 시간 내에 충전 시작 가능 여부를 판단하는 단계(220) 및 저장된 에너지의 사용 시점 여부 및 에너지 공급원으로부터의 에너지의 추가 저장 여부를 에너지 관리부를 통해 결정하고 에너지의 저장을 관리하는 단계(230)를 포함한다.
- [0032] 단계(210)에서, 전기차 유형 별 과금 관리부를 통해 전기차의 배터리 모델, 충전 요구량에 따라 전기차 유형을 나누어 충전 요금을 차등 책정한다.
- [0033] 본 발명의 실시예에 따르면, 전기차 유형 별 과금 관리부를 통해 전기차 유형을 집합으로 정의하고, 정의되는 각각의 집합은 전기차 유형과 전기차 유형 별 요구하는 충전 에너지 양에 따라 분류된다. 상기 정의된 전기차

유형의 집합, 미리 정해진 시간마다 전기차 유형 별 전기차 충전소를 지나가는 차량의 수, 전기차 충전소 관리 통합 최적화 장치로부터 제시되는 충전 요금에 따른 차주의 민감도를 포함하는 과금 관리 조건에 기초하여 미리 정해진 시간마다 전기차 유형 별 충전 요금을 정할 수 있다.

[0034] 단계(220)에서, 전기차 충전 스케줄 관리부를 통해 전기차의 충전을 위해 대기 중인 전기차들의 충전 우선 순위를 결정하고, 대기 중인 전기차들 중 미리 정해진 보장 대기 시간 내에 충전 시작 가능 여부를 판단한다.

[0035] 본 발명의 실시예에 따르면, 전기차 충전 스케줄 관리부를 통해 전기차의 충전을 위해 대기 중인 전기차들의 충전 우선 순위를 결정하고, 대기 중인 전기차들 중 미리 정해진 보장 대기 시간 내에 충전 시작 가능한지 여부를 판단한다.

[0036] 본 발명의 실시예에 따른 전기차 충전 스케줄 관리부는 충전소의 대기열에서 대기 중인 차량의 충전 요청 총량을 정의하고, 대기열에서 대기 중인 차량이 충전소로 들어온 시점부터 미리 정해진 대기 시간 내에 충전 완료를 보장한다. 이때, 미리 정해진 대기 시간 내에 충전을 완료하지 못한 경우, 해당 차량에 대한 위약금을 지불하도록 제어한다. 이때, 전기차 충전 스케줄 관리부는 해당 차량이 요청하는 충전 전력, 시간 별 전력수요, 대기열에서 대기 중인 차량 수, 남은 대기 시간을 포함하는 스케줄링 조건에 따라 전기차 충전 스케줄링을 수행한다.

[0037] 단계(230)에서, 저장된 에너지의 사용 시점 여부 및 에너지 공급원으로부터의 에너지의 추가 저장 여부를 에너지 관리부를 통해 결정하고 에너지의 저장을 관리한다.

[0038] 본 발명의 실시예에 따르면 에너지 관리부를 통해 미리 정해진 시간마다 에너지 저장소에 남아있는 에너지의 양을 정의한다. 또한, 에너지 저장소의 과잉충전을 방지하기 위해 저장된 에너지의 사용 시점 여부 및 전력망으로부터 전기요금을 지불하고 에너지를 공급 받거나 또는 재생에너지를 이용하여 에너지를 공급 받는 방법을 통한 에너지 공급원으로부터의 에너지의 추가 저장 여부를 결정하고 에너지의 저장을 관리한다.

[0039] 제안하는 본 발명의 일 실시예에 따른 전기차 충전소의 과금, 충전 스케줄링, 재생에너지 관리 통합 최적화 방법을 통해 동시에 제어하는 요소는 서로 영향을 미치는 관계에 있기 때문에 쉽게 결정하기 어려움에도 불구하고, 낮은 복잡도를 가지면서 각 제어요소를 독립적으로 결정할 수 있는 EVCSMEVCSM (Electric Vehicle Charging Station Management) 알고리즘을 제시한다.

[0040] 본 발명의 실시예에 따르면, EVCSM은 시간대에 따라 예측할 수 없는 전력망 전기에너지 비용 변화, 다양한 전기차 유형 별 배터리 충전 수요 변화, 재생에너지 획득 량의 변화에도 상시 맞춤형으로 동작할 수 있다. 이러한 EVCSM은 수학적으로도 충전소의 최대 수익을 달성할 수 있음을 증명할 수 있다. 또한, 드롭핑 없이 대기열에 있는 모든 사용자에게 약속한 최대 대기 시간을 보장할 수 있으며, 에너지 저장소가 과잉 충전되지 않도록 보장할 수 있다. 도 3을 참조하여 본 발명의 실시예에 따른 전기차 충전소 관리 통합 최적화 과정을 더욱 상세히 설명한다.

[0042] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 전기차 충전소 관리 통합 최적화 과정을 설명하기 위한 도면이다.

[0043] 본 발명의 실시예에 따른 제1 유형 차량(Type-1 EV)과 제2 유형 차량(Type-M EV)에 대한 전기차 충전소 관리 통합 최적화 과정을 예시로서 설명한다.

[0044] 제안하는 전기차 충전소 관리 통합 최적화 과정은, 먼저 과금 관리(310)를 위해 분 단위의 시간 인덱스를 $t \in \{0, 1, \dots\}$ 로 정의한다. 전기차의 유형의 집합은 M 으로 정의하고, 각각의 유형 $m \in M$ 은 차량의 유형(예를 들어, 승용차, 트럭, 버스 등)과 요구하는 충전 에너지양에 따라 분류될 수 있다. 이때, ω_m 의 전력으로 τ_m 시간만큼의 배터리 충전을 필요로 한다. 매 시간 t 마다 유형 m 차량 $a_m(t)$ 대가 충전소를 지나갈 수 있다. 이때 충전소가 제시한 충전 요금 $p_m(t)$ 에 대하여 각 차주는 충전 필요 정도, 요금에 대한 민감도에 따라 충전 여부를 정하게 된다.

