



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 공개특허공보(A)**

(11) 공개번호 10-2019-0012552  
 (43) 공개일자 2019년02월11일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*B60L 50/50* (2019.01) *H02J 50/00* (2016.01)  
 (52) CPC특허분류  
*B60L 53/665* (2019.02)  
*B60L 53/12* (2019.02)  
 (21) 출원번호 10-2017-0095690  
 (22) 출원일자 2017년07월27일  
 심사청구일자 2017년07월27일

(71) 출원인  
**한국과학기술원**  
 대전광역시 유성구 대학로 291(구성동)  
 (72) 발명자  
**장영재**  
 대전광역시 유성구 대학로 291  
**정승민**  
 대전광역시 유성구 대학로 291  
 (74) 대리인  
**이철희**

전체 청구항 수 : 총 11 항

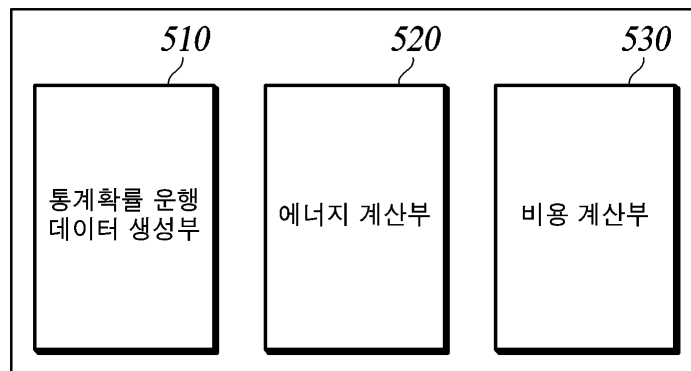
(54) 발명의 명칭 **무선충전 전기차량 최적 운행정보 결정방법 및 장치**

**(57) 요약**

본 발명에 따르면, 설정된 경로를 따라 운행되는 무선충전 전기차량의 최적 운행을 위한 설계변수를 결정하고, 무선충전 인프라구조의 설치 비용 또는 배터리 비용 등을 최소화할 수 있도록 하는 무선충전 전기차량의 최적 운행정보 결정방법 및 장치를 제공한다.

**대표도** - 도5

**500**



(52) CPC특허분류

*H02J 50/00* (2016.02)

*B60Y 2200/91* (2013.01)

*Y02T 90/122* (2013.01)

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

기 설정된 경로를 따라 운행되는 전기차량의 실제 운행 데이터를 수집하여 유효한 통계확률적(stochastic) 운행 데이터를 추출하는 통계확률 운행 데이터 생성부;

상기 전기차량이 에너지 공급의 끊김없이 지속적으로 운행될 수 있도록 상기 전기차량의 에너지 균형 조절을 위해 상기 전기차량의 에너지 소모량 및 에너지 충전량 각각을 계산하는 에너지 소모량 계산부 및 에너지 충전량 계산부를 포함하는 에너지 계산부; 및

상기 통계확률적 운행 데이터, 상기 에너지 소모량 및 상기 에너지 충전량에 기초하여, 상기 전기차량을 운행하기 위한 전체 비용을 계산하여 최소화시키는 비용 계산부

를 포함하는 무선충전 전기차량 최적 운행정보 결정장치.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 실제 운행 데이터는,

이동 거리에 따른 운행 속도 데이터를 갖는 복수의 실제 운행 데이터를 포함하는 것을 특징으로 하는 무선충전 전기차량 최적 운행정보 결정장치.

#### 청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 통계확률 운행 데이터 생성부는,

상기 실제 운행 데이터를 수집하는 데이터 수집부;

상기 데이터 수집부에서 수집된 데이터 중, 실제 통계확률을 추출하는 데 사용될 유효 데이터를 추출하는 유효 데이터 추출부; 및

상기 유효 데이터로부터 통계확률 데이터를 계산하는 통계확률 계산부

를 포함하는 것을 특징으로 하는 무선충전 전기차량 최적 운행정보 결정장치.

#### 청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 유효 데이터 추출부는,

상기 실제 운행 데이터로부터 전이확률행렬(transition probability matrix)을 추출하는 것을 특징으로 하는 무선충전 전기차량 최적 운행정보 결정장치.

#### 청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 유효 데이터 추출부는,

상기 이동 거리에 따른 운행 속도 데이터에 기초하여, 다음 상태 지수(next state index)를 계산하고, 상기 다음 상태 지수를 구하는 데 사용된 데이터를 현재 상태 지수(current state index)로 정의하는 것을 특징으로 하는 무선충전 전기차량 최적 운행정보 결정장치.

#### 청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 에너지 계산부는,

상기 전기차량에 탑재되는 배터리의 크기, 에너지 공급 트랙의 유무 및 상기 전기차량에 에너지를 공급하기 위한 에너지 공급 트랙의 길이를 이용하여 상기 전기차량의 에너지 소모량과 에너지 충전량을 계산하는 것을 특징으로 하는 무선충전 전기차량 최적 운행정보 결정장치.

#### 청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 비용 계산부는,

상기 전기차량을 운행시키기 위한 전체 비용을 최소화시키기 위해, 보수주의 수준(conservatism level)을 고려하여 상기 전기차량의 에너지 소모량과 에너지 충전량을 계산하는 것을 특징으로 하는 무선충전 전기차량 최적 운행정보 결정장치.

#### 청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 에너지 계산부는,

상기 전기차량의 운행 불확정성을 고려하기 위해, 상기 통계확률 운행 데이터 생성부에서 생성한 통계확률적 운행 데이터를 이용하여 이동 거리에 따른 평균 에너지 소모량을 계산하는 것을 특징으로 하는 무선충전 전기차량 최적 운행정보 결정장치.

#### 청구항 9

무선충전 전기차량 최적 운행정보 결정장치를 위한 초기값을 수신하는 과정;

기 설정된 경로를 따라 운행되는 전기차량의 실제 운행 데이터를 수집하여 유효한 통계확률적 운행 데이터를 획득하는 과정;

상기 통계확률적 운행 데이터에 기초하여 상기 전기차량의 에너지 소모량 및 에너지 충전량을 계산하는 과정;

상기 에너지 소모량 및 상기 에너지 충전량에 기초하여 상기 무선충전 전기차량 최적 운행정보 결정장치를 최적화하는 과정; 및

상기 무선충전 전기차량 최적 운행정보 결정장치를 최적화한 결과를 적용하여 상기 전기차량의 무선충전을 위한 전체 비용이 최소화되었는지를 판단하는 과정

을 포함하는 무선충전 전기차량 최적 운행정보 결정방법.

#### 청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 에너지 소모량 및 에너지 충전량을 계산하는 과정은,

상기 전기차량에 탑재되는 배터리의 크기, 에너지 공급 트랙의 유무 및 상기 전기차량에 에너지를 공급하기 위한 에너지 공급 트랙의 길이를 이용하여 상기 전기차량의 에너지 소모량과 에너지 충전량을 계산하는 것을 특징으로 하는 무선충전 전기차량 최적 운행정보 결정방법.

#### 청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 전체 비용이 최소화되었는지를 판단하는 과정은,

상기 통계확률적 운행 데이터에 기초하여 이동 거리에 따른 평균 에너지 소모량을 계산하고, 상기 에너지 공급 트랙을 설치하기 위한 비용 및 상기 배터리의 비용을 고려하여 전체 비용이 최소화되었는지를 판단하는 것을 특

징으로 하는 무선충전 전기차량 최적 운행정보 결정방법.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명의 실시예들은 무선충전 전기차량 최적 운행정보 결정방법 및 장치에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 이하에 기술되는 내용은 단순히 본 발명에 따른 실시예들과 관련되는 배경 정보만을 제공할 뿐 종래기술을 구성하는 것이 아니다.

[0003] 지난 십여년 동안, 전기차량(electric vehicle) 시장은 내연기관 차량 시장의 대안으로 급격히 성장하였다. 그러나 전기차량의 짧은 주행거리, 오랜 충전시간 및 높은 가격 등의 문제점들이 전기차량의 대중화를 더디게 만들고 있다.

[0004] 이러한 전기차량의 문제점을 해결하기 위한 다양한 방안들 중 하나가 무선충전 기술(wireless charging technology)이다.

[0005] 도 1은 전기차량 무선충전 기술을 위한 시스템 구현 환경을 도시한다.

[0006] 전기차량 무선충전 기술은 에너지 공급 시스템이 전기차량과 직접적으로 접촉하지 않고도 전기 에너지를 전기차량으로 전달할 수 있도록 하는 기술이다. 전기차량으로 에너지를 전달하기 위한 무선충전 인프라 구조(wireless charging infrastructure)는 인버터(inverter)와 에너지 공급 트랙(power track)을 포함하며, 에너지 공급 트랙은 일반 도로 아래에 매설된 유도성 케이블(inductive cable)을 포함하여 형성된다. 전기차량은 무선충전 인프라 구조로부터 전기 에너지를 전달받을 수 있도록 하는 무선 에너지 수신기를 탑재하여 수신한 무선 에너지를 전기모터를 구동하고, 배터리를 충전하는데 사용한다.

[0007] 도 2a 및 도 2b는 전기차량 및 에너지 공급 트랙 각각의 에너지 전달 시스템을 도시한 도면이다.

[0008] 전기차량의 에너지 전달 시스템은 수신기, 안정기, 배터리 및 전기모터를 포함한다. 수신기는 에너지 공급 트랙으로부터의 무선 에너지를 수신한다. 안정기는 수신기가 수신한 에너지를 안정화(regulation)시키고, 안정화된 전기 에너지를 전기모터 및 배터리로 전달한다.

[0009] 에너지 공급 트랙은 외부의 에너지를 공급받아 원하는 크기와 주파수의 전기 에너지로 변환하는 인버터 및 인버터로부터 수신한 기 설정된 주파수와 크기를 갖는 전기 에너지를 무선 에너지로 변환하여 전달하는 유도성 케이블을 포함한다.

[0010] 도 3은 무선충전 전기차량과 에너지 공급 트랙을 이용한 경우의 장점을 설명하기 위한 도면이다.

[0011] 전기차량이 에너지 공급 트랙을 통해 전기 에너지를 수신할 수 있게 되면, 전기차량의 차체에 설치된 배터리의 크기를 현저히 줄일 수 있다. 전기차량은 이동 중에도 에너지 공급 트랙을 통해 전기 에너지를 공급받을 수 있으며, 충전을 위해 트랙에 멈춰서야 할 필요가 없기 때문이다.

[0012] 그러나 종래의 플러그인 전기차량 시스템과 유사하게, 무선충전 전기차량을 위한 무선충전 인프라구조를 설치하는 것은 피할 방법이 없다. 에너지 공급 트랙이 모든 도로망에 설치된다면, 모든 전기차량은 소용량 배터리 또는 배터리 없이도 운행될 수 있을 것이다. 그러나 이 경우, 무선충전 인프라구조의 초기 설치 비용이 막대하다. 반대로, 무선충전 인프라구조를 적게 설치하면, 초기 설치 비용은 절감할 수 있지만, 전기차량에 탑재되어야 하는 배터리의 크기와 비용이 증가하게 될 것이다.

[0013] 뿐만 아니라, 동일한 경로를 통해 운행되는 전기차량이라고 하더라도 신호등, 교통흐름, 운전기사의 거동 등과 같은 다양한 요인들 때문에 무선충전 인프라구조를 설치하기 위한 조건을 정확히 파악하는 것은 더욱 어렵다. 도 4는 공공 버스 시스템 영역에서 여러 회에 걸쳐 측정된 이동 거리에 따른 운행 속도를 도시한다. 전술한 신호등, 교통흐름, 운전기사의 거동 등과 같은 다양한 요인들 때문에 동일한 경로를 운행하는 전기차량이라고 하더라도 매회 운행 속도가 다른 것을 알 수 있다.

[0014] 따라서, 설정된 경로를 따라 운행되는 무선충전 전기차량의 최적 운행을 위한 설계변수를 결정할 필요가 있으며, 무선충전 인프라구조의 설치 비용 또는 배터리 비용 등을 최소화할 수 있도록 하는 방안이 필요하다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

- [0015] 본 발명의 일 실시예는 미리 설정된 경로를 따라 운행되는 무선충전 전기차량 최적 운행정보 결정방법 및 장치를 제공하는 데에 주된 목적이 있다.
- [0016] 본 발명의 일 실시예는 무선충전 전기차량 시스템을 운용하는 데 필요한 고정 비용 및 가변 비용 등을 최소화할 수 있는 방법론을 제공하는 데에 일 목적이 있다.
- [0017] 본 발명의 일 실시예는 무선충전 전기차량의 통계확률적 운행 정보를 생성하여 더욱 정확한 운행정보를 결정할 수 있도록 하는 방안을 제공하는 데에 일 목적이 있다.

**과제의 해결 수단**

- [0018] 본 발명의 일 실시예는 기 설정된 경로를 따라 운행되는 전기차량의 실제 운행 데이터를 수집하여 유효한 통계확률적(stochastic) 운행 데이터를 추출하는 통계확률 운행 데이터 생성부; 상기 전기차량이 에너지 공급의 끊김없이 지속적으로 운행될 수 있도록 상기 전기차량의 에너지 균형 조절을 위해 상기 전기차량의 에너지 소모량 및 에너지 충전량 각각을 계산하는 에너지 소모량 계산부 및 에너지 충전량 계산부를 포함하는 에너지 계산부; 및 상기 통계확률적 운행 데이터, 상기 에너지 소모량 및 상기 에너지 충전량에 기초하여, 상기 전기차량을 운행하기 위한 전체 비용을 계산하여 최소화시키는 비용 계산부를 포함하는 무선충전 전기차량 최적 운행정보 결정장치를 제공한다.
- [0019] 본 발명의 일 실시예는 무선충전 전기차량 최적 운행정보 결정장치를 위한 초기값을 수신하는 과정; 기 설정된 경로를 따라 운행되는 전기차량의 실제 운행 데이터를 수집하여 유효한 통계확률적 운행 데이터를 획득하는 과정; 상기 통계확률적 운행 데이터에 기초하여 상기 전기차량의 에너지 소모량 및 에너지 충전량을 계산하는 과정; 상기 에너지 소모량 및 상기 에너지 충전량에 기초하여 상기 무선충전 전기차량 최적 운행정보 결정장치를 최적화하는 과정; 및 상기 무선충전 전기차량 최적 운행정보 결정장치를 최적화한 결과를 적용하여 상기 전기차량의 무선충전을 위한 전체 비용이 최소화되었는지를 판단하는 과정을 포함하는 무선충전 전기차량 최적 운행정보 결정방법을 제공한다.

