(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0118353
(43) 공개일자 2024년08월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G05D 1/20 (2024.01) *B64C 39/02* (2023.01)
B64U 101/25 (2023.01) *G05D 1/00* (2024.01)
H02J 7/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G05D 1/101 (2021.01)
B64C 39/024 (2023.01)
(21) 출원번호 10-2023-0010689
(22) 출원일자 2023년01월27일
심사청구일자 2023년01월27일

(71) 출원인
이화여자대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 이화여대길 52 (대현동, 이화여자대학교)
(72) 발명자
이미정
서울특별시 용산구 이촌로46길 2, 1202호(이촌동, 타워맨션)
이숙영
경기도 광명시 오리로 801, 301동 1701호 (하안동, e편한세상센트레빌아파트)
(74) 대리인
특허법인(유한)아이시스

전체 청구항 수 : 총 5 항

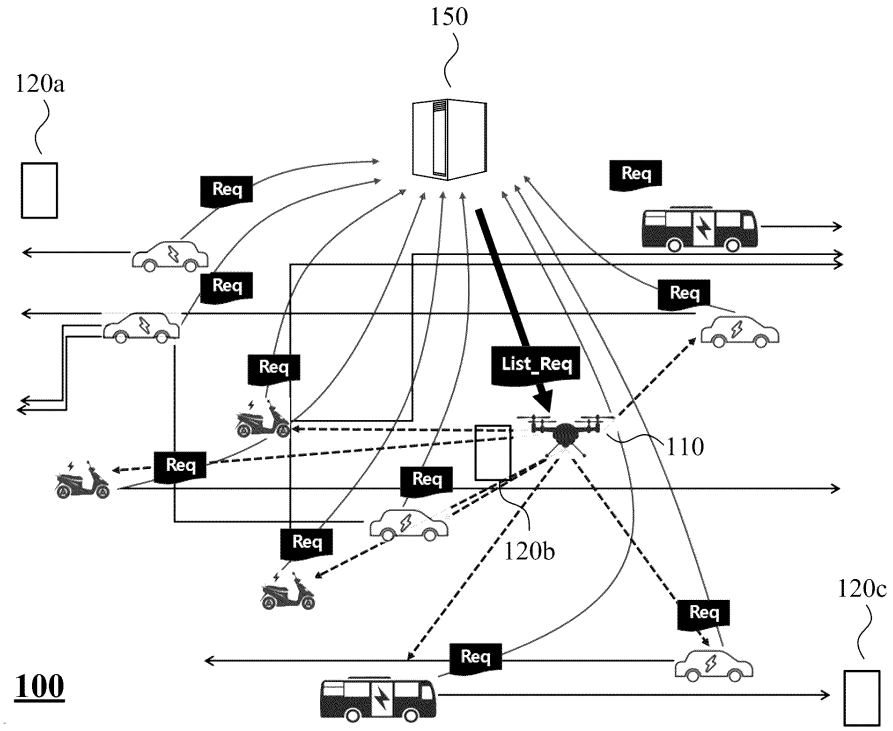
(54) 발명의 명칭 **이동체를 충전하기 위한 무인 비행체의 경로 결정 방법**

(57) 요 약

이동체를 충전하기 위한 무인 비행체의 경로 결정 방법은 경로 결정 장치가 서비스 영역에서 충전을 요청한 이동체들을 포함하는 이동체 리스트를 수신하는 단계, 상기 경로 결정 장치가 상기 이동체들 각각의 충전 긴급도 및 근접도를 기준으로 상기 이동체들 중 충전 대상인 타깃 이동체를 결정하는 단계 및 상기 경로 결정 장치가 상기

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도1



타깃 이동체의 이동 경로 및 무인 비행체의 충전 가능 범위를 기준으로 상기 타깃 이동체를 충전하기 위한 위치를 결정하는 단계를 포함한다. 상기 이동체들 중 어느 하나의 이동체에 대한 상기 충전 긴급도는 상기 어느 하나의 이동체의 현재 위치에서 가장 가까운 충전 스테이션까지의 거리 및 상기 어느 하나의 이동체의 잔량 에너지를 기준으로 결정되고, 상기 어느 하나의 이동체에 대한 상기 근접도는 상기 어느 하나의 이동체의 현재 위치 및 상기 어느 하나의 이동체가 충전을 받는 경우 충전 완료 시점에서 상기 어느 하나의 이동체에서 가장 가까운 다른 이동체까지의 거리를 기준으로 결정된다.

(52) CPC특허분류
G05D 1/0055 (2013.01)
H02J 7/0048 (2023.08)
B64U 2101/25 (2023.01)
B64U 2201/10 (2023.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1345349025
과제번호 2021R1I1A1A01040368
부처명 교육부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 이공학학술연구기반구축
연구과제명 스마트 그리드의 전력 사용률 최대화 및 시공간 제약을 해소한 드론기반 동적 자율주행 전기차 충전 최적화 알고리즘에 관한 연구
기 여 율 1/1
과제수행기관명 이화여자대학교
연구기간 2022.03.01 ~ 2023.02.28

명 세 서

청구범위

청구항 1

경로 결정 장치가 서비스 영역에서 충전을 요청한 이동체들을 포함하는 이동체 리스트를 수신하는 단계;

상기 경로 결정 장치가 상기 이동체들 각각의 충전 긴급도 및 근접도를 기준으로 상기 이동체들 중 충전 대상인 타깃 이동체를 결정하는 단계; 및

상기 경로 결정 장치가 상기 타깃 이동체의 이동 경로 및 무인 비행체의 충전 가능 범위를 기준으로 상기 타깃 이동체를 충전하기 위한 위치를 결정하는 단계;

상기 경로 결정 장치가 상기 타깃 이동체에 대한 충전이 완료된 후 상기 이동체 리스트에서 충전이 완료된 이동체를 제외한 나머지 이동체의 충전 완료 또는, 상기 무인 비행체가 임계값 이하의 에너지를 가질 때까지 상기 타깃 이동체 및 상기 위치를 결정하는 단계를 반복하고,

상기 이동체들 중 어느 하나의 이동체에 대한 상기 충전 긴급도는 상기 어느 하나의 이동체의 현재 위치에서 가장 가까운 충전 스테이션까지의 거리 및 상기 어느 하나의 이동체의 잔량 에너지를 기준으로 결정되고,

상기 어느 하나의 이동체에 대한 상기 근접도는 상기 어느 하나의 이동체의 현재 위치 및 상기 어느 하나의 이동체가 충전을 받는 경우 충전 완료 시점에서 상기 어느 하나의 이동체에서 가장 가까운 다른 이동체까지의 거리를 기준으로 결정되는 이동체를 충전하기 위한 무인 비행체의 경로 결정 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 무인 비행체는 상기 위치로 이동하여 무선 충전 방식으로 상기 타깃 이동체를 충전하면서 상기 타깃 이동체를 따라 충전이 완료될 때까지 이동하는 이동체를 충전하기 위한 무인 비행체의 경로 결정 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 충전 긴급도는 아래 수식으로 결정되는 이동체를 충전하기 위한 무인 비행체의 경로 결정 방법.