[0045] $a_m(t)$ 대 차량 중 충전을 위해 충전소에 들어오는 최종 차량의 수는 $n_m(t)$ 가 되며, 이는 대표 모델(representative model)에 기반하여 아래와 같이 나타낼 수 있고, 충전 요금이 비싸질수록 적은 수의 차량이 들어오게 된다.

$$\max_{n_m(t)} U_{m,t}(n_m(t)) - n_m(t)p_m(t)$$

$$\text{subject to } n_m(t) \in [0, a_m(t)] \quad \forall m \in \mathcal{M}$$

이후, 매 시간 t 마다 충전소는 각 유형 m 차량에 대한 충전 요금을 $p_m(t)$ 로 책정한다.

다음으로, 충전소로 들어온 유형 m 차량은 먼저 대기 열에 들어가게 되며, 스케줄 관리(320) 과정에서 대기열에 있는 차량의 충전 요청 총량은 $Q_m(t)$ 로 정의한다. 해당 충전소는 대기열에 들어온 차량에게 너무 긴 시간을 기다리게 하지 않기 위하여 차량이 들어온 시점으로부터 l_m 이라는 대기 시간 내에 충전 완료를 보장해야 한다. 만약 보장된 대기 시간을 넘기게 될 경우 이는 계약 위반으로 판단하고, 해당 차량에 대해 q_m 의 충전 요금보다 훨씬 큰 위약금을 지불해야 한다. 따라서 충전소 사업자는 위약금을 지불하지 않기 위해 모든 고객의 대기 시간을 l_m 이하로 보장하기 위해 노력해야 한다.

하지만 상황이 여의치 않은 경우, 대기 중인 차량 중 $d_m(t)$ 대를 드롭시킬 수 있으며 위약금을 지불할 수 있다. 예를 들어, 충전소는 총 S 대의 배터리 충전 기를 보유하고 있으며, 개인적으로 에너지를 관리할 수 있는 에너지 저장소를 보유할 수 있다. 매 시간 t 마다 충전소 사업자는 유형 m 차량 중 몇 대를 새롭게 충전할지 결정하며, 이를 $s_m(t)$ 로 정의한다. 하지만, 한번 충전을 시작한 유형 m 차량은 충전이 완료되기까지 τ_m 시간이 소요되며 해당 충전기를 계속 점유해야 한다. 따라서 시간 t 에 새롭게 충전한 차량 말고도, 이전에 충전을 시작하여 아직 충전이 끝나지 않은 차량이 $s_m(t^-)$ 대 존재한다. 현재 충전 중에 있는 차량의 총 대수는 충전기의 대수 S 를 넘을 수 없다. 결론적으로, $Q_m(t)$ 의 동적(dynamics) 식은 아래와 같이 나타낼 수 있다.

$$Q_m(t+1) = [Q_m(t) - s_m(t) - s_m(t^-) - \tau_m d_m(t) + \tau_m n_m(t)]^+$$

다음으로, 에너지 관리(330)과정에서 매 시간 t 에 에너지 저장소에 남아있는 에너지량은 $E(t)$ 로 정의된다. 에너지 저장소는 최대 충전 용량인 $E^{\max}$ 이상으로는 충전이 불가능하다.

본 발명의 실시예에 따른 에너지 저장소에 충전하는 에너지 공급원은 두 가지로, 하나는 전력망으로부터 판매 가격에 따른 전기요금을 지불하고 에너지를 구매하여 저장하는 방법과 재생에너지(예를 들어, 태양광, 풍력 발전 등)를 저장하는 방법이 있다. 매 시간 t 마다 생산되는 재생에너지의 양은 $r(t)$ 이며, 에너지 저장소로부터 충전을 위해 소비되는 에너지의 양은 $e(t)$ 이다. 참고로, $e(t)$ 는 양수와 음수를 모두 가질 수 있으며, 양수 가질 때에는 에너지 저장소에 저장된 에너지를 사용하여 충전기를 가동 에너지로 사용되는 것을 의미하고, 음수를 가질 때에는 전력망으로부터 에너지를 공급 받아 에너지 저장소에 저장을 한다는 것을 의미한다. 전력망으로부터 공급되는 전기의 단위요금은 전력수요 피크치에 따라 바뀌며, 시간 t 의 전기요금은 $c(t)$ 로 정의된다. 결론적으로, $E(t)$ 의 동적(dynamics) 식은 아래와 같이 나타낼 수 있다.

$$E(t+1) = [E(t) - e(t) + r(t)]^+$$

이와 같이 제안하는 전기차 충전소의 과금, 충전 스케줄링, 재생에너지 관리 통합 최적화 방법을 통해 전기차 충전소의 장기 수익을 최대화하고자 한다. 이를 위해, 매 시간 t 에 충전소가 벌어들이는 단기 수익은 $h(t)$ 로 정의되며, 아래와 같이 나타낼 수 있다.

$$h(t) = \underbrace{\sum_{m \in \mathcal{M}} n_m(t)p_m(t)}_{\text{고객의 충전 요금 수입}} - \underbrace{\sum_{m \in \mathcal{M}} d_m(t)q_m}_{\text{위약금 지불}} - \underbrace{\left[\sum_{m \in \mathcal{M}} \omega_m (s_m(t) + s_m(t^-)) - e(t) \right] c(t)}_{\text{차량 충전기가 전력망에서 쓴 에너지 사용료 지불}}$$

[0055]

[0056] 즉, 전기차 충전소의 장기 수익을 최대화하는 문제는 아래와 같이 나타낼 수 있으며 $(\mathbf{p}, \mathbf{s}, \mathbf{d}, \mathbf{e})$ 는 모든 시간에 대한 과금 정책, 충전 스케줄링, 드롭핑, 에너지 저장소 관리 결정을 의미한다.