**발명의 효과**

- [0020] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 기 설정된 경로를 따라 운행되는 무선충전 전기차량의 최적 운행정보를 결정할 수 있도록 하는 효과가 있다.
- [0021] 본 발명의 일 실시예에 따른 다른 측면에 의하면, 무선충전 전기차량 시스템을 운용하는 데 필요한 고정 비용 및 가변 비용 등을 최소화할 수 있는 효과가 있다.
- [0022] 본 발명의 일 실시예에 따른 또 다른 측면에 의하면, 무선충전 전기차량의 자율주행을 위한 기초 자료를 제공할 수 있는 효과가 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0023] 도 1은 전기차량 무선충전 기술을 위한 시스템 구현 환경을 도시한다.
- 도 2a 및 도 2b는 전기차량 및 에너지 공급 트랙 각각의 에너지 전달 구조를 도시한 도면이다.
- 도 3은 무선충전 전기차량과 에너지 공급 트랙을 이용한 경우의 장점을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 4는 공공 버스 시스템 영역에서 여러 회에 걸쳐 측정된 이동 거리에 따른 운행 속도를 도시한다.
- 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 무선충전 전기차량 최적 운행정보 결정장치의 개념도이다.
- 도 6a 및 도 6b는 각각 본 발명의 일 실시예에 따른 무선충전 전기차량 최적 운행정보 결정장치에 포함되는 통계확률 운행 데이터 생성부와 마르코프 전이확률행렬(Markov transition probability matrix)을 도시하며, 도 6c는 기 설정된 동일한 경로를 9회 운행하였을 때 나타난 이동 시간에 따른 운행 속도 그래프를 도시한다.
- 도 7a 및 도 7b는 본 발명의 일 실시예에 따른 무선충전 전기차량 최적 운행정보 결정장치에 포함되는 에너지 계산부 및 에너지 계산을 계산하기 위해 적용한 전기차량의 에너지 추진 모델의 개념도 각각을 도시한다.

도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 무선충전 전기차량 최적 운행정보 결정장치에 포함되는 에너지 계산부에 의해 산출된 1 km의 이동 거리에 대한 에너지 소모량 분포도이다.

도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 무선충전 전기차량 최적 운행정보 결정장치에 포함되는 에너지 계산부에 의해 산출된 이동 거리에 따른 누적 에너지 소모량 그래프이다.

도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 무선충전 전기차량 최적 운행정보 결정장치를 이용하여 각 정거장 사이에서의 에너지 소모량의 범위를 추정하기 위한 모델을 도시한다.

도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 무선충전 전기차량 최적 운행정보 결정장치를 이용하여 에너지 충전량을 계산하기 위한 도면이다.

도 12는 본 발명의 일 실시예에 따른 무선충전 전기차량 최적 운행정보 결정장치를 이용하여 에너지 공급 트랙의 길이에 따른 평균 이동 중 충전 시간을 도시한 그래프이다.

도 13은 본 발명의 일 실시예에 따른 무선충전 전기차량 최적 운행정보 결정장치를 이용하여 에너지 소모량과 에너지 충전량을 산출하기 위한 모델을 도시한다.

도 14는 본 발명의 일 실시예에 따른 무선충전 전기차량 최적 운행정보 결정장치를 적용하기 위한 실제 운행되는 전기차량의 노선도를 도시한다.

도 15는 본 발명의 일 실시예에 따른 무선충전 전기차량 최적 운행정보 결정장치에 강인 설계 모델을 적용하여 구한 보수주의 수준(conservatism level)에 따른 에너지 공급 트랙 설치 비용 및 배터리 비용을 도시한 그래프이다.

도 16은 본 발명의 일 실시예에 따른 무선충전 전기차량 최적 운행정보 결정장치에 강인 설계 모델을 적용하여 구한 보수주의 수준에 따른 적합률(feasible rate) 그래프이다.

도 17은 본 발명의 일 실시예에 따른 무선충전 전기차량 최적 운행정보 결정장치에 강인 설계 모델을 적용하여 구한 보수주의 수준에 따른 배터리 충전 상태를 도시한 그래프이다.

도 18은 본 발명의 일 실시예에 따른 무선충전 전기차량 최적 운행정보 결정장치에 강인 설계 모델을 적용하여 구한 배터리 비용에 따른 배터리 크기 및 에너지 공급 트랙 비용의 변화를 도시한 그래프이다.

도 19는 본 발명의 일 실시예에 따른 무선충전 전기차량 최적 운행정보 결정장치에 강인 설계 모델을 적용하여 구한 배터리 비용에 따른 총 배터리 비용 및 에너지 공급 트랙 비용의 변화를 도시한 그래프이다.

도 20은 본 발명의 일 실시예에 따른 무선충전 전기차량 최적 운행정보 결정방법을 나타낸 흐름도이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0024] 이하, 본 발명의 실시예들을 첨부된 도면을 참조하여 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 발명의 실시예들을 설명함에 있어서 관련된 공지 구성 또는 기능에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 실시예들의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략한다.

[0025] 본 발명에 따른 실시예들의 구성요소를 설명하는 데 있어서 제 1, 제 2, i), ii), a), b) 등의 부호를 사용할 수 있다. 이러한 부호는 그 구성요소를 다른 구성요소와 구별하기 위한 것일 뿐, 그 부호에 의해 해당 구성요소의 본질 또는 차례 또는 순서 등이 한정되지 않는다. 또한, 명세서에서 어떤 부분이 어떤 구성요소를 '포함' 또는 '구비'한다고 할 때, 이는 명시적으로 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.

[0026] 이하, 첨부도면을 참조하여 본 발명의 실시예들에 따른, 무선충전 전기차량 최적 운행정보 결정방법 및 장치를 설명하면 다음과 같다.

[0027] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 무선충전 전기차량 최적 운행정보 결정장치의 개념도이다.

[0028] 본 발명의 일 실시예에 따른 무선충전 전기차량 최적 운행정보 결정장치(500)는 통계확률 운행 데이터 생성부(510), 에너지 계산부(520) 및 비용 계산부(530)를 포함한다.

- [0029] 통계확률 운행 데이터 생성부(510)는 기 설정된 경로를 따라 운행되는 전기차량의 실제 운행 데이터를 수집하여 유효한 통계확률적(stochastic) 운행 데이터를 추출한다. 전기차량이 동일한 경로를 따라 운행되더라도 신호등, 교통흐름, 날씨, 운전기사의 운전습관 등에 따라 전기차량의 이동 거리별 운행 속도는 매번 다를 수 밖에 없다. 따라서, 더욱 정확한 전기차량의 이동 거리별 운행 속도를 산출하기 위해서는 최대한 많은 실제 운행 데이터를 분석하여 정형화할수록 좋다.
- [0030] 에너지 계산부(520)는 전기차량이 에너지 공급의 끊김없이 지속적으로 운행될 수 있도록 전기차량의 시간의 변화에 따른 에너지 소모량과 에너지 충전량을 계산한다.
- [0031] 비용 계산부(530)는 통계확률 운행 데이터 생성부(510)가 생성한 통계확률적 운행 데이터 및 에너지 계산부(520)가 계산한 데이터에 기초하여 무선충전 전기차량을 운영하기 위한 전체 비용을 계산한다.
- [0032] 도 6a 및 도 6b는 각각 본 발명의 일 실시예에 따른 무선충전 전기차량 최적 운행정보 결정장치에 포함되는 통계확률 운행 데이터 생성부와 마르코프 전이확률행렬(Markov transition probability matrix)을 도시하며, 도 6c는 기 설정된 동일한 경로를 9회 운행하였을 때 나타난 이동 시간에 따른 운행 속도 그래프를 도시한다.
- [0033] 무선충전 전기차량 최적 운행정보 결정장치의 입력값으로 이용되는 실제 운행 데이터가 부족하기 때문에, 운행 불확실성을 감소시키기 위해 복합적인 방법을 이용한다. 본 발명의 일 실시예에 따른 무선충전 전기차량 최적 운행정보 결정장치에 포함되는 통계확률 운행 데이터 생성부(510)는 데이터 수집부(512), 유효 데이터 추출부(514) 및 확률 계산부(516)을 포함한다.
- [0034] 데이터 수집부(512)는 복수의 실제 운행 데이터를 외부로부터 수신한다. 무선충전 전기차량 최적 운행정보 결정장치(500)는 수신되는 실제 운행 데이터가 풍부하면 풍부할수록, 더욱 정확한 통계확률 운행 데이터를 생성할 수 있다.
- [0035] 유효 데이터 추출부(514)는 데이터 수집부(512)가 수집한 실제 운행 데이터를 전달받아, 유효 데이터만 추출한다.
- [0036] 확률 계산부(516)는 통계확률적 특성을 이용하기 위하여, 유효 데이터 추출부(514)에서 추출한 유효 데이터를 수신하여 전이확률행렬을 만든다. 전이확률행렬은 전기차량의 속도, 가속 또는 감속 상태를 포함하며, 현재 상태와 미래 상태로 표현되는 시간 정보를 포함한다. 확률 계산부(516)는 전이확률행렬에 마르코프 모델을 적용하여, 확률통계적 운행 데이터를 생성한다.
- [0037] 도 7a 및 도 7b는 본 발명의 일 실시예에 따른 무선충전 전기차량 최적 운행정보 결정장치에 포함되는 에너지 계산부 및 에너지 계산을 계산하기 위해 적용한 전기차량의 에너지 추진 모델의 개념도 각각을 도시한다.
- [0038] 본 발명의 일 실시예에 따른 무선충전 전기차량 최적 운행정보 결정장치의 에너지 계산부(520)는 에너지 소모량 계산부(522)와 에너지 충전량 계산부(524)를 포함한다.
- [0039] 에너지 소모량 계산부(522) 및 에너지 충전량 계산부(524) 각각은 통계확률 운행 데이터 생성부(510)로부터 수신한 통계확률적 운행 데이터에 전기차량에 탑재되는 배터리의 크기(용량), 에너지 공급 트랙의 유무 및 에너지 공급 트랙의 길이를 추가적으로 고려하여 각 전기차량의 에너지 소모량과 필요한 에너지 충전량을 계산한다. 여기서, 전기차량의 에너지 소모량을 계산하는 데에는 도 7b에 도시한 바와 같은 에너지 추진 모델(power propulsion model)을 사용한다.
- [0040] 에너지 추진 모델을 사용하여 전기차량의 에너지 소모량을 계산하는 데에 사용된 설계변수와 값들은 표 1과 같다.

표 1

시스템	설계변수	값	시스템	설계변수	값
전기차량	총 중량	15000 kg	모터	공칭 토크	1100 Nm
	전면부 면적	7.92 m <sup>2</sup>		공칭 속도	1800 rpm
	항력 계수	0.6	배터리	용량 (가변)	10 - 50 kWh
	구름 저항	0.02		효율	1

[0042]



- [0044] 전기차량을 이동시키는 데에 소모되는 에너지는 전기차량의 총 중량에 따라 달라진다. 또한, 공기의 저항을 고려하기 위해 차량 전면부의 면적을 계산할 필요가 있다. 항력 계수와 구름 저항 데이터를 이용하여 전기차량과 공기 사이의 저항 및 전기차량 타이어와 도로면 사이의 저항을 구할 수 있다.
- [0045] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 무선충전 전기차량 최적 운행정보 결정장치에 포함되는 에너지 계산부에 의해 산출된 1 km의 이동 거리에 대한 에너지 소모량 분포도이다.
- [0046] 전기차량이 1 km를 이동하는 데에 1.1 kWh 미만의 에너지를 소모한 경우도 존재하고, 1.3 kWh를 초과하는 에너지를 소모한 경우도 존재한다. 평균적으로는 1.2 kWh에 약간 못 미치는 에너지를 소모한 경우가 가장 많다.
- [0047] 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 무선충전 전기차량 최적 운행정보 결정장치에 포함되는 에너지 계산부에 의해 산출된 이동 거리에 따른 누적 에너지 소모량 그래프이다.
- [0048] 전기차량이 소모하는 전기 에너지의 양은 거의 거리에 비례하는 것으로 나타난다. 전기차량의 이동 거리가 0.1 km인 경우, 평균 에너지 소모량은 0.18 kWh 정도이며, 이동 거리가 1 km인 경우, 전기차량의 평균 에너지 소모량은 1.2 kWh에 약간 못 미친다.
- [0049] 도 8 및 도 9에 나타난 전기차량의 이동 거리에 따른 에너지 소모량의 분포는 표 2와 같이 나타낼 수 있다.

표 2

이동 거리 (km)	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
평균 에너지 소모량 (kWh)	0.149	0.267	0.383	0.499	0.613	0.728	0.844	0.957	1.075	1.189
최소 에너지 소모량 (kWh)	0.119	0.224	0.334	0.437	0.549	0.648	0.762	0.858	0.967	1.075
최대 에너지 소모량 (kWh)	0.208	0.329	0.485	0.584	0.713	0.856	0.984	1.097	1.248	1.349
90% 신뢰 수준 (kWh)	[0.130, 0.173]	[0.239, 0.302]	[0.349, 0.427]	[0.460, 0.547]	[0.567, 0.667]	[0.678, 0.786]	[0.787, 0.910]	[0.901, 1.027]	[1.010, 1.147]	[1.126, 1.266]
99% 신뢰 수준 (kWh)	[0.122, 0.191]	[0.229, 0.324]	[0.338, 0.455]	[0.442, 0.577]	[0.554, 0.692]	[0.656, 0.825]	[0.767, 0.949]	[0.880, 1.078]	[0.981, 1.186]	[1.098, 1.314]

- [0051]
- [0053] 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 무선충전 전기차량 최적 운행정보 결정장치를 이용하여 각 정거장 사이에서의 에너지 소모량의 범위를 추정하기 위한 모델을 도시한다.
- [0054] 원으로 둘러싸인 숫자는 전기차량이 정차하는 정거장을 의미하며, 각 정거장 사이에 정거장 사이의 거리와 최소 에너지 소모량 및 최대 에너지 소모량을 나타내었다. 즉, 정거장 1과 정거장 2 사이의 거리는 0.4 km이며, 이 구간에서 전기차량이 소모하는 에너지의 최소값은 0.437 kWh, 최대값은 0.584 kWh라는 것을 의미한다.
- [0055] i-1번째 정거장과 i번째 정거장 사이에서의 에너지 소모량( $C_i$ )의 최소치(minimum value), 최대치(maximum value) 및 [최소치, 최대치] 각각은 순서대로 수학적 식 1과 같이 나타낼 수 있다.

