(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년04월17일
(11) 등록번호 10-2523056
(24) 등록일자 2023년04월13일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06Q 50/30 (2012.01) *B64C 39/02* (2023.01)
G06Q 20/14 (2012.01)
(52) CPC특허분류
G06Q 50/30 (2015.01)
B64C 39/02 (2023.01)
(21) 출원번호 10-2021-0034692
(22) 출원일자 2021년03월17일
심사청구일자 2021년03월17일
(65) 공개번호 10-2022-0129849
(43) 공개일자 2022년09월26일
(56) 선행기술조사문헌
JP2012073763 A*
The Thirty-Fourth AAAI Conference on Artificial Intelligence (AAAI-20). Yong Liu ET AL. Multi-Agent Game Abstraction via Graph Attention Neural Network(2020.04.03). 1부.*
Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review Volume 143. Suchithra Rajendran ET AL. Air Taxi Service for Urban Mobility: A Critical Review of Recent Developments, Future Challenges, and Opportunities(2020.10.05). 1부.*
KR101681293 B1
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
아주대학교산학협력단
경기도 수원시 영통구 월드컵로 206 (원천동)
(72) 발명자
김중헌
서울특별시 동작구 상도로 346-2, 212동201호(상도동, 상도엠코타운 애스톤파크)
윤원준
서울특별시 강남구 학동로64길 14,101동 1002호(삼성동, 현대아파트)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
윤귀상

전체 청구항 수 : 총 8 항 심사관 : 박장환

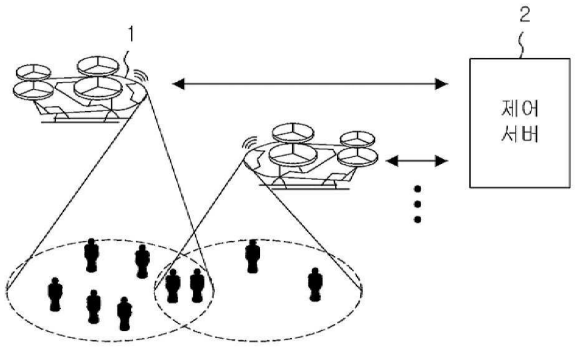
(54) 발명의 명칭 **멀티에이전트 강화학습을 활용한 드론 택시 시스템 및 이를 이용한 드론 택시 운용 방법**

(57) 요 약

본 발명은 멀티에이전트 강화학습을 활용한 드론 택시 시스템 및 이를 이용한 드론 택시 운용 방법에 관한 것으로, 본 발명에 따르면, 멀티에이전트 강화학습을 활용한 드론 택시 시스템에 있어서, 일정 범위 내 존재하는 승객 단말로부터 출발지 정보 및 도착지 정보를 포함하는 호출 정보를 수신받는 다수의 드론 택시 및 각 드론 택시

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도1



로부터 승객의 호출 정보를 수신받아 승객 유무에 따라 후보 승객을 선택하고, 멀티에이전트 강화학습을 통해 다수의 드론 택시의 드론 상태 정보로부터 각 드론 택시의 이동 경로 정보를 생성하여 상기 드론 택시에 전송하는 제어 서버를 포함하는 드론 택시 시스템을 제공할 수 있다.

또한 멀티에이전트 강화학습을 활용한 드론 택시 시스템을 이용한 드론 택시 운용 방법에 있어서, 드론 택시가 일정 범위 내 존재하는 승객을 검색하여, 승객 단말로부터 출발지 정보 및 도착지 정보를 포함하는 호출 정보를 수신받는 승객검색단계; 제어 서버가 상기 드론 택시로부터 승객의 호출 정보를 수신받아 승객 유무에 따라 후보 승객을 선택하는 승객선택단계 및 상기 제어 서버가 멀티에이전트 강화학습을 통해 다수의 드론 택시의 드론 상태 정보로부터 각 드론 택시의 이동 경로 정보를 생성하여, 상기 드론 택시에 전송하는 경로설정단계를 포함하는 드론 택시 운용 방법을 제공할 수 있다.

(52) CPC특허분류
G06Q 20/145 (2013.01)

(72) 발명자
김재현
서울특별시 서초구 서초대로65길 13-10,108동 1703호(서초동, 서초래미안아파트)

정소이
경기도 수원시 팔달구 중부대로223번길 54-13,202동 501호(우만동, 주공아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711102837
과제번호	2017-0-01637-004
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	정보통신기획평가원
연구사업명	정보통신방송혁신인재양성(R&D)
연구과제명	5G와 무인이동체(자율주행차, 드론 등) 산업 융합을 위한 핵심 인력양성
기 여 율	1/1
과제수행기관명	한양대학교산학협력단
연구기간	2020.01.01 ~ 2020.12.31

공지예외적용 : 있음

명 세 서

청구범위

청구항 1

멀티에이전트 강화학습을 활용한 드론 택시 시스템에 있어서,

일정 범위 내 존재하는 승객 단말로부터 출발지 정보 및 도착지 정보를 포함하는 호출 정보를 수신받는 다수의 드론 택시 및

각 드론 택시로부터 승객의 호출 정보를 수신받아 승객 유무에 따라 후보 승객을 선택하고, 멀티에이전트 강화학습을 통해 다수의 드론 택시의 드론 상태 정보로부터 각 드론 택시의 이동 경로 정보를 생성하여 상기 드론 택시에 전송하는 제어 서버를 포함하되,

상기 제어 서버는,

상기 드론 택시로부터 승객의 호출 정보를 수신받아, 승객 유무에 따라 후보 승객을 선택하는 승객선택부 및

멀티에이전트 강화학습을 통해 다수의 드론 택시의 드론 상태 정보로부터 각 드론 택시의 이동 경로 정보를 생성하여 상기 드론 택시에 전송하는 경로최적화부를 포함하고,

상기 드론 상태 정보는,

현재 위치 정보, 탑승 승객 정보, 후보 승객 정보 및 빈 좌석 정보 중 하나 이상을 포함하고,

상기 경로최적화부는,

다수의 드론 택시의 드론 상태 정보를 이용하여 상기 드론 택시간의 관계를 그래프 구조로 정의하는 그래프정의부;

상기 그래프 구조를 처리하여 관계없는 간선을 제거하고, 가중치를 부여하는 어텐션부 및

처리된 그래프 구조를 기반으로 각 드론 택시의 이동 경로 정보를 생성하고, 상기 드론 택시에 전송하는 경로생성부를 포함하고,

상기 그래프 구조는

각 드론 택시인 노드와 상기 드론 택시 간의 관계를 간선의 집합으로 구성되며,

상기 그래프 정의부는,

각 드론택시에 대해 상기 드론 상태 정보에 따른 상태 매트릭스를 생성하고, 상기 상태 매트릭스를 각 드론 택시의 노드에 매핑되며,

상기 상태 매트릭스는 상기 드론 상태 정보에 따라 설정되는 행동값의 변수가 나열되는 것으로서, 상기 행동값의 변수는 방향벡터[POSx,POSy], 거리[d], 페널티[p] 중 하나 이상을 포함하는 드론 택시 시스템.