$$Urg(e_t) = \frac{Dist(Loc(e_t),\ Loc(G_r))}{ResidDist(e_t)}$$

(e_t는 상기 어느 하나의 이동체, G_r은 e_t의 현재 위치에서 가장 가까운 충전 스테이션의 위치, Loc()은 위치를 리턴하는 함수, Dist(A,B)는 A와 B 사이의 거리를 리턴하는 함수, ResidDist(e_t)는 e_t의 남은 에너지로 이동 가능한 거리임)

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 근접도는 아래 수식으로 결정되는 이동체를 충전하기 위한 무인 비행체의 경로 결정 방법.

$$Prox(e_t) = \frac{1}{UProx(e_t) + NrProx(e_t)}$$

(e_t는 상기 어느 하나의 이동체, Prox(e_t)는 상기 근접도, UProx(e_t)는 상기 무인 비행체의 현재 위치에서 e_t까지의 거리, NrProx(e_t)는 e_t가 충전이 완료된 위치에서 가장 가까운 다른 이동체까지의 거리임)

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 경로 결정 장치는 상기 이동체들 각각에 대하여 아래 수식으로 결정되는 충전 비용 효율도(cost effectiveness of charging)를 결정하고, 상기 이동체들 중 가장 높은 충전 비용 효율도를 갖는 이동체를 상기 타깃 이동체로 결정하는 이동체를 충전하기 위한 무인 비행체의 경로 결정 방법.

$$CEC(e_t) = \frac{Prox(e_t)}{\max_{\forall j} Prox(e_j)} \cdot W_{energy} + \frac{Urg(e_t)}{\max_{\forall j} Urg(e_j)} \cdot W_{urg}$$

,

$$Urg(e_t) = \frac{Dist(Loc(e_t),\ Loc(G_r))}{ResidDist(e_t)}$$

,

$$Prox(e_t) = \frac{1}{UProx(e_t) + NrProx(e_t)}$$

(CEC는 상기 충전 비용 효율도, CEC(e_t)는 어느 하나의 이동체 e_t에 대한 충전 비용, W_{energy} 및 W_{urg}는 가중치, G_r은 e_t의 현재 위치에서 가장 가까운 충전 스테이션의 위치, Loc()은 위치를 리턴하는 함수, Dist(A,B)는 A와 B 사이의 거리를 리턴하는 함수, ResidDist(e_t)는 e_t의 남은 에너지로 이동 가능한 거리, Prox(e_t)는 상기 근접도, UProx(e_t)는 상기 무인 비행체의 현재 위치에서 e_t까지의 거리, NrProx(e_t)는 e_t가 충전이 완료된 위치에서 가장 가까운 다른 이동체까지의 거리임)

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 이하 설명하는 기술은 이동체를 충전하는 무인 비행체(unmanned aerial vehicle, UAV)의 이동 경로를 설정하는 기법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 전기 자동차와 같이 배터리를 충전하여 이동하는 이동체가 증가하고 있다. 전기 자동차는 전기 충전에 비교적 장시간이 소요되어 충전 문제 해결을 위한 연구가 주목받고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0003] (특허문헌 0001) 미국등록특허 US9,944,191호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 이하 설명하는 기술은 무인 비행체를 이용하여 전기 이동체를 충전하는 기법을 제공하고자 한다. 이하 설명하는 기술은 일정한 경로를 이동하는 전기 이동체를 충전하기 위한 무인 비행체의 최적 경로를 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0005] 이동체를 충전하기 위한 무인 비행체의 경로 결정 방법은 경로 결정 장치가 서비스 영역에서 충전을 요청한 이동체들을 포함하는 이동체 리스트를 수신하는 단계, 상기 경로 결정 장치가 상기 이동체들 각각의 충전 긴급도 및 충전시 근접도를 기준으로 상기 이동체들 중 충전 대상인 타깃 이동체를 결정하는 단계 및 상기 경로 결정 장치가 상기 타깃 이동체의 이동 경로 및 무인 비행체의 충전 가능 범위를 기준으로 상기 타깃 이동체를 충전하기 위한 위치를 결정하는 단계를 포함한다. 상기 이동체들 중 어느 하나의 이동체에 대한 상기 충전 긴급도는 상기 어느 하나의 이동체의 현재 위치에서 가장 가까운 충전 스테이션까지의 거리 및 상기 어느 하나의 이동체의 잔량 에너지를 기준으로 결정되고, 상기 어느 하나의 이동체에 대한 상기 근접도는 상기 어느 하나의 이동체

의 현재 위치 및 상기 어느 하나의 이동체가 충전을 받는 경우 충전 완료 시점에서 상기 어느 하나의 이동체에서 가장 가까운 다른 이동체까지의 거리를 기준으로 결정된다.

발명의 효과

[0006] 이하 설명하는 기술은 효율적인 비행 경로를 설정하여 제한된 에너지를 갖는 무인 비행체로 최대한 높은 충전 효율을 달성한다.

도면의 간단한 설명

[0007] 도 1은 무인 비행체를 이용한 전기 자동차 충전 시스템에 대한 예이다.

도 2는 UAV 소비 에너지를 평가에 사용되는 근접 파라미터를 설명하는 예이다.

도 3은 근접 파라미터를 기준으로 타깃 전기 자동차(electric vehicles, EV)를 선택하는 예이다.

도 4는 UAV가 타깃 EV를 충전하기 위한 위치를 결정하는 과정의 예이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0008] 이하 설명하는 기술은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 이하 설명하는 기술을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 이하 설명하는 기술의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0009] 제1, 제2, A, B 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 해당 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되지는 않으며, 단지 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다. 예를 들어, 이하 설명하는 기술의 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소도 제1 구성요소로 명명될 수 있다. 및/또는 이라는 용어는 복수의 관련된 기재된 항목들의 조합 또는 복수의 관련된 기재된 항목들 중의 어느 항목을 포함한다.

[0010] 본 명세서에서 사용되는 용어에서 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 해석되지 않는 한 복수의 표현을 포함하는 것으로 이해되어야 하고, "포함한다" 등의 용어는 설명된 특징, 개수, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 의미하는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 개수, 단계 동작 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0011] 도면에 대한 상세한 설명을 하기에 앞서, 본 명세서에서의 구성부들에 대한 구분은 각 구성부가 담당하는 주기능 별로 구분한 것에 불과함을 명확히 하고자 한다. 즉, 이하에서 설명할 2개 이상의 구성부가 하나의 구성부로 합쳐지거나 또는 하나의 구성부가 보다 세분화된 기능별로 2개 이상으로 분화되어 구비될 수도 있다. 그리고 이하에서 설명할 구성부 각각은 자신이 담당하는 주기능 이외에도 다른 구성부가 담당하는 기능 중 일부 또는 전부의 기능을 추가적으로 수행할 수도 있으며, 구성부 각각이 담당하는 주기능 중 일부 기능이 다른 구성부에 의해 전담되어 수행될 수도 있음은 물론이다.