**수학적 식 1**

[0057]  $C_i^{min}, C_i^{min}, [C_i^{min}, C_i^{max}]$

[0059] 또한, i-1번째 정거장과 i번째 정거장 사이에서의 에너지 소모량의 공칭값( $\bar{c}_i$ , nominal value) 및 최대 편차( $\hat{c}_i$ , maximum deviation)는 각각 수학적 식 2와 같이 나타낼 수 있다.

**수학적 식 2**

$$\bar{c}_i = \frac{c_i^{max} + c_i^{min}}{2}$$

$$\hat{c}_i = \frac{c_i^{max} - c_i^{min}}{2}$$

[0061]

[0063] 따라서, 에너지 소모량의 불확실성 범위( $[c_i^{min}, c_i^{max}]$ )는 아래의 수학적 식 3과 같이 나타낼 수 있다.

**수학적 식 3**

$$[\bar{c}_i - \hat{c}_i, \bar{c}_i + \hat{c}_i]$$

$$\tilde{c}_i \in [\bar{c}_i - \hat{c}_i, \bar{c}_i + \hat{c}_i]$$

[0065]

[0067] 도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 무선충전 전기차량 최적 운행정보 결정장치를 이용하여 에너지 충전량을 계산하기 위한 도면이다.

[0068] 전기차량은 에너지 공급 트랙이 매설된 도로 상에서만 충전이 가능하다. 전기차량은 한 정거장을 떠나 다음 정거장에 정차하기 위해 감속을 시작하는 구간에서도 에너지 공급 트랙으로부터 무선으로 에너지를 공급받을 수 있다. 사람을 내려주고, 태우기 위해 정차하는 승하차 서비스 시간 동안에는 안정적으로 전기 에너지를 공급받을 수 있다. 또한, 전기차량은 승하차를 마친 후, 다음 정거장을 위해 출발하여 완전히 가속하기 전까지 일정 구간 동안 에너지 공급 트랙으로부터 무선으로 에너지를 공급받을 수 있다. 이 관계는 수학적 식 4와 같이 나타낼 수 있다.

**수학적 식 4**

$$\text{총 체류시간} = \text{이동 중 충전 시간(CoM)} + \text{서비스 시간(Service Time)}$$

[0070]

[0072] i번째 정거장에서 서비스 시간을  $t_i^{serv}$  로 가정하고, i번째 정거장에서의 서비스 시간의 공칭치 및 최대 편차를 각각  $\bar{t}_i^{serv}$  및  $\hat{t}_i^{serv}$  로 정의하면, 수학적 식 5 만족한다.

**수학식 5**

$$t_i^{serv} \in [\bar{t}_i^{serv} - \hat{t}_i^{serv}, \bar{t}_i^{serv} + \hat{t}_i^{serv}]$$

[0074]

[0076] 도 12는 본 발명의 일 실시예에 따른 무선충전 전기차량 최적 운행정보 결정장치를 이용하여 에너지 공급 트랙의 길이에 따른 평균 이동 중 충전 시간을 도시한 그래프이다.

[0077]

[0077] 에너지 공급 트랙의 길이가 10 m인 경우, 평균 이동 중 충전 시간은 약 7.5 초이며, 에너지 공급 트랙의 길이가 50 m인 경우, 평균 이동 중 충전 시간은 약 23 초이다. 에너지 공급 트랙의 길이가 길어지면 길어질수록, 평균 이동 중 충전 시간이 증가하는 것을 알 수 있다.

[0078]

[0078] 에너지 공급 트랙이 길어지면 길어질수록 이동 중 충전 시간도 길어진다. 이동 중 충전 시간의 임계치, 이동 중 충전 시간의 공칭치 및 이동 중 충전 시간의 최대 편차를 각각  $t^{CoM}$ ,  $\bar{t}^{CoM}$  및  $\hat{t}^{CoM}$ 으로 정의하고, 이러한 값들이 구미에서 운용 중인 전기차량에서 측정된 경향성을 따른다고 가정하면, 이동 중 충전 시간의 임계치, 이동 중 충전 시간의 공칭치 및 이동 중 충전 시간의 최대 편차는 수학식 6과 같이 나타낼 수 있다.

**수학식 6**

$$t^{CoM} \in [\bar{t}^{CoM} - \hat{t}^{CoM}, \bar{t}^{CoM} + \hat{t}^{CoM}]$$

$$\bar{t}^{CoM} = 0.5, \quad \hat{t}^{CoM} = 0.1 \text{ (20\% of } \bar{t}^{CoM}\text{)}$$

[0080]

[0082] 따라서, 전기차량이 i번째 정거장의 에너지 공급 트랙에 체류하는 총 시간은 수학식 7과 같이 나타낼 수 있다.

[0082]

**수학식 7**

$$t_i = t_i^{serv} y_i + t^{CoM} x_i$$

[0084]

[0086] 여기서,  $y_i$ 는 에너지 공급 트랙의 유무(유 = 1, 무 = 0)를 나타내며,  $x_i$ 는 에너지 공급 트랙의 길이이다.

[0086]

**표 3**

시스템	파라미터	기호	값
무선충전기	용량	$p_s$	200 kW
	효율	$\eta_s$	0.8

[0088]

[0090] 충전 용량과 충전 효율이 표 3에 나타난 바와 같이, 상수(constant)라고 가정하면, i번째 정거장에서 충전되는 에너지의 양은 수학적 식 8과 같다.

**수학적 식 8**

$$s_i = \eta_s p_s t_i = \eta_s p_s (t_i^{serv} y_i + t^{CoM} x_i) = s_i^y y_i + s_i^x x_i$$

$$s_i^y = \eta_s p_s t_i^{serv}$$

$$s_i^x = \eta_s p_s t^{CoM}$$

[0092]

[0094] 여기서,  $s_i^y$  및  $s_i^x$ 는 각각 i번째 정거장에서 서비스 시간 동안 충전되는 에너지의 양 및 i번째 정거장에서 이동 중에 충전되는 에너지의 양을 나타낸다. 정거장에서 충전되는 에너지의 양 또한 불확실성을 지니고 있다. 따라서, 불확실성을 고려하여 i번째 정거장에서 서비스 시간 동안 충전되는 에너지의 양( $\tilde{s}_i^y$ ) 및 i번째 정거장에서 이동 중에 충전되는 에너지의 양을( $\tilde{s}_i^x$ ) 나타내면 수학적 식 9와 같다.

**수학적 식 9**

$$\tilde{s}_i^y \in [\eta_s p_s \bar{t}_i^{serv} - \eta_s p_s \hat{t}_i^{serv}, \eta_s p_s \bar{t}_i^{serv} + \eta_s p_s \hat{t}_i^{serv}]$$

$$\tilde{s}_i^x \in [\eta_s p_s \bar{t}^{CoM} - \eta_s p_s \hat{t}^{CoM}, \eta_s p_s \bar{t}^{CoM} + \eta_s p_s \hat{t}^{CoM}]$$

[0096]

[0098] 도 13은 본 발명의 일 실시예에 따른 무선충전 전기차량 최적 운행정보 결정장치를 이용하여 에너지 소모량과 에너지 충전량을 산출하기 위한 모델을 도시한다.

[0099] 여기서,  $c_i$ ,  $s_i^y$  및  $s_i^x$ 는 각각 i-1번째 정거장에서 i번째 정거장까지 이동하는 동안 소모(요구)되는 에너지의 양, i번째 정거장에서 서비스 시간 동안 충전되는 에너지의 양 및 i번째 정거장에서 이동 중에 충전되는 에너지의 양을 나타낸다. 에너지 공급 트랙이 존재하고, 즉,  $y_i$ 가 1이면,  $x_i$ 는 수학적 식 10으로 나타낼 수 있다.

**수학적 식 10**

$$[X^{min}, X^{max}]$$

[0101]

[0103] 여기서,  $X^{min}$  및  $X^{max}$ 는 각각  $x_i$ 가 가질 수 있는 최소치와 최대값을 의미한다. 전술한 내용을 종합하여 수학적 식 11과 같은 제약사항을 설정할 수 있다.

**수학식 11**

$$X^{min}y_i \leq x_i \leq X^{max}y_i$$

$$y_i \in \{0, 1\}$$

[0105]

[0107]

본 발명의 일 실시예에서는 무선충전 전기차량의 최적 운행정보를 결정하기 위해 에너지 균형 모델(energy balance model)을 도입한다.  $E_i$ 는  $i$ 번째 정거장을 떠날 때 전기차량에 탑재된 배터리의 에너지 수준이며,  $l_i$ 는 초과 에너지에 대한 여유 변수(slack variable)이다.  $E_0$ 는 출발지에서 전기차량에 탑재된 배터리의 에너지 수준이다. 출발지에서 전기차량에 탑재된 배터리의 에너지 수준과  $i$ 번째 정거장을 떠날 때 전기차량에 탑재된 배터리의 에너지 수준은 수학식 12와 같이 나타낼 수 있다.

**수학식 12**

$$E_0 = \epsilon^h E^{max}$$

$$E_i = E_{i-1} - c_i + s_i^y y_i + s_i^x x_i - l_i \quad i = 1, \dots, N$$

[0109]

[0111]

전기차량의 운행되고 있는 도중에는 배터리의 에너지 수준이 반드시 수학식 13을 만족해야 한다.

**수학식 13**

$$E_i \geq \epsilon^l E^{max} + c_{i+1} \quad i = 0, \dots, N - 1$$

$$E_i \leq \epsilon^h E^{max} \quad i = 1, \dots, N$$

$$0 < \epsilon^l < \epsilon^h < 1$$

[0113]

[0115]

여기서,  $\epsilon^l$  및  $\epsilon^h$ 는 에너지 계수이다. 수학식 12를 수학식 13에 대입하면 수학식 14와 같이 나타낼 수 있다.

**수학식 14**

$$E_i = E_{i-1} - c_i + s_i^y y_i + s_i^x x_i - l_i$$

$$E_i = E_0 - \sum_{j=1}^i c_j + \sum_{j=1}^i (s_j^y y_j + s_j^x x_j) - \sum_{j=1}^i l_j$$

[0117]

[0119] 여기서,  $E_0 = \epsilon^h E^{max}$  이므로, 수학적 식 14는 수학적 식 15와 같이 나타낼 수 있다.

**수학적 식 15**

$$\begin{aligned}
 E_i \geq \epsilon^l E^{max} + c_{i+1} & \quad \triangleright \quad (\epsilon^h - \epsilon^l) E^{max} \geq c_1 \\
 & \quad \quad \quad (\epsilon^h - \epsilon^l) E^{max} + \sum_{j=1}^i (s_j^y y_j + s_j^x x_j) - \sum_{j=1}^i l_j \geq \sum_{j=1}^{i+1} c_j \\
 E_i \leq \epsilon^h E^{max} & \quad \triangleright \quad \sum_{j=1}^i (s_j^y y_j + s_j^x x_j) - \sum_{j=1}^i l_j \leq \sum_{j=1}^i c_j
 \end{aligned}$$

[0121]

[0123] 한편, 비용 계산부(530)는 전기차량을 운행시키기 위한 전체 비용을 최소화시키기 위해, 목적 비용 함수(objective cost function)과 보수주의 수준(conservatism level)을 고려하여 전기차량의 에너지 소모량과 에너지 충전량을 계산한다. 여기서, 목적 비용 함수는 수학적 식 16과 같이 나타낼 수 있다.

**수학적 식 16**

$$k C_b E^{max} + C_f \sum_{i=1}^N y_i + C_v \sum_{i=1}^N x_i$$

[0125]

[0127] 여기서,  $k$ ,  $C_b$ ,  $E^{max}$ ,  $C_f$  및  $C_v$ 는 각각 전기차량의 숫자, 단위 배터리 비용, 배터리 용량, 고정 설치비 및 단위 가변 설치비를 나타낸다.

[0128] 한편, 비용 계산부(530)는 전기차량을 운행시키기 위한 전체 비용을 구하기 위해, 기초 설계 모델(basic design model) 및 강인 설계 모델(robust design model)의 두 가지 모델을 사용할 수 있다.

[0129] 기초 설계 모델에서의 전기차량을 운행시키기 위한 전체 비용은 배터리 비용과 에너지 공급 트랙 설치 비용을 포함하며, 전술한 내용을 종합하여 목적 비용 함수 최적화 문제는 수학적 식 17과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 17

$$\begin{aligned}
 \min \quad & kC_b E^{max} + C_f \sum_{i=1}^N y_i + C_v \sum_{i=1}^N x_i \\
 \text{s.t} \quad & (\epsilon^h - \epsilon^l) E^{max} \geq c_1 \\
 & (\epsilon^h - \epsilon^l) E^{max} + \sum_{j=1}^i (s_j^y y_j + s_j^x x_j) - \sum_{j=1}^i l_j \geq \sum_{j=1}^{i+1} c_j \quad i = 1, \dots, N-1 \\
 & \sum_{j=1}^i (s_j^y y_j + s_j^x x_j) - \sum_{j=1}^i l_j \leq \sum_{j=1}^i c_j \quad i = 1, \dots, N-1 \\
 & X^{min} y_i \leq x_i \leq X^{max} y_i \quad i = 1, \dots, N \\
 & E^{max} \geq 0, l_i \geq 0, y_i \in \{0, 1\} \quad i = 1, \dots, N
 \end{aligned}$$

[0131]

[0133] 한편, 강인 설계 모델은 전기차량의 에너지 소모량과 에너지 충전량에 불확실성을 고려한 모델이다. j-1번째 정거장에서 j번째 정거장까지 전기차량이 소모하는 에너지의 양인  $c_j$ , 에너지 공급 트랙이 설치된 경우 j번째 정거장에서 충전되는 에너지의 양인  $s_j^y$  및 에너지 공급 트랙의 길이에 의해 j번째 정거장에서 충전되는 에너지의 양인  $s_j^x$  는 불확실성을 고려하여 각각  $\tilde{c}_{ij}$ ,  $\tilde{s}_{ij}^y$  및  $\tilde{s}_{ij}^x$  로 정의할 수 있으며, 수학식 18과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 18

$$\begin{aligned}
 \tilde{c}_{ij} &\in [\bar{c}_j - \hat{c}_j, \bar{c}_j + \hat{c}_j] \\
 \tilde{s}_{ij}^y &\in [\bar{s}_j^y - \hat{s}_j^y, \bar{s}_j^y + \hat{s}_j^y] \\
 \tilde{s}_{ij}^x &\in [\bar{s}_j^x - \hat{s}_j^x, \bar{s}_j^x + \hat{s}_j^x]
 \end{aligned}$$

[0135]

[0137] 여기서,  $\bar{c}_j, \bar{s}_j^y, \bar{s}_j^x$  는 각각  $c_j, s_j^y, s_j^x$  의 최량 추정치(best estimate) 나타내며,  $\hat{c}_j, \hat{s}_j^y, \hat{s}_j^x$  는 각각  $c_j, s_j^y, s_j^x$  의 최대 편차를 나타낸다.

