



등록특허 10-2433739



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2022년08월25일  
 (11) 등록번호 10-2433739  
 (24) 등록일자 2022년08월12일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*H04L 41/00* (2022.01) *B64C 39/02* (2006.01)  
*H04L 45/00* (2022.01) *H04L 65/40* (2022.01)
- (52) CPC특허분류  
*HO4L 41/5051* (2022.05)  
*B64C 39/02* (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2019-7034711
- (22) 출원일자(국제) 2018년04월25일  
 심사청구일자 2021년04월23일
- (85) 번역문제출일자 2019년11월25일
- (65) 공개번호 10-2020-0021924
- (43) 공개일자 2020년03월02일
- (86) 국제출원번호 PCT/IB2018/052864
- (87) 국제공개번호 WO 2018/198038  
 국제공개일자 2018년11월01일
- (30) 우선권주장  
 62/489,992 2017년04월25일 미국(US)
- (56) 선행기술조사문헌  
 WO2016093905 A1\*

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
 조비 에어로, 임크.  
 미국 캘리포니아 95060 산타 크루즈 멜라웨어 애비뉴 2155 스위트 225

(72) 발명자  
 고엘, 니크힐  
 미국 94103 캘리포니아주 샌 프란시스코 마켓 스트리트 1455

페터센, 존  
 미국 94103 캘리포니아주 샌 프란시스코 마켓 스트리트 1455  
 (뒷면에 계속)

(74) 대리인  
 양영준, 김연송, 백만기

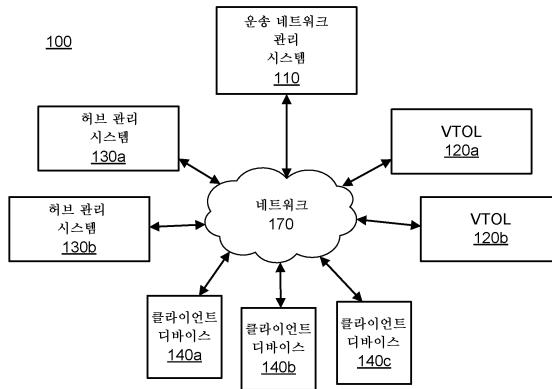
전체 청구항 수 : 총 32 항

심사관 : 윤태섭

(54) 발명의 명칭 항공 운송 네트워크에서 효율적인 VTOL 자원 관리

**(57) 요약**

운송 네트워크 관리 시스템은 복수의 VTOL 항공기에 대한 서비스 목표를 식별하고 복수의 VTOL 항공기의 위치를 포함하는 VTOL 데이터를 회수한다. VTOL 항공기들 중 하나에 의해 적어도 부분적으로 제공될 운송 서비스에 대한 수요의 추정치가 생성되고, 추정된 수요 및 서비스 목표에 기초하여 복수의 VTOL 항공기에 대한 라우팅 데이터가 결정된다. 라우팅 데이터에 기초한 라우팅 명령어가 VTOL 항공기의 적어도 한 서브셋트에 전송된다.

**대 표 도 - 도1**

(52) CPC특허분류

*H04L 45/38* (2013.01)

*H04L 67/12* (2022.05)

(72) 발명자

**바다라멘티, 존**

미국 94103 캘리포니아주 샌 프란시스코 마켓 스트  
리트 1455

---

**무어, 마크**

미국 94103 캘리포니아주 샌 프란시스코 마켓 스트  
리트 1455

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

컴퓨터 시스템에 의해 수행되는 방법으로서,

복수의 수직 이륙 및 착륙(vertical take-off and landing)(VTOL) 항공기에 대한 서비스 목표를 식별하는 단계;

상기 복수의 VTOL 항공기의 위치들을 포함하는 VTOL 데이터를 회수하는(retrieve) 단계;

주어진 기간 동안 운송 서비스들에 대한 수요의 추정치를 생성하는 단계 - 상기 수요의 추정치는 복수의 운송 서비스 요청을 포함하고, 각각의 요청은 출발지 및 목적지를 식별함 -;

상기 복수의 VTOL 항공기 각각의 배터리 레벨들을 결정하는 단계;

상기 수요의 추정치, 상기 배터리 레벨들, 및 상기 서비스 목표에 기초하여, 상기 복수의 VTOL 항공기 각각에 대한 경로, 목적지를 명시하는 각각의 경로, 상기 목적지로 이동하는 동안 방문할 임의의 경유 지점(way point)들, 및 출발 시간을 결정하는 단계; 및

상기 VTOL 항공기의 적어도 서브세트에 라우팅 명령어들 - 상기 라우팅 명령어들은 상기 서브세트 내의 상기 VTOL 항공기 각각에 대한 결정된 경로에 기초함 - 을 전송하는 단계

를 포함하는 방법.

#### 청구항 2

제1항에 있어서, 상기 서비스 목표는, VTOL 항공기에 의해 운송되는 인원 수를 최대화하는 것; VTOL 항공기에 의해 지상에서 소비되는 총 시간의 양을 최소화하는 것; 또는 VTOL 항공기가 공중에 있을 때 각각의 VTOL 항공기 내의 평균 인원 수를 최대화하는 것 중 적어도 하나인 방법.

#### 청구항 3

제1항에 있어서, 상기 라우팅 명령어들은 명시된 양의 시간 동안 재충전하라는 특정한 VTOL 항공기에 대한 명령어를 포함하는 방법.

#### 청구항 4

제1항에 있어서, 상기 수요의 추정치를 생성하는 단계는,

현재의 수요 데이터 - 상기 현재의 수요 데이터는 탑승자들에 의해 이미 이루어진 미충족된 운송 서비스 요청들을 나타냄 - 를 회수하는 단계; 및

상기 현재의 수요 데이터를 상기 주어진 기간 동안 수신될 운송 서비스 요청들의 추정치로 보충하는 단계

를 포함하는 방법.

#### 청구항 5

제1항에 있어서, 상기 복수의 VTOL 항공기 각각에 대한 경로를 결정하는 단계는,

상기 VTOL 데이터 및 추정된 수요를 네트워크 흐름 모델에 대한 입력으로서 제공하는 단계; 및

상기 식별된 서비스 목표에 비추어 상기 네트워크 흐름 모델을 해결하는 단계

를 포함하는 방법.

#### 청구항 6

제1항에 있어서, 상기 VTOL 항공기 각각에 대한 경로를 결정하는 단계는,

운송 네트워크를 통해 상기 VTOL 항공기 각각의 복수의 상이한 흐름을 결정하는 단계;

상기 복수의 VTOL 항공기의 적어도 서브세트에 대해, 상기 상이한 흐름들 중 각자의 흐름을 선택하는 단계; 및  
상기 선택된 흐름들 각각에 기초하여 상기 경로들 각각을 결정하는 단계  
를 포함하는 방법.

#### 청구항 7

제6항에 있어서,

상기 복수의 수직 이륙 및 착륙(VTOL) 항공기의 위치들을 결정하는 단계;

상기 수요의 추정치에 기초하여, 복수의 운송 요청을 결정하는 단계 - 각각의 운송 요청은 각자의 출발지 위치로부터 각자의 목적지 위치로의 이동을 위한 것임 -; 및

상기 복수의 운송 요청, 상기 위치들, 및 상기 배터리 레벨들을 네트워크 흐름 모델에 제공하는 단계 - 상기 네트워크 흐름 모델은 상기 운송 네트워크를 통해 상기 복수의 VTOL 항공기의 상이한 흐름들을 모델링함으로써 상기 복수의 VTOL 항공기 각각에 대한 상기 경로들 각각을 동시에 결정하도록 구성됨 -

를 포함하는 방법.

#### 청구항 8

하나 이상의 프로세서에 의해 실행될 때, 상기 하나 이상의 프로세서로 하여금 동작들을 수행하게 하는 실행 가능한 컴퓨터 프로그램 코드를 저장한 비일시적인 컴퓨터-판독가능한 저장 매체로서, 상기 동작들은:

복수의 수직 이륙 및 착륙(VTOL) 항공기에 대한 서비스 목표를 식별하는 동작;

상기 복수의 VTOL 항공기의 위치들을 포함하는 VTOL 데이터를 회수하는 동작;

주어진 기간 동안 운송 서비스들에 대한 수요의 추정치를 생성하는 동작 - 상기 수요의 추정치는 복수의 운송 서비스 요청을 포함하고, 각각의 요청은 출발지 및 목적지를 식별함 -;

상기 복수의 VTOL 항공기 각각의 배터리 레벨들을 결정하는 동작;

상기 수요의 추정치, 상기 배터리 레벨들, 및 상기 서비스 목표에 기초하여, 상기 복수의 VTOL 항공기 각각에 대한 경로, 목적지를 명시하는 각각의 경로, 상기 목적지로 이동하는 동안 방문할 임의의 경유 지점들, 및 출발 시간을 결정하는 동작; 및

상기 VTOL 항공기의 적어도 서브세트에 라우팅 명령어들 - 상기 라우팅 명령어들은 상기 서브세트 내의 상기 복수의 VTOL 항공기 각각에 대한 경로에 기초함 - 을 전송하는 동작

을 포함하는 비일시적인 컴퓨터-판독가능한 저장 매체.