[0012] 또, 방법 또는 동작 방법을 수행함에 있어서, 상기 방법을 이루는 각 과정들은 문맥상 명백하게 특정 순서를 기재하지 않은 이상 명기된 순서와 다르게 일어날 수 있다. 즉, 각 과정들은 명기된 순서와 동일하게 일어날 수도 있고 실질적으로 동시에 수행될 수도 있으며 반대의 순서대로 수행될 수도 있다.

[0014] 이하 설명하는 기술은 전기 자동차와 같은 이동체에 대한 충전 기법에 해당한다. 다만 이하 설명하는 기술은 지상을 이동하는 지상 이동체에 대한 충전에 활용될 수 있다. 지상 이동체는 전기 자동차, 무인 전기 자동차, 일정 영역을 이동하는 로봇 등을 포함한다. 나아가, 이하 설명하는 기술은 비행하는 이동체를 포함, 베터리를 에너지원으로 사용하며 예측가능한 노선을 이동하는 모든 물체들에 대한 충전에 활용될 수도 있다. 이하 전기 이동체는 지상 이동체 및 비행체를 모두 포함하는 의미로 사용한다.

[0015] 이하 설명하는 기술은 무인 비행체를 이용하여 다른 이동체를 충전하는 기법이다. UAV는 드론과 같이 배터리를 이용하여 비행하는 비행체를 의미한다. UAV는 유선 또는 무선으로 전기 이동체를 충전할 수 있다. 따라서, UAV는 무선으로 전기 이동체를 충전하기 위한 충전 장치를 포함해야 한다. 또한 전기 이동체도 무선으로 충전받기 위한 충전 구성을 포함해야 한다. 물론 UAV는 전기 이동체와 유선으로 접촉하여 충전을 수행할 수도 있다.

다만, 이하 설명은 무선 충전을 기준으로 설명한다.

[0016] 전기 이동체 및 무인 비행체에서 충전을 위한 구성 내지 장치는 공지된 장치 내지 기술을 적용한 구성을 사용할 수 있다. 이하 설명에서는 UAV 및 전기 이동체에 대한 기계적 구성 및 하드웨어에 대해서는 상세하게 설명하지 않는다.

[0017] 이하 UAV의 이동 경로를 결정하는 과정을 설명한다. 이하 설명에서 전제되는 환경 내지 가정을 먼저 설명한다.

[0018] 전술한 바와 같이 전기 이동체는 다양한 지상 이동체 및 비행체 등을 포함할 수 있다. 다만, 이하 설명의 편의를 위하여 전기 자동차(electric vehicles, EV)의 충전을 중심으로 설명한다. EV는 원하는 경로를 주행하여 예상된 도착 시간에 목적지에 도착할 수 있어야 한다고 가정한다. 즉, EV는 제한 시간 내에 목적지에 도착해야 한다.

[0019] EV는 교통량에 따른 도로 혼잡도 및 교통 신호를 고려하여 선택된 경로에 따라 출발점에서 목적지까지 이동한다고 가정한다. EV는 UAV의 경로 설정 및 충전 과정 중에는 설정된 경로를 변경하지 않는다고 가정한다. EV가 목적지까지 이동하는 시간은 목적지까지의 거리와 경유하는 도로의 제한 속도 및 및 교통량에 따라 측정된 속도로 결정된다.

[0020] UAV가 이동하는 지역에 지상 충전 스테이션 장치(Ground Charging Station, GCS)가 존재한다고 가정한다. UAV는 해당 지역에 위치한 GCS들 중 어느 하나에서 출발하여 EV를 충전하고 GCS들 중 어느 하나로 복귀한다고 가정한다.

[0021] UAV은 다양한 무선 충전 방식을 이용할 수 있다. 다만, UAV들은 충전율(예컨대, 무선 충전율) 및 무선 충전시 EV와의 거리가 동일하다고 가정한다.

[0022] GCS는 UAV를 충전하기에 충분한 에너지(전력)를 보유한다고 가정한다. 모든 GCS들은 동일한 배터리 용량을 갖는다고가정한다.

[0023] UAV의 경로 설정은 필요한 정보를 수신한 UAV가 직접 수행할 수 있다. 또는 UAV의 경로 설정은 중앙 제어 장치가 수행할 수도 있다. 제어 장치는 데이터 처리, 경로 선택을 위한 연산 및 정보 송수신이 가능한 장치이다. 제어 장치는 PC, 네트워크 상의 서버, 제어 소프트웨어가 임베딩된 칩셋 등의 형태로 구현될 수 있다. 다만, 이하 UAV가 자신의 이동 경로를 설정한다고 설명한다.

[0024] UAV는 EV가 제한 시간내에 목적지에 이를 수 있도록 UAV의 이동 경로를 결정한다. UAV는 충전을 요청한 EV들 중 목적지로 이동하면서 충전을 위한 경로 변경 또는 정지하는 EV들의 수를 최대한 줄이도록 UAV의 이동 경로를 결정한다. 또한, UAV는 한 번의 비행(충전)으로 가능한 많은 EV를 충전하도록 경로를 설정하는 것을 목표로 한다.

[0026] 도 1은 무인 비행체를 이용한 전기 자동차 충전 시스템(100)에 대한 예이다. 하나의 UAV를 기준으로 설명한다. 전기 자동차 충전 시스템(100)은 UAV(110), GCS(120a, 120b, 120c) 및 서버(150)를 포함한다. EV는 다양한 유형의 자동차를 도시하였다.

[0027] UAV(110) 및 EV는 무선 통신으로 정보를 송수신할 수 있다. 무선통신은 이동통신(LTE, 5G 등), 와이파이 등을 이용할 수 있다.

[0028] UAV(110)는 EV로부터 충전 요청을 수신한다. UAV(110)는 서버(150)를 경유하여 충전 요청을 수신할 수 있다. 충전 요청은 다수의 EV들로부터 요청 리스트(List_Req)를 포함할 수 있다.

[0029] UAV(110)는 EV의 충전 긴급성 및 UAV의 비행 거리(소비 에너지)를 고려하여 서로 다른 경로로 이동하는 다수의 EV들을 충전할 수 있다. UAV(110)는 한 번의 비행으로 가능한 많은 다수의 EV들을 충전할 수 있도록 이동 경로를 설정하고자 한다. 즉, UAV(110)는 현재 에너지를 이용하여 최대한 효율적인 충전 서비스를 제공할 수 있도록 자신의 이동 경로를 최소화하여 설정하고자 한다.

[0030] UAV(110)는 GCS(120a, 120b 또는 120c)에서 출발하여 충전 대상인 EV를 충전하고 GCS(120a, 120b 또는 120c)로 복귀한다.

[0031] UAV(110)는 GCS에서 충분하게 충전되어 다수의 EV들에 대한 충전이 가능하다고 가정한다. UAV(110)는 GCS 중 하나인 G_i에서 출발하여 다수의 충전 요청들을 처리하고 G_j로 이동할 수 있다. G_i 및 G_j는 UAV의 서비스 영역 S에

위치한 GCS들(S_{CGS})에 속한다(G_i 및 $G_j \in S_{CGS}$). 서비스 영역 S는 일정한 크기로 사전에 결정된다.