[0138] 본 발명의 일 실시예에 따른 전기차량의 에너지 소모량 및 에너지 충전량을 산출하기 위한 불확정성 모델은 Bertsimas 및 Sim에 의해 제안된 프레임워크에 기초하며, 수학식 19와 같이 나타낼 수 있다.

수학식 19

$$\begin{aligned} \tilde{c}_{ij} &= \bar{c}_j + \hat{c}_j \gamma_{ij}, \quad -1 \leq \gamma_{ij} \leq 1, & \sum_{j=1}^i |\gamma_{ij}| &\leq \Gamma_i, \\ \tilde{s}_{ij}^y &= \bar{s}_j^y + \hat{s}_j^y \lambda_{ij}^y, \quad -1 \leq \lambda_{ij}^y \leq 1, & \sum_{j=1}^i |\lambda_{ij}^y| &\leq \Lambda_i^y, \\ \tilde{s}_{ij}^x &= \bar{s}_j^x + \hat{s}_j^x \lambda_{ij}^x, \quad -1 \leq \lambda_{ij}^x \leq 1, & \sum_{j=1}^i |\lambda_{ij}^x| &\leq \Lambda_i^x \end{aligned}$$

[0140]

[0142] 여기서,  $\Gamma_i, \Lambda_i^y, \Lambda_i^x$  는 각각 강인 최적화 문제(강인 설계 모델)를 통제하기 위해 사용된 설계 변수(불확실성 계획안)이며, 본 발명의 일 실시예에 따른 전기차량의 에너지 소모량 및 에너지 충전량을 산출하기 위한 무선충전 전기차량 최적 운행정보 결정방법 및 장치에서  $\Gamma_i, \Lambda_i^y, \Lambda_i^x$  모두는  $i$ 가 증가할수록 증가한다고 가정하였다. 이러한 가정은 주어진 불확실성 계획안의 범위 내에서 모든 경우를 고려하기 위한 것이다.

[0143] 기초 설계 모델에서처럼 강인 설계 모델의 목적 비용 함수를 최적화하기 위한 문제는 수학식 20과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 20

$$\begin{aligned} \min \quad & kC_b E^{max} + C_f \sum_{i=1}^N y_i + C_v \sum_{i=1}^N x_i \\ \text{s. t} \quad & (\epsilon^h - \epsilon^l) E^{max} \geq \tilde{c}_1 \\ & (\epsilon^h - \epsilon^l) E^{max} + \sum_{j=1}^i (\tilde{s}_{ij}^y y_j + \tilde{s}_{ij}^x x_j) - \sum_{j=1}^i l_j \geq \sum_{j=1}^{i+1} \tilde{c}_{ij} \quad i = 1, \dots, N-1 \\ & \sum_{j=1}^i (\tilde{s}_{ij}^y y_j + \tilde{s}_{ij}^x x_j) - \sum_{j=1}^i l_j \leq \sum_{j=1}^i \tilde{c}_{ij} \quad i = 1, \dots, N-1 \\ & X^{min} y_i \leq x_i \leq X^{max} y_i \quad i = 1, \dots, N \\ & E^{max} \geq 0, l_i \geq 0, y_i \in \{0, 1\} \quad i = 1, \dots, N \\ & \tilde{c}_{ij} = \bar{c}_i + \hat{c}_i \gamma_{ij}, \quad \tilde{s}_{ij}^y = \bar{s}_i^y + \hat{s}_i^y \lambda_{ij}^y, \quad \tilde{s}_{ij}^x = \bar{s}_i^x + \hat{s}_i^x \lambda_{ij}^x \quad i = 1, \dots, N, j = 1, \dots, i \\ & -1 \leq \gamma_{ij} \leq 1, \quad -1 \leq \lambda_{ij}^y \leq 1, \quad -1 \leq \lambda_{ij}^x \leq 1 \quad i = 1, \dots, N, j = 1, \dots, i \\ & \sum_{j=1}^i |\gamma_{ij}| \leq \Gamma_i, \quad \sum_{j=1}^i |\lambda_{ij}^y| \leq \Lambda_i^y, \quad \sum_{j=1}^i |\lambda_{ij}^x| \leq \Lambda_i^x, \quad i = 1, \dots, N \end{aligned}$$

[0145]

[0147] 수학식 20은 다시 수학식 21과 같이 정리할 수 있다.



수학식 21

$$\begin{aligned}
 \min \quad & kC_b E^{max} + C_f \sum_{i=1}^N y_i + C_v \sum_{i=1}^N x_i \\
 \text{s.t} \quad & (\epsilon^h - \epsilon^l) E^{max} \geq \bar{c}_1 + \hat{c}_1 \gamma_{11} \\
 & (\epsilon^h - \epsilon^l) E^{max} + \sum_{j=1}^i (\bar{s}_j^y y_j + \bar{s}_j^x x_j) + \sum_{j=1}^i (\hat{s}_j^y \lambda_{ij}^y y_j + \hat{s}_j^x \lambda_{ij}^x x_j) - \sum_{j=1}^i l_j \\
 & \geq \sum_{j=1}^{i+1} \bar{c}_j + \sum_{j=1}^{i+1} \hat{c}_j \gamma_{ij}, \quad i = 1, \dots, N-1 \quad (1) \\
 & \sum_{j=1}^i (\bar{s}_j^y y_j + \bar{s}_j^x x_j) + \sum_{j=1}^i (\hat{s}_j^y \lambda_{ij}^y y_j + \hat{s}_j^x \lambda_{ij}^x x_j) - \sum_{j=1}^i l_j \leq \sum_{j=1}^i \bar{c}_j + \sum_{j=1}^i \hat{c}_j \gamma_{ij}, \quad i = 1, \dots, N-1 \quad (2) \\
 & \sum_{j=1}^i |\gamma_{ij}| \leq \Gamma_i, \quad \sum_{j=1}^i |\lambda_{ij}^y| \leq \Lambda_i^y, \quad \sum_{j=1}^i |\lambda_{ij}^x| \leq \Lambda_i^x, \quad i = 1, \dots, N \\
 & -1 \leq \gamma_{ij} \leq 1, \quad -1 \leq \lambda_{ij}^y \leq 1, \quad -1 \leq \lambda_{ij}^x \leq 1, \quad i = 1, \dots, N, j = 1, \dots, i \\
 & X^{min} y_i \leq x_i \leq X^{max} y_i \quad i = 1, \dots, N \\
 & E^{max} \geq 0, \quad l_i \geq 0, \quad y_i \in \{0, 1\} \quad i = 1, \dots, N
 \end{aligned}$$

[0149]

[0151] 수학식 21을 다시 한 번 정리하면, 수학식 22와 같이 나타낼 수 있다.

수학식 22

$$\begin{aligned}
 \min \quad & kC_b E^{max} + C_f \sum_{i=1}^N y_i + C_v \sum_{i=1}^N x_i \\
 \text{s.t} \quad & (\epsilon^h - \epsilon^l) E^{max} \geq \bar{c}_1 + \hat{c}_1 \gamma_{11} \\
 & (\epsilon^h - \epsilon^l) E^{max} + \sum_{j=1}^i (\bar{s}_j^y y_j + \bar{s}_j^x x_j) - \sum_{j=1}^i l_j \\
 & \geq \sum_{j=1}^{i+1} \bar{c}_j + \sum_{j=1}^{i+1} \hat{c}_j \gamma_{ij} - \sum_{j=1}^i (\hat{s}_j^y \lambda_{ij}^y y_j + \hat{s}_j^x \lambda_{ij}^x x_j), \quad i = 1, \dots, N-1 \quad (1) \\
 & \sum_{j=1}^i (\bar{s}_j^y y_j + \bar{s}_j^x x_j) - \sum_{j=1}^i l_j \leq \sum_{j=1}^i \bar{c}_j + \sum_{j=1}^i \hat{c}_j \gamma_{ij} - \sum_{j=1}^i (\hat{s}_j^y \lambda_{ij}^y y_j + \hat{s}_j^x \lambda_{ij}^x x_j), \quad i = 1, \dots, N-1 \quad (2) \\
 & \sum_{j=1}^i |\gamma_{ij}| \leq \Gamma_i, \quad \sum_{j=1}^i |\lambda_{ij}^y| \leq \Lambda_i^y, \quad \sum_{j=1}^i |\lambda_{ij}^x| \leq \Lambda_i^x, \quad i = 1, \dots, N \\
 & -1 \leq \gamma_{ij} \leq 1, \quad -1 \leq \lambda_{ij}^y \leq 1, \quad -1 \leq \lambda_{ij}^x \leq 1, \quad i = 1, \dots, N, j = 1, \dots, i \\
 & X^{min} y_i \leq x_i \leq X^{max} y_i \quad i = 1, \dots, N \\
 & E^{max} \geq 0, \quad l_i \geq 0, \quad y_i \in \{0, 1\} \quad i = 1, \dots, N
 \end{aligned}$$

[0153]

[0155] 수학식 22의 (1)에 대한 i번째 제약사항에 대하여 고려하기 위해, 불확실성 계획안의 최악의 경우는

$$\sum_{j=1}^i (\hat{c}_j \gamma_{ij} - \hat{s}_j^y \lambda_{ij}^y y_j - \hat{s}_j^x \lambda_{ij}^x x_j) + \hat{c}_{i+1} \gamma_{i,i+1}$$

를 최대화하는 것과 같으며, 이는 수학적식 23과 같이 나타낼 수 있다.

**수학적식 23**

$$\max_{\forall \gamma_{ij}, \lambda_{ij}^y, \lambda_{ij}^x} \left[ \sum_{j=1}^i (\hat{c}_j \gamma_{ij} - \hat{s}_j^y \lambda_{ij}^y y_j - \hat{s}_j^x \lambda_{ij}^x x_j) + \hat{c}_{i+1} \gamma_{i,i+1} \right]$$

[0157]

[0159] 또한, 이는 수학적식 24를 최적화하는 문제와 동등하다.

**수학적식 24**

$$\begin{aligned} \max \quad & \sum_{j=1}^i (\hat{c}_j \gamma_{ij} - \hat{s}_j^y \lambda_{ij}^y y_j - \hat{s}_j^x \lambda_{ij}^x x_j) + \hat{c}_{i+1} \gamma_{i,i+1} \\ \text{s.t} \quad & \sum_{j=1}^i |\lambda_{ij}^y| \leq A_i^y, \quad \sum_{j=1}^i |\lambda_{ij}^x| \leq A_i^x, \\ & \sum_{j=1}^i |\gamma_{ij}| \leq \Gamma_i, \quad \sum_{j=1}^{i+1} |\gamma_{ij}| \leq \Gamma_{i+1}, \\ & -1 \leq \lambda_{ij}^y \leq 1, \quad -1 \leq \lambda_{ij}^x \leq 1 \quad j = 1, \dots, i \\ & -1 \leq \gamma_{ij} \leq 1, \quad j = 1, \dots, i + 1 \end{aligned}$$

[0161]

[0163] 여기서,  $\hat{c}_{i+1} \gamma_{i,i+1}$  를 최대화시키는 문제는  $\gamma_{i,i+1}$  를 최대화시키는 문제와 같다. 따라서, 수학적식 24는 수학적식 25와 같이 나타낼 수 있다.

**수학적식 25**

$$\begin{aligned} |\gamma_{i,i+1}| &= \sum_{j=1}^{i+1} |\gamma_{ij}| - \sum_{j=1}^i |\gamma_{ij}| \leq \Gamma_{i+1} - \Gamma_i \\ \Rightarrow \quad & -(\Gamma_{i+1} - \Gamma_i) \leq \gamma_{i,i+1} \leq \Gamma_{i+1} - \Gamma_i \\ \Rightarrow \quad & \mathbf{UB}(\gamma_{i,i+1}) = \Gamma_{i+1} - \Gamma_i \end{aligned}$$

[0165]

[0167] 여기서, 수학식 25는 수학식 26과 같이 단순화될 수 있다.

**수학식 26**

$$\begin{aligned} \max \quad & \sum_{j=1}^i (\hat{c}_j \gamma_{ij} - \hat{s}_j^y \lambda_{ij}^y y_j - \hat{s}_j^x \lambda_{ij}^x x_j) \\ \text{s.t} \quad & \sum_{j=1}^i |\gamma_{ij}| \leq \Gamma_i, \sum_{j=1}^i |\lambda_{ij}^y| \leq \Lambda_i^y, \sum_{j=1}^i |\lambda_{ij}^x| \leq \Lambda_i^x, \\ & -1 \leq \gamma_{ij} \leq 1, -1 \leq \lambda_{ij}^y \leq 1, -1 \leq \lambda_{ij}^x \leq 1 \quad j = 1, \dots, i \end{aligned}$$

[0169]

[0171] 한편, 수학식 22의 (2)에 대한  $i$ 번째 제약사항에 대하여 고려하기 위해, 불확실성 계획안의 최악의 경우는

$$\sum_{j=1}^i (\hat{c}_j \gamma_{ij} - \hat{s}_j^y \lambda_{ij}^y y_j - \hat{s}_j^x \lambda_{ij}^x x_j)$$

를 최소화하는 것과 같으며, 이는 수학식 27과 같다.