#### 청구항 9

제8항에 있어서, 상기 서비스 목표는, VTOL 항공기에 의해 운송되는 인원 수를 최대화하는 것; VTOL 항공기에 의해 지상에서 소비되는 총 시간의 양을 최소화하는 것; 또는 VTOL 항공기가 공중에 있을 때 각각의 VTOL 항공기 내의 평균 인원 수를 최대화하는 것 중 적어도 하나인 비일시적인 컴퓨터-판독가능한 저장 매체.

#### 청구항 10

제8항에 있어서, 상기 라우팅 명령어들은 명시된 양의 시간 동안 재충전하라는 특정한 VTOL 항공기에 대한 명령어를 포함하는 비일시적인 컴퓨터-판독가능한 저장 매체.

#### 청구항 11

제8항에 있어서, 상기 수요의 추정치를 생성하는 동작은:

현재의 수요 데이터 - 상기 현재의 수요 데이터는 탑승자들에 의해 이미 이루어진 미충족된 운송 서비스 요청들을 나타냄 - 를 회수하는 동작; 및

상기 현재의 수요 데이터를 상기 주어진 기간 동안 수신될 운송 서비스 요청들의 추정치로 보충하는 동작을 포함하는 비일시적인 컴퓨터-판독가능한 저장 매체.

#### 청구항 12

제8항에 있어서, 상기 복수의 VTOL 항공기 각각에 대한 경로를 결정하는 동작은:

상기 VTOL 데이터 및 추정된 수요를 네트워크 흐름 모델에 대한 입력으로서 제공하는 동작; 및  
상기 식별된 서비스 목표에 비추어 상기 네트워크 흐름 모델을 해결하는 동작  
을 포함하는 비일시적인 컴퓨터-판독가능한 저장 매체.

#### 청구항 13

컴퓨터 시스템으로서,

하나 이상의 하드웨어 프로세서; 및

실행될 때, 상기 하나 이상의 프로세서로 하여금 동작들을 수행하게 하는 실행가능한 컴퓨터 프로그램 코드를 포함하는 비일시적인 컴퓨터-판독가능한 저장 매체

를 포함하고, 상기 동작들은:

복수의 수직 이륙 및 착륙(VTOL) 항공기에 대한 서비스 목표를 식별하는 동작;

상기 복수의 VTOL 항공기의 위치들을 포함하는 VTOL 데이터를 회수하는 동작;

주어진 기간 동안 운송 서비스들에 대한 수요의 추정치를 생성하는 동작 - 상기 수요의 추정치는 복수의 운송 서비스 요청을 포함하고, 각각의 요청은 출발지 및 목적지를 식별함 -;

상기 복수의 VTOL 항공기 각각의 배터리 레벨들을 결정하는 동작;

상기 수요의 추정치, 상기 배터리 레벨들, 및 상기 서비스 목표에 기초하여, 상기 복수의 VTOL 항공기 각각에 대한 경로, 목적지를 명시하는 각각의 경로, 상기 목적지로 이동하는 동안 방문할 임의의 경유 지점들, 및 출발 시간을 결정하는 동작; 및

상기 VTOL 항공기의 적어도 서브세트에 라우팅 명령어들 - 상기 라우팅 명령어들은 상기 서브세트 내의 상기 VTOL 항공기 각각에 대한 경로들에 기초함 - 을 전송하는 동작

을 포함하는 컴퓨터 시스템.

#### 청구항 14

제13항에 있어서, 상기 서비스 목표는, VTOL 항공기에 의해 운송되는 인원 수를 최대화하는 것; VTOL 항공기에 의해 지상에서 소비되는 총 시간의 양을 최소화하는 것; 또는 VTOL 항공기가 공중에 있을 때 각각의 VTOL 항공기 내의 평균 인원 수를 최대화하는 것 중 적어도 하나인 컴퓨터 시스템.

#### 청구항 15

제13항에 있어서, 상기 수요의 추정치를 생성하는 동작은,

현재의 수요 데이터 - 상기 현재의 수요 데이터는 탑승자들에 의해 이미 이루어진 미충족된 운송 서비스 요청들을 나타냄 - 를 회수하는 동작; 및

상기 현재의 수요 데이터를 상기 주어진 기간 동안 수신될 운송 서비스 요청들의 추정치로 보충하는 동작  
을 포함하는 컴퓨터 시스템.

#### 청구항 16

제13항에 있어서, 상기 각각의 경로를 결정하는 동작은,

상기 VTOL 데이터 및 추정된 수요를 네트워크 흐름 모델에 대한 입력으로서 제공하는 동작; 및

상기 식별된 서비스 목표에 비추어 상기 네트워크 흐름 모델을 해결하는 동작을 포함하는 컴퓨터 시스템.

### 청구항 17

컴퓨터 시스템에 의해 수행되는 방법으로서,

복수의 수직 이륙 및 착륙(VTOL) 항공기의 위치들을 결정하는 단계;

복수의 운송 요청을 결정하는 단계 - 각각의 운송 요청은 각자의 출발지 위치로부터 각자의 목적지 위치로의 이동을 위한 것임 -;

상기 복수의 VTOL 항공기 각각에 대한 현재의 배터리 레벨을 결정하는 단계;

상기 복수의 운송 요청, 상기 위치들, 및 상기 현재의 배터리 레벨들을 네트워크 흐름 모델에 제공하는 단계 - 상기 네트워크 흐름 모델은 특정한 VTOL 항공기가 경로를 실행하기 전에 명시된 양의 시간 동안 재충전하라는 것을 결정하기 위해 운송 네트워크를 통해 상기 복수의 VTOL 항공기의 상이한 흐름들을 모델링함으로써 상기 복수의 VTOL 항공기 각각에 대한 라우팅 데이터를 동시에 결정하도록 구성됨 -; 및

라우팅 명령어들을 상기 VTOL 항공기의 적어도 서브세트에 전송하는 단계 - 상기 라우팅 명령어들은 각각의 VTOL 항공기의 각자의 라우팅 데이터에 기초하고, 상기 라우팅 명령어들을 전송하는 단계는 상기 특정한 VTOL 항공기가 상기 경로를 실행하기 전에 상기 명시된 양의 시간 동안 재충전하라는 결정에 기초함 -

를 포함하는 방법.

### 청구항 18

제17항에 있어서, 상기 복수의 VTOL 항공기에 대한 서비스 목표를 결정하는 단계를 더 포함하고, 상기 라우팅 데이터를 결정하는 단계는 또한 상기 서비스 목표에 기초하는, 방법.

### 청구항 19

제18항에 있어서, 상기 서비스 목표는, VTOL 항공기에 의해 운송되는 인원 수를 최대화하는 것; VTOL 항공기에 의해 지상에서 소비되는 총 시간의 양을 최소화하는 것; 또는 VTOL 항공기가 공중에 있을 때 각각의 VTOL 항공기 내의 평균 인원 수를 최대화하는 것 중 적어도 하나인 방법.

### 청구항 20

제17항에 있어서, 상기 복수의 운송 요청을 결정하는 단계는:

현재의 수요 데이터 - 상기 현재의 수요 데이터는 탑승자들에 의해 이미 이루어진 미충족된 운송 서비스 요청들을 나타냄 - 를 회수하는 단계; 및

상기 현재의 수요 데이터를 주어진 기간 동안 수신될 운송 서비스 요청들의 추정치로 보충하는 단계 - 상기 복수의 운송 요청들은 상기 보충된 현재의 수요 데이터에 기초함 -

를 포함하는 방법.

### 청구항 21

제17항에 있어서,

운송 서비스들에 대한 복수의 수요 프로필을 생성하는 단계;

운송 서비스들에 대한 수요를 측정하는 단계; 및

상기 복수의 수요 프로필 중 어느 것이 측정된 수요와 가장 유사한지를 식별하는 단계 - 상기 복수의 운송 요청은 상기 식별된 운송 프로필에 기초함 -

를 포함하는 방법.

### 청구항 22

제21항에 있어서,

상기 운송 서비스들에 대한 수요를 주기적으로 측정하는 단계, 및 주기적 라우팅 명령어들을 상기 VTOL 항공기의 적어도 서브세트에 전송하는 단계를 더 포함하고, 상기 주기적 라우팅 명령어들은 상기 주기적으로 측정된 수요에 기초하는 방법.

#### 청구항 23

제17항에 있어서, 상기 네트워크 흐름 모델은, 상기 복수의 VTOL 항공기 중 VTOL 항공기의 승객 용량, 상기 복수의 VTOL 항공기 중 VTOL 항공기의 최대 배터리 레벨, 승객 운송 없이 상기 복수의 VTOL 항공기 중 VTOL 항공기를 재배치하는 비용, 상기 운송 요청들 중 적어도 2개의 운송 요청에서의 2개의 동일한 위치 사이에서 이동하는 승객들의 총 수 중 하나 이상에 기초하여 상기 상이한 흐름들을 모델링하도록 구성되는 방법.