[0032] UAV는 일정한 우선 순위에 따라 EV를 선택하여 동적인 충전 스케줄을 설정한다.

[0033] 우선 순위는 시간 t에서 (a) UAV와 e_i 사이의 거리(UAV의 이동 에너지 소모량), (b) 시간 t에서 e_i 기준으로 측정되는 e_i 주변 EV들의 충전 요청 밀도(충전을 요청하는 주변 EV들의 개수로 시간 t에 e_i 를 원점으로 반경 N_R인 원 안에 주행 중인 EV들의 개수로 정의함) 및 (c) e_i의 충전 긴급도를 기준으로 결정될 수 있다. 우선 순위의 결정 상기 기준 (a), (b) 및 (c)는 각각 매트릭스 형태로 제공될 수 있다. 각 매트릭스는 (a) $Prox(e_i)$, (b) $N_{nbr}(e_i)$ 및 (c) $Urg(e_i)$로 지칭한다. 충전 긴급도 $Urg(e_i)$는 e_i의 에너지 잔량($SoC(e_i)$) 및 e_i의 목적지($Dst(e_i)$)를 기준으로 결정될 수 있다. $Dst(e_i)$는 e_i의 최종 목적지 또는 충전을 위한 근처 GCS일 수 있다.

[0034] 다수의 EV에 대한 충전 요청을 처리하는 최적 순서는 3개의 인자들 $Prox(e_i)$, $N_{nbr}(e_i)$ 및 $Urg(e_i)$를 기준으로 결정될 수 있다. 아래 표 1은 UAV의 충전 경로를 결정하는 알고리즘(Balanced Flying Trip, BFT)에 대한 예이다.

표 1

BFT($S_{unchrgEV}$, N_{ChgReq} **)** {

1. $Path_{Len} \leftarrow 0$; Set W_{energy} and W_{urg}; $N_{ChgReq} \leftarrow 0$;
2. **while** ($S_{unchrgEV} \neq \emptyset$) {
3. $t \leftarrow t_{current}$; Update $Loc(U)$;
4. **for** $\forall e_t \in S_{unchrgEV}$ { // Compute $Urg, UProx$ & $NrProx$ of e_t
5. Update $Loc(e_t)$ by exchanging messages;
6. $eLoc(e_t) \leftarrow FindLoc(Map(e_t), Loc(e_t), ChgTime(e_t), Spd(e_t, t))$;
7. **for** $\forall e_i, i \neq t \in S_{unchrgEV}$ { // expected Loc. other EVs
8. $eLoc(e_i) \leftarrow FindLoc(Map(e_i), Loc(e_i), ChgTime(e_t), Spd(e_i, t))$;
9. } **endfor**
10. $G_r = min_{\forall G_j \in S_{GCS}} Dist(Loc(e_t), Loc(G_j))$;
11. $Urg(e_t) = \frac{Dist(Loc(e_t),\ Loc(G_r))}{ResidDist(e_t)}$;
12. $UProx(e_t) = Dist(Loc(U), Loc(e_t))$;
13. $NrProx(e_t) = min_{\forall i \neq t} Dist(eLoc(e_t), eLoc(e_i))$;
14. $Prox(e_t) = \frac{1}{UProx(e_t)+NrProx(e_t)}$;
15. } **endfor**
16. **for** $\forall e_t \in S_{unchrgEV}$ { // Compute CEC of e_t
17. $CEC(e_t) = \frac{Prox(e_t)}{\max_{\forall j} Prox(e_j)} \cdot W_{energy} + \frac{Urg(e_t)}{\max_{\forall j} Urg(e_j)} \cdot W_{urg}$;
18. } **endfor**
19. $e_x = max_{\forall e_k \in S_{unchrgEV}} CEC(e_k)$; // Pick EV with the highest CEC
20. $RdvLoc \leftarrow FindRdvLoc(Loc(e_x), Loc(U), t)$;
21. $Path_{Len}$ += $Charge(e_x, RdvLoc)$;
22. $S_{unchrgEV}$ -= $\{e_x\}$; N_{ChgReq}++;
23. } **endwhile**
24. Update $Loc(U)$;
25. $G_r \leftarrow min_{\forall G_j \in S_{GCS}} Dist(Loc(U), Loc(G_j))$; U returns to G_r;
26. $Path_{Len}$ += $Dist2(Loc(U), Loc(G_r))$;
27. return $Path_{Len}$ and N_{ChgReq};

}

[0036]

[0037] BFT는 EV 관점에서의 충전 긴급도 및 UAV의 에너지 소비를 고려한 접근이다. 즉, BFT는 긴급한 충전 요청과 UAV의 에너지 효율을 동시에 만족시키고자 한다. UAV의 충전 경로 결정에서 충전 긴급도 및 UAV의 에너지 효율은 서로 상충되는 목표이다.

[0038] BFT 알고리즘의 과정에 대하여 설명한다. BFT는 UAV에서 수행된다고 가정한다.

[0039] UAV는 충전을 위한 서비스 영역에 대한 절대적 또는 상대적 지리적 정보 내지 위치 정보를 알고 있다고 가정한다. 즉, UAV는 EV의 위치 정보 및 GCS의 위치 정보를 기준으로 서비스 영역에서 해당 객체의 위치로 이동할 수 있다.

[0040] UAV는 충전이 필요한 EV들의 세트 $S_{unchrgEV}$ 및 충전을 요청한 EV의 개수 N_{ChgReq}를 입력받는다. $S_{unchrgEV}$는 충전을 요청한 EV들의 리스트이다. 충전 요청은 일정한 시간 T 동안 수집된 요청들로 구성될 수 있다.

[0041] 알고리즘에서 사용되는 일정한 변수가 초기화된다. $path_{Len}$은 EV 충전을 위한 UAV의 이동 거리를 나타내는데 0으로 설정된다. W_{enegy}와 W_{urg}는 UAV가 현재 충전할 대상인 타깃 EV를 선택하는데 사용되는 가중치이다. 가중치에 대한 내용은 후술한다. N_{ChgReq}는 0으로 설정된다.

[0042] UAV는 $S_{unchrgEV}$가 공집합이 될 때까지 라인 3에서 라인 22를 수행한다(라인 2).

[0043] UAV는 현재 시간 $t_{current}$를 t로 설정하고, UAV의 현재 위치 Loc(U)를 획득한다(라인 3). Loc(A)는 A의 위치를 리턴하는 함수를 말한다.

[0044] UAV는 $S_{unchrgEV}$에 속한 모든 e_t에 대하여 충전 긴급도 $Urg(e_t)$, 근접(proximity) 파라미터 $UProx(e_t)$와 $NrProx(e_t)$를 구한다(라인 4~라인 15).

[0045] e_t는 UAV가 출발지에서 이동하여 처음 충전하는 EV이다. UAV가 이동하여 처음 충전하는 EV를 타깃 EV라고 명명한다.