**수학식 27**

$$\min_{\forall \gamma_{ij}, \lambda_{ij}^y, \lambda_{ij}^x} \sum_{j=1}^i (\hat{c}_j \gamma_{ij} - \hat{s}_j^y \lambda_{ij}^y y_j - \hat{s}_j^x \lambda_{ij}^x x_j)$$

[0173]

[0175] 또한, 이는 수학식 28을 최적화하는 문제와 동등하다.

**수학식 28**

$$\begin{aligned} \min \quad & \sum_{j=1}^i (\hat{c}_j \gamma_{ij} - \hat{s}_j^y \lambda_{ij}^y y_j - \hat{s}_j^x \lambda_{ij}^x x_j) \\ \text{s.t} \quad & \sum_{j=1}^i |\gamma_{ij}| \leq \Gamma_i, \sum_{j=1}^i |\lambda_{ij}^y| \leq \Lambda_i^y, \sum_{j=1}^i |\lambda_{ij}^x| \leq \Lambda_i^x, \\ & -1 \leq \gamma_{ij} \leq 1, -1 \leq \lambda_{ij}^y \leq 1, -1 \leq \lambda_{ij}^x \leq 1 \quad j = 1, \dots, i \end{aligned}$$

[0177]

[0179] 수학식 28은 목적 비용 함수에  $-1$ 을 곱함으로써, 최대화 문제로 대체될 수 있다. 여기서, 최대화 문제를 최대치 보조 문제(maximum auxiliary problem; MAP)로 정의하면, MAP를 세 개의 하위 보조 문제(sub-auxiliary problem; SAP)로 분할할 수 있다. 최대치 보조 문제와 하위 보조 문제는 각각 수학식 29와 수학식 30으로 나타

낼 수 있다.

수학식 29

$$\begin{aligned}
 \text{(MAP)} \quad & \max \sum_{j=1}^i (\hat{c}_j \gamma_{ij} - \hat{s}_j^y \lambda_{ij}^y y_j - \hat{s}_j^x \lambda_{ij}^x x_j) \\
 \text{s.t} \quad & \sum_{j=1}^i |\gamma_{ij}| \leq \Gamma_i, \sum_{j=1}^i |\lambda_{ij}^y| \leq \Lambda_i^y, \sum_{j=1}^i |\lambda_{ij}^x| \leq \Lambda_i^x, \\
 & -1 \leq \gamma_{ij} \leq 1, -1 \leq \lambda_{ij}^y \leq 1, -1 \leq \lambda_{ij}^x \leq 1 \quad j = 1, \dots, i
 \end{aligned}$$

[0181]

수학식 30

<p><b>(SAP 1)</b></p> $  \begin{aligned}  \max \quad & \sum_{j=1}^i \hat{c}_j \gamma_{ij} \\  \text{s.t} \quad & \sum_{j=1}^i  \gamma_{ij}  \leq \Gamma_i, \\  & -1 \leq \gamma_{ij} \leq 1, \\  & j = 1, \dots, i  \end{aligned}  $	<p><b>(SAP 2)</b></p> $  \begin{aligned}  -\max \quad & \sum_{j=1}^i \hat{s}_j^y \lambda_{ij}^y y_j \\  \text{s.t} \quad & \sum_{j=1}^i  \lambda_{ij}^y  \leq \Lambda_i^y, \\  & -1 \leq \lambda_{ij}^y \leq 1, \\  & j = 1, \dots, i  \end{aligned}  $	<p><b>(SAP 3)</b></p> $  \begin{aligned}  -\max \quad & \sum_{j=1}^i \hat{s}_j^x \lambda_{ij}^x x_j \\  \text{s.t} \quad & \sum_{j=1}^i  \lambda_{ij}^x  \leq \Lambda_i^x, \\  & -1 \leq \lambda_{ij}^x \leq 1, \\  & j = 1, \dots, i  \end{aligned}  $
--	---	---

[0183]

[0185] 세 개의 하위 보조 문제들은 수학식 31과 같이 각각의 이중 문제(dual problem)로 나타낼 수 있으며, 이중 문제들을 다시 수학식 22에 대입하면 수학식 32와 같이 정리할 수 있다.

수학식 31

<p><b>(Dual 1)</b></p> $  \begin{aligned}  \min \quad & \Gamma_i u_i + \sum_{j=1}^i v_{ij} \\  \text{s.t} \quad & u_i + v_{ij} \geq \hat{c}_j, \\  & u_i \geq 0, v_{ij} \geq 0, \\  & j = 1, \dots, i  \end{aligned}  $	<p><b>(Dual 2)</b></p> $  \begin{aligned}  \min \quad & \Lambda_i^y p_i^y + \sum_{j=1}^i q_{ij}^y \\  \text{s.t} \quad & p_i^y + q_{ij}^y \geq \hat{s}_j^y y_j, \\  & p_i^y \geq 0, q_{ij}^y \geq 0, \\  & j = 1, \dots, i  \end{aligned}  $	<p><b>(Dual 3)</b></p> $  \begin{aligned}  \min \quad & \Lambda_i^x p_i^x + \sum_{j=1}^i q_{ij}^x \\  \text{s.t} \quad & p_i^x + q_{ij}^x \geq \hat{s}_j^x x_j, \\  & p_i^x \geq 0, q_{ij}^x \geq 0, \\  & j = 1, \dots, i  \end{aligned}  $
---	--	--

[0187]



수학식 34

$$\begin{aligned}
 (\epsilon^h - \epsilon^l)E^{max} + \sum_{j=1}^i (\bar{s}_j^y y_j + \bar{s}_j^x x_j) - \sum_{j=1}^i l_j &\geq \sum_{j=1}^{i+1} \bar{c}_j + \hat{c}_{i+1}(\Gamma_{i+1} - \Gamma_i) + A_i(\Gamma_i, \Lambda_i^y, \Lambda_i^x) \\
 \sum_{j=1}^i (\bar{s}_j^y y_j + \bar{s}_j^x x_j) - \sum_{j=1}^i l_j &\leq \sum_{j=1}^i \bar{c}_j - A_i(\Gamma_i, \Lambda_i^y, \Lambda_i^x)
 \end{aligned}$$

[0198]

[0200] 두 제약사항을 통해, 배터리 용량의 최저 수준은 수학식 35와 같이 나타낼 수 있다.

수학식 35

$$(\epsilon^h - \epsilon^l)E^{max} \geq \bar{c}_{i+1} + \hat{c}_{i+1}(\Gamma_{i+1} - \Gamma_i) + 2A_i(\Gamma_i, \Lambda_i^y, \Lambda_i^x)$$

[0202]

[0204] 수학식 35에서 확인할 수 있는 바와 같이, 더욱 많은 종류의 불확실성이 고려되면, 더욱 큰 배터리가 필요하게 되며, 배터리 용량의 최저 수준은 해석학적으로 수학식 36과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 36

$$E^{max} \geq \frac{1}{\epsilon^h - \epsilon^l} (\bar{c}_{i+1} + \hat{c}_{i+1}(\Gamma_{i+1} - \Gamma_i) + 2A_i(\Gamma_i, \Lambda_i^y, \Lambda_i^x))$$

[0206]

[0208] 예를 들어, 불확실성 계획안 즉,  $\Gamma_i, \Lambda_i^y, \Lambda_i^x$  각각이 0.20i인 경우, 배터리 용량의 최저 수준은 수학식 37과 같다.

수학식 37

$$E^{max} \geq \mathbf{12.1419}$$

[0210]

[0212] 그 후, 극도로 높은 단위 배터리 비용 조건 하에서 수치해석적으로 최적 해를 구할 수 있다. 최적 배터리 용량은 배터리 용량의 최저 수준과 같으며, 이를 정리하면 표 4와 같다.

표 4

설계 변수	값
배터리 용량 (kWh)	12.1419
에너지 공급 트랙 개수	25
총 에너지 공급 트랙의 길이 (m)	250

[0214]

[0216] 도 14는 본 발명의 일 실시예에 따른 무선충전 전기차량 최적 운행정보 결정장치를 적용하기 위한 실제 운행되는 전기차량의 노선도를 도시한다.

[0217] 구미시의 180번 노선버스는 57개의 정거장으로 구성된 경로를 따라 운행된다. 이 노선버스는 29번째 정거장에서 회차한다. 총 경로의 길이는 26.6 km이다. 20대의 버스가 운행되는 것으로 가정하였다.

[0218] 본 발명의 일 실시예에 따른 무선충전 전기차량 최적 운행정보 결정방법 및 장치를 구미시의 경우에 적용하여 구한 기초 설계 모델의 해는 표 5에 나타난 바와 같다.

표 5

기초 설계 모델의 해 (공칭해, 불확실성을 고려하지 않은 값)					
목적 비용 (USD)		439,049			
배터리 용량 (kWh)		6.19			
에너지 공급 트랙의 개수		12			
에너지 공급 트랙의 총 길이 (m)		499.75			
에너지 공급 트랙의 평균 길이 (m)		41.65			
에너지 공급 트랙 할당					
정거장 ID	길이 (m)	정거장 ID	길이 (m)	정거장 ID	길이 (m)
5	22.89	19	21.17	41	45.70
11	50	24	50	43	50
15	50	30	50	46	50
17	10	36	50	50	50

[0220]

[0222] 기초 설계 모델을 적용한 경우, 총 목적 비용은 439,049 달러가 필요하며, 배터리 용량으로 요구되는 최저 수준은 6.19 kWh이다. 필요한 에너지 공급 트랙의 개수는 12, 필요한 에너지 공급 트랙의 총 길이는 499.75 m이며, 에너지 공급 트랙의 평균 길이는 41.65 m로 나타났다.

[0223] 본 발명의 일 실시예에 따른 무선충전 전기차량 최적 운행정보 결정방법 및 장치를 구미시의 경우에 적용하여 구한 강인 설계 모델의 해는 표 6에 나타난 바와 같다.

표 6

강인 설계 모델의 해 (0.10i의 보수주의 수준 ( $\Gamma_i, A_i^y, A_i^x$ ) $\forall i$ )					
목적 비용 (USD)			527,325		
배터리 용량 (kWh)			11.12		
에너지 공급 트랙의 개수			14		
에너지 공급 트랙의 총 길이 (m)			347.13		
에너지 공급 트랙의 평균 길이 (m)			24.79		
에너지 공급 트랙 할당					
정거장 ID	길이 (m)	정거장 ID	길이 (m)	정거장 ID	길이 (m)
5	15.60	24	24.92	43	24.92
11	24.92	29	24.92	46	28.14
15	24.92	33	24.92	50	32.24
17	24.92	38	24.92	55	21.94
19	24.92	41	24.92		

[0225]

[0227]

총 목적 비용은 527,325 달러가 필요하며, 배터리 용량으로 요구되는 최저 수준은 11.12 kWh이다. 필요한 에너지 공급 트랙의 개수는 14, 필요한 에너지 공급 트랙의 총 길이는 347.13 m이며, 에너지 공급 트랙의 평균 길이는 24.79 m로 나타났다.

[0228]

본 발명의 일 실시예에 따른 무선충전 전기차량 최적 운행정보 결정방법 및 장치를 구미시의 경우에 적용하여 구한 강인 설계 모델의 해를 보수주의 수준을 변경시킴에 따라 구하고, 이를 표 7에 나타내었다.

표 7

보수주의 수준 ( $\Gamma_i, A_i^y, A_i^x$ )	목적 비용 (USD)	배터리 용량 (kWh)	에너지 공급 트랙의 개수	에너지 공급 트랙의 총 길이(m)	에너지 공급 트랙의 평균 길이(m)
0.0i, $\forall i$ (공칭)	439,049 (-)	6.19	12	499.75	41.65
0.05i, $\forall i$	485,117 (10.49%)	8.57	13	439.61	33.82
0.10i, $\forall i$	527,325 (20.11%)	11.12	14	347.13	24.79
0.15i, $\forall i$	563,477 (28.34%)	12.51	16	216.53	13.53
0.20i, $\forall i$	593,886 (35.27%)	14.83	16	183.39	11.46

[0230]

[0232]

보수주의 수준이 크면 클수록, 목적 비용 및 배터리 용량이 증가하는 것을 확인할 수 있다. 에너지 공급 트랙의 개수도 보수주의 수준이 증가함에 따라 증가하는 것을 알 수 있다. 그러나 보수주의 수준이 크면 클수록 에너지 공급 트랙의 총 길이 및 에너지 공급 트랙의 평균 길이는 짧아지는 것을 확인할 수 있다.

[0233]

도 15는 본 발명의 일 실시예에 따른 무선충전 전기차량 최적 운행정보 결정장치에 강인 설계 모델을 적용하여 구한 보수주의 수준(conservatism level)에 따른 에너지 공급 트랙 설치 비용 및 배터리 비용을 도시한 그래프



이다.