청구항 2

삭제

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 승객선택부는,

상기 드론 택시에 승객이 없을 경우,

상기 드론 택시의 현재 위치 정보와 해당 드론 택시로부터 수신받은 호출 정보를 통해 거리를 비교하여, 상기

드론 택시의 현재 위치로부터 가장 가깝고 장거리 운행이 가능한 호출 정보를 선정하여 후보 승객을 선택하는 것을 특징으로 하는 드론 택시 시스템.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 승객선택부는,

상기 드론 택시에 승객이 있을 경우, 상기 승객이 카풀 가능 승객이면,

상기 드론 택시의 이동 경로 정보에 따른 이동 방향과 수신받은 호출 정보의 출발지와 도착지에 따른 이동 방향에 대한 코사인 유사도를 분석하여, 코사인 유사도가 가장 높은 호출 정보를 후보 승객으로 선택하는 것을 특징으로 하는 드론 택시 시스템.

청구항 5

삭제

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 제어 서버는,

상기 드론 택시로부터 도착 정보가 수신되면, 탑승 승객 정보의 탑승 시간에 따라 요금이 결제되도록 하는 보상부를 더 포함하는 드론 택시 시스템.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 보상부는,

상기 탑승 승객 정보의 탑승 시간을 상기 드론 택시의 상기 이동 경로 정보와 비교하여 차이에 따라 패널티를 설정하고, 설정된 패널티가 반영된 요금으로 결재가 이루어지도록 하는 것을 특징으로 하는 드론 택시 시스템.

청구항 8

멀티에이전트 강화학습을 활용한 드론 택시 시스템을 이용한 드론 택시 운용 방법에 있어서,

드론 택시가 일정 범위 내 존재하는 승객을 검색하여, 승객 단말로부터 출발지 정보 및 도착지 정보를 포함하는 호출 정보를 수신받는 승객검색단계;

제어 서버가 상기 드론 택시로부터 승객의 호출 정보를 수신받아 승객 유무에 따라 후보 승객을 선택하는 승객선택단계 및

상기 제어 서버가 멀티에이전트 강화학습을 통해 다수의 드론 택시의 드론 상태 정보로부터 각 드론 택시의 이동 경로 정보를 생성하여, 상기 드론 택시에 전송하는 경로설정단계를 포함하되,

상기 제어 서버는,

상기 드론 택시로부터 승객의 호출 정보를 수신받아, 승객 유무에 따라 후보 승객을 선택하는 승객선택부 및

멀티에이전트 강화학습을 통해 다수의 드론 택시의 드론 상태 정보로부터 각 드론 택시의 이동 경로 정보를 생성하여 상기 드론 택시에 전송하는 경로최적화부를 포함하고,

상기 드론 상태 정보는,

현재 위치 정보, 탑승 승객 정보, 후보 승객 정보 및 빈 좌석 정보 중 하나 이상을 포함하고,

상기 경로최적화부는,

다수의 드론 택시의 드론 상태 정보를 이용하여 상기 드론 택시간의 관계를 그래프 구조로 정의하는 그래프정의부;

상기 그래프 구조를 처리하여 관계없는 간선을 제거하고, 가중치를 부여하는 어텐션부 및

처리된 그래프 구조를 기반으로 각 드론 택시의 이동 경로 정보를 생성하고, 상기 드론 택시에 전송하는 경로생성부를 포함하고,

상기 그래프 구조는

각 드론 택시인 노드와 상기 드론 택시 간의 관계를 간선의 집합으로 구성되며,

상기 그래프 정의부는,

각 드론택시에 대해 상기 드론 상태 정보에 따른 상태 매트릭스를 생성하고, 상기 상태 매트릭스를 각 드론 택시의 노드에 매핑되며,

상기 상태 매트릭스는 상기 드론 상태 정보에 따라 설정되는 행동값의 변수가 나열되는 것으로서, 상기 행동값의 변수는 방향벡터[POSx,POSy], 거리[d], 페널티[p] 중 하나 이상을 포함하는 드론 택시 운용 방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 승객선택단계는,

상기 드론 택시에 승객이 없을 경우,

상기 드론 상태 정보와 해당 드론 택시로부터 수신받은 호출 정보를 통해 거리를 비교하여, 상기 드론 택시의 현재 위치로부터 가장 가깝고 장거리 운행이 가능한 호출 정보를 선정하여 후보 승객을 선택하는 것을 특징으로 하는 드론 택시 운용 방법.

청구항 10

제8항에 있어서,

상기 승객선택단계는,

상기 드론 택시에 승객이 있을 경우, 상기 승객이 카풀 가능 승객이면,

상기 드론 택시의 이동 경로 정보에 따른 이동 방향과 수신받은 호출 정보의 출발지와 도착지에 따른 이동 방향에 대한 코사인 유사도를 분석하여, 코사인 유사도가 가장 높은 호출 정보를 후보 승객으로 선택하는 것을 특징으로 하는 드론 택시 운용 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 멀티에이전트 강화학습을 활용한 드론 택시 시스템 및 이를 이용한 드론 택시 운용 방법에 관한 것으로, 멀티에이전트 강화학습을 통해 다수의 드론 택시들의 경로를 최적화하여, 드론 택시의 이윤을 최대화할 수 있는 멀티에이전트 강화학습을 활용한 드론 택시 시스템 및 이를 이용한 드론 택시 운용 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] 운송(運送)이란 사람이나 물건을 소정의 목적지까지 보내는 것을 말하는 것을 말한다.

[0004] 현대사회는 인구가 증가함에 따라 사람들의 이동과 물류의 이송이 급격하게 증가하고 있는 추세이며, 이에 따라 다양한 운송서비스들이 등장하고 있다.

[0005] 이러한 운송서비스는 경로의 관점에서 정해진 구간을 이동하는 구간 운송과, 개별적인 이용자의 요청에 따라 설정된 목적지까지 이동하는 자율 운송으로 구분될 수 있다. 전자의 경우는 대표적으로, 여객기, 여객선, 기차 또는 버스와 같은 운송서비스를 들 수 있으며, 후자의 경우는 택시나 렌탈차량과 같은 경우를 들 수 있다.

[0006] 한편, 대중적으로 많이 활용되고 있는 자율 운송서비스로서 택시의 경우 이용자의 요청에 의하여 즉답하여 목적지까지 가변적인 경로로 운행이 가능하므로 신속하고 환경에 유연하게 대응할 수 있는 장점을 가진다.

[0007] 근래에는 이용의 편리성을 위하여 소정의 콜센터를 통하여 탑승자가 택시의 이동을 요청하고 승차하는 방식인 콜택시 서비스 방식이 많이 사용되고 있으며, 최근 급격한 기술개발이 진행되고 있는 드론을 이용한 운송 서비스에 관한 기술개발에 관심이 쏠리고 있는 추세이다.

[0008] 그러나, 드론을 이용한 운송 기술의 경우, 그의 기술이 아직 발전단계에 있으며, 콜 택시와 같은 시스템을 사용하여 운용하기에는, 공중 운송 수단인 드론과, 지상 운송 수단을 이용하여 수행되는 운송 시스템을 이용하여 수행되는 운송 방법에는 큰 차이점이 존재하여, 적용이 쉽지 않은 문제점이 있었다.

[0009] 이에 따라, 드론의 특성에 적합하게 설정된 드론 택시 시스템에 있어서, 드론 택시를 이용하는 승객이 쉽게 이용 가능하며, 최적의 경로를 도출하여 승객을 운송할 수 있는 드론 택시 시스템 및 이를 이용한 드론 택시 운용 방법에 관한 기술개발이 절실한 실정이다.