$$\max_{(\mathbf{p}, \mathbf{s}, \mathbf{d}, \mathbf{e})} \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \sum_{t=0}^{T-1} \mathbb{E}[h(t)]$$

[0057]

[0058] 앞서 설명된 바와 같이, $(\mathbf{p}, \mathbf{s}, \mathbf{d}, \mathbf{e})$ 는 서로가 서로에게 영향을 미칠 수밖에 없는 관계에 있고, 시간 t 에 따라, 전기차 유형 별 손님의 유입, 재생에너지의 생산량, 전력망의 전기에너지 요금이 변화할 뿐만 아니라 미래의 값을 예측하기 어렵기 때문에 정의하기가 어렵다. 이를 해결하기 위하여 확률적 최적화(stochastic optimization) 기법 중 하나인 리아프노프 최적화(Lyapunov optimization) 기법을 활용하여 주어진 문제를 푸는 알고리즘을 유도한다. 또한, 대기 고객의 최대 대기 시간 l_m 을 보장해 주기 위하여 유형 m 차량에 대해 가상의 큐 $Z_m(t)$ 를 아래와 같은 동적(dynamics) 식을 갖도록 정의한다.

$$Z_m(t+1) = [Z_m(t) + \mathbf{1}_{Q_m(t)>0} (\epsilon_m - s_m(t) - s_m(t^-)) - \tau_m d_m(t) - \mathbf{1}_{Q_m(t)=0} S]^+$$

[0059]

[0060] 여기서 ϵ_m 은 설정 가능한 양수의 값이며, 최대 대기 시간 l_m 을 보장해 주기 위해서 적절한 값이 설정되어야 한다. 도 4를 참조하여, 본 발명의 실시예에 따른 EVCSM 알고리즘에 대하여 더욱 상세히 설명한다.

[0062]

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 EVCSM 알고리즘을 나타내는 도면이다.

[0063]

도 4를 참조하면, 양수의 트레이드-오프(trade-off) 파라미터 V 와 에너지 저장소 오프셋 λ 를 세팅한다. 리아프노프 최적화 기법 적용을 통하여 최종 알고리즘은 과금 정책, 충전 스케줄링, 드롭핑, 에너지 저장소 관리에 대하여 독립적으로 구현이 가능하다는 점에서 실현 가능성이 높다.

[0064]

과금 $\mathbf{p}(t)$ 결정에 있어서, 시간 t 에 유형 m 차량에 대한 가격 정책은 아래와 같이 나타낼 수 있다:

$$\min_{p_m(t) \leq \min(p_m^0(t), p_m^{\max})} (\dot{U}_{m,t})^{-1} (p_m(t)) [\tau_m Q_m(t) - V p_m(t)] \quad (\text{eq. 1})$$

[0065]

[0066]

충전소 사업자는 충전 요금을 너무 낮게 책정하면 많은 고객이 유입되어도 수익이 낮다. 반대로 요금을 너무 높게 책정하면 너무 적은 고객이 유입되어 다시 수익이 낮아진다. 따라서 위의 수익은 충전 요금도 어느 정도 높으면서 많은 고객이 유입될 수 있는 과금을 찾는 것이다. 하지만, 이에 더불어 너무 많은 고객이 유입되어 대기열이 길어지게 되면 최대 대기 시간 l_m 을 보장할 수 없기 때문에 이를 함께 고려하기 위한 $Q_m(t)$ 가 반영되어 있다.

[0067]

다음으로, 충전 스케줄링 $\mathbf{s}(t)$ 결정에 있어서, 시간 t 에 유형 m 에 대해 새롭게 충전되는 차량의 대수는 아래와 같이 결정한다. 먼저 총 M 유형 중 충전의 후보 대상 유형 집합을 아래와 같이 추출한다.

$$\mathcal{M}_1(t) = \{m \in \mathcal{M} | V \omega_m c(t) - (Q_m(t) + Z_m(t)) < 0\} \quad (\text{eq. 2})$$

[0068]

[0069]

위의 식을 해석하면, 낮은 충전 전력 ω_m 을 요구하는 유형일수록, 대기열이 긴 유형일수록, 대기 시간 l_m 에 임박한 차량 $Z_m(t)$ 이 많을수록 해당 유형이 충전 후보에 들어가게 되며, 전력망 전기요금 $c(t)$ 가 저렴한 시간대일수록 더 많은 유형이 후보 대상에 들어가게 된다. 하지만 현재 잔여 충전기 대수보다 많은 차량을 새롭게 충

전하는 것은 불가능하기 때문에 $\mathcal{M}_1(t)$ 에 존재하는 차량 유형 중에 $V\omega_m c(t) - (Q_m(t) + Z_m(t))$ 값이 작은 순서대로 잔여 충전기를 할당한다. 따라서 전력수요 피크 시간대에는 전기요금이 비싸기 때문에 충전 스케줄링을 소극적으로 하고, 피크 시간대가 아닌 경우에는 모든 충전기를 최대한 활용하게 됨으로써 차량의 충전 수요를 여러 시간대로 분산시킬 수 있게 된다.

[0070] 다음으로,

[0071] 드로핑 $\mathbf{d}(t)$ 결정에 있어서, 시간 t 에 유형 m 에 대해 드롭되는 차량의 대수는 아래와 같이 결정한다.

$$d_m(t) = \begin{cases} d_m^{\max}, & \text{if } \frac{Vq_m}{\tau_m} < Q_m(t) + Z_m(t) \\ 0, & \text{otherwise.} \end{cases} \quad (\text{eq. 3})$$

[0073] 위의 식을 해석해보자면, 유형 m 의 차량을 1대 드롭시켰을 때 발생하는 충전 시간당 위약금인 q_m/τ_m 에 비해 대기열의 길이 $Q_m(t)$ 가 너무 길거나, 대기 시간 l_m 에 임박한 차량 $Z_m(t)$ 이 많을수록 더 많은 차량을 드롭하게 된다. 하지만, 대기열의 차량을 드롭하는 것은 많은 위약금을 발생시키기 때문에 충전소 사업자에게는 매우 불리한 결정이다. 따라서 모든 시간에 대하여 사업자가 드롭을 발생시키지 않을 수 있는 조건, 다시 말해 모든 시간 t 와 유형 m 차량에 대해서 $d_m(t) = 0$ 를 달성하는 조건을 찾는 것이 중요하다.