- [0234] 보수주의 수준이 증가하면 증가할수록, 에너지 공급 트랙의 설치비는 거의 일정한 수준(약 340,000~370,000달러)에서 유지되지만 배터리 비용은 지속적으로 증가하는 것을 알 수 있다.
- [0235] 도 16은 본 발명의 일 실시예에 따른 무선충전 전기차량 최적 운행정보 결정장치에 강인 최적 모델을 적용하여 구한 보수주의 수준에 따른 적합률(feasible rate) 그래프이다.
- [0236] 본 발명의 일 실시예에 따른 무선충전 전기차량 최적 운행정보 결정장치에 강인 설계 모델을 적용하여 구한 보수주의 수준에 따른 적합률은 보수주의 수준이 0.00i인 경우에는 0.1826으로 나타났다. 보수주의 수준이 0.05i인 경우, 적합률은 0.9547로 나타났으며, 보수주의 수준이 0.10i 이상인 경우에는 적합률이 0.9999 이상으로서, 각 설계 변수들이 무선충전 전기차량의 운행에 적합한 것으로 나타났다.
- [0237] 도 17은 본 발명의 일 실시예에 따른 무선충전 전기차량 최적 운행정보 결정장치에 강인 설계 모델을 적용하여 구한 보수주의 수준에 따른 배터리 충전 상태를 도시한 그래프이다.
- [0238] 본 발명의 일 실시예에 따른 무선충전 전기차량 최적 운행정보 결정장치에 강인 설계 모델을 적용하여 구한 전기차량이 출발할 때의 배터리 충전 상태는 보수주의 수준이 증가함에 따라 점점 감소하여 보수주의 수준이 0.15i 이상의 값을 가질 때에는 일정 수준으로 유지되는 것을 알 수 있다.
- [0239] 전기차량이 도착할 때의 배터리 충전 상태는 보수주의 수준이 증가함에 따라 점점 증가하는 것을 알 수 있다. 보수주의 수준이 0.00i일 때, 배터리 충전 상태는 33%이었고, 보수주의 수준이 0.10i로 증가한 경우 배터리 충전 상태가 40%를 상회하는 것으로 나타났으며, 보수주의 수준이 0.20i인 경우에는 배터리 충전 상태가 거의 50%에 도달하는 것으로 나타났다.
- [0240] 도 18은 본 발명의 일 실시예에 따른 무선충전 전기차량 최적 운행정보 결정장치에 강인 설계 모델을 적용하여 구한 배터리 비용에 따른 배터리 크기 및 에너지 공급 트랙 비용의 변화를 도시한 그래프이다.
- [0241] 단위 용량 당 배터리 비용이 증가함에 따라 에너지 공급 트랙에 대한 투자비는 증가하며, 배터리 용량은 감소하는 것을 알 수 있다. 단위 용량 당 배터리 비용이 무한대인 경우, 즉, 배터리 비용이 배터리 용량의 최저 수준에 도달한 경우, 에너지 공급 트랙에 대한 투자비가 급격히 증가하는 것을 알 수 있다.
- [0242] 도 19는 본 발명의 일 실시예에 따른 무선충전 전기차량 최적 운행정보 결정장치에 강인 설계 모델을 적용하여 구한 배터리 비용에 따른 총 배터리 비용 및 에너지 공급 트랙 비용의 변화를 도시한 그래프이다.
- [0243] 전체적인 경향성에서 보면, 단위 용량 당 배터리 비용이 증가하면 증가할 수록 총 배터리 비용이 증가하고, 에너지 공급 트랙에 대한 투자비는 감소하는 것을 확인할 수 있다. 이는 도 18에서 확인한 내용과 일치한다. 에너지 공급 트랙이 존재하지 않는 경우에는 전체 비용에서 차지하는 배터리 비용이 100%가 되게 되며, 이는 전기차량이 배터리에 충전된 에너지만으로 운행된다는 것을 의미한다.
- [0244] 도 20은 본 발명의 일 실시예에 따른 무선충전 전기차량 최적 운행정보 결정방법을 나타낸 흐름도이다.
- [0245] 본 발명의 일 실시예에 따른 무선충전 전기차량 최적 운행정보 결정방법은 무선충전 전기차량 최적 운행정보 결정장치 초기값을 수신한다(S2010). 그 후, 수신한 무선충전 전기차량 최적 운행정보 결정장치 초기값을 이용하여 통계확률 운행 데이터를 획득한다(S2020). 또한, 무선충전 전기차량 최적 운행정보 결정방법은 무선충전 전기차량의 에너지 소모량과 에너지 충전량을 계산한다(S2030, S2040). S2030 과정과 S2040 과정에서 계산된 에너지 소모량과 에너지 충전량에 기초하여 무선충전 전기차량 최적 운행정보를 최적화한다(S2050). 여기서, 최적화는 기초 설계 모델 또는 강인 설계 모델에 기초하여 수행된다. 최적화 수행 결과, 에너지 소모량 및 에너지 충전량 사이에 균형이 이루어졌는지를 판단한다(S2060). 이 때, 에너지 소모량이 에너지 충전량보다 커, 배터리에 충전된 에너지의 양이 0보다 작아지면 전기차량이 운행될 수 없기 때문에 다시, 무선충전 전기차량 최적 운행정보 결정장치 초기값을 수신한다. S2060 과정의 결과, 에너지 소모량과 에너지 충전량 사이에 균형이 이루어진 경우, 비용이 최소화되었는지를 판단한다(S2070). 여기서, 비용이 최소화되었는지를 판단할 때, S2010 과정에서 수신한 무선충전 전기차량 최적 운행정보 결정장치 초기값을 이용한다. 예를 들어, 비용이 최소화되었는지를 판단할 때, 보수주의 수준을 이용할 수 있다.
- [0246] 도 20에서는 각각의 과정을 순차적으로 실행하는 것으로 기재하고 있으나, 반드시 이에 한정되는 것은 아니다. 다시 말해, 도 20에 기재된 과정을 변경하여 실행하거나 하나 이상의 과정을 병렬적으로 실행하는 것으로 적용 가능할 것이므로, 도 20은 시계열적인 순서로 한정되는 것은 아니다.

[0247] 한편, 도 20에 도시된 흐름도의 각 단계는 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체(computer-readable recording medium)에 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드로서 구현하는 것이 가능하다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체는 컴퓨터 시스템에 의하여 읽혀질 수 있는 데이터가 저장되는 모든 종류의 기록장치를 포함한다. 즉, 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체는 마그네틱 저장매체(예를 들면, 롬, 플로피 디스크, 하드디스크 등), 광학적 판독 매체(예를 들면, 시디롬, 디브이디 등) 및 캐리어 웨이브(예를 들면, 인터넷을 통한 전송)와 같은 저장매체를 포함한다. 또한, 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템에 분산되어 분산방식으로 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드가 저장되고 실행될 수 있다.

[0248] 이상의 설명은 본 발명에 따른 실시예들의 기술 사상을 예시적으로 설명한 것에 불과한 것으로서, 본 발명에 따른 실시예들이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 실시예들의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 다양한 수정 및 변형이 가능할 것이다. 따라서, 본 발명에 따른 실시예들은 본 발명의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예들에 의하여 본 실시예들의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 본 발명에 따른 실시예들의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 발명에 따른 실시예들의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

**부호의 설명**

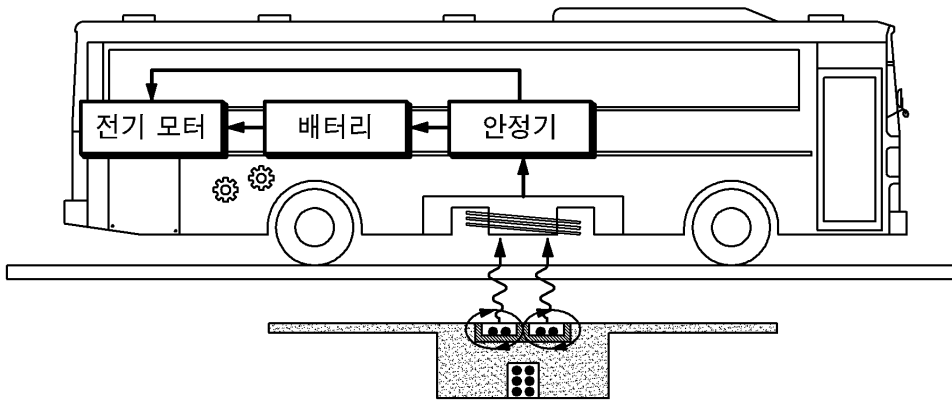
- [0249] 500: 무선충전 전기차량 최적 운행정보 결정장치
- 510: 통계확률 운행 데이터 생성부 512: 데이터 수집부
- 514: 유효 데이터 추출부 516: 확률 계산부
- 520: 에너지 계산부 522: 에너지 소모량 계산부
- 524: 에너지 충전량 계산부 530: 비용 계산부

**도면**

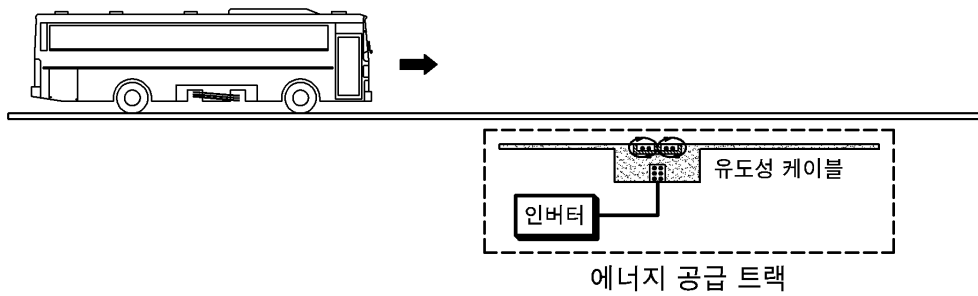
**도면1**



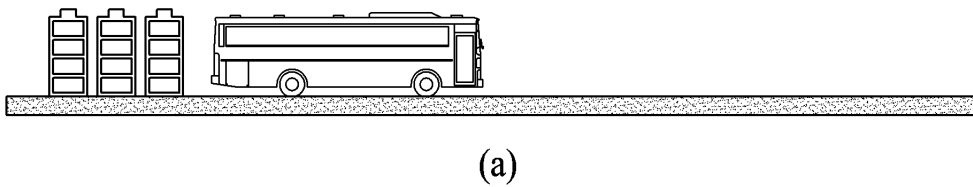
도면2a



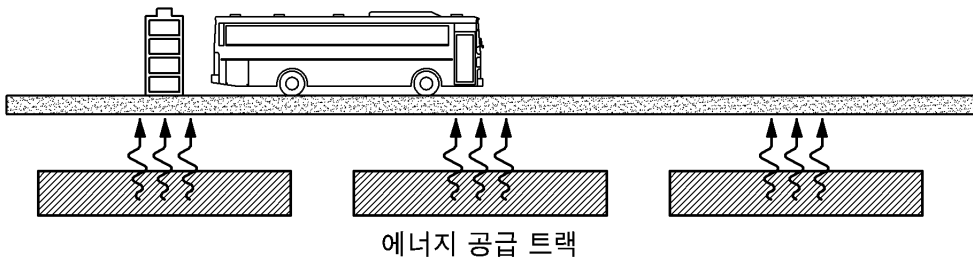
도면2b



도면3

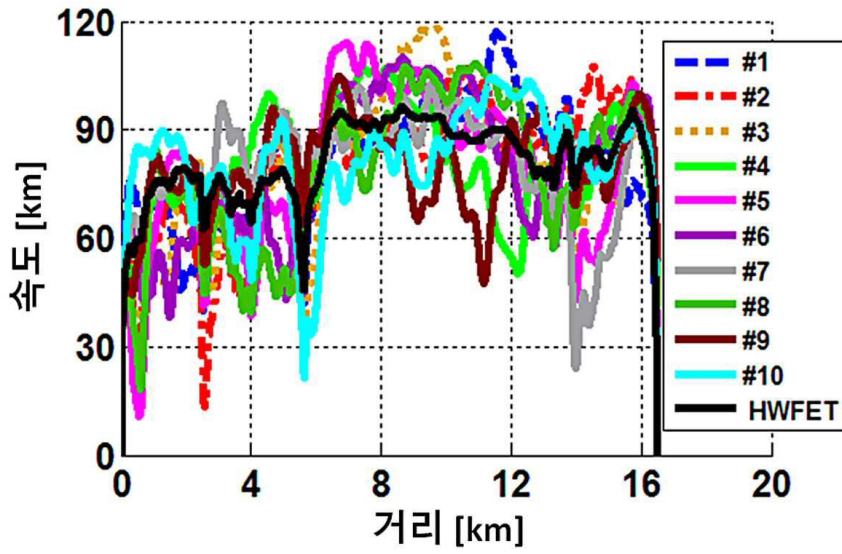


(a)



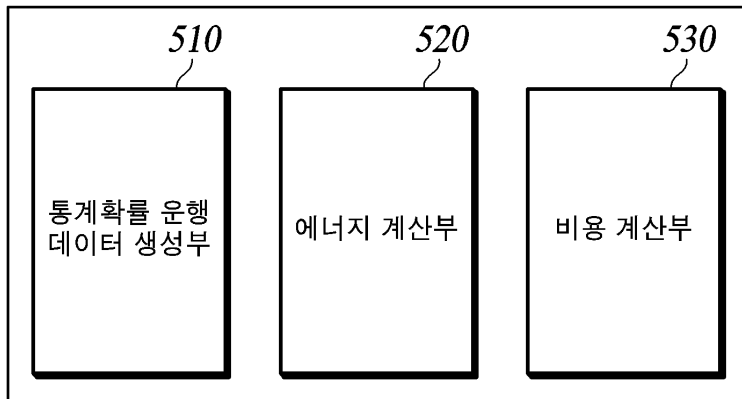
(b)