[0046] UAV는 e_t의 현재 위치를 확인한다(라인 5). UAV는 e_t로부터 또는 서버를 경유하여 e_t의 위치를 수신할 수 있다.

[0047] UAV는 e_t가 충전을 받는다고 가정하고, 충전이 완료되는 시점에 e_t의 위치를 확인한다(라인 6). eLoc(A)는 UAV를 이용한 충전이 완료되는 시점에서의 A의 위치를 리턴하는 함수이다. eLoc()은 FindLoc() 함수의 값을 전달받는다. FindLoc()은 e_t의 이동 경로, e_t의 현재 위치, e_t의 충전 소요 시간 및 e_t의 속도를 기준으로 e_t의 예상 위치를 리턴한다. Map(A)는 A의 이동 경로를 리턴하는 함수이고, ChgTime(A)는 A의 충전 완료 시간을 리턴하는 함수이고, Spd(A, t)는 시간 t에서 A의 이동 속도를 리턴하는 함수이다. EV는 충전 시간 동안 속도가 동일하다고 가정한다.

[0048] 또한, UAV는 e_t를 제외한 $S_{unchrgEV}$에 속한 모든 e_i들 각각에 대하여 e_t의 충전이 완료되는 동안 이동하는 예상 위치를 확인한다(라인 7~ 라인 9).

[0049] UAV는 현재 위치에서 가장 가까운 GCS의 위치 G_r을 확인한다(라인 10). S_{GCS}는 서비스 영역에 위치한 GCS들이다. Dist(A,B)는 A와 B 사이의 거리를 리턴하는 함수이다.

[0050] e_t에 대한 충전 긴급도 $Urg(e_t)$는 아래 수학식 1과 같이 "e_t의 현재 위치와 해당 위치에서 가장 가까운 GCS까지의 거리"와 "e_t의 현재 잔량 배터리로 갈 수 있는 거리"의 비율로 표현될 수 있다(라인 11).

수학식 1

[0052] $$Urg(e_t) = \frac{Dist(Loc(e_t),\ \ Loc(G_r))}{ResidDist(e_t)}$$

[0053] 수학식 1에서 Dist(A,B)는 A와 B 사이의 거리이다. G_r는 e_t의 현재 위치에서 가장 가까운 GCS의 위치이다. $ResidDist(e_t)$는 e_t의 남은 에너지(배터리)로 현재 위치로부터 이동 가능한 거리이다.

[0055] UAV의 이동으로 소비되는 에너지는 두 가지 유형의 근접 파라미터들로 평가될 수 있다. 하나는 충전 전 e_t 위치로부터 UAV까지의 거리 UProx(e_t)이고, 다른 하나는 e_t가 충전이 완료된 시점에서 e_t와 e_t의 위치에서 가장 가까운 EV 사이의 거리 NrProx(e_t)이다(라인 12 및 라인 13).

[0057] 도 2는 UAV 소비 에너지를 평가에 사용되는 근접 파라미터를 설명하는 예이다. 도 2(A)는 UAV가 충전을 위하여 이동하는 상황을 도시한다. 시간 t에서 UAV는 Loc(U)에 위치하고, 이때 e_1, e_2, e_3, e_4, e_5는 각각 시간 t에서 자신의 위치에 위치한다. 예컨대, e_3는 시간 t에서 Loc(e_3)에 위치한다. UAV가 e_3로 이동하여 충전을 완료한다. UAV가 e_3의 충전을 완료하는 시간은 ChgTime(e_3)이다. e_1, e_2, e_3, e_4, e_5는 각각 시간 t + ChgTime(e_3)에서 $e_{1'}$, $e_{2'}$, $e_{3'}$, $e_{4'}$, $e_{5'}$에 위치한다.

[0058] 근접 파라미터 UProx(e_i) 및 NrProx(e_i)는 e_i와 연결된 하나의 자식 노드 e_i' 및 e_i'와 연결된 N_{Chgreq}-1 개의 자식노드 e_j'를 갖는 방향 그래프(directed graph)로 표현될 수 있다. $1 \leq j \neq i \leq N_{ChgReq}$이다. N_{Chgreq}는 UAV가 수신한 충전 요청 리스트에 포함된 EV(들)의 충전 요청 개수이다. e_i'와 e_j'는 e_i가 충전이 완료되는 동안 이동한 e_i와 e_j의 위치이다. 도 2(B)는 도 2(A)의 상황에서 근접 파라미터를 나타내는 그래프의 예이다.

[0059] 도 2(B)는 루트인 UAV에 연결된 e_3와 e_3에 연결된 자식노드들 {e_3', e_1', e_2', e_4', e_5'}을 도시한 예이다. UProx(e_3)는 UAV와 e_3사이의 거리를 나타내고, NrProx(e_3)는 e_3가 충전이 완료된 시점의 위치 e_3'에서 가장 가까운 EV인 e_4'까지의 거리를 나타낸다.

[0060] w(e_i', e_j')는 노드 e_i'와 e_j' 사이 간선의 가중치를 나타낸다. w(e_i', e_j')는 e_i가 충전이 완료된 시점에서 e_i와 e_j 사이의 거리로 설정될 수 있다. w(e_i', e_j')의 최소값은 NrProx(e_i)이다($1 \leq \forall j \neq i \leq N_{ChgReq}$).

[0062] e_t의 최종 근접 파라미터 Prox(e_t)는 Uprox(e_t)와 NrProx(e_t)를 이용한 지표로 산출할 수 있다(라인 14). Prox(e_t)는 아래 수학식 2와 같이 표현될 수 있다. 이 경우 e_t의 근접성이 높을 수록 큰 값을 갖는다.

수학식 2

[0064] $$Prox(e_t) = \frac{1}{UProx(e_t) + NrProx(e_t)}$$

[0066] 최종 근접 파라미터 Prox(e_t)는 UAV가 서비스 영역의 EV 중 충전 대상의 순서를 결정할 때 사용될 수 있다.

[0068] 도 3은 근접 파리미터를 기준으로 타깃 EV를 선택하는 예이다. 도 3은 EV의 충전 긴급도는 동일하다고 가정하고 근접 파라미터만을 기준으로 타깃 EV를 선택하는 예이다. UAV는 서비스 영역의 모든 EV에 대하여 근접 파라미터 Prox()를 결정한 상태이다. 도 3(A)는 e_1를 기준으로 Prox(e_1)을 연산하는 상황의 예이며, e_1'에서 가장 가까운 인접 EV는 e_2'이다. 도 3(B)는 e_3을 기준으로 Prox(e_3)을 연산하는 상황의 예이며, e_3'에서 가장 가까운 인접 EV는 e_2'이다. UAV는 Prox(e_1) < Prox(e_3) 이라면 해당 시점에서 충전 대상은 e_3로 결정한다.