[0074] 다음으로, 에너지 저장소 관리 $e(t)$ 결정에 있어서, 시간 t 에 에너지 저장소의 에너지 사용/충전은 아래와 같이 결정한다.

$$e(t) = \begin{cases} e^{\max}, & \text{if } Vc(t) > \lambda - E(t) \\ e^{\min}, & \text{otherwise.} \end{cases} \quad (\text{eq. 4})$$

[0076] 위의 식을 해석하면, 시간 t 에 전력망의 전기요금 $c(t)$ 가 낮고, 에너지 저장소에 충전된 용량이 오프셋 λ 보다 낮은 경우에는 전력망으로부터 요금을 지불하고 에너지 저장소를 충전한다. 반대로, 전기요금이 높고, 에너지 저장소에 충전된 용량이 충분히 큰 경우에는, 저장소 에너지를 방전하여 전기차 배터리를 충전하기 위한 전력으로 사용된다. 하지만, 오프셋 λ 를 어떻게 설정하느냐에 따라 에너지 저장소를 너무 공격적으로 사용할 수도 있고, 보수적으로 사용할 수도 있다. 따라서 저장소의 과잉충전을 피할 수 있는 적당한 λ 값을 찾는 것이 중요하다.

[0077] 제안한 EVCSM 알고리즘의 심층분석을 진행한 결과를 정리하면 아래와 같다. 본 발명의 실시예에 따른 트레이드-오프(trade-off) 파라미터 V 값과 ϵ_m 값에 대하여 보장할 수 있는 최대 보장 대기 시간 l_m 은 아래와 같다. 각 유형 m 차량에 대하여, $l_m = \lceil (Q_m^{\max} + Z_m^{\max})/\epsilon_m \rceil$ 이며 이때 $Q_m^{\max} = (Vp_m^{\max}/\tau_m) + \tau_m a_m^{\max}$, $Z_m^{\max} = (Vq_m/\tau_m) + \epsilon_m$ 이다. 즉, V 와 ϵ_m 의 설정을 통하여 각 유형 m 차량에 대해 원하는 최대 대기 시간을 보장해줄 수 있다.

[0078] 본 발명의 실시예에 따르면, 전기차 충전소가 대기열에 있는 차량 중 한 대도 드롭시키지 않기 위한 조건은 아래와 같이 나타낼 수 있다.

- i) $S \geq (\sum_{m' \in \mathcal{M}} \tau_{m'}) (\tau^{\max} a^{\max} + \epsilon^{\max})$;
- ii) $\tau_{m_1} = \tau_{m_2}, \forall m_1, m_2 \in \mathcal{M}$;
- iii) $V(q_m/\tau_m) \geq V\omega^{\max} c^{\max} + (\sum_{m' \in \mathcal{M}} \tau_{m'}) (\tau^{\max} a^{\max} + \epsilon^{\max}), \forall m \in \mathcal{M}$;

[0080] 위의 조건을 간략하게 정리하자면 i) 최소 충전기 대수 S , ii) 유형별 필요 충전 시간 τ_m , iii) 최소 위약금 금액 q_m 에 대한 조건이다.

[0081] 전기차 충전소가 에너지 저장소를 과잉충전하지 않기 위한 λ 와 V 의 조건은 아래와 같다.

[0082] i) $\lambda = Vc^{\max} + e^{\max}$;
ii) $0 \leq V \leq ((E^{\max} - r^{\max} - e^{\max} + e^{\min}) / (c^{\max} - c^{\min}))$.

[0083] 위의 조건을 간략하게 해석하자면, i) 에너지 저장소 오프셋 λ 는 전력망의 최대 전기요금, 저장소의 최대 충전 용량만을 이용해서 설정이 가능하며, ii) V 값을 일정 이하로 설정함으로써 아무리 전력망 전기요금이 저렴하더라도 저장소 과잉충전을 하지 않도록 만들 수 있다.

[0084] 제안하는 EVCSM 알고리즘을 통해 전기차 충전소를 통해 얻을 수 있는 시간 평균 수익은 아래와 같이 나타낼 수 있다.

[0085]
$$\lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \sum_{t=0}^{T-1} \mathbb{E}[h(t)] \geq h^{\frac{(1+\delta)T_f}{T_f - \tau^{\max}}} - \frac{B}{V} - D$$

[0086] 오른쪽 항의 h 텀은 미래에 대한 모든 차량의 정보, 전기요금 정보, 재생에너지 생산량을 알고 있다고 가정했을 때 얻을 수 있는 최대 수익이다. 결론적으로 제안하는 알고리즘은 최적의 오프라인 알고리즘에 대비하여 일정한 최적 간격(constant optimality gap)을 가짐을 증명할 수 있다.

[0088] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 EVCSM 알고리즘 분석 결과를 나타내는 그래프이다.

[0089] 도 5를 참조하면, 트레이드-오프(trade-off) 파라미터 V 따른 최적 수익(510)을 도시하였다. 최종적으로 제안한 EVCSM 알고리즘의 특성을 하나의 그림으로 요약하자면 아래와 같다. 그래프의 X축에 해당하는 트레이드-오프(trade-off) 파라미터 V 를 앞서 얻은 분석 결과를 통해 잘 조율한다면, EVCSM 알고리즘의 하한 경계(520)를 만족하고, 모든 대기열 차량의 최대 대기시간을 보장해줄 수 있으며, 도 5에 대기 시간 보장의 위스트 케이스 영역(560)을 도시하였다. 또한, 대기열 차량의 드롭을 전혀 발생시키지 않으며(550), 에너지 저장소의 과잉충전 문제를 피할 수 있다(540). 또한, 충전소의 최대 수익에 거의 근접하게 도달할 수 있으며, 이는 도 5의 가용 영역(feasible region)(530)으로 표시된 구간에 해당한다.