도면4

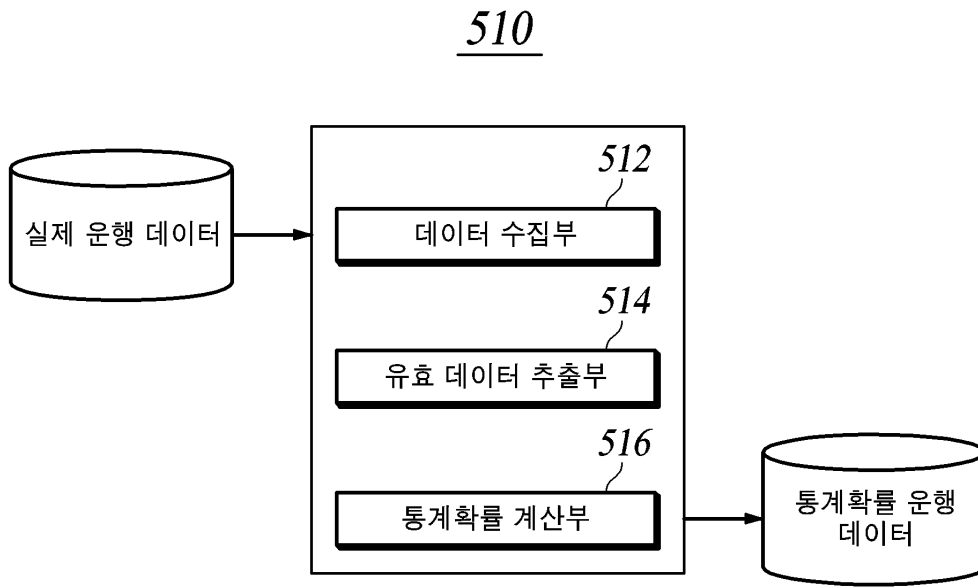


도면5

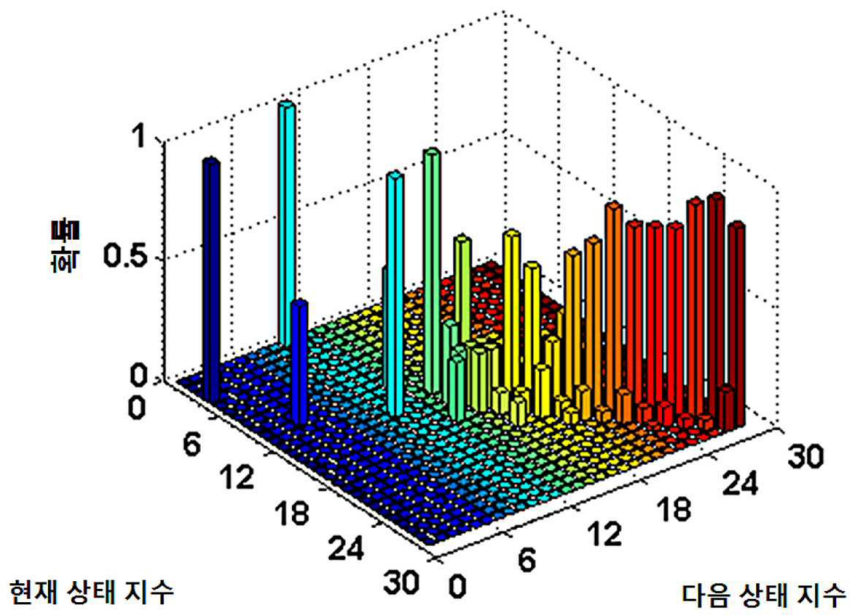
500



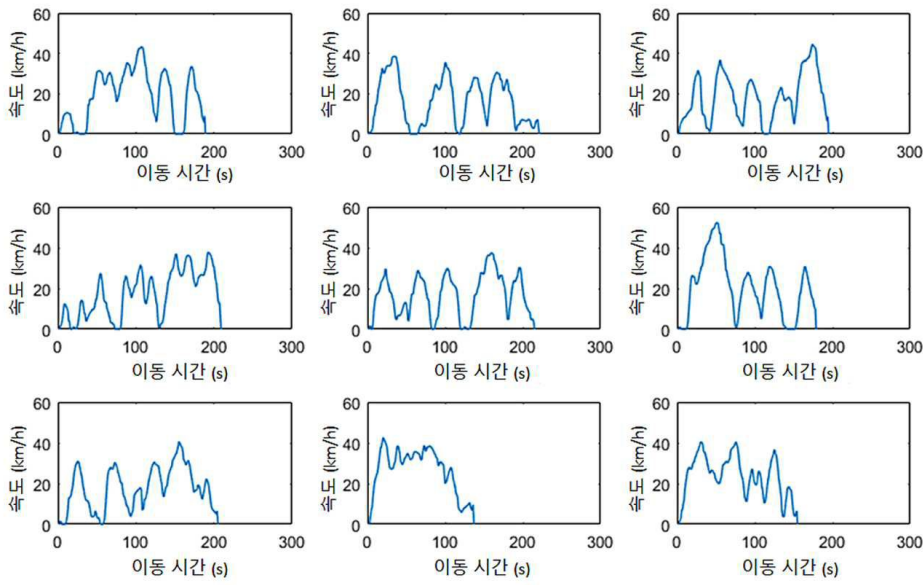
도면6a



도면6b

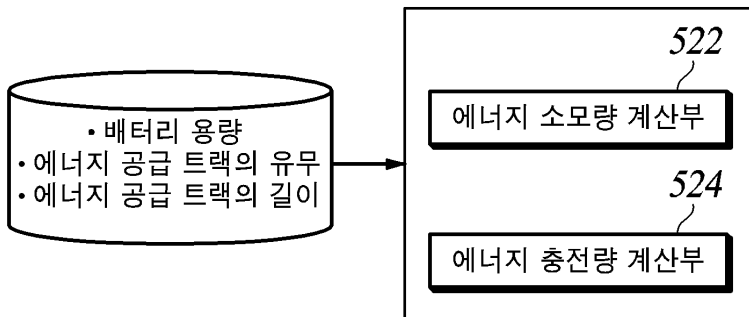


도면6c

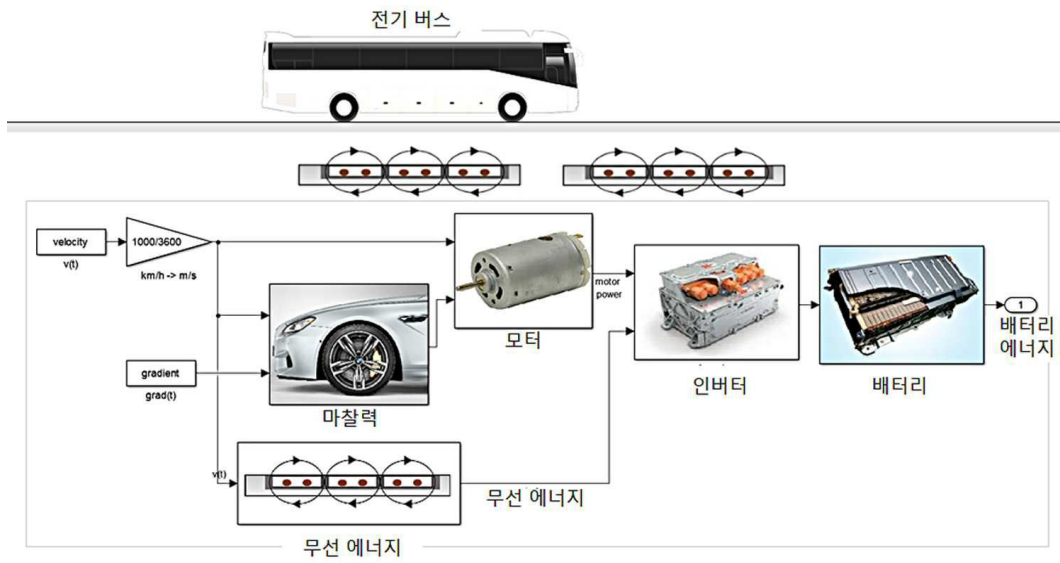


도면7a

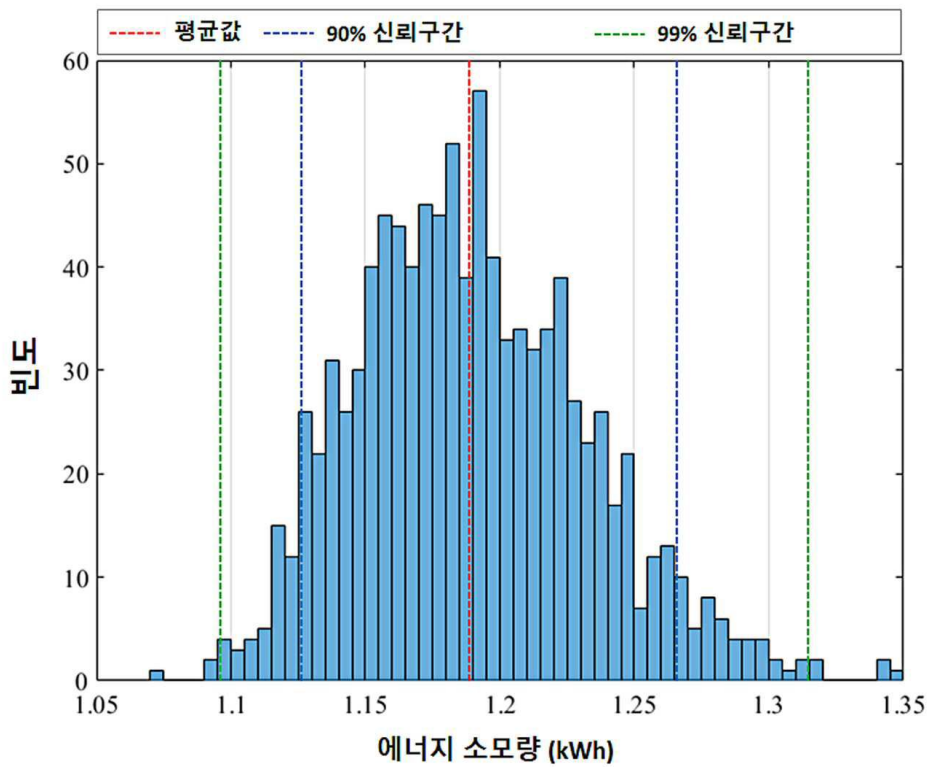
520



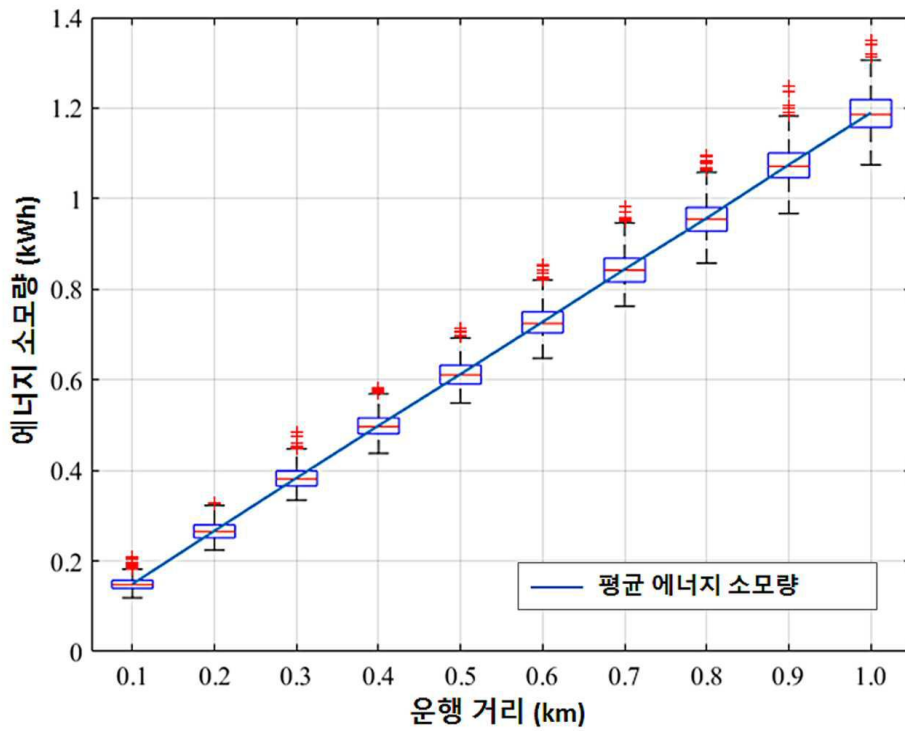
도면7b



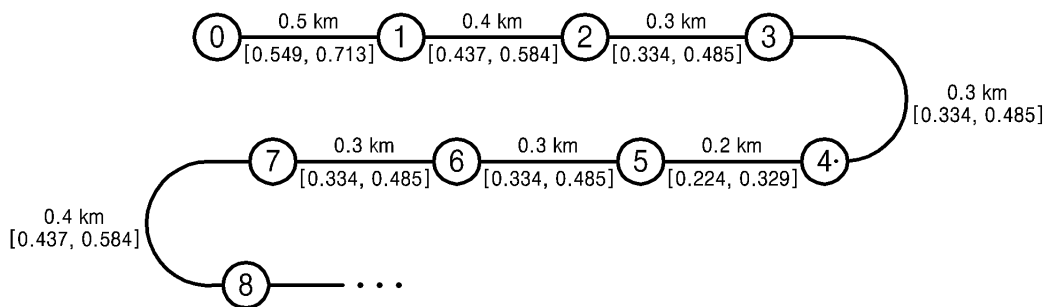
도면8



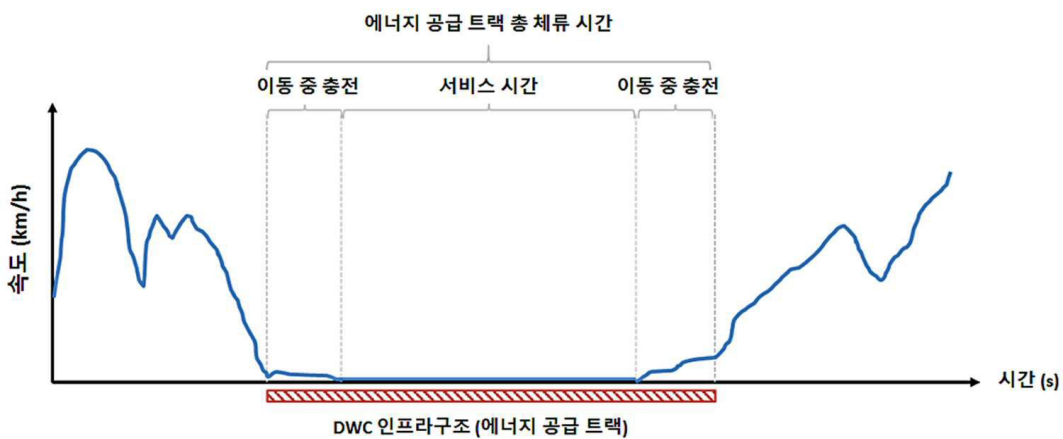
도면9



도면10

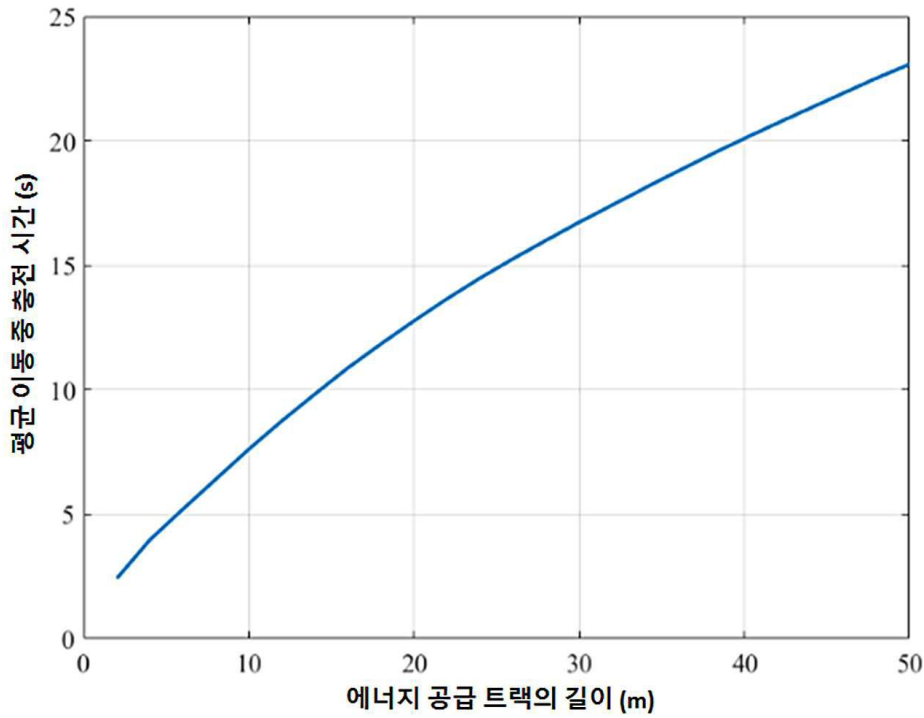


도면11

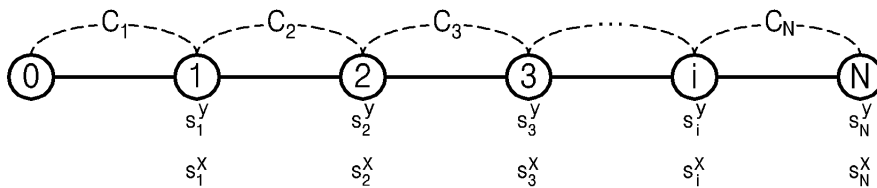




도면12



도면13

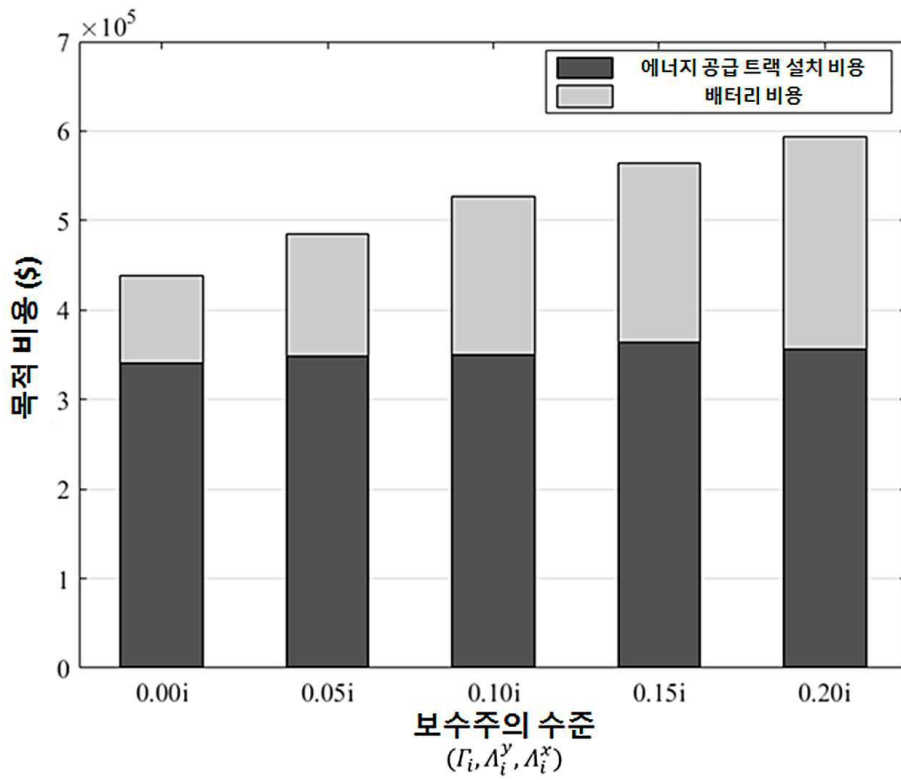


도면14

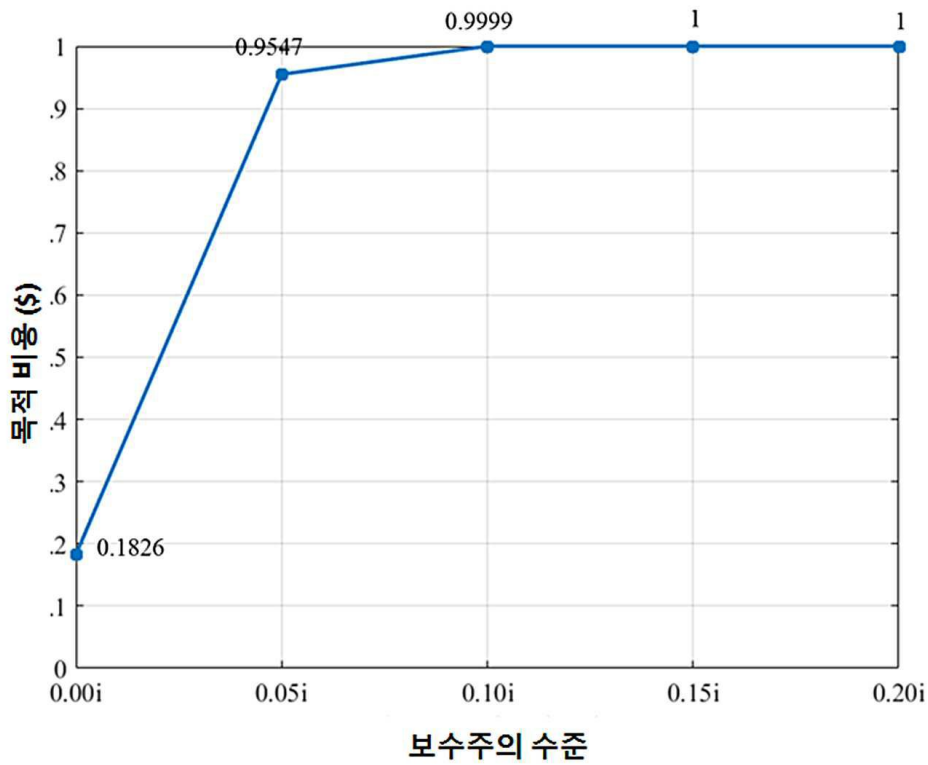
번호	정류장 ID	정류장 이름	정류장 사이 거리 (km)
0	0	차고지	0
1	10080	구미역	0.5
2	10167	농업	0.4
3	10134	금오산사거리	0.3
4	10814	푸르지오캐슬B단지	0.3