[0070] UAV는 $S_{unchrgEV}$에 속한 모든 EV e_k들에 대하여 충전 긴급도 Urg($_k$), 근접 파라미터 Prox(e_k)를 구한 상태이다. UAV

는 $S_{unchrgEV}$에 속한 모든 EV e_k들에 대하여 충전 비용 효율도(cost effectiveness of charging, CEC)를 구한다(라인 16 ~ 라인 18). CEC는 두 개의 요소로 구성된다. 하나는 충전 긴급도 관련 정보이고, 다른 하나는 두 개의 EV들을 연속하여 충전하는 동안 예상되는 UAV의 에너지 소비 관련 정보이다. CEC는 아래 수학식 3과 같이 정의될 수 있다.

수학식 3

[0072] $$CEC(e_t) = \frac{Prox(e_t)}{\max_{\forall j} Prox(e_j)} \cdot W_{energy} + \frac{Urg(e_t)}{\max_{\forall j} Urg(e_j)} \cdot W_{urg}$$

[0073] 수학식 3에서 e_j는 $S_{unchrgEV}$에 속한 각 EV를 말한다. 좌측항은 $Prox(e_t)$를 전체 EV들의 근접 파라미터 중 최대값으로 나누어 정규화한 값에 가중치 W_{energy}를 곱한 값이다. 우측항은 $Urg(e_k)$를 전체 EV들의 충전 긴급도 중 최대값으로 나누어 정규화한 값에 가중치 W_{urg}를 곱한값이다. $W_{energy} + W_{urg} = 1$ 관계를 갖는다. 해당 가중치들은 EV에 대한 충전 우선 순위를 결정함에 있어 UAV의 에너지 소비 및 EV의 충전 긴급도에 대한 중요도(가중)를 설정하는 값이다. 가중치는 서비스 영역의 상황이나 실험적인 방법을 통해 결정될 수 있다. 예컨대, 가중치는 UAV의 에너지가 많지 않은 상황이라면 W_{energy}가 W_{urg}보다 높은 값으로 설정될 수 있다. 또는 가중치는 서비스 영역에 충전이 긴급한 EV들이 많은 경우 W_{urg}가 W_{energy}보다 높은 값으로 설정될 수 있다. 두 가중치 W_{urg}와 W_{energy}는 UAV가 충전을 진행하는 동안 고정된 값이거나 혹은 변경될 수 있다.

[0075] UAV는 전체 EV에 대한 CEC를 기준으로 가장 높은 CEC를 갖는 EV e_x를 선택한다(라인 19).

[0076] UAV는 선택한 e_x를 충전할 수 있는 위치를 결정한다(라인 20). FindRdvLoc()은 시간 t에서 e_x의 위치와 속도 및 UAV의 위치와 무선충전 거리(ChgRng(U))를 기준으로 UAV가 이동하여 일정한 경로를 이동하는 e_x를 만날 수 있는 위치를 리턴한다.

[0078] 도 4는 UAV가 타깃 EV를 충전하기 위한 위치를 결정하는 과정의 예이다. 도 4에서 UAV는 시간 t에서 Loc(U)에 위치한다. UAV는 도 4에서 원으로 도시한 영역과 같이 충전 가능한 영역을 갖는다. EV e_x는 시간 t에서 Loc(e_x)에 위치한다. e_x는 목표에 이르기 위하여 일정한 경로(road map)를 이동하는 중이다. RdvLoc(U)는 UAV가 이동하는 e_x를 만나 충전 시작이 가능한 위치이다. RdvLoc(EV)는 경로를 이동하는 e_x이 UAV로부터 충전을 받기 시작하는 위치이다. UAV는 RdvLoc(EV)의 위치로부터 e_x의 이동 경로를 고려하여 충전을 하면서 이동하는 경로를 결정할 수 있다.

[0079] UAV는 RdvLoc(혹은 RdvLoc(U))으로 이동하여 e_x에 대한 충전을 시작하고, e_x를 따라가면서 충전을 수행할 수 있다.

[0080] UAV는 e_x를 충전하는데 필요한 거리를 누적한다(라인 21). Charge(e_x,RdvLoc)은 RdvLoc까지 이동하고 e_x를 충전하면서 이동하는 거리를 모두 고려하여 전체 거리를 리턴한다.

[0081] UAV는 $S_{unchrgEV}$에서 e_x를 제거하고, N_{ChgReq}를 하나 증가시킨다(라인 22).

[0082] UAV는 기본적으로 $S_{unchrgEV}$가 공집합이 되어 충전이 필요한 EV가 없는 상황이 될때까지 라인 2에서 라인 23의 과정을 반복한다. 즉, UAV는 하나의 EV를 충전하고 다음 충전 대상을 선택하기 위하여 라인 2에서 라인 23의 과정을 반복한다. 나아가, UAV가 EV에 대한 충전 중에 자신의 에너지가 부족해지면 가까운 GCS로 복귀하여 에너지를 보충한 후 다시 EV 충전을 수행해야 한다. 따라서, UAV는 $S_{unchrgEV}$에 속한 EV의 충전이 완료되지 못하더라도 자신의 에너지가 임계값 이하라면 근처 GCS로 이동하여 에너지를 충전하고 다시 BFT 알고리즘을 수행해야 한다. 이

때 임계값은 UAV가 가장 가까운 GCS로 이동할 수 있는 에너지보다 높은 값이어야 한다.

[0083] $S_{unchrgEV}$에 속한 EV들에 대한 충전이 완료되거나, UAV의 에너지가 기준값 이하인 경우, UAV는 자신의 현재 위치에서 가장 가까운 GCS의 위치 G_r를 결정하고, G_r로 이동한다(라인 24 ~ 라인 25). UAV는 이동 거리에 GCS까지의 이동 거리도 누적한다(라인 26).

[0084] BFT 알고리즘은 최종 $Path_{Len}$ 및 N_{ChgReq}를 리턴한다(라인 27).

[0086] BFT 알고리즘이 UAV에서 수행된다고 설명하였다. 즉, UAV가 자신의 이동 경로를 결정하는 방식이다. 나아가, 전술한 바와 같이 중앙 제어 장치가 특정 UAV에 대한 이동 경로를 결정하고, 해당 이동 경로를 UAV에 전달하여 중앙 집중적 제어를 수행할 수도 있다. 즉, 후자의 경우 중앙 제어 장치가 BFT 알고리즘을 수행하게 된다. 본 설명에서 경로 결정 장치는 UAV 또는 중앙 제어 장치를 포함하는 개념으로 사용한다. 경로 결정 장치는 필요한 정보를 수집하고, 전술한 BFT 알고리즘을 수행하여 특정 UAV에 대한 이동 경로를 제어할 수 있다. 경로 결정 장치는 물리적으로 다양한 형태로 결정될 수 있다. 경로 결정 장치는 PC, 네트워크 상의 서버, 제어 소프트웨어가 임베딩된 칩셋 등의 형태로 구현될 수 있다.