[0091] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 EVCSM 알고리즘과 종래기술을 비교한 결과를 나타내는 그래프이다.

[0092] 제안한 EVCSM 알고리즘의 실제 성능을 검증하기 위하여, 실제 데이터셋 및 트레이스 기반의 시뮬레이션을 수행하였다. 전기차의 배터리 모델은 상용 제품 데이터를 활용하고, 시간에 따라 변화하는 전력망 전기요금은 특정 지역의 5분 단위의 변화 데이터를 활용하였으며, 시간에 따라 생산되는 재생에너지 양은 20일 분량의 태양광 에너지 발전 데이터를 활용하였다. 총 100대의 전기차 배터리 충전기를 비치한 충전소를 시뮬레이션한 결과는 도 6과 같다.

[0093] 도 6의 곡선(610)은 제안한 EVCSM 알고리즘의 충전소 수익을 나타낸다. 비교 대상인 곡선(620)은 기존에 흔히 사용하는 이산화 기반의 고정 요금제를 적용한 경우, 곡선(630)은 에너지 저장소를 따로 제어하지 않고 저장된 에너지를 그대로 충전에 사용하는 경우, 곡선(640)은 전기차 충전을 라운드-로빈(round-robin) 기반으로 스케줄링하는 보편적인 케이스이다. 시뮬레이션 결과 EVCSM 알고리즘은 기존의 정적인 방식의 세 가지 기존 알고리즘과 비교하여 최소 6.3%, 최대 11%의 추가 수익을 달성할 수 있음을 확인하였다.

[0095] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 시간대에 따른 수익 그래프이다.

[0096] 도 7은 5분 단위로 매 시간에 따른 충전소 사업자의 충전 요금 수입(720), 전력망 에너지 사용비용 지출(730), 위약금 지출(740), 최종 수익(710)을 나타낸다. 제안하는 EVCSM 알고리즘은 시간대에 따라 변화하는 전기차 충전 수요량, 전력수요 피크치, 재생에너지의 에너지 생산량에 적응적으로 최선의 정책을 내림으로써 피크 시간대의 전력수요를 다른 시간대로 자연스럽게 이동 시키기 때문에 추가적인 수익이 창출될 수 있는 것이다