[0010] 종래 기술로 한국등록특허 제10-2032067호(강화학습 기반 무인 항공기 원격 제어 방법 및 장치)가 공개되어 있으나, 단일 에이전트 강화학습을 기반으로 하고 있어 협력적인 행동을 기대하기 어려운 한계가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0012] 상기와 같은 문제를 해결하고자, 본 발명은 멀티에이전트 강화학습을 통해 다수의 드론 택시들의 경로를 최적화하여, 드론 택시의 이윤을 최대화할 수 있는 멀티에이전트 강화학습을 활용한 드론 택시 시스템 및 이를 이용한 드론 택시 운용 방법을 제공하는데 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0014] 상기와 같은 과제를 해결하기 위하여, 본 발명의 실시예에 따른 멀티에이전트 강화학습을 활용한 드론 택시 시스템은 일정 범위 내 존재하는 승객 단말로부터 출발지 정보 및 도착지 정보를 포함하는 호출 정보를 수신받는 다수의 드론 택시 및 각 드론 택시로부터 승객의 호출 정보를 수신받아 승객 유무에 따라 후보 승객을 선택하고, 멀티에이전트 강화학습을 통해 다수의 드론 택시의 드론 상태 정보로부터 각 드론 택시의 이동 경로 정보를 생성하여 상기 드론 택시에 전송하는 제어 서버를 포함하는 드론 택시 시스템을 제공할 수 있다.

[0015] 여기서, 상기 제어 서버는 기 드론 택시로부터 승객의 호출 정보를 수신받아, 탑승 승객 유무에 따라 후보 승객을 선택하는 승객선택부 및 멀티에이전트 강화학습을 통해 다수의 드론 택시의 드론 상태 정보로부터 각 드론 택시의 이동 경로 정보를 생성하여 상기 드론 택시에 전송하는 경로최적화부를 포함하고, 상기 드론 상태 정보는 현재 위치 정보, 탑승 승객 정보, 후보 승객 정보 및 빈 좌석 정보 중 하나 이상을 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0016] 또한 상기 승객선택부는 상기 드론 택시에 승객이 없을 경우, 상기 드론 택시의 현재 위치 정보와 해당 드론 택시로부터 수신받은 호출 정보를 통해 거리를 비교하여, 상기 드론 택시의 현재 위치로부터 가장 가깝고 장거리 운행이 가능한 호출 정보를 선정하여 후보 승객을 선택하는 것을 특징으로 한다.

[0017] 또한 상기 승객선택부는 상기 드론 택시에 승객이 없을 경우, 상기 드론 택시의 현재 위치 정보와 해당 드론 택시로부터 수신받은 호출 정보를 이용하여, 하기 수학식 1을 통해 호출 정보를 선정하여, 후보 승객을 선택하는 것을 특징으로 한다.

[0018] [수학식 1]

[0019] $$\underset{p_m}{\operatorname{argmax}}(\left|P_m^{dep}P_m^{des}\right| - \left|O_nP_m^{dep}\right|)$$

[0020] (여기서, $\left|O_nP_m^{dep}\right|$은 n번째 드론 택시의 현재 위치에서 m번째 승객의 출발지까지의 거리값, $\left|P_m^{dep}P_m^{des}\right|$은 m번째 승객의 출발지에서, 도착치까지의 거리값)

[0021] 또한 상기 승객선택부는 상기 드론 택시에 승객이 있을 경우, 상기 승객이 카풀 가능 승객이면, 상기 드론 택시의 이동 경로 정보에 따른 이동 방향과 수신받은 호출 정보의 출발지와 도착지에 따른 이동 방향에 대한 코사인 유사도를 분석하여, 코사인 유사도가 가장 높은 호출 정보를 후보 승객으로 선택하는 것을 특징으로 한다.

[0022] 또한 상기 경로최적화부는 다수의 드론 택시의 드론 상태 정보를 이용하여 상기 드론 택시간의 관계를 그래프 구조로 정의하는 그래프정의부; 상기 그래프 구조를 처리하여 관계없는 간선을 제거하고, 가중치를 부여하는 어텐션부 및 처리된 그래프 구조를 기반으로 각 드론 택시의 이동 경로 정보를 생성하고, 상기 드론 택시에 전송하는 경로생성부를 포함할 수 있다.

[0023] 또한 상기 제어 서버는 상기 드론 택시로부터 도착지 도착 정보가 수신되면, 탑승 승객 정보의 탑승 시간에 따라 요금이 결제되도록 하는 보상부를 더 포함할 수 있다.

[0024] 또한 상기 보상부는 탑승 승객 정보의 탑승 시간을 상기 드론 택시의 상기 이동 경로 정보와 비교하여 차이에 따라 패널티를 설정하고, 설정된 패널티가 반영된 요금으로 결재가 이루어지도록 하는 것을 특징으로 한다.

[0026] 또한 본 발명의 실시예에 따른 멀티에이전트 강화학습을 활용한 드론 택시 시스템을 이용한 드론 택시 운용 방법은 드론 택시가 일정 범위 내 존재하는 승객을 검색하여, 승객 단말로부터 출발지 정보 및 도착지 정보를 포함하는 호출 정보를 수신받는 승객검색단계; 제어 서버가 상기 드론 택시로부터 승객의 호출 정보를 수신받아 승객 유무에 따라 후보 승객을 선택하는 승객선택단계 및 상기 제어 서버가 멀티에이전트 강화학습을 통해 다수의 드론 택시의 드론 상태 정보로부터 각 드론 택시의 이동 경로 정보를 생성하여, 상기 드론 택시에 전송하는 경로설정단계를 포함하는 드론 택시 운용 방법을 제공할 수 있다.

[0027] 또한 상기 승객선택단계는, 상기 드론 택시에 승객이 없을 경우, 상기 드론 상태 정보와 해당 드론 택시로부터 수신받은 호출 정보를 통해 거리를 비교하여, 상기 드론 택시의 현재 위치로부터 가장 가깝고 장거리 운행이 가능한 호출 정보를 선정하여 후보 승객을 선택하는 것을 특징으로 한다.

[0028] 또한 상기 승객선택단계는, 상기 드론 택시에 승객이 있을 경우, 상기 승객이 카풀 가능 승객이면, 상기 드론 택시의 이동 경로 정보에 따른 이동 방향과 수신받은 호출 정보의 출발지와 도착지에 따른 이동 방향에 대한 코사인 유사도를 분석하여, 코사인 유사도가 가장 높은 호출 정보를 후보 승객으로 선택하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0030] 상기와 같은 본 발명의 실시예에 따른 멀티에이전트 강화학습을 활용한 드론 택시 시스템 및 이를 이용한 드론 택시 운용 방법은 멀티에이전트 강화학습을 통해 다수의 드론 택시들의 경로를 최적화하여, 드론 택시의 이윤을 최대화할 수 있다.

[0031] 또한 승객의 이동에 소모되는 시간과 비용을 절약하도록 할 수 있다.

[0032] 또한 드론 택시가 예상 시간을 초과하였을 경우, 요금을 감액시켜줄 수 있어 승객의 시간적 손실을 보상할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0034] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 멀티에이전트 강화학습을 활용한 드론 택시 시스템을 나타낸 구성도.

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 멀티에이전트 강화학습을 활용한 드론 택시 시스템의 제어 서버를 나타낸 블록도.

도 3은 도 2의 경로최적화부의 구조를 나타낸 도면.

도 4는 도 2의 경로최적화부를 통해 생성되는 그래프 구조의 노드(드론 택시)에 매핑되는 상태 매트릭스를 나타낸 예시도.

도 5는 본 발명의 실시예에 따른 멀티에이전트 강화학습을 활용한 드론 택시 시스템을 이용한 드론 택시 운용 방법을 개략적으로 나타낸 흐름도.