[0088] 또한, 상술한 바와 같은 전기 이동체 충전을 위한 UAV의 경로 설정 방법은 컴퓨터에서 실행될 수 있는 실행가능한 알고리즘을 포함하는 프로그램(또는 어플리케이션)으로 구현될 수 있다. 상기 프로그램은 일시적 또는 비일시적 판독 가능 매체(non-transitory computer readable medium)에 저장되어 제공될 수 있다.

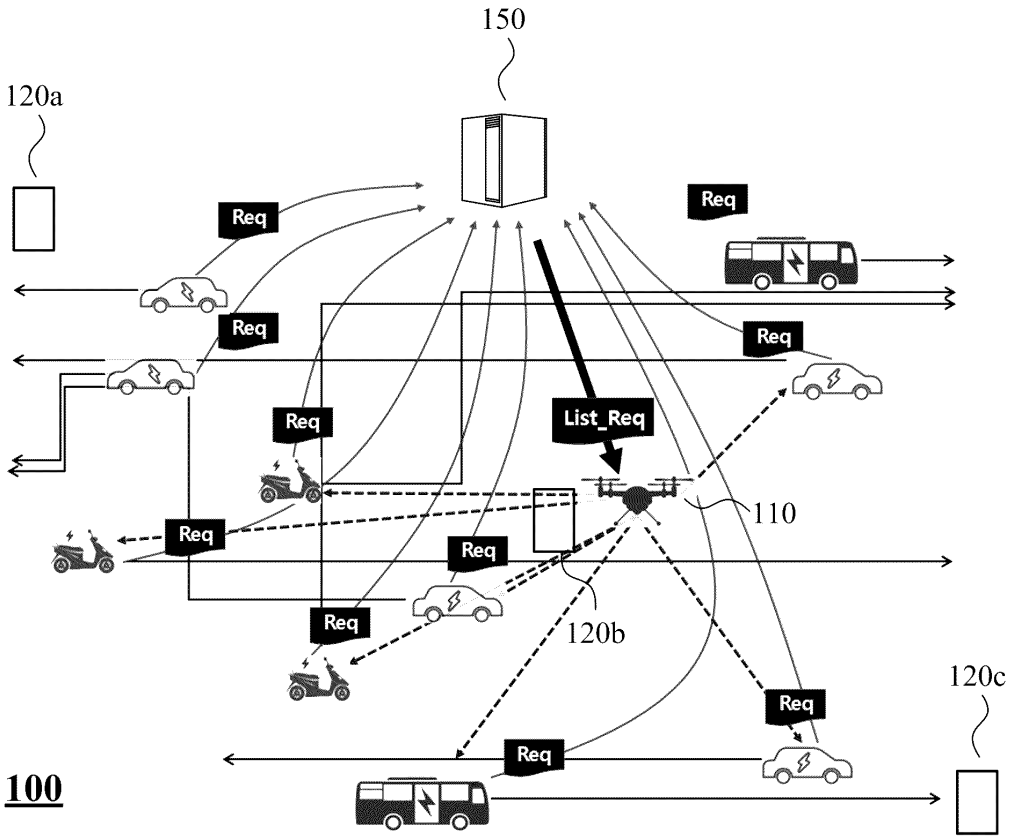
[0089] 비일시적 판독 가능 매체란 레지스터, 캐쉬, 메모리 등과 같이 짧은 순간 동안 데이터를 저장하는 매체가 아니라 반영구적으로 데이터를 저장하며, 기기에 의해 판독(reading)이 가능한 매체를 의미한다. 구체적으로는, 상술한 다양한 어플리케이션 또는 프로그램들은 CD, DVD, 하드 디스크, 블루레이 디스크, USB, 메모리카드, ROM(read-only memory), PROM (programmable read only memory), EPROM(Erasable PROM, EPROM) 또는 EEPROM(Electrically EPROM) 또는 플래시 메모리 등과 같은 비일시적 판독 가능 매체에 저장되어 제공될 수 있다.

[0090] 일시적 판독 가능 매체는 스태틱 램(Static RAM, SRAM), 다이내믹 램(Dynamic RAM, DRAM), 싱크로너스 디램(Synchronous DRAM, SDRAM), 2배속 SDRAM(Double Data Rate SDRAM, DDR SDRAM), 증강형 SDRAM(Enhanced SDRAM, ESDRAM), 동기화 DRAM(Synclink DRAM, SLDRAM) 및 직접 램버스 램(Direct Rambus RAM, DRRAM) 과 같은 다양한 RAM을 의미한다.

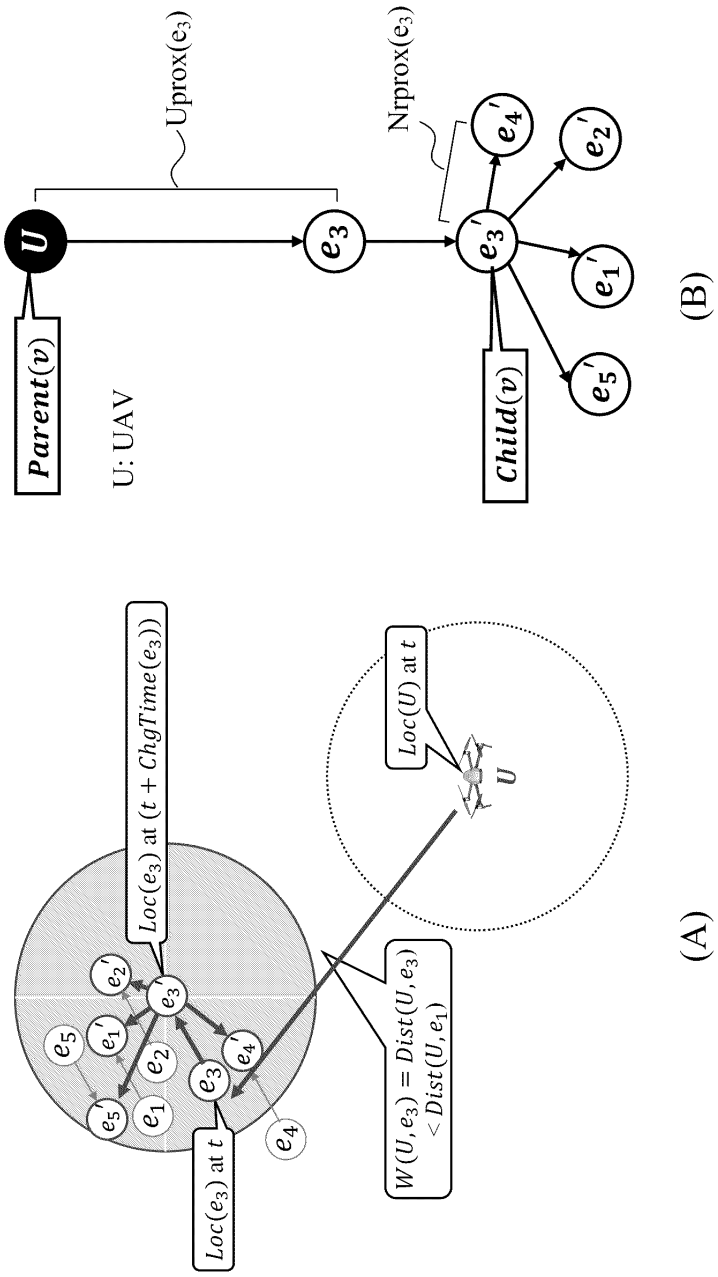
[0091] 본 실시예 및 본 명세서에 첨부된 도면은 전술한 기술에 포함되는 기술적 사상의 일부를 명확하게 나타내고 있는 것에 불과하며, 전술한 기술의 명세서 및 도면에 포함된 기술적 사상의 범위 내에서 당업자가 용이하게 유추할 수 있는 변형 예와 구체적인 실시예는 모두 전술한 기술의 권리범위에 포함되는 것이 자명하다고 할 것이다.