#### 청구항 24

하나 이상의 프로세서에 의해 실행될 때, 상기 하나 이상의 프로세서로 하여금 동작들을 수행하게 하는 실행 가능한 컴퓨터 프로그램 코드를 저장한 비일시적인 컴퓨터-판독가능한 저장 매체로서, 상기 동작들은:

복수의 수직 이륙 및 착륙(VTOL) 항공기의 위치들을 결정하는 동작;

복수의 운송 요청을 결정하는 동작 - 각각의 운송 요청은 각자의 출발지 위치로부터 각자의 목적지 위치로의 이동을 위한 것임 -;

상기 복수의 VTOL 항공기 각각에 대한 현재의 배터리 레벨을 결정하는 동작;

상기 복수의 운송 요청, 상기 위치들, 및 상기 현재의 배터리 레벨들을 네트워크 흐름 모델에 제공하는 동작 - 상기 네트워크 흐름 모델은 특정한 VTOL 항공기가 경로를 실행하기 전에 명시된 양의 시간 동안 재충전하라는 것을 결정하기 위해 운송 네트워크를 통해 상기 복수의 VTOL 항공기의 상이한 흐름들을 모델링함으로써 상기 복수의 VTOL 항공기 각각에 대한 라우팅 데이터를 동시에 결정하도록 구성됨 -; 및

라우팅 명령어들을 상기 VTOL 항공기의 적어도 서브세트에 전송하는 동작 - 상기 라우팅 명령어들은 각각의 VTOL 항공기의 각자의 라우팅 데이터에 기초하고, 상기 라우팅 명령어들을 전송하는 단계는 상기 특정한 VTOL 항공기가 상기 경로를 실행하기 전에 상기 명시된 양의 시간 동안 재충전하라는 결정에 기초함 -

을 포함하는 비일시적인 컴퓨터-판독가능한 저장 매체.

#### 청구항 25

제24항에 있어서, 상기 동작들은 상기 라우팅 명령어들에 대한 서비스 목표를 결정하는 동작을 더 포함하고, 상기 라우팅 데이터는 상기 서비스 목표에 기초하는 비일시적인 컴퓨터-판독가능한 저장 매체.

#### 청구항 26

제25항에 있어서, 상기 서비스 목표는, VTOL 항공기에 의해 운송되는 인원 수를 최대화하는 것; VTOL 항공기에 의해 지상에서 소비되는 총 시간의 양을 최소화하는 것; 또는 VTOL 항공기가 공중에 있을 때 각각의 VTOL 항공기 내의 평균 인원 수를 최대화하는 것 중 적어도 하나인 비일시적인 컴퓨터-판독가능한 저장 매체.

#### 청구항 27

제25항에 있어서, 상기 복수의 운송 요청을 결정하는 동작은:

현재의 수요 데이터 - 상기 현재의 수요 데이터는 탑승자들에 의해 이미 이루어진 미충족된 운송 서비스 요청들을 나타냄 - 를 회수하는 동작; 및

상기 현재의 수요 데이터를 주어진 기간 동안 수신될 운송 서비스 요청들의 추정치로 보충하는 동작 - 상기 복수의 운송 요청들은 상기 보충된 현재의 수요 데이터에 기초하여 결정됨 -

을 포함하는 비일시적인 컴퓨터-판독가능한 저장 매체.

#### 청구항 28

컴퓨터 시스템으로서,

하나 이상의 하드웨어 프로세서; 및

실행될 때, 상기 하나 이상의 프로세서로 하여금 동작들을 수행하게 하는 실행가능한 컴퓨터 프로그램 코드를 포함하는 비일시적인 컴퓨터-판독가능한 저장 매체

를 포함하고, 상기 동작들은:

복수의 수직 이륙 및 착륙(VTOL) 항공기의 위치들을 결정하는 동작;

복수의 운송 요청을 결정하는 동작 - 각각의 운송 요청은 각자의 출발지 위치로부터 각자의 목적지 위치로의 이동을 위한 것임 -;

상기 복수의 VTOL 항공기 각각에 대한 현재의 배터리 레벨을 결정하는 동작;

상기 복수의 운송 요청, 상기 위치들, 및 상기 현재의 배터리 레벨들을 네트워크 흐름 모델에 제공하는 동작 - 상기 네트워크 흐름 모델은 특정한 VTOL 항공기가 경로를 실행하기 전에 명시된 양의 시간 동안 재충전하라는 것을 결정하기 위해 운송 네트워크를 통해 상기 복수의 VTOL 항공기의 상이한 흐름들을 모델링함으로써 상기 복수의 VTOL 항공기 각각에 대한 라우팅 데이터를 동시에 결정하도록 구성됨 -; 및

라우팅 명령어들을 상기 VTOL 항공기의 적어도 서브셋트에 전송하는 동작 - 상기 라우팅 명령어들은 각각의 VTOL 항공기의 각자의 라우팅 데이터에 기초하고, 상기 라우팅 명령어들을 전송하는 단계는 상기 특정한 VTOL 항공기가 상기 경로를 실행하기 전에 상기 명시된 양의 시간 동안 재충전하라는 결정에 기초함 -

을 포함하는 컴퓨터 시스템.

## 청구항 29

제28항에 있어서,

상기 동작들은 상기 복수의 VTOL 항공기에 대한 서비스 목표를 결정하는 동작을 더 포함하고, 상기 라우팅 데이터를 결정하는 동작은 또한 상기 서비스 목표에 기초하는, 컴퓨터 시스템.

## 청구항 30

제29항에 있어서, 상기 서비스 목표는, VTOL 항공기에 의해 운송되는 인원 수를 최대화하는 것; VTOL 항공기에 의해 지상에서 소비되는 총 시간의 양을 최소화하는 것; 또는 VTOL 항공기가 공중에 있을 때 각각의 VTOL 항공기 내의 평균 인원 수를 최대화하는 것 중 적어도 하나인 컴퓨터 시스템.

## 청구항 31

제28항에 있어서, 상기 라우팅 명령어들은 명시된 양의 시간 동안 재충전하라는 특정한 VTOL 항공기에 대한 명령어를 포함하는 컴퓨터 시스템.

## 청구항 32

제28항에 있어서, 상기 복수의 운송 요청을 결정하는 동작은:

현재의 수요 데이터 - 상기 현재의 수요 데이터는 탑승자들에 의해 이미 이루어진 미충족된 운송 서비스 요청들을 나타냄 - 를 회수하는 동작; 및

상기 현재의 수요 데이터를 주어진 기간 동안 신설될 운송 서비스 요청들의 추정치로 보충하는 동작 - 상기 복수의 운송 요청을 결정하는 동작은 상기 보충된 수요 데이터에 기초함 -

을 포함하는 컴퓨터 시스템.

## 청구항 33

삭제

## 청구항 34

삭제

청구항 35

삭제

청구항 36

삭제

청구항 37

삭제

### 발명의 설명

#### 기술 분야

[0001]

관련 출원의 상호참조

[0002]

본 출원은, 참조로 그 전체 내용이 본 명세서에 포함되는, 2017년 4월 25일 출원된 미국 가출원번호 62/489,992호의 우선권을 주장한다.

[0003]

기술 분야

[0004]

설명된 주제는 대체로 항공 운송 네트워크, 특히 허브들 사이의 임시 비행(ad hoc flight)을 포함한 네트워크를 관리하는 것에 관한 것이다.

#### 배경 기술

[0005]

도시 내에는 이용 가능한 광범위한 운송 모드가 일반적으로 존재한다. 사람들은 걷거나, 자전거를 타거나, 자동차를 운전하거나, 대중 교통을 이용하거나, 승차 공유 서비스를 이용하는 등을 할 수 있다. 그러나, 인구 밀도와 토지 수요가 증가함에 따라, 많은 도시들은 교통 혼잡 및 연관된 오염 문제를 점점 더 겪고 있다.

[0006]

결과적으로, 대량의 토지를 이용하지 않고도 교통량을 감소시킬 수 있는 방식으로 이용 가능한 운송 모드를 확장할 필요가 있다.

#### 도면의 간단한 설명

[0007]

도 1은 한 실시예에 따른 운송 네트워크와 연관된 컴퓨팅 환경을 나타내는 고수준 블록도이다.

도 2는 한 실시예에 따른 도 1에 도시된 운송 네트워크 관리 시스템을 나타내는 고수준 블록도이다.

도 3은 한 실시예에 따른 도 2에 도시된 수요 추정 서브시스템을 나타내는 고수준 블록도이다.

도 4는 한 실시예에 따른 도 2에 도시된 후보 허브 식별 서브시스템을 나타내는 고수준 블록도이다.

도 5는 한 실시예에 따른 도 2에 도시된 허브 최적화 서브시스템을 나타내는 고수준 블록도이다.

도 6은 한 실시예에 따른 도 2에 도시된 경로 최적화 서브시스템을 나타내는 고수준 블록도이다.

도 7은 한 실시예에 따른 도 1의 컴퓨팅 환경에서 이용하기에 적합한 컴퓨터의 한 예를 나타내는 고수준 블록도이다.

도 8은 한 실시예에 따른 운송 네트워크를 계획하고 관리하기 위한 방법을 나타내는 플로차트이다.

도 9는 한 실시예에 따른 운송 네트워크 내에서 라우팅을 결정하기 위한 방법을 나타내는 플로차트이다.

#### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0008]

도면들 및 이하의 설명은 단지 예시로서 소정의 실시예들을 기술한다. 본 기술분야의 통상의 기술자라면, 이하의 설명으로부터, 설명된 원리를 벗어나지 않고 구조 및 방법의 대안적인 실시예들이 채용될 수 있다는 것을 용이하게 인식할 것이다. 그 예들이 첨부된 도면들에 예시되어 있는 수 개의 실시예들을 이제 참조할 것이다.

유사하거나 비슷한 기능을 표시하기 위해 유사하거나 비슷한 참조 번호들이 사용된다는 점에 유의한다.

#### [0009] 개요

도시 내에서의 항공 이동은 지상 이동에 비해 제한되어 있다. 항공 이동은 도시내 항공 이동을 어렵게 만드는 다수의 요구조건들을 가질 수 있다. 예를 들어, 항공기는 연료 및 인프라스트럭처(예를 들어, 활주로) 등의 중요한 자원을 요구하고, 상당한 소음을 생성하며, 탑승 및 하차에 상당한 시간을 요구할 수 있으며, 각각은 도시 내에서 또는 이웃 도시들 사이에서 더 많은 양의 항공 이동을 달성하기 위한 기술적 해결과제를 제시한다. 그러나, 이러한 항공 이동을 제공하는 것은 교통 혼잡과 연관된 문제를 경감할 뿐만 아니라 순수한 지상-기반 접근법에 의한 이동 시간을 단축시킬 수 있다.

[0011] 수직 이륙 및 착륙(vertical take-off and landing)(VTOL) 항공기는 항공 운송을 도시 및 대도시 지역을 위한 운송 네트워크에 통합시킬 기회를 제공한다. VTOL 항공기는 전통적인 항공기에 비해 이륙 및 착륙에 요구되는 공간이 훨씬 적다. 또한, 배터리 기술의 발전으로 전기 VTOL 항공기는 기술적으로나 상업적으로도 실용화되었다. 전기 VTOL 항공기는 다른 전원을 이용하는 항공기보다 더 조용할 수 있어서, 소음이 주요 관심사일 수 있는 개발된 지역에서 이용하기 위한 실용성을 더욱 향상시킨다.

[0012] 계획 단계에서, 수요 추정치는, VTOL 항공기가 이륙 및 착륙하는 지리적 영역 내의 허브들에 대한 후보 위치들을 식별하는데 이용된다. 수요 추정치는 또한, 미리결정된 목표(예를 들어, VTOL 커버리지 최대화, 이동 시간의 단축 최대화 등)를 최상으로 충족시키는 위치들의 선택된 서브세트로 후보 위치들을 좁히는데 이용될 수 있다. 그 다음, 운송을 통한 VTOL 항공기와 사람들의 흐름이 시뮬레이션되어 제안된 항공 운송 네트워크에 대한 통찰력을 얻고 명시된 목표를 더 양호하게 충족하도록 구성을 정교화할 수 있다.

[0013] 일단 한 세트의 허브들이 구축되고 VTOL 항공기 편대가 운영 중에 있게 되면, 수요 예측 및 네트워크 최적화 프로세스가 운송 서비스의 제공을 조율하는데 이용될 수 있다. VTOL 항공기 편대의 이용을 최적화함으로써, 총 전력 이용량과 마모가 감소될 수 있을 뿐만 아니라 탑승자가 지상-기반 운송에 비해 상당한 양의 시간을 절약할 수 있다.

[0014] 한 실시예에서, 운송 네트워크 관리 시스템(110)은 복수의 VTOL 항공기에 대한 서비스 목표를 식별하고 복수의 VTOL 항공기의 위치를 포함하는 VTOL 데이터를 회수한다. VTOL 항공기들 중 하나에 의해 적어도 부분적으로 제공될 운송 서비스에 대한 수요의 추정치가 생성되고, 추정된 수요 및 서비스 목표에 기초하여 복수의 VTOL 항공기에 대한 라우팅 데이터가 결정된다. 라우팅 데이터에 기초한 라우팅 명령어는 VTOL 항공기의 적어도 일부 서브세트에 전송된다.

#### [0015] 예시적인 시스템 환경

[0016] 도 1은 항공 운송 네트워크와 연관된 컴퓨팅 환경(100)의 한 실시예를 나타낸다. 도 1에 도시된 실시예에서, 컴퓨팅 환경(100)은, 운송 네트워크 관리 시스템(110), 한 세트의 VTOL 항공기(120a, 120b), 한 세트의 허브 관리 시스템(130a, 130b), 및 한 세트의 클라이언트 디바이스(140a, 140b, 140c)를 포함하고, 이들 모두는 네트워크(170)를 통해 접속된다. 한 유형의 엔티티의 복수의 사례들이 대응하는 참조 번호와 그 다음의 문자에 의해 도시되고 구별되는 경우, 동일한 유형의 2개의 상이한 엔티티들 사이의 구별이 도시되어 있지 않는 한, 이러한 엔티티들은 여기서는 참조 번호에 의해서만 지칭될 것이다. 다른 실시예들에서, 컴퓨팅 환경(100)은 상이한 및 /또는 추가적인 요소들을 포함한다. 또한, 기능들은 설명된 것과는 상이한 방식으로 요소들 사이에 분산될 수 있다. 예를 들어, 허브 관리 시스템(130)은 생략될 수 있고, 허브에 관한 정보는 운송 네트워크 관리 시스템(110)에 저장되고 업데이트될 수 있다.

[0017] 운송 네트워크 관리 시스템(110)은 운송 네트워크의 계획 및 설계를 보조한다. 한 실시예에서, 운송 네트워크 관리 시스템(110)은 운송 서비스에 대한 수요를 추정하고, VTOL 허브에 대한 위치를 제안하여 그 수요를 충족시키는 것을 돋고, 허브들 사이의 탑승자들 및 VTOL 항공기의 흐름을 시뮬레이션하여 네트워크 계획을 보조한다. 운송 네트워크 관리 시스템(110)의 실시예들은 도 2 내지 도 6을 참조하여 이하에서 더 상세히 설명된다.

[0018] 운송 네트워크 관리 시스템(110)은 또한, 일단 한 세트의 VTOL 허브들이 동작중에 있게 되면, 운송 서비스를 조율할 수 있다. 운송 네트워크 관리 시스템(110)은 운송 서비스를 요청하는 사용자들(탑승자들)을 특정한 VTOL 항공기(120)와 페어링할 수 있다. 운송 네트워크 관리 시스템(110)은 또한, 이동 서비스를 조율하기 위해 지상-기반 운송과 상호작용할 수 있다. 예를 들어, 운송 네트워크 관리 시스템(110)은, 탑승공유 서비스 등의, 기존 운송 서비스 조율자의 확장일 수 있다.

[0019]

한 실시예에서, 운송 네트워크 관리 시스템(110)은 VTOL 항공기(120)를 포함한 여행을 3개의 레그(leg)를 갖는 것으로 취급한다: (1) 탑승자의 초기 위치로부터 제1 허브까지; (2) VTOL의 제1 허브로부터 제2 허브까지; 및 (3) 제2 허브로부터 탑승자의 목적지까지. 제1 및 제3 레그는, 탑승공유 서비스 등의, 도보(walking)하거나 지상 운송에 의해 제공될 수 있다. 운송 네트워크 관리 시스템(110)은, 현재 허브를 떠날 시간, 출발 후 날아가야 할 허브, 경로를 따른 경유 지점(way point)들, 출발 전에 또는 도착시에 충전하는데 걸리는 시간, 및 휴대할 개인의 신원 등의, 라우팅 정보를 VTOL 항공기(120)에 제공한다. 운송 네트워크 관리 시스템(110)은 또한, 소정의 VTOL 항공기(120)에게 ("회송(deadheading)"이라고 하는) 탑승자들 없이 허브들 사이를 비행하여 편대 분포를 개선시킬 것을 지시할 수 있다.

[0020]

VTOL 항공기(120)는 운송 네트워크에서 허브들 사이를 비행하는 운송기(vehicle)이다. VTOL 항공기(120)는 (운송기 내부의 또는 지상의) 인간 조종사에 의해 제어될 수 있거나 자율적일 수 있다. 한 실시예에서, VTOL 항공기(120)는 수평 및 수직 추력을 위해 한 세트의 프로펠러들을 이용하는 배터리 구동형 항공기이다. 프로펠러들의 구성은 VTOL 항공기가 수직으로(또는 수직으로 수직으로) 이착륙할 수 있게 한다. 편의상, 컴퓨팅 환경(100)의 다양한 컴포넌트가 이 실시예를 참조하여 설명될 것이다. 그러나, 헬리콥터, 수직 이외의 다른 각도로 이륙하는 비행기 등의, 다른 유형들의 항공기가 이용될 수도 있다. 용어 VTOL은 이러한 운송기를 포함하는 것으로 해석되어야 한다.