도 6은 도 5의 경로설정단계를 순차적으로 나타낸 흐름도.

도 7의 (a) 및 (b)는 본 발명의 실시예 및 비교예를 통한 드론 택시 경로를 나타낸 그래프.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0035] 이하, 도면을 참조한 본 발명의 설명은 특정한 실시 형태에 대해 한정되지 않으며, 다양한 변환을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있다. 또한, 이하에서 설명하는 내용은 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변환, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0036] 이하의 설명에서 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용되는 용어로서, 그 자체에 의미가 한정되지 아니하며, 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다.

[0037] 본 명세서 전체에 걸쳐 사용되는 동일한 참조번호는 동일한 구성요소를 나타낸다.

[0038] 본 발명에서 사용되는 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 또한, 이하에서 기재되는 "포함하다", "구비하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것으로 해석되어야 하며, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0039] 또한, 명세서에 기재된 "…부", "…기", "모듈" 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어나 소프트웨어 또는 하드웨어 및 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.

[0040] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시 예에 따른 멀티에이전트 강화학습을 활용한 드론 택시 시스템 및 이를 이용한 드론 택시 운용 방법을 상세히 살펴보기로 한다.

[0042] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 멀티에이전트 강화학습을 활용한 드론 택시 시스템을 나타낸 구성도이고, 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 멀티에이전트 강화학습을 활용한 드론 택시 시스템의 제어 서버를 나타낸 블록도이고, 도 3은 도 2의 경로최적화부의 구조를 나타낸 도면이며, 도 4는 도 2의 경로최적화부를 통해 생성되는 그래프 구조의 노드(드론 택시)에 매핑되는 상태 매트릭스를 나타낸 예시도이다.

[0044] 본 발명의 실시예에 따른 멀티에이전트 강화학습을 활용한 드론 택시 시스템(이하 '드론 택시 시스템'이라 함)은 멀티에이전트 강화학습 중 그래프 신경망(G2ANet)을 통해 다수의 드론 택시들의 경로를 최적화하고 협력적 행동을 취하도록 하여, 드론 택시의 이윤을 극대화할 수 있도록 한다.

[0045] 즉, 협력적으로 경로가 최적화됨으로써, 미래 스마트 시티에서 교통 체증을 해결할 수 있으며, 효율적인 운행과 카풀 등의 적용이 가능하여 드론 택시의 수익을 극대화할 수 있다.

[0046] 도 1을 참조하면, 드론 택시 시스템은 승객 단말(미도시), 드론 택시(1) 및 제어 서버(2)를 포함할 수 있다.

[0047] 승객 단말은 드론 택시(1)를 이용하고자 하는 사람, 즉 승객이 소지하고 있는 모바일 단말기일 수 있으며, 드론 택시 시스템을 이용할 수 있는 애플리케이션을 포함하여 승객으로부터 호출 정보를 입력 받아 드론 택시(1)로부터 탐지되도록 할 수 있다. 탐지된 승객 단말은 드론 택시(1)에 호출 정보를 전송할 수 있다.

[0048] 여기서, 호출 정보는 출발지 정보, 도착지 정보 및 카풀 가능 여부를 포함할 수 있으나, 이에 한정되지 않고, 승객 번호 등 다양한 정보들을 더 포함할 수 있다.

[0049] 상기 애플리케이션은 승객이 본 발명의 드론 택시 시스템을 이용할 수 있도록 하는 것으로, 안드로이드, iOS 기반의 일반 애플리케이션을 의미하나, 단말 또는 유무선 서비스 형태에 따라 웹 서비스 기반의 애플리케이션으로 제공될 수도 있다. 제공 방법으로는 단말을 통해 서버에 접속하여 다운로드 받거나 또는 온라인 어플 마켓(예컨대, 안드로이드 마켓, 애플 스토어, 통신사의 온라인마켓 등)을 통해 다운로드 받아 설치할 수 있다.

[0050] 또한 승객 단말은 드론 택시(1)로부터 배정 정보를 수신 받을 수 있다. 배정 정보는 배정된 드론 택시의 번호, 현재 위치 정보, 출발지 도착 시간 정보 등을 포함할 수 있으나, 이에 한정되지 않으며, 카풀이 이루어질 경우

경유지 정보 등을 포함할 수도 있다.

[0051] 드론 택시(1)는 승객을 태울 수 있는 드론을 말하며, PAV(Personal Aerial Vehicle) 또는 eVTOL(electric Vertical TakeOff and Landing)이 적용될 수 있으나, 이에 한정되지 않는다.

[0052] 이러한 드론 택시(1)는 통신부를 통해 일정 범위 내에 존재하는 승객 단말을 탐지하여, 탐지된 승객 단말로부터 호출 정보를 수신받아 제어 서버(2)로 전송할 수 있다.

[0053] 또한 드론 택시(1)는 GPS를 포함하여, 실시간으로 현재 위치 정보를 제어 서버(2)로 전송하 수 있다.

[0054] 또한 드론 택시(1)는 제어 서버(2)로부터 이동 경로 정보를 수신받아, 제어부를 통해 이동 경로 정보에 따라 제어되어 이동할 수 있다.

[0055] 또한 드론 택시(1)는 제어 서버(2)로부터 이동 경로 정보가 수신되면, 후보 승객으로 선택된 승객 단말로 배정 정보를 전송할 수 있다.

[0056] 또한 드론 택시(1)는 승객이 탑승함에 따라 탑승 정보(탑승 시간, 탑승 위치 등)를 제어 서버(2)로 전송할 수 있다.

[0057] 또한 드론 택시(1)는 도착지에 도착함에 따라 도착지 도착 정보를 제어 서버(2)로 전송할 수 있고, 이에 요금에 대한 결제가 진행될 수 있는데, 결제를 수행할 수 있도록 결제 단말을 포함할 수 있다.

[0058] 제어 서버(2)는 각 드론 택시(1)에 탑승할 승객을 선택하고, 최적의 경로를 설계하여 각 드론 택시(1)의 이동을 제어할 수 있다.

[0059] 즉, 제어 서버(2)는 각 드론 택시(1)로부터 승객의 호출 정보를 수신받아 탑승 승객 유무에 따라 후보 승객을 선택하고, 멀티에이전트 강화학습을 통해 다수의 드론 택시(1)의 드론 상태 정보로부터 각 드론 택시의 이동 경로 정보를 생성하여 드론 택시(1)를 제어할 수 있다.

[0060] 도 2를 참조하면, 제어 서버(2)는 승객선택부(20), 경로최적화부(21), 관리부(22) 및 보상부(23)를 포함할 수 있다.

[0061] 승객선택부(20)는 드론 택시(1)로부터 승객의 호출 정보를 수신받아, 승객 유무에 따라 후보 승객을 선택할 수 있다. 여기서 승객은 후보 승객 또는 탑승 승객일 수 있다.

[0062] 탑승 승객은 드론 택시(1)에 탑승하고 있는 승객을 말할 수 있으며, 이에 대한 판단은 드론 택시의 드론 상태 정보를 이용하여 이루어질 수 있다. 이때 드론 택시(1)가 배정되지 않은 승객 단말의 호출 정보만이 이용될 수 있다.

[0063] 드론 택시(1)의 드론 상태 정보는 현재 위치 정보, 탑승 승객 정보, 후보 승객 정보 및 빈 좌석 정보 중 하나 이상을 포함할 수 있다.