5	10794	가톨릭근로자문화센터	0.2
6	10479	송정동변개시장건너	0.3
7	10501	시정후문앞	0.3
8	10251	동아백화점앞	0.4
9	10092	오성예식장앞	0.4
10	10532	신평사거리	0.8
11	10526	신평1동	0.5
12	10259	롯데마트건너	0.3
13	10796	코오동	0.8
14	10047	공단분부건너	0.6
15	10075	구미세우서건너	0.5
16	10910	LS전선	0.5
17	10245	동락공원	1.4
18	10262	LG디스플레이정문	0.3
19	10380	삼성엠티에스	0.4
20	10486	수도가압장건너편	0.2
21	10383	삼성전자우문	0.7

The map shows a city layout with a highlighted route in purple and orange. The route starts at '차고지' (depot) and ends at '회차지' (return point). The route passes through several bus stops, including '구미역' (Gumi Station) and '동락공원' (Donglak Park).

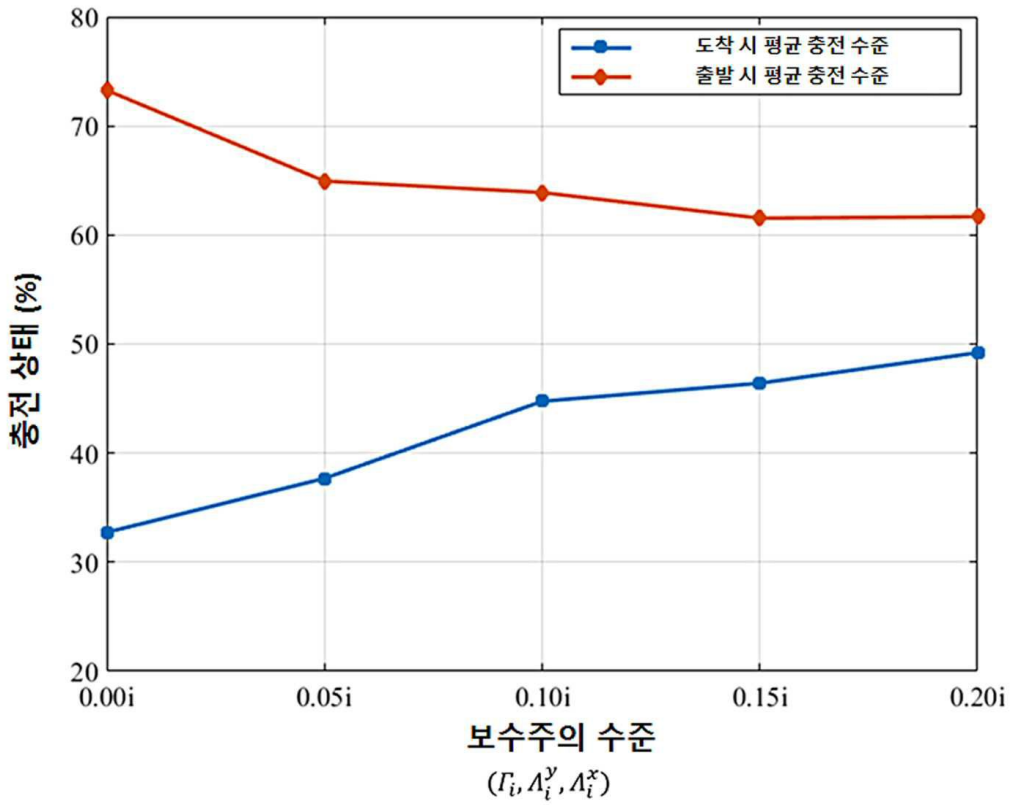
도면15



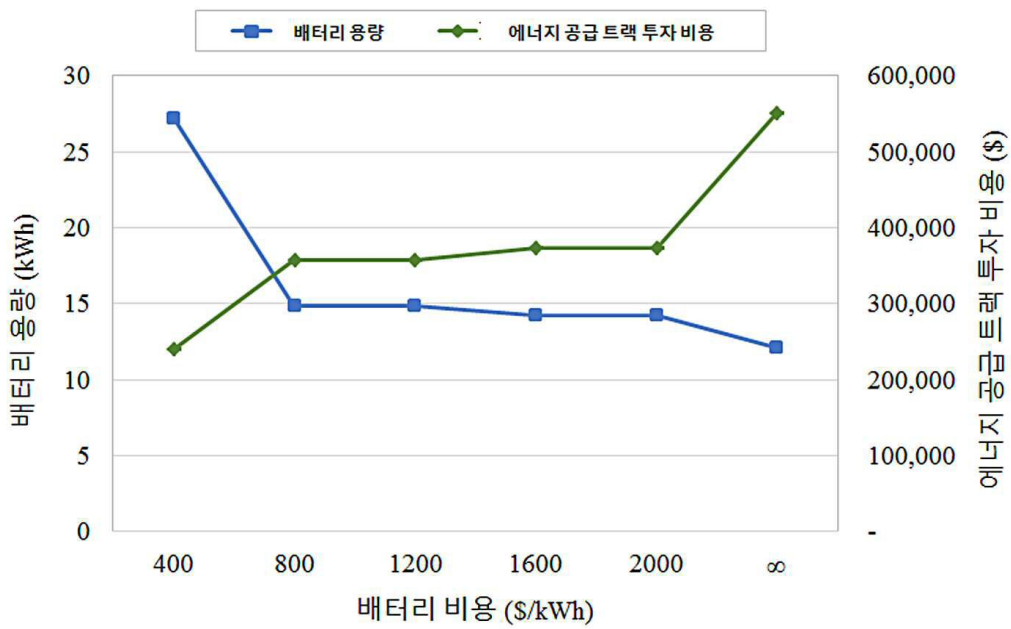
도면16



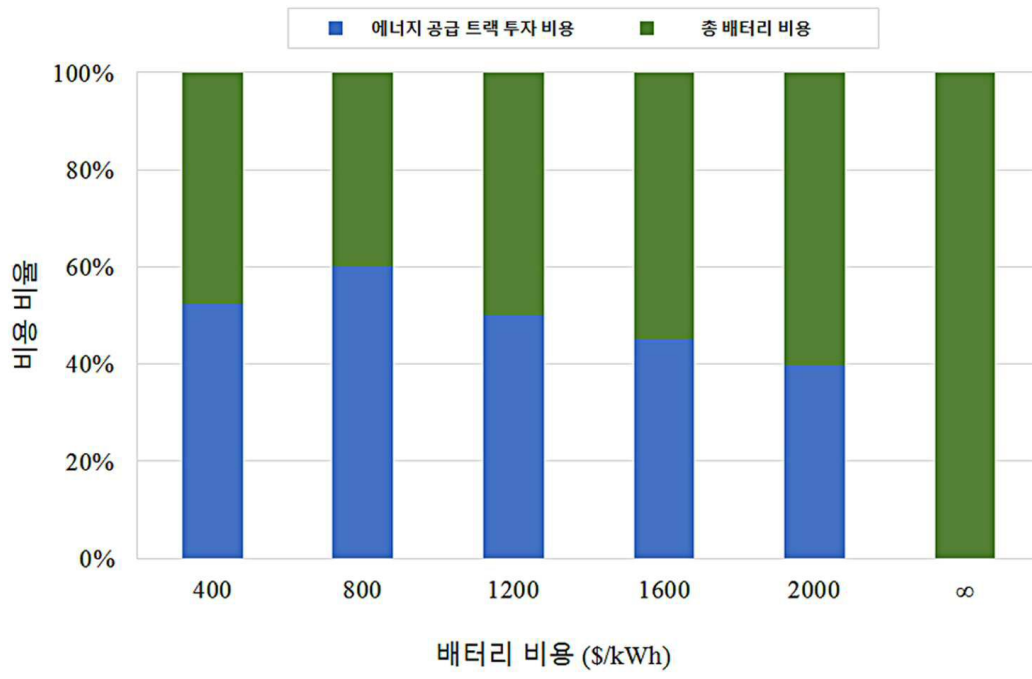
도면17



도면18



도면19



도면20