[0021]

VTOL 항공기(120)는, (예를 들어, 네트워크(170)를 통해) 상태 정보를 컴퓨팅 환경(100)의 다른 요소들에 전달하는 컴퓨터 시스템을 포함할 수 있다. 상태 정보는, 현재 위치, 현재 배터리 충전량, 잠재적인 컴포넌트 고장 등을 포함할 수 있다. VTOL 항공기(120)의 컴퓨터 시스템은 또한, 라우팅 정보 및 날씨 정보 등의, 정보를 수신할 수 있다. 2개의 VTOL 항공기(120)가 도 1에 도시되어 있지만, 운송 네트워크는 임의의 개수의 VTOL 항공기를 포함할 수 있다.

[0022]

허브 관리 시스템(130)은 운송 네트워크의 허브에서 기능성을 제공한다. 허브는 VTOL 항공기(120)가 착륙(및 이륙)하도록 의도된 위치이다. 운송 네트워크 내에는, 상이한 유형들의 허브가 있을 수 있다. 예를 들어, 대량의 탑승자 처리량을 갖는 중앙 위치의 허브는 16개(또는 그 이상의) VTOL 항공기(120)가 동시에(또는 거의 동시에) 이륙 또는 착륙하기에 충분한 인프라스트럭처를 포함할 수 있다. 유사하게, 이러한 허브는 배터리 구동형 VTOL 항공기(120)를 재충전하기 위한 복수의 충전 스테이션을 포함할 수 있다. 대조적으로, 인구가 적은 교외에 위치한 허브는 단일 VTOL 항공기(120)를 위한 인프라스트럭처를 포함할 수 있지만 충전 스테이션을 갖지 않을 수도 있다. 허브 관리 시스템(130)은 허브에 또는 원격지에 위치하고 네트워크(170)를 통해 접속될 수 있다. 후자의 경우, 단일 허브 관리 시스템(130)은 복수의 허브를 서비스할 수 있다.

[0023]

한 실시예에서, 허브 관리 시스템(130)은 허브에 있는 장비의 상태를 모니터링하고 운송 네트워크 관리 시스템(110)에 보고한다. 예를 들어, 충전 스테이션에 결함이 있다면, 허브 관리 시스템(130)은 충전 스테이션이 VTOL 항공기(120)를 충전하는데 이용가능하지 않다는 것을 자동으로 보고하고 유지보수 또는 교체를 요청할 수 있다. 허브 관리 시스템(130)은 또한, 허브에 있는 장비를 제어할 수 있다. 예를 들어, 한 실시예에서, 허브는 이륙/착륙 위치로부터 승선/하차 위치로 이동할 수 있는 하나 이상의 론치 패드를 포함한다. 허브 관리 시스템(130)은, (예를 들어, 운송 네트워크 관리 시스템(110) 및/또는 VTOL 항공기(120)로부터 수신된 명령어에 응답하여) 론치 패드의 이동을 제어할 수 있다.

[0024]

클라이언트 디바이스(140)는, 운송 네트워크 내에서 사용자가 운송 서비스들을 준비할 수 있는 컴퓨팅 디바이스이다. 3개의 클라이언트 디바이스(140)가 도 1에 도시되어 있지만, 실제로는 네트워크(170)에 접속된 더 많은 수의(예를 들어, 수천 개의 또는 수백만 개의) 클라이언트 디바이스가 있을 수 있다. 한 실시예에서, 클라이언트 디바이스(140)는 운송 서비스를 준비하기 위한 애플리케이션을 실행하는 모바일 디바이스(예를 들어, 스마트폰, 태블릿 등)이다. 사용자는 애플리케이션 내에서 핵심 위치 및 목적지를 제공하고 클라이언트 디바이스(140)는 운송 서비스에 대한 요청을 운송 네트워크 관리 시스템(110)에 전송한다. 대안으로서, 사용자는 목적지를 제공할 수 있고, 핵심 위치는 (예를 들어, 클라이언트 디바이스(140)에 대해 GPS 데이터로부터 결정된) 사용자의 현재 위치에 기초하여 결정된다.

[0025]

그들이 어떻게 생성되는지에 관계없이, 운송 네트워크 관리 시스템(115)은 운송 요청을 서비스하는 방법을 결정할 수 있다. 한 실시예에서, 지상-기반 및 항공 운송의 조합에 의해 운송 요청이 서비스될 수 있다. 운송 네트워크 관리 시스템(110)은, 요청이 어떻게 서비스될 것인지에 관한 정보(예를 들어, 사용자가 어떤 운송기에 탑승해야 하는가, 필요하다면, 걸어야 할 곳에 관한 방향 등)를 사용자의 클라이언트 디바이스(140)에 전송한다.

- [0026] 네트워크(170)는 네트워킹된 컴퓨팅 환경(100)의 다른 요소들이 통신하기 위한 통신 채널을 제공한다. 네트워크(170)는, 유선 및/또는 무선 통신 시스템 양쪽 모두를 이용하여, 근거리 및/또는 광역 네트워크들의 임의의 조합을 포함할 수 있다. 한 실시예에서, 네트워크(170)는 표준 통신 기술 및/또는 프로토콜을 이용한다. 예를 들어, 네트워크(170)는, 이더넷, 802.11, WiMAX(worldwide interoperability for microwave access), 3G, 4G, 코드 분할 다중 액세스(CDMA), DSL(digital subscriber line) 등의 기술을 이용하는 통신 링크를 포함할 수 있다. 네트워크(170)를 통해 통신하는데 이용되는 네트워킹 프로토콜들의 예는, MPLS(multiprotocol label switching), TCP/IP(transmission control protocol/Internet protocol), HTTP(hypertext transport protocol), SMTP(simple mail transfer protocol), 및 FTP(file transfer protocol)를 포함한다. 네트워크(170)를 통해 교환된 데이터는, HTML(hypertext markup language) 또는 XML(extensible markup language) 등의, 임의의 적절한 포맷을 이용하여 표현될 수 있다. 일부 실시예에서, 네트워크(170)의 통신 링크들의 전부 또는 일부는 임의의 적절한 기술 또는 기술들을 이용하여 암호화될 수 있다.
- [0027] 운송 네트워크 계획
- [0028] 도 2는 운송 네트워크 관리 시스템(110)의 한 실시예를 나타낸다. 도 2에 도시된 실시예에서, 운송 네트워크 관리 시스템(110)은, 수요 추정 서브시스템(210), 후보 허브 식별 서브시스템(220), 허브 최적화 서브시스템(230), 및 경로 최적화 서브시스템(240)을 포함한다. 다른 실시예들에서, 운송 네트워크 관리 시스템(110)은 상이한 및/또는 추가적인 요소들을 포함한다. 또한, 기능들은 설명된 것과는 상이한 방식으로 요소들 사이에 분산될 수 있다. 예를 들어, 운송 네트워크 관리 시스템(110)이 네트워크(170)에 접속된 것으로 도시되어 있지만, 일부 실시예들에서 이것은 운송 네트워크의 초기 계획에 이용되며 다른 도시된 컴포넌트들에 접속될 필요는 없다.
- [0029] 수요 추정 서브시스템(210)은 지리적 영역에서의 운송 서비스에 대한 수요를 예측한다. 예측된 수요는 다른 서브시스템들에 대한 입력으로서 제공되어 운송 네트워크의 계획을 보조할 수 있다. 한 실시예에서, 수요 추정 서브시스템(210)은, 초기에, 지리적 영역 내의 하나 이상의 기존 지상-기반 운송 서비스에 대한 이용 데이터에 기초하여 수요를 예측한다. 입력은 지리적 영역(예를 들어, 도시) 및 기간일 수 있고, 예측된 수요는 대응하는 세트의 가상의 운송 요청들일 수 있고, 각각은, 출발지, 목적지, 및 시간을 포함한다. 운송 네트워크가 동작하게 된 후 계획이 계속되는 경우(예를 들어, 제1 세트의 허브가 구축되고 추가 허브를 포함한 확장이 계획된 경우) 운송 네트워크의 허브들 사이의 비행을 포함한 이용 데이터가 이용가능하게 되기 때문에 이러한 데이터에 기초하여 시간에 따라 수요 예측 모델이 업데이트될 수 있다. 수요 추정 서브시스템의 다양한 실시예들이 도 3을 참조하여 이하에서 더 상세히 설명된다.
- [0030] 후보 허브 식별 서브시스템(220)은 지리적 영역 내의 허브들에 대한 한 세트의 후보 위치들을 식별한다. 한 실시예에서, 후보 허브 식별 서브시스템(220)은, 운송 네트워크 설계자 등의 사용자가 (예를 들어, 주소, GPS 좌표를 제공하고, 맵 상의 위치를 클릭하는 등에 의해) 허브들에 대한 후보 위치를 수동으로 선택할 수 있는 인터페이스를 제공한다. 대안으로서 또는 추가적으로, 후보 허브 식별 서브시스템(220)은, (예를 들어, 수요 추정 서브시스템(210)에 의해 생성된) 예측된 수요에 기초하여 후보 위치들을 자동으로 식별할 수 있다. 후보 허브 식별 서브시스템(220)의 다양한 실시예가 도 4를 참조하여 이하에서 더 상세히 설명된다.
- [0031] 허브 최적화 서브시스템(230)은, 허브들에 대한 후보 위치들의 세트를 취하고 예측된 수요에 기초하여 허브들이 실제로 위치되어야 하는 위치들의 서브세트를 선택한다. 한 실시예에서, 허브 최적화 서브시스템(230)은, 운송 네트워크를 작동시키기 위한 초기 그룹의 허브 위치들 및 네트워크의 커버리지를 향상시키기 위해 나중에 추가될 하나 이상의 추가 그룹을 식별한다. 허브 최적화 서브시스템(230)은 또한, (예를 들어, 랜딩 패드의 수, 충전기의 수, VTOL 항공기 저장 베이의 수 등을 표시하는) 각각의 허브에 대한 유형을 추천할 수 있다. 허브 최적화 서브시스템(230)의 다양한 실시예들이 도 5를 참조하여 이하에서 더 상세히 설명된다.
- [0032] 허브 최적화 서브시스템(230)으로부터의 출력은 경로 최적화 서브시스템(240)에 공급될 수 있다. 허브 최적화 서브시스템(230)에 의해 식별된 허브들에 의해 제공되는 커버리지는 운송 네트워크의 처리량에 대한 상한을 제공한다. 다시 말해, 이것은, 모든 적격의 운송 요청이 VTOL 항공기(120)에 의해 서비스된다고 가정하면 선택된 위치에 허브들을 배치함으로써 달성될 수 있는 최대 처리량이다. 그러나, VTOL 항공기(120)가 임의의 주어진 운송 요청을 서비스하는데 이용가능한지를 고려하지 않기 때문에 이 상한은 실현되지 않을 수 있다. 경로 최적화 서브시스템(240)은, 운송 네트워크를 통한 VTOL 항공기(120) 및 탑승자들의 흐름을 모델링하여 최대 처리량에 가깝게 실현하도록 VTOL 항공기 편대를 관리하는 방법을 결정한다. 경로 최적화 서브시스템(240)의 다양한 실시예들이 도 6을 참조하여 이하에서 더 상세히 설명된다.