도면

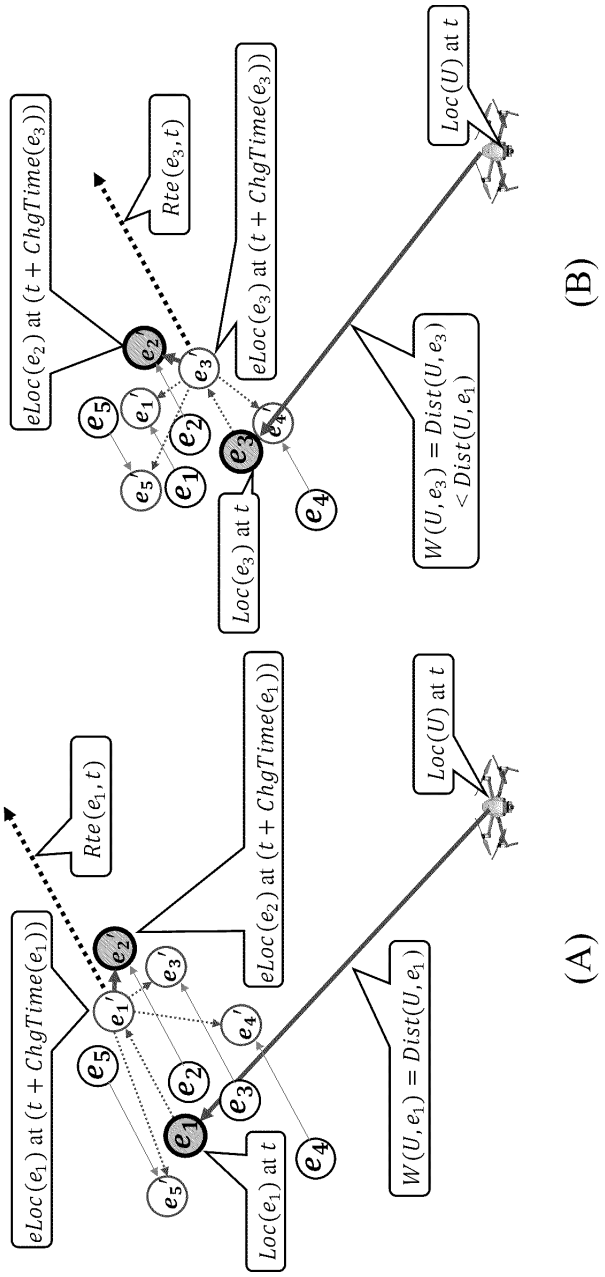
도면1


150
120a
Req
Req
Req
Req
Req
Req
Req
Req
Req
List_Req
110
120b
120c
100

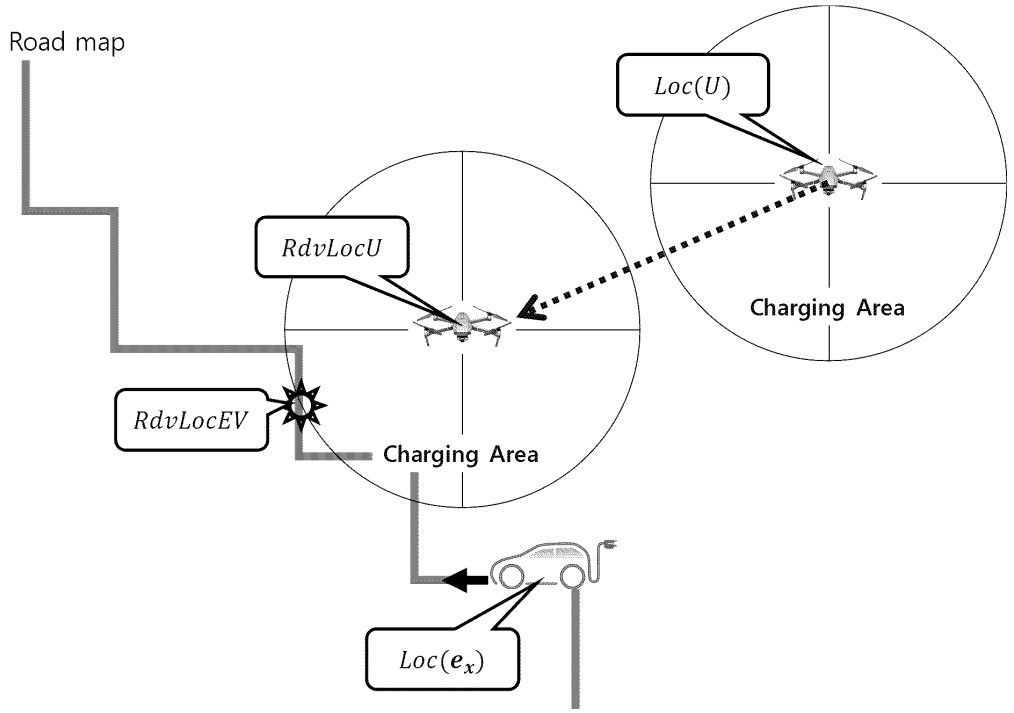
도면2


Uprox(e3)
Nrprox(e3)
U
e3
e3'
e4'
e2'
e1'
e5'
Parent(v)
U: UAV
Child(v)
(B)
Loc(e3) at (t + ChgTime(e3))
Loc(U) at t
U
e2'
e3'
e1'
e5
e2
e4'
e3
e5'
e1
e4
Loc(e3) at t
W(U, e3) = Dist(U, e3)
< Dist(U, e1)
(A)

도면3


(A)
(B)
$eLoc(e_1)$ at $(t + ChgTime(e_1))$
$Rte(e_1, t)$
$eLoc(e_2)$ at $(t + ChgTime(e_1))$
$Loc(e_1)$ at t
$W(U, e_1) = Dist(U, e_1)$
$Loc(U)$ at t
$eLoc(e_2)$ at $(t + ChgTime(e_3))$
$Rte(e_3, t)$
$eLoc(e_3)$ at $(t + ChgTime(e_3))$
$Loc(e_3)$ at t
$W(U, e_3) = Dist(U, e_3)$
$< Dist(U, e_1)$
$Loc(U)$ at t

도면4


Road map
Loc(U)
RdvLocU
Charging Area
RdvLocEV
Charging Area
Loc(e_x)