[0064] 즉, 승객선택부(20)는 드론 택시(1)에 승객이 없는 경우, 승객이 있으나 빈 좌석이 있는 경우, 빈 좌석이 없는 경우로 3 가지 경우를 고려하여 후보 승객을 선택할 수 있다.

[0065] 먼저 드론 택시(1)에 승객이 없는 경우, 승객선택부(20)는 드론 택시(1)의 현재 위치 정보와 해당 드론 택시(1)로부터 수신받은 호출 정보를 통해 거리를 비교하여, 드론 택시(1)의 현재 위치로부터 가장 가깝고 장거리 운행이 가능한 호출 정보를 선정하여 후보 승객을 선택할 수 있다.

[0066] 보다 구체적으로, 승객선택부(20)는 하기 수학식 1을 통해 최대값을 가지는 호출 정보를 선정하여, 후보 승객으로 선택할 수 있다.

[0067] [수학식 1]

[0068] $$\underset{p_m}{\operatorname{argmax}}\left(\left|P_m^{dep}P_m^{des}\right| - \left|O_nP_m^{dep}\right|\right)$$

[0069] 여기서, $\left|O_nP_m^{dep}\right|$은 n번째 드론 택시의 현재 위치에서 m번째 승객의 출발지까지의 거리값, $\left|P_m^{dep}P_m^{des}\right|$은 m번째 승객의 출발지에서, 도착치까지의 거리값이다.

[0070] 이와 같은 과정으로 드론 택시(1)의 첫번째 승객이 선택될 수 있다.

[0071] 한편, 드론 택시(1)는 좌석의 개수가 정해져 있어, 탈 수 있는 승객의 수가 제한적일 수 있다.

[0072] 이에 따라, 승객선택부(20)는 승객이 있으나 빈 좌석이 있는 경우 추가적으로 후보 승객을 선택할 수 있으며, 남은 빈 좌석이 없는 경우 후보 승객을 선택하는 것을 중단할 수 있다.

[0073] 또한 승객은 드론 택시(1)를 호출할 시 카풀 가능 여부를 선택할 수 있는데, 승객선택부(20)는 첫 번째로 선택된 승객이 카풀 가능 승객일 경우 추가적으로 후보 승객을 선택할 수 있으며, 카풀 불가능 승객일 경우 남은 빈 좌석이 있더라도 후보 승객을 선택하는 것을 중단할 수 있다.

[0074] 드론 택시(1)에 승객(후보 승객 또는 탑승 승객)이 있으나 빈 좌석이 있고, 승객이 카풀 가능 승객일 경우, 승객선택부(20)는 드론 택시(1)의 이동 경로 정보에 따른 이동 방향과 수신받은 호출 정보의 출발지와 도착지에 따른 이동 방향에 대한 코사인 유사도를 분석하여, 코사인 유사도가 가장 높은 호출 정보를 후보 승객으로 선택할 수 있다.

[0075] 즉, 현재 드론 택시(1)가 이동하는 방향과 유사 방향의 승객을 후보 승객으로 선택하도록 하여 보다 효율적으로 카풀 운행이 이루어지도록 할 수 있다.

[0076] 상기 이동 경로 정보에 따른 이동 방향은 승객이 존재함에 따라 경로최적화부(21)에 의해 이동 경로 정보가 설정되어 현재 드론 택시(1)가 이동하는 방향일 수 있다.

[0077] 승객선택부(20)는 드론 택시(1)에 빈 좌석이 없을 때까지 상기 과정을 반복할 수 있다.

[0078] 경로최적화부(21)는 멀티에이전트 강화학습 중 그래프 기반 뉴럴네트워크인 G2ANet을 통해 다수의 드론 택시(1)의 드론 상태 정보로부터 각 드론 택시(1)의 이동 경로 정보를 생성하여, 각 드론 택시(1)에 이동 경로 정보를 전송할 수 있다.

[0079] 도 3을 참조하면, 경로최적화부(21)는 그래프정의부(210), 어텐션부(211) 및 경로생성부(212)를 포함할 수 있다.

[0080] 그래프정의부(210)는 다수의 드론 택시(1)의 드론 상태 정보를 이용하여 드론 택시(1)간의 관계를 그래프 구조로 정의할 수 있다.

[0081] 예를 들어, 드론 택시(1)가 4대(h_1, h_2, h_3, h_4)가 있다고 가정하면, 도 3과 같이 그래프 구조에서 드론 택시(1)가 노드로 표현될 수 있으며, 드론 택시(1)간의 관계가 간선으로 표현될 수 있다. 즉, 그래프 구조는 드론 택시(1)인 노드와 드론 택시(1)간의 관계를 나타내는 간선의 집합으로 구성될 수 있다.

[0082] 또한, 그래프정의부(210)는 각 드론 택시(1)에 대해 드론 상태 정보에 따른 상태 매트릭스를 생성할 수 있다. 이러한 상태 매트릭스는 그래프 구조에서 각 드론 택시(노드)에 매핑될 수 있다.

[0083] 상태 매트릭스는 드론 택시(1)의 드론 상태 정보에 따라 설정되는 변수를 포함하는 행동값이 나열되는 것으로, 이에 대하여 도 4를 참조하여 보다 구체적으로 설명하기로 한다.

[0084] 행동값의 변수는 방향벡터[POS_x, POS_y], 거리[d] 및 패널티[p] 중 하나 이상을 포함할 수 있고, 모두 포함하는 것이 바람직하나, 이에 한정되지는 않는다.

[0085] 도 4를 참조하면, 드론 택시(1)의 좌석 수 4개, 즉 최대 수용 승객 수가 4명이고, 드론 택시(1)는 한 명의 탑승 승객과 두명의 후보 승객을 가지는 것으로 가정하면, 드론 택시(1)가 취할 수 있는 행동값은 4개(C_1, C_2, C_3, C_4)로 설정될 수 있다.

[0086] 이때, 드론 택시(1)의 드론 상태 정보는 2개의 탑승 승객 정보, 1개의 후보 승객 정보 및 빈 좌석 정보(빈 좌석 1)를 포함한다고 가정한다.

[0087] 이에 따라, 후보 승객 정보에 따른 행동값일 경우, [C_1]과 같이 방향벡터[POS_x, POS_y] 와 거리[d]가 후보 승객 정보의 출발지 정보에 따라 설정될 수 있다. 이때, 후보 승객 정보에 대한 탑승 시간은 '0'으로 설정될 수 있다. 이는 아직 승객이 드론 택시(1)에 탑승하지 않은 상태이기 때문이다.

[0088] 이에 탑승시간에 대한 변화가 없어 패널티[p] 적용이 이루어지지 않으므로 패널티[p]는'1'로 설정될 수 있다.

[0089] 또한 탑승 승객 정보에 따른 행동값일 경우, [C_2], [C_3]와 같이 방향벡터[POS_x, POS_y] 와 거리[d]가 탑승 승객 정보의 도착지 정보에 따라 설정될 수 있다. 이때, 후보 승객 정보에 대한 탑승 시간은 현재 시간으로 설정될 수 있다. 이는 승객이 탑승한 상태로 시간이 지나고 있는 상태이기 때문에 탑승 승객이 내릴 때까지 현재 시간에 따라 변화되어 패널티[p]가 반영될 수 있다. 패널티[p]를 구하는 방법에 대한 설명은 하기 보상부(23)에서 보다 자세하게 설명하기로 한다.

[0090] 한편, 탑승 시간에 따라 계산된 패널티[p]가 양수 값을 가질 경우 [C_2]와 같이 '1'로 설정될 수 있으며, 음수 값을 가질 경우 [C_3]과 같이 '0'으로 설정될 수 있다.