[0033] 도 3은 수요 추정 서브시스템(210)의 한 실시예를 나타낸다. 수요 추정 서브시스템(210)은 지리적 영역 내의 운송 서비스에 대한 수요를 예측한다. 도 3에 도시된 실시예에서, 수요 추정 서브시스템(210)은, 초기 모델 모듈(310), 수요 예측 모듈(320), 모델 업데이트 모듈(330), 및 수요 데이터 저장소(340)를 포함한다. 다른 실시 예들에서, 수요 추정 서브시스템(210)은 상이한 및/또는 추가적인 요소들을 포함한다. 또한, 기능들은 설명된 것과는 상이한 방식으로 요소들 사이에 분산될 수 있다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 수요 추정 서브시스템(210)은 초기 수요 모델을 생성하기 위해 운송 네트워크의 계획 동안에 이용되며 모델 업데이트 모듈(330)은 생략될 수 있다.

[0034] 초기 모델 모듈(310)은 지리적 영역 내에서 VTOL 서비스에 대한 수요를 예측하는 모델을 생성한다. 이 모델은, VTOL 수요에 대한 프록시 수요로서 (예를 들어, 탑승차 공유 서비스를 통해) 지상-기반 운송을 이용하여 지리적 영역 내의 장거리 운송 서비스에 대한 요청을 포함한 이력 이동 데이터를 이용하여 구축될 수 있다. 이력 이동 데이터는 복수의 소스로부터 접속될 수 있다. 한 실시예에서, 요청은 출발지와 목적지 사이의 Haversine 거리가 20 내지 100 마일인 장거리로 간주된다. 초기 모델 모듈(310)은, 출발지 또는 목적지가 미리결정된 지점(예를 들어, 지리적 영역의 중심점)의 주어진 거리(예를 들어, 120 마일) 내에 있다면, 임의의 이러한 요청이 지리적 영역 내에 있는 것으로 간주할 수 있다. 미리결정된 지점 및 주어진 거리는 사용자에 의해 선택될 수 있다. 대안으로서, 사용자는 지오펜스(geofence)를 정의할 수 있고 출발지 또는 목적지(또는 둘 다)가 지오펜스 내에 있는 요청만이 고려될 수 있다. 다른 실시예들에서, 어느 요청이 지리적 영역 내에 있는 것으로 간주되는지 및 VTOL 항공기(120)를 이용한 서비스를 위한 후보들을 결정하는 다른 방식들이 이용될 수 있다.

[0035] 또 다른 실시예에서, 초기 모델 모듈(310)은 이력 이동 데이터에 기초한 단일 추정치와 함께 시작하고 확률론적 모델(예를 들어, 2-단계 확률론적 모델)을 이용하여 복수의 시나리오를 감안하는 더욱 강력한 솔루션을 생성한다. 2개 이상의 시나리오들의 목록이 정의되고, 각각은 발생할 대응하는 확률을 갖는다. 제1 단계에서, (예를 들어, 도 4 및 5를 참조하여, 후술하는 바와 같이) 한 세트의 허브 위치들이 선택된다. 그 다음, 초기 모델 모듈(310)은 상이한 시나리오들 및 대응하는 확률에 비추어 예측된 수요를 서비스하는 것을 시뮬레이션한다. 따라서, 운송 네트워크가 동작 중에 있을 때, 수요 추정 서브시스템(210)은 현재의 수요 데이터를 분석하고 이를 다양한 시나리오와 비교하여 어느 것이 발생할 것 같은지를 식별할 수 있다. 수요 추정 서브시스템(210)은, 그 다음, 식별된 시나리오에 기초하여 미래의 수요에 대한 새로운 또는 업데이트된 예측을 생성할 수 있다. 모델은 또한, 결과의 나쁜 실현에 더욱 잘 순응하도록 정교화될 수 있다. 예를 들어, 운송 네트워크에 대한 하나의 구성 선택은, 모든 시나리오에 걸쳐 평균적으로 VTOL(120)에 의해 더 많은 수의 운송 요청들의 서비스를 야기할 수 있지만, 하나의 낮은 확률 시나리오에서는, VTOL에 의해 서비스되는 요청의 수가 매우 적다. 모든 시나리오에 걸쳐 VTOL(120)에 의해 서비스되는 요청들의 평균 개수가 더 적은 제2 구성을 선택하는 것이 바람직할 수 있지만, 서비스의 수준이 평균보다 크게 떨어지는 시나리오는 없다.

[0036] 수요 예측 모듈(320)은 일부 기간 동안 지리적 영역에서 VTOL 서비스에 대한 수요를 예측하기 위해 모델을 적용한다. 한 실시예에서, 사용자는 예측이 요망되는 시작 및 종료 시간을 선택한다. 모델에 대한 입력은 다음을 포함할 수 있다: 지리적 영역의 현재의 인구, 지리적 영역의 예상된 인구 성장, 사회경제학, 사업체 및 기타 엔티티들의 위치(예를 들어, 공항, 바, 베뉴(venue), 대학 캠퍼스 등으로 및 이들로부터 운송 요청이 더 자주 요청될 수 있다), 및 지리적 영역 내의 다른 운송 수단의 비용, 이용가능성 및 지속기간에 관한 정보. 운송 네트워크가 이미 동작중이라면, 입력은 또한, 이미 수신된 기간에 대한 운송 서비스 요청 및/또는 운송 서비스에 대한 이력 수요에 관한 정보를 포함할 수 있다. 수요 예측 모듈(320)은 머신-학습 기술을 적용하여, 현재의 입력(예를 들어, 시각, 요일, 날짜, 날씨, 특별 이벤트, 기간에 대해 이미 수신된 운송 서비스에 대한 요청의 수 및 분포, 다른 모드들의 운송에 대한 계획된 정전 또는 제한 등)이 미래의 수요에 어떻게 맵핑될 수 있는지를 학습 할 수 있다.

[0037] 전술된 바와 같이, 모델로부터의 출력은, VTOL 항공기(120)를 이용하여 적어도 부분적으로 서비스받기 위한 후보인 한 세트의 가상의 운송 요청들이며, 각각은, 출발지, 목적지 및 시간을 포함한다. VTOL 항공기(120)에 의한 서비스가, 요청을 완전히 지상-기반 운송으로 서비스하는 것에 비해 임계량(예를 들어, 40%)만큼 총 이동 시간을 감소시킨다면, 그 요청은 VTOL 항공기(120)에 의한 서비스에 적격인 것으로 간주될 수 있다. 한 실시예에서, 수요 추정 모듈(320)은 주기적으로(예를 들어, 매분, 5 분마다 등) 미래의 시간 윈도우(예를 들어, 다음 시간, 다음 4 시간, 다음 날 등)에 대한 수요를 추정한다.

[0038] 모델 업데이트 모듈(330)은, 새로운 데이터가 이용가능해짐에 따라, 수요를 예측하는데 이용되는 모델을 업데이트한다. 한 실시예에서, 일단 항공 운송 네트워크가 동작중이게 되면, 모델 업데이트 모듈(330)은, 지상-기반 서비스로부터 도출된 이력 이동 데이터를 VTOL 항공기(120)에 의해 실제로 서비스되는 요청들로부터 도출된 이

동 데이터와 결합한다. VTOL 서비스 데이터는 이력 데이터보다 더 많이 가중되어 프록시보다는 실제의 VTOL 수요와 연관이 있다는 사실을 반영할 수 있다. 예를 들어, 운송 네트워크 관리 시스템(110)은, VTOL 항공기 이용 가능성으로부터 발생하는 더 낮은 이동 시간이 탑승자에 대한 장거리 이동의 매력을 증가시키기 때문에 장거리 운송 서비스에 대한 요청에서의 증가를 볼 수 있다.