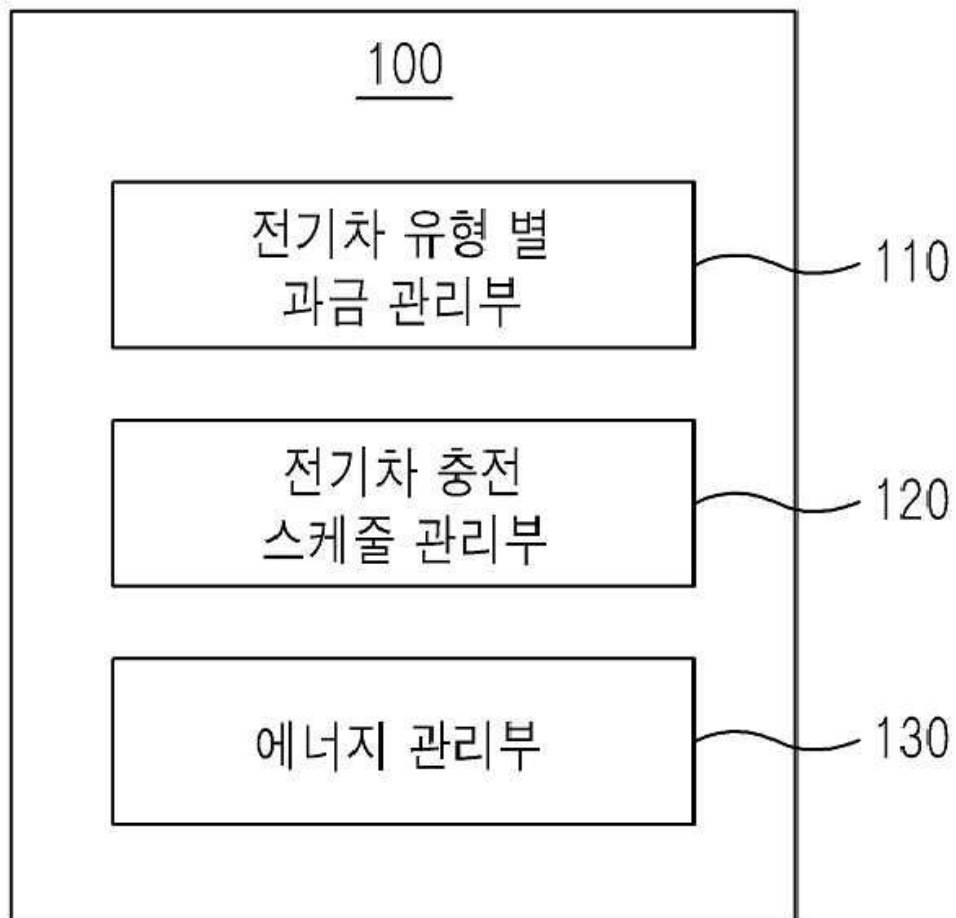
- [0097] 본 발명의 실시예에 따른 전기차 충전소의 과금, 충전 스케줄링, 재생에너지 관리 통합 최적화 방법 및 장치는 향후 주유소를 완전히 대체할 것으로 기대되는 전기차 충전소의 사업 수익을 최대화하기 위한 운영 기법을 제시하였으며, 단순히 이론에서 벗어나 다양한 전기차의 충전 수요패턴, 고객의 최대 보장 대기 시간, 재생에너지의 생산 패턴 등을 모두 고려한 실제 전기차 충전 인프라 환경에서 현실적으로 구현이 가능하면서도 높은 만족도를 달성할 수 있는 EVCSM 알고리즘을 제시하였다. 향후, 전기차와 전기차 충전소의 보급률이 더욱 높아 질수록 본 발명은 전기차 시장에서 핵심 솔루션이 될 수 있을 것이다.
- [0098] 본 발명의 실시예에 따르면, 전기차 충전 시장에 요금을 분 단위로 제어할 수 있는 기능, 재생에너지 사용량을 제어할 수 있는 기능, 전력망의 전기요금을 확인할 수 있는 기능만 있다면 다른 새로운 하드웨어 장치의 추가 없이도 기존 환경에서 쉽게 구현 가능하다. 따라서 본 발명을 적용하기 위해 발생하는 추가비용이 거의 존재하지 않는다는 점에서 우수성을 가진다.
- [0099] 또한, 본 발명의 실시예에 따르면, 전기차 충전소의 수익을 최대화하면서도 전력수요 피크 시간대에는 충전 요금을 높여 충전 차량의 유입을 제한하고 재생에너지의 사용률을 높여 전력망 사용량을 최소화하고, 피크 시간대가 아닐 때에는 충전 요금을 낮추어 충전 차량의 유입을 활성화하고 재생에너지의 사용을 줄여 전력망을 적극적으로 사용함으로써 전기에너지 사용을 줄일 수 있다는 점에서 친환경성, 경제적 우수성을 가진다.
- [0100] 본 발명에서 제어하는 세 가지 요소는 매우 밀접하게 연관되어있기 때문에 현재 주어진 상황을 고려하여 복합적으로 결정되어야 한다. 예를 들어, 전기차 충전소의 과금 정책에 따라 전기차 유형 별 충전 요청 건수가 바뀌게 되며, 이에 따라 충전 스케줄링을 결정하는데 영향을 미치게 된다. 또한, 충전 스케줄링의 결과에 따라서 충전하는 차량의 대수와 충전 전기차 유형(예를 들어, 배터리 모델)이 바뀌기 때문에 전기에너지 사용량이 달라지게 되며 이는 곧 재생에너지 사용 결정에도 영향을 주게 된다. 이러한 상황을 일반적으로 tightly-coupled라고 부르며 각 제어요소를 독립적으로 제어하는 것이 아니라 함께 복합적으로 제어해야 하는 문제를 다루고 있다. 그럼에도 불구하고, 본 발명에서 제안하는 제어 알고리즘은 각 제어요소를 독립적으로 제어할 수 있으면서도 궁극적으로 전기차 충전소의 수익을 최대화할 수 있다는 점에서 기술적 우수성을 갖는다.
- [0101] 종래기술에서는 굉장히 단순한 형태로 제시되는 경우가 많다. 예를 들어, 전력수요 시간대를 3단계로 나누어 고정된 과금 정책을 제시하건, 재생에너지를 전력수요 피크 시간대에는 무조건 최대 사용, 피크 시간대가 아닌 경우는 무조건 최대 충전을 하거나, 또는 충전 대기 손님이 있는 경우, 언제까지 기다려야 하는지도 모르는 채로 무한정 기다려야 하는 시스템 등이 있다. 하지만, 본 발명에서는 기존의 이산화된 형태의 단순한 제어 기법을 벗어나 연속 도메인에서의 더 높은 자유도의 제어를 함으로써 목표성능을 더욱 높일 수 있다. 또한, 시간에 따라 변화하는 다양한 환경요인에 따라 적응적으로 제어함으로써 정적인 제어 알고리즘에 비하여 더 높은 수익 효과를 기대할 수 있다.
- [0103] 이상에서 설명된 장치는 하드웨어 구성요소, 소프트웨어 구성요소, 및/또는 하드웨어 구성요소 및 소프트웨어 구성요소의 조합으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 실시예들에서 설명된 장치 및 구성요소는, 예를 들어, 프로세서, 콘트롤러, ALU(arithmetic logic unit), 디지털 신호 프로세서(digital signal processor), 마이크로컴퓨터, FPA(field programmable array), PLU(programmable logic unit), 마이크로프로세서, 또는 명령(instruction)을 실행하고 응답할 수 있는 다른 어떠한 장치와 같이, 하나 이상의 범용 컴퓨터 또는 특수 목적 컴퓨터를 이용하여 구현될 수 있다. 처리 장치는 운영 체제(OS) 및 상기 운영 체제 상에서 수행되는 하나 이상의 소프트웨어 애플리케이션을 수행할 수 있다. 또한, 처리 장치는 소프트웨어의 실행에 응답하여, 데이터를 접근, 저장, 조작, 처리 및 생성할 수도 있다. 이해의 편의를 위하여, 처리 장치는 하나가 사용되는 것으로 설명된 경우도 있지만, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는, 처리 장치가 복수 개의 처리 요소(processing element) 및/또는 복수 유형의 처리 요소를 포함할 수 있음을 알 수 있다. 예를 들어, 처리 장치는 복수 개의 프로세서 또는 하나의 프로세서 및 하나의 콘트롤러를 포함할 수 있다. 또한, 병렬 프로세서(parallel processor)와 같은, 다른 처리 구성(processing configuration)도 가능하다.
- [0104] 소프트웨어는 컴퓨터 프로그램(computer program), 코드(code), 명령(instruction), 또는 이들 중 하나 이상의 조합을 포함할 수 있으며, 원하는 대로 동작하도록 처리 장치를 구성하거나 독립적으로 또는 결합적으로(collectively) 처리 장치를 명령할 수 있다. 소프트웨어 및/또는 데이터는, 처리 장치에 의하여 해석되거나 처리 장치에 명령 또는 데이터를 제공하기 위하여, 어떤 유형의 기계, 구성요소(component), 물리적 장치, 가상장치(virtual equipment), 컴퓨터 저장 매체 또는 장치에 구체화(embodiment)될 수 있다. 소프트웨어는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어서, 분산된 방법으로 저장되거나 실행될 수도 있다. 소프트웨어 및 데이

터는 하나 이상의 컴퓨터 판독 가능 기록 매체에 저장될 수 있다.