[0091] 또한 빈 좌석 정보에 따른 행동값일 경우, [C_4]과 같이 방향벡터[POS_x, POS_y] 와 거리[d]가 '0'의 값으로 설정될 수 있다.

[0092] 이는 후보 승객의 경우 아직 드론 택시(1)에 탑승하지 않은 상태이기 때문에 승객이 위치하고 있는 출발지가 중요하고, 탑승 승객의 경우 이미 드론 택시(1)에 탑승한 상태이기 때문에 승객이 가고자 하는 도착지가 중요하기 때문이다.

[0093] 어텐션부(211)는 그래프정의부(210)로부터 정의된 그래프 구조를 처리하여 관계없는 간선을 제거하고, 가중치를 부여할 수 있다.

[0094] 보다 구체적으로, 어텐션부(211)는 하드 어텐션(Hard Attention) 및 소프트 어텐션(Soft Attention)를 포함할 수 있다.

[0095] 하드 어텐션은 그래프정의부(210)로부터 정의된 그래프 구조를 처리하여 관계없는 드론 택시(1)간의 간섭을 제거할 수 있다. 이에 드론 택시(1)간의 관계가 간소하게 정리될 수 있다.

[0096] 소프트 어텐션 그래프정의부(210)로부터 정의된 그래프 구조를 처리하여 드론 택시(1)간의 관계도에 따라 가중치(W^S)를 부여할 수 있다. 관계도가 높을 수록 드론 택시(1)간의 간선에 높은 가중치(W^S)가 부여될 수 있다.

[0097] 경로생성부(212)는 어텐션부(211)를 통해 처리된 그래프 구조를 기반으로 각 드론 택시의 이동 경로 정보를 생성할 수 있다.

[0098] 즉, 경로생성부(212)는 하드 어텐션(Hard Attention)와 소프트 어텐션(Soft Attention)으로부터 각각 얻어지는 간섭이 처리된 그래프 구조와 가중치가 부여된 그래프 구조를 결합하여 하나의 그래프 구조를 획득하고, 그래프 구조를 기반으로 각 드론 택시(1)의 상태 매트릭스의 행동값을 이용하여 이동 경로 정보를 설계할 수 있다.

[0099] 이와 같이 생성된 이동 경로 정보를 각 드론 택시(1)에 전송하여, 이동 경로 정보에 따라 드론 택시(1)의 이동이 제어되도록 할 수 있다.

[0100] 이러한 경로최적화부(21)는 드론 택시(1)의 드론 상태 정보가 업데이트될 때마다 이동 경로 정보를 생성하는 과정이 진행될 수 있으나, 이에 한정되지는 않는다.

[0101] 관리부(22)는 드론 택시(1)의 드론 상태 정보를 실시간으로 업데이트하여 관리할 수 있다.

[0102] 드론 택시(1)의 드론 상태 정보는 현재 위치 정보, 탑승 승객 정보, 후보 승객 정보 및 빈 좌석 정보 중 하나 이상을 포함할 수 있다.

[0103] 여기서 탑승 승객 정보는 출발지 정보, 도착지 정보 및 탑승 시간을 포함할 수 있으며, 여기서 탑승 시간은 탑승한 후 지난 시간을 의미할 수 있다.

[0104] 또한 후보 승객 정보는 출발지 정보, 도착지 정보 정보 및 탑승 시간을 포함할 수 있는데, 후보 승객 정보의 탑승 시간은 아직 탑승하지 않았으므로 '0'으로 표현될 수 있다.

[0105] 또한 관리부(22)는 승객선택부(20)에서 후보 승객이 선택됨에 따라, 드론 택시(1)로부터 현재 위치 정보, 탑승 정보, 도착지 도착 정보 등이 수신됨에 따라 드론 상태 정보를 업데이트 시킬 수 있다.

[0106] 보상부(23)는 드론 택시(1)로부터 도착지 도착 정보가 수신되면, 탑승 승객 정보의 탑승 시간(승객이 실제 탑승한 시간- 탑승 시작 시간 및 탑승 종료 시간)에 따라 요금이 결제되도록 할 수 있다.

[0107] 이는 드론 택시(1)가 이동 경로 정보에 따른 최적 이동 시간보다 오래 걸렸을 경우, 승객에게 이에 대한 패널티

를 부여함으로써 승객의 시간적 손실을 보상할 수 있도록 하는 것이다.

[0108] 보다 구체적으로, 보상부(23)는 드론 택시(1)로부터 도착지 도착 정보가 수신되면, 탑승 승객 정보의 탑승 시간과 최적 이동 시간을 비교하여, 그 차이에 따라 패널티를 설정할 수 있다.

[0109] 이때 보상부(23)는 패널티(p)를 하기 수학식 2를 통해 도출할 수 있다.

[0110] [수학식 2]

[0111] $$p = \frac{t^{opt} - (t^{arr} - t^{dep})}{t^{opt}}$$

[0112] 여기서, p는 패널티이고, t^{opt}는 최적 이동 시간이고, t^{arr}은 탑승 종료 시간이고, t^{dep}는 탑승 시작 시간이다. $(t^{arr} - t^{dep})$는 승객이 실제 탑승한 시간인 탑승 시간을 나타낸다.

[0113] 상기와 같은 수학식 2를 통해 최적 이동 시간 대비 실제 탑승한 시간을 비율로 관찰하여 패널티를 부여함으로써, 승객과 드론 택시(1)에 보상을 줄 수 있다.

[0114] 예를 들어, 탑승 승객 정보의 탑승 시간과 최적 이동 시간을 비교할 시, 최적 이동 시간 보다 탑승 시간이 오래 걸렸을 경우, 보상부(23)를 통해 생성된 패널티(p)는 음수 값을 가질 수 있다. 이러한 패널티를 요금에 반영함으로써, 요금이 감액되도록 할 수 있다.

[0115] 이를 통해 승객은 시간적 손실을 보상받을 수 있다.

[0116] 반대로, 탑승 승객 정보의 탑승 시간과 최적 이동 시간을 비교할 시, 최적 이동 시간 보다 탑승 시간이 짧게 걸렸을 경우, 보상부(23)를 통해 생성된 패널티(p)는 양수 값을 가질 수 있다. 이러한 패널티를 요금에 반영하는 것으로, 요금이 증액되도록 할 수 있다.

[0117] 이에 드론 택시(1)는 승객의 시간적 이득을 확보함에 따라 추가적인 이득을 얻을 수 있다.

[0118] 이러한 멀티에이전트 강화학습을 활용한 드론 택시 시스템을 이용한 드론 택시 운용 방법에 대하여 하기에서 구체적으로 설명하기로 한다.

[0120] 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 멀티에이전트 강화학습을 활용한 드론 택시 시스템을 이용한 드론 택시 운용 방법을 개략적으로 나타낸 흐름도이며, 도 6은 도 5의 경로설정단계를 순차적으로 나타낸 흐름도이다.

[0122] 도 5를 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 멀티에이전트 강화학습을 활용한 드론 택시 시스템을 이용한 드론 택시 운용 방법은 승객검색단계(S1), 승객선택단계(S2), 경로설정단계(S3) 및 결제단계(S4)를 포함할 수 있다.

[0123] 먼저, 승객검색단계(S1)는 드론 택시(1)가 일정 범위 내 존재하는 승객을 검색하여, 일정 범위 내 존재하는 승객 단말로부터 출발지 정보 및 도착지 정보를 포함하는 호출 정보를 수신받을 수 있다.