[0039] 수요 데이터 저장소(340)는 수요 데이터를 저장하도록 구성된 하나 이상의 컴퓨터 판독가능한 매체이다. 이것은 수요 추정 서브시스템(210) 내에서 단일 엔티티로서 도시되어 있지만, 복수의 컴퓨팅 디바이스에 걸쳐 분산될 수도 있다. 예를 들어, 수요 데이터 저장소(340)는, 수요 추정 서브시스템(210)이 네트워크(170)를 통해 원격으로 액세스하는 분산형 데이터베이스일 수 있다. 한 실시예에서, 수요 데이터 저장소(340)는, 초기 모델을 구축하기 위해 이용된 이력 수요 데이터뿐만 아니라 모델을 업데이트하는데 이용될 수 있는 실제의 VTOL 서비스를 기술하는 데이터를 저장한다. 수요 데이터 저장소(340)는 또한, 모델 자체를 저장할 수 있다. 일부 실시예에서, 운송 네트워크 관리 시스템(110)은 복수의 지리적 영역을 제공하고, 수요 데이터 저장소(340)는 각각의 지리적 영역에 대한 상이한 모델들을 저장한다. (예를 들어, 업데이트된 모델이 덜 정확한 것으로 밝혀지면 수요 추정 서브시스템(210)이 이전 버전으로 롤백하는 것을 허용하기 위해) 각각의 모델의 복수의 버전들이 역시 저장될 수도 있다.

[0040] 도 4는 후보 허브 식별 서브시스템(220)의 한 실시예를 나타낸다. 후보 허브 식별 서브시스템(220)은, VTOL 항공기(120)가 이륙 및 착륙할 수 있는 허브들에 대한 후보 위치들을 식별한다. 도 4에 도시된 실시예에서, 후보 허브 식별 서브시스템(220)은, 파라미터 선택 모듈(410), 후보 선택 모듈(420), 후보 시각화 모듈(430), 및 후보 허브 저장소(440)를 포함한다. 다른 실시예들에서, 후보 허브 식별 서브시스템(220)은 상이한 및/또는 추가적인 요소를 포함한다. 또한, 기능들은 설명된 것과는 상이한 방식으로 요소들 사이에 분산될 수 있다. 예를 들어, 일부 실시예들은 후보 시각화 모듈(430) 및 대응하는 기능을 생략할 수 있다.

[0041] 파라미터 선택 모듈(410)은, 허브에 대한 후보 위치를 식별하는데 이용될 파라미터를 선택하기 위한 사용자 인터페이스를 제공한다. 한 실시예에서, 파라미터들은, 식별할 후보 위치의 총 개수, (예를 들어, GPS 좌표 등을 제공함으로써) 후보로서 간주되어야 하는 위치, (예를 들어, 배제된 영역 주위에 지오펜스를 정의함으로써) 고려될 수 없는 위치를 포함한다. 대안으로서, 하나 이상의 파라미터가 미리결정될 수 있다. 예를 들어, 후보 허브의 개수는 고정된 값(예를 들어, 100)으로 제한될 수 있다.

[0042] 후보 선택 모듈(420)은 (예를 들어, 수요 추정 서브시스템(210)에 의해 생성된) 추정된 수요 및 선택된 파라미터들에 기초하여 허브들에 대한 한 세트의 후보 위치들을 식별한다. 한 실시예에서, 후보 선택 모듈(420)은, k-평균 클러스터링 알고리즘을, 수요 추정 서브시스템(210)에 의해 생성된 가상의 운송 요청의 출발지 및 목적지에 적용한다. 이 알고리즘에서, k는 원하는 후보 위치의 총 개수로 설정되거나, 사용자가 표시한 후보 위치들의 수보다 적은 총 개수가 포함되어야 한다. 후보 선택 모듈(420)은 각각의 클러스터의 중심을 허브에 대한 후보 위치로서 식별한다. 다른 실시예들에서, 추정된 수요에 기초하여 후보 위치들을 식별하기 위해 다른 접근법들이 이용될 수 있다.

[0043] 후보 시각화 모듈(430)(포함된 경우)은 후보 위치를 사용자에게 프리젠테이션한다. 한 실시예에서, 후보 시각화 모듈은 후보 위치들이 중첩되어 있는(예를 들어, 검은 원 등으로서) 지리적 영역의 맵을 디스플레이한다. 후보 시각화 모듈(430)은, 사용자가, 반드시 고려되어야 하는 추가 위치들을 추가하거나, 후보 선택 모듈(420)에 의해 생성된 후보 위치를 제거하거나, 및/또는 후보들의 위치를 변경하는 것을 허용할 수 있다. 시각화는 또한, 파라미터를 수정하고 후보 위치를 식별하는 프로세스를 재실행하는데 있어서 사용자를 보조할 수 있다.

[0044] 후보 허브 저장소(440)는, 허브들에 대한 후보 위치들을 저장하도록 구성된 하나 이상의 컴퓨터 판독가능한 매체이다. 이것은 또한, 추정된 수요 데이터 등의, 후보 허브 식별 서브시스템(220)에 이용된 데이터의 로컬 사본을 저장할 수 있다. 이것이 후보 허브 식별 서브시스템(220) 내에서 단일 엔티티로서 도시되어 있지만, 복수의 컴퓨팅 디바이스들에 걸쳐 분산될 수도 있다.

[0045] 도 5는 허브 최적화 서브시스템(230)의 한 실시예를 나타낸다. 허브 최적화 서브시스템(230)은, 허브를 구축하기 위해 선택할 허브에 대한 후보 위치를 선택하는 것을 보조한다. 도 5에 도시된 실시예에서, 허브 최적화 서브시스템(230)은, 파라미터 선택 모듈(510), 허브 선택 모듈(520), 허브 분류 모듈(530), 허브 시각화 모듈(540), 및 허브 저장소(550)를 포함한다. 다른 실시예들에서, 허브 최적화 서브시스템(230)은 상이한 및/또는 추가적인 요소를 포함한다. 또한, 기능들은 설명된 것과는 상이한 방식으로 요소들 사이에 분산될 수 있다. 예를 들어, 일부 실시예들은 허브 시각화 모듈(540) 및 대응하는 기능을 생략할 수 있다.

[0046]

후보 허브 식별 서브시스템(220)에서의 그 대응물과 유사하게, 파라미터 선택 모듈(510)은, 실제 허브를 구축하기 위해 어느 후보 위치가 선택되어야 하는지를 결정하는데 이용되는 파라미터들을 선택하기 위한 사용자 인터페이스를 제공한다. 한 실시예에서, 사용자는 2개의 목표 중에서 선택할 수 있다: 요청이 허브에 의해 커버되는 탑승자의 수를 최대화하거나, VTOL 항공기(120)를 이용하여 절약된 총 시간을 최대화하는 것. 사용자는 선택되어야 하는 고정된 개수의 허브 위치(예를 들어, 25개)를 선택하거나 그 수가 최적화 목표에 의해 결정되도록 남겨 둘 수도 있다. 유사하게, 사용자는 포함되어야 하는 상이한 유형들의 허브들 수(또는 범위)를 식별할 수 있다(예를 들어, 16개의 VTOL 항공기(120), 충전 장비 및 유지보수 서비스를 위한 용량을 갖는 5개의 대형 허브; 4대의 VTOL 항공기 및 충전 장비를 위한 용량을 갖는 10개의 중형 허브; 및 1대의 VTOL 항공기를 위한 용량을 갖는 10개의 소형 허브). 파라미터 선택 모듈(510)은 또한, 사용자가 상이한 목표들을 가질 수 있는 복수의 구성 단계를 식별할 수 있게 할 수 있다. 예를 들어, 제1 단계는 서비스받는 탑승자들의 수를 최대화하는 목표와 함께 25개의 허브로 제한될 수 있고, 제2 단계는 절약되는 시간의 양을 최대화하는 목표로 또 다른 15개의 허브를 구축하는 것을 포함할 수 있다. 다른 실시예들에서, 상이한 목표들 또는 목표들의 조합이 설정될 수 있다.