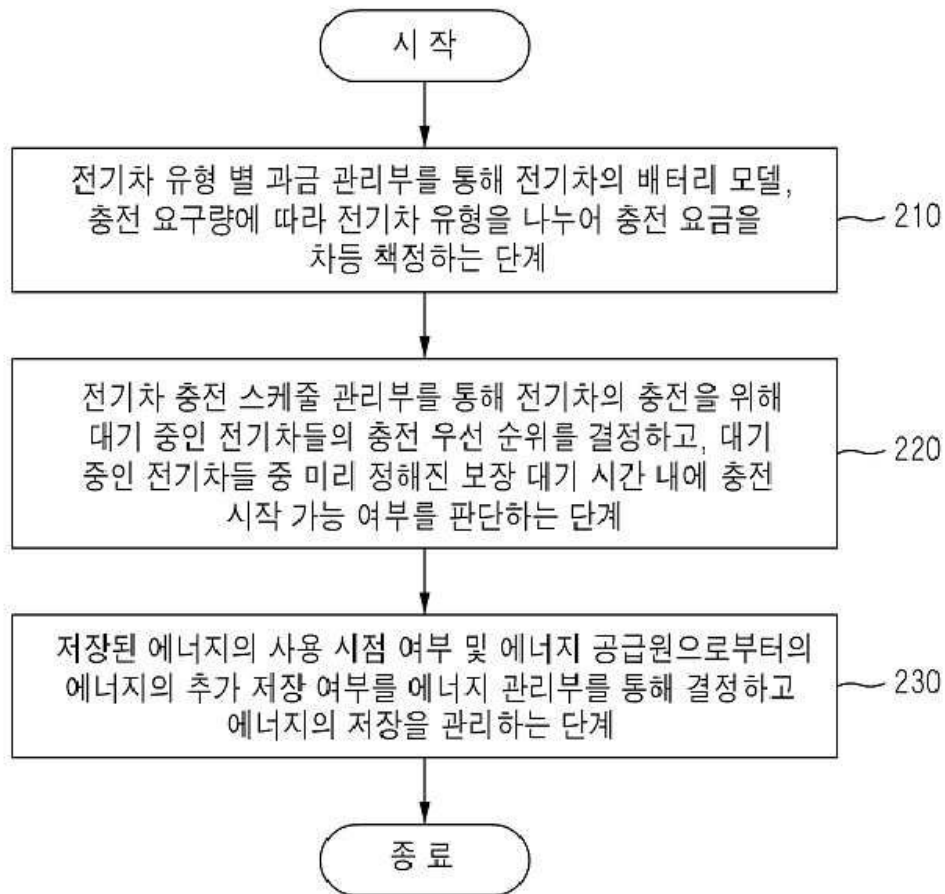
- [0105] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다.
- [0106] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.
- [0107] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