[0124] 또한 S1 단계는 드론 택시(1)가 수신받은 호출 정보와 현재 위치 정보를 제어 서버(2)로 전송할 수 있다.

[0125] 승객선택단계(S2)는 제어 서버(2)가 드론 택시(1)로부터 승객의 호출 정보를 수신받아 승객 유무에 따라 후보 승객을 선택할 수 있다.

[0126] 이러한 S2 단계는 드론 택시(1)에 승객이 없는 경우, 승객이 있으나 빈 좌석이 있는 경우, 빈 좌석이 없는 경우로 3 가지 경우를 고려하여 후보 승객을 선택할 수 있다. 이에 대한 설명은 상기 시스템에서 설명하였으므로, 자세한 설명은 생략하기로 한다.

[0127] 경로설정단계(S3)는 제어 서버(2)가 멀티에이전트 강화학습을 통해 다수의 드론 택시(1)의 드론 상태 정보로부터 각 드론 택시(1)의 이동 경로 정보를 생성하여, 각각의 드론 택시(1)에 전송할 수 있다.

[0128] S3 단계는 그래프정의단계(S30), 그래프처리단계(S31) 및 경로생성단계(S32)를 포함할 수 있다.

[0129] 그래프정의단계(S30)는 제어 서버(2)가 다수의 드론 택시(1)의 드론 상태 정보를 이용하여 드론 택시(1)간의 관계를 그래프 구조로 정의할 수 있다.

[0130] 그래프처리단계(S31)는 S30 단계에서 정의된 그래프 구조를 처리하여 관계없는 간선을 제거하고, 가중치를 부여할 수 있다.

[0131] 경로생성단계(S32)는 S31단계에서 처리된 그래프 구조를 기반으로 각 드론 택시의 이동 경로 정보를 생성할 수 있다.

[0132] 이에 대한 보다 자세한 설명은 상기 시스템에서 설명하였으므로 생략하기로 한다.

[0133] 결제단계(S4)는 드론 택시(1)로부터 도착지 도착 정보가 수신되면, 제어 서버(2)가 탑승 승객 정보의 탑승 시간에 따라 요금이 결제되도록 할 수 있다. 자세한 설명은 생략하기로 한다.

[0135] 상기에서 설명한 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 멀티에이전트 강화학습을 활용한 드론 택시 시스템 및 이를 이용한 드론 택시 운용 방법은 멀티에이전트 강화학습을 통해 다수의 드론 택시들의 경로를 최적화하여, 드론 택시의 이윤을 최대화할 수 있다.

[0136] 또한 승객의 이동에 소모되는 시간과 비용을 절약하도록 할 수 있다.

[0137] 또한 드론 택시가 예상 시간을 초과하였을 경우, 요금을 감액시켜줄 수 있어 승객의 시간적 손실을 보상할 수 있다.

[0139] 이하, 상기에서 설명한 본 발명에 대해 실험예 및 실시예를 들어 더욱 구체적으로 설명하기로 한다. 그러나 본 발명이 반드시 이들 실험예 및 실시예에 한정되는 것은 아니다.

[0141] **[실험예 1] 드론 택시 경로 비교**

[0142] 본 발명의 실시예에 따른 드론 택시 시스템을 평가하기 위하여, 본 발명의 실시예와 비교예를 적용한 시스템의 드론 택시 경로를 분석하였다.

[0143] 25km x 25km의 2D 벡터 공간에서 드론 택시 4대를 에이전트로 사용하고, 승객을 20명으로 가정하여 실시하였다. 비교예는 랜덤 액션 알고리즘을 적용한 것이다.

[0144] 그 결과는 도 7과 같다.

[0145] 도 7의 (a) 및 (b)는 본 발명의 실시예 및 비교예를 통한 드론 택시 경로를 나타낸 그래프이다.

[0146] 도 7에 나타난 바와 같이, 본 발명의 실시예가 비교예보다 최적의 경로로 운용되어 보다 넓은 범위로 보다 많은 승객에 대해 서비스를 제공할 수 있는 것을 확인할 수 있었다.

[0148] 이상으로 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 설명하였으나, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고 다른 구체적인 형태로 실시할 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 따라서 이상에서 기술한 실시예는 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것이다.

부호의 설명

[0150] 1: 드론 택시

2: 제어 서버

20: 승객선택부

21: 경로최적화부

210: 그래프정의부

211: 어텐션부

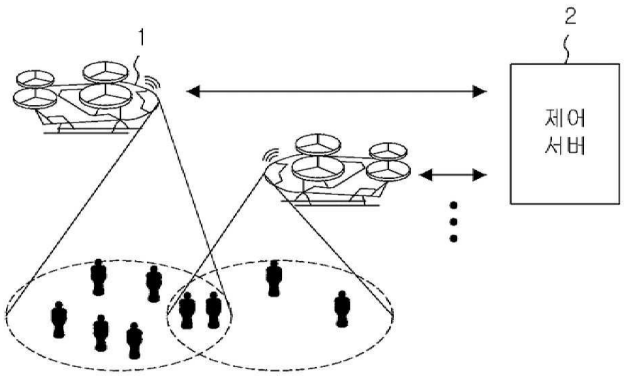
212: 경로생성부

22: 관리부

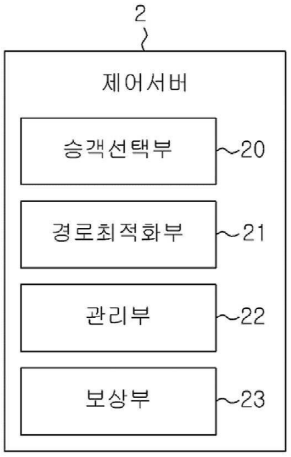
23: 보상부

도면

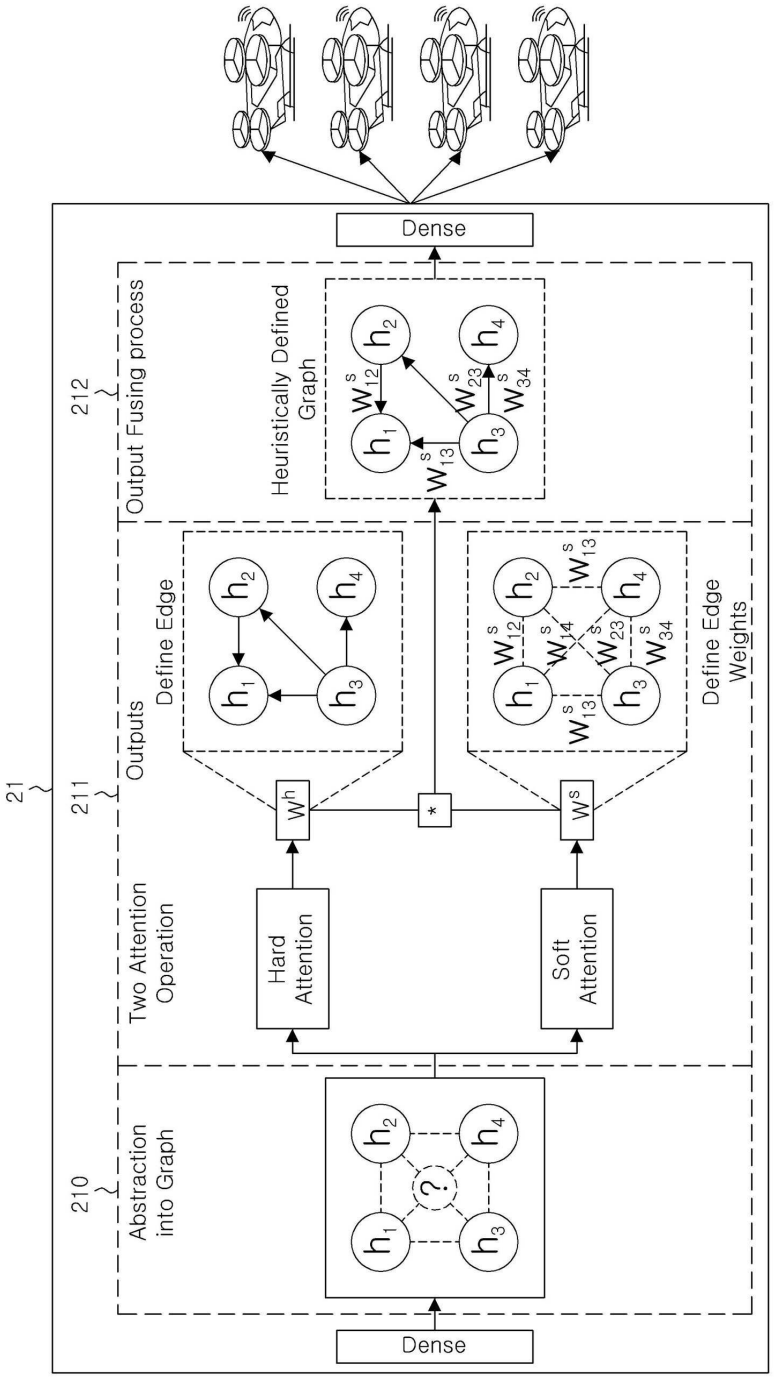
도면1



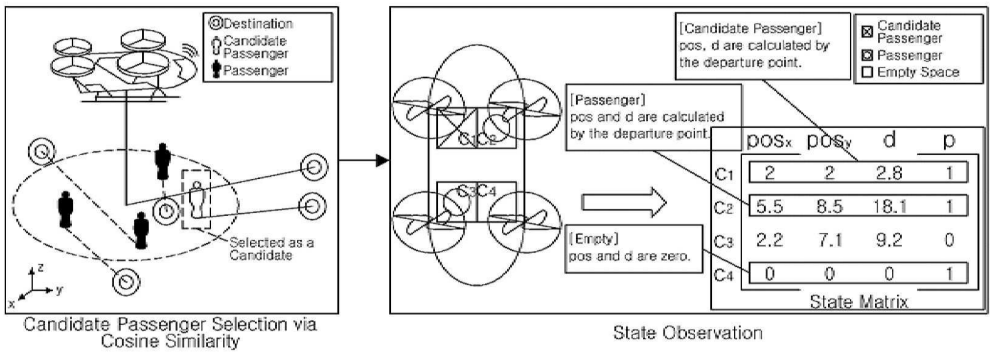
도면2



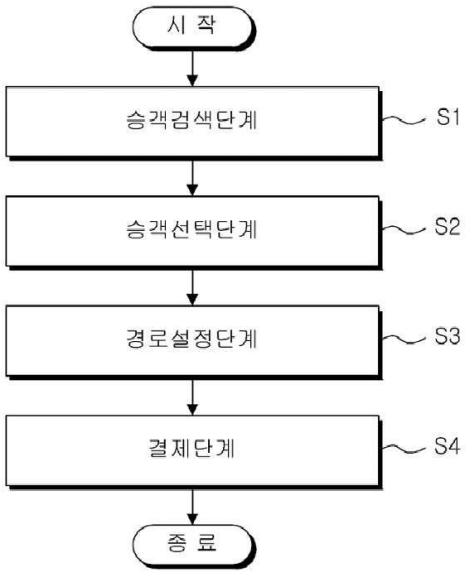
도면3


Dense
Output Fusing process
212
Heuristically Defined Graph
Outputs
211
Define Edge
Define Edge Weights
Two Attention Operation
Hard Attention
Soft Attention
Abstraction into Graph
210
21
Dense

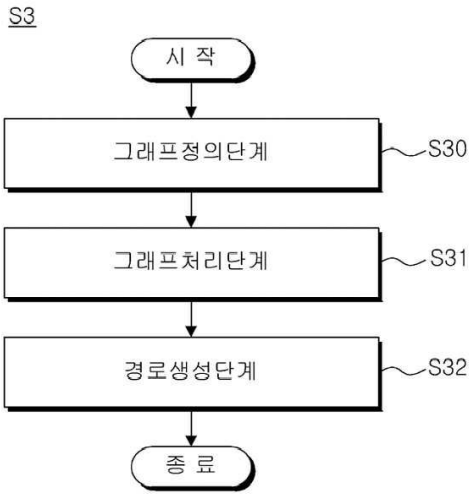
도면4


Destination
Candidate Passenger
Passenger
Selected as a Candidate
Candidate Passenger Selection via Cosine Similarity
[Candidate Passenger] pos, d are calculated by the departure point.
Candidate Passenger
Passenger
Empty Space
[Passenger] pos and d are calculated by the departure point.
[Empty] pos and d are zero.
C1C2
C3C4
posx posy d p
C1 2 2 2.8 1
C2 5.5 8.5 18.1 1
C3 2.2 7.1 9.2 0
C4 0 0 0 1
State Matrix
State Observation

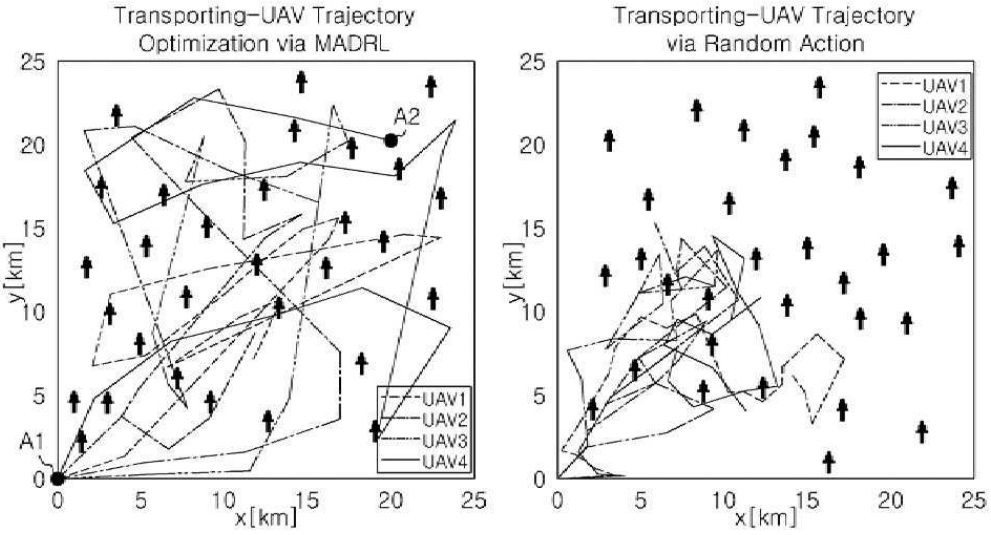
도면5


시 작
승객검색단계
S1
승객선택단계
S2
경로설정단계
S3
결제단계
S4
종 료

도면6


S3
시 작
그래프정의단계
S30
그래프처리단계
S31
경로생성단계
S32
종 료

도면7



(a)G2ANet-based MaDRL actions for drone-taxi transportation

(b)Random actions for drone-taxi transportation