도면

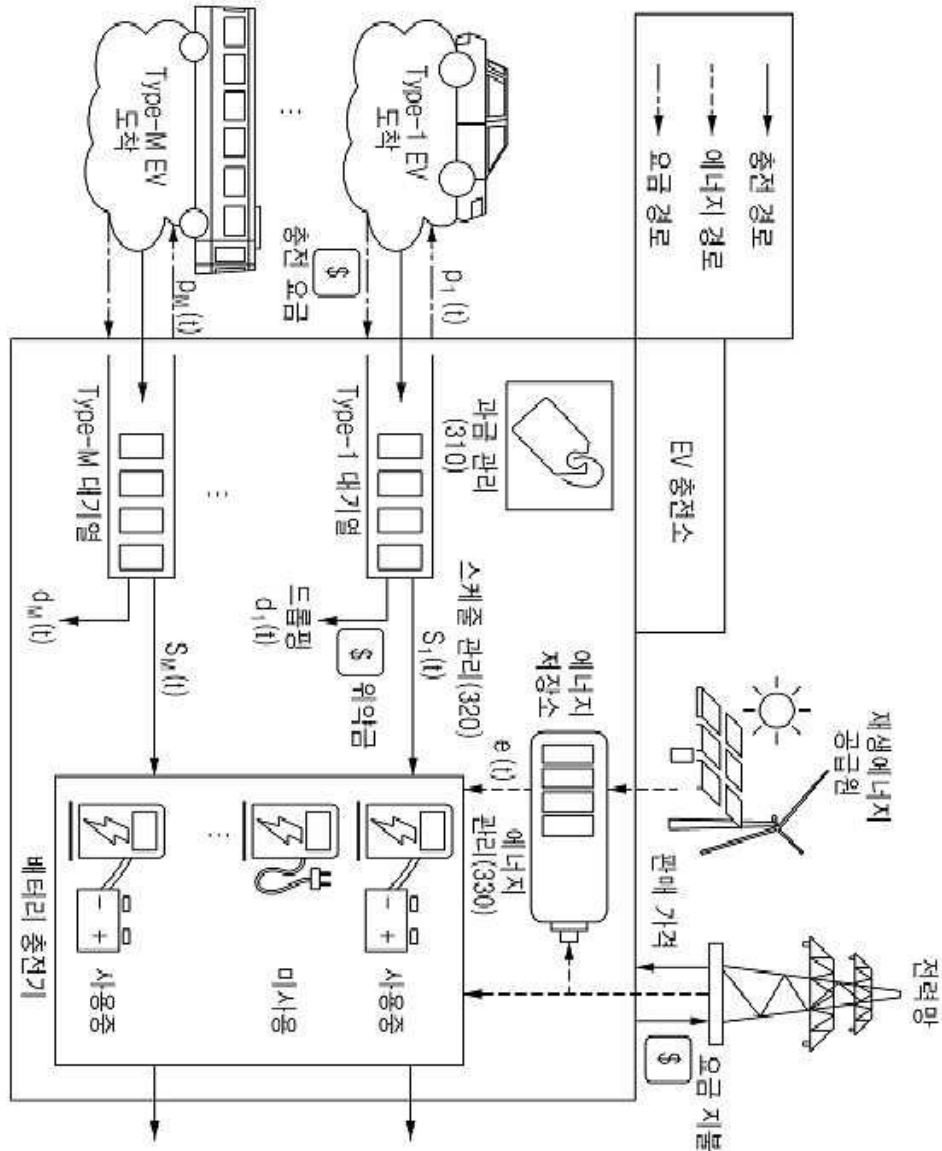
도면1



도면2



도면3



도면4

Electric Vehicle Charging Station Management (EVCSM) algorithm

Every time slot t ,

Input (fixed): $S, V, \lambda, e^{\min}, e^{\max},$

$\tau_m, \omega_m, \epsilon_m, q_m, p_m^{\max}, d_m^{\max}, \forall m \in \mathcal{M}.$

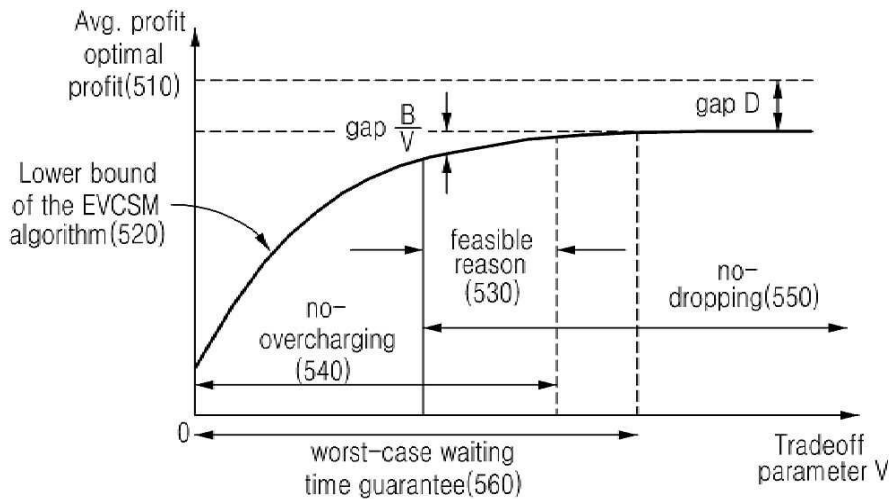
Input (varying): $E(t), c(t), r(t), Q_m(t), Z_m(t), a_m(t),$
 $s_m(t^-), U_{m,t}(\cdot), \forall m \in \mathcal{M}.$

Output: $p(t), s(t), d(t), e(t).$

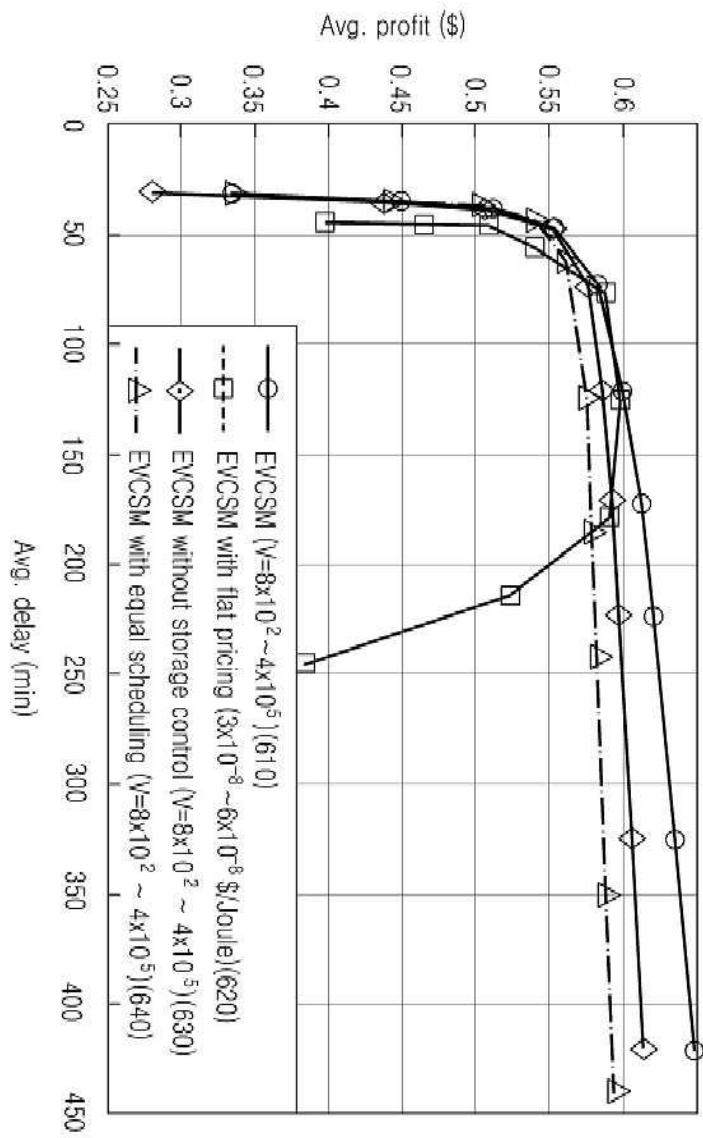
- 1: **for** each vehicle-type $m \in \mathcal{M}$,
- 2: Select the price for charging type- m vehicle, $p_m(t)$ by solving (eq. 1).
- 3: Schedule type- m vehicles, $s_m(t)$ by following (eq. 2).
- 4: Drop type- m vehicles, $d_m(t)$ by following (eq. 3).
- 5: **end for**
- 6: Manage the energy storage, $e(t)$ by following (eq. 4).

Update the queues $Q_m(t), Z_m(t), E(t)$

도면5



도면6



도면7