[0047]

파라미터 선택 모듈(510)은 또한, 사용자가 운송 네트워크에 관한 다른 파라미터를 설정할 수 있게 할 수 있다. 예를 들어, 한 실시예에서, 사용자는, 허브들 사이의 최소 거리(예를 들어, Haversine 거리)를 설정할 수 있고, VTOL 항공기(120)가 재충전없이 이동할 수 있는 최대 거리, VTOL 항공기 배터리가 충전되는 속도, 배터리 교체 가능 여부(및 걸리는 시간), VTOL 항공기의 최대 대기 속도(airspeed), 이륙 및 착륙에 걸리는 시간, 탑승자를 태우고 내리는데 걸리는 시간, VTOL에 의한 서비스에 적격인 것으로 간주되는 요청에 대한 임계 시간 절약, VTOL 항공기가 한 번에 운송할 수 있는 탑승자들의 수, 통행금지 시간(예를 들어, VTOL 항공기가 비행할 수 없는 야간의 기간) 등을 설정할 수 있다. 이러한 파라미터들 중 일부 또는 전부는 미리설정될 수 있고 사용자가 변경할 수 없다. 일부 실시예들에서, 운송 네트워크는 하나보다 많은 유형의 VTOL 항공기(120)를 포함할 수 있고 사용자는 각각의 유형에 대한 파라미터를 제공할 수 있다. 대안으로서, 사용자는 (예를 들어, 드롭-다운 메뉴의) 목록으로부터 VTOL 항공기(120)의 유형 또는 유형들을 선택하기 만할 수 있고, 파라미터 선택 모듈(510)은 데이터 저장소로부터 대응하는 정보(최대 대기 속도, 재충전없는 최대 거리, 운송될 수 있는 탑승자의 수)를 회수한다.

[0048]

허브 선택 모듈(520)은 후보 위치들의 한 서브세트를 허브를 구성할 권장된 위치로서 선택한다. 다양한 실시예들에서, 허브 선택 모듈(520)은 운송 서비스에 대한 한 세트의 가상의 요청들을 포함하는 예측된 수요 데이터를 (예를 들어, 수요 데이터 저장소(340)로부터) 회수한다. 각각의 가상 요청은 출발지와 목적지를 포함한다. 허브 선택 모듈(520)은, 제공된 파라미터들 모두를 충족시키고 선택된 목표를 최상으로 충족시키는 후보 허브들의 한 서브세트를 식별한다.

[0049]

한 실시예에서, 후보 허브들의 주어진 서브세트에 대해, 허브 선택 모듈(520)은 각각의 요청을 서비스하는 방법을 결정한다. 요청은, (예를 들어, 탑승공유 서비스를 이용하여) 지상에서 단일 레그에 의해 서비스되거나 중간 레그가 VTOL 항공기(120)에 의해 서비스되는 3개의 레그 세트에 의해 서비스될 것이다. 제1 및 제3 레그는 지상-기반이고, 도보 레그이거나 지상-기반 운송에 의해 서비스될 수 있다. 결과적인 시간 절약이 완전히 지상-기반 운송에 의해 요청을 서비스하는 것에 비해 임계값(예를 들어, 40%)을 초과하는 경우, 주어진 요청은 VTOL 항공기(120)에 의한 서비스의 후보일 수 있다. VTOL-서비스되는 레그에 대해 걸리는 시간은, Haversine 거리를 일정한 스케일링 계수(예를 들어, 1.42)로 곱하여 레그 거리를 얻고 전형적인 대기 속도(예를 들어, 시속 170 마일)를 가정함으로써 추정될 수 있다. 요청이 VTOL 항공기(120)에 의해 서비스될 때, 제1 및 제3 레그가 임계거리보다 작은 경우(예를 들어, Haversine 거리가 500 미터 미만인 경우) 제1 및 제3 레그는 도보 레그에 대한 후보로서 간주될 수 있다.

[0050]

허브 선택 모듈(520)은 허브들의 서브세트의 선택을 2진 최적화 문제로서 취급할 수 있다. 예를 들어,  $H$ 를, 각각이 선택되거나 선택되지 않은 후보 허브들의 세트로서,  $R$ 를, 각각이 경로들의 세트  $P(r)$ 을 갖는,  $r$ 에 의해 인덱싱되는, 탑승자들의 세트로서 정의하자. 경로는, VTOL-서비스되는 레그를 포함하는 여정(itinerary)이다. 이에 기초하여, 3개의 변수를 정의할 수 있다:

[0051]

1) 각각의 후보 허브에 대해,  $h \in H$ ,  $z_h$ 는 그 허브가 선택되었는지( $z_h = 1$ ) 또는 아닌지( $z_h = 0$ )를 나타낸다.

[0052]

2)  $x_{r,p}$ 는, 탑승자  $r$ 이  $P(r)$ 로부터의 경로  $p$ 에 배정된 경우 1과 같고 그렇지 않으면 0인 2진 변수이다.

[0053]

3) 선택한 허브들에 따라 모든 요청이 커버될 수 있는 것은 아니라는 사실을 감안하기 위해,  $y_r$ 은, 탑승자  $r$ 이

VTOL 경로를 배정받지 않을 때 1과 같고 그렇지 않으면 0인 또 다른 2진 변수이다.

[0054] 경로(p)에 탑승자(r)를 배정하는 것은 약간의 지속기간 절약( $\tau_{r,p}$ )을 발생시킨다. 공식적으로 이것은 지상-기반의 운송에 비해 분단위의 감소이며 다음과 같이 측정된다:

$$\tau_{r,p} = T(o(r), d(r)) - [T(o(r), h_{dep}(p)) + VTOL(h_{dep}(p), h_{arr}(p)) + T(h_{arr}(p), d(r)) + \alpha]$$

[0056] 여기서,  $T(i, j)$ 는 위치 i로부터 j까지의 추정된 운행 시간이고,  $VTOL(i, j)$ 는 VTOL 항공기(120)를 허브 i로부터 허브 j로 가져 오는 추정된 지속기간이며,  $\alpha$ 는, 태우는 시간, 이륙 시간, 착륙 시간, 및 내리는 시간으로 구성된 모든 VTOL-서비스되는 여성들에 적용되는 고정된 숫자이다. 또한  $o(r)$ 과  $d(r)$ 은 탑승자 r의 출발지와 목적지를 나타내고,  $h_{dep}(p)$ 와  $h_{arr}(p)$ 는 경로 p의 출발 허브 및 도착 허브를 나타낸다. VTOL(120)에 의해 가능한 한 많은 요청의 서비스를 권장하기 위해 VTOL 경로에 의해 커버되지 않는 임의의 요청에 대해 페널티  $\lambda$ 가 적용될 수 있다. 이것은 다음과 같은 최적화 문제의 정리로 이어진다:

$$\max \sum_{r \in R} \sum_{p \in P(r)} \left( \sum_{p \in P(r)} \tau_{r,p} x_{r,p} \right) - \lambda y_r \quad (1)$$

$$\text{s.t. } \sum_{p \in P(r)} x_{r,p} + y_r = 1 \quad \forall r \in R \quad (2)$$

$$\sum_{h \in H} z_h = \min \{ |H|, b \} \quad (3)$$

$$x_{r,p} \leq \frac{1}{2} z_i + \frac{1}{2} z_j \quad \forall r \in R, \forall (i, j) \in P(r) \quad (4)$$

$$z_i + z_j \leq 1 \quad \forall (i, j) \in C \quad (5)$$

$$x_{r,p} \in \{0, 1\} \quad \forall r \in R, \forall p \in P(r)$$

$$y_r \in \{0, 1\} \quad \forall r \in R$$

$$z_h \in \{0, 1\} \quad \forall h \in H$$

[0057]

[0058] 여기서, 제약 (1)은, 큰 시간 절약을 갖는 여성에 탑승자를 배정하는 것을 선호하고 (제1 항) VTOL 항공기(120)에 의해 서비스되지 않는 요청을 불이익을 줌으로써(제2 항) 네트워크에서 모든 탑승자들의 총 지속기간 절약을 최대화하는 것을 추구한다. 제약 (2)는 모든 탑승자가 VTOL 여성에 배정되거나 지상에 머물도록 보장한다. 제약 (3)은 선택된 허브들의 개수가 허용가능한 최대치를 초과하지 않도록 보장한다. 제약 (4)는 출발 허브 및 도착 허브가 양쪽 모두가 선택된 서브세트에 포함되어 있는 여성에만 탑승자가 배정되는 것을 보장한다. 경로 p에 대해 출발지(i) 또는 목적지(j) 허브가 닫혀 있다면 이것은  $x_{r,p}$ 를 0으로 강제한다는 점에 유의한다. 제약 (5)는, 세트 C에 너무 가까운 임의의 허브들에 대해 이들 허브들 중 최대 하나가 선택되도록 보장한다. 이 제약 세트는 정수 프로그램 최적화 솔버(integer program optimization solver)에 의해 해결되어, 적용된 제약들을 충족시키고 선택된 목표를 달성하는 후보 허브들의 서브세트를 식별할 수 있다. VTOL 항공기에 의해 서비스되지 않는 요청에 대해 적용되는 페널티의 크기를 수정함으로써(예를 들어,  $\lambda$ 의 값을 변경함으로써) 총 시간 절약과 VTOL 항공기(120) 이용률 사이의 균형이 변경될 수 있다는 점에 유의한다. 다른 실시예들에서, 다른 최적화 프로세스들이 이용될 수도 있다.

[0059] 허브 분류 모듈(530)은, 권장되는 유형들을, 허브 선택 모듈(520)에 의해 식별된 서브세트 내의 허브들에 할당한다. 허브 분류 모듈(530)은, 각각의 선택된 허브의 예상된 처리량을, VTOL-서비스되는 레그의 출발지 또는 목적지로서 그 허브를 포함하는 여성에 기초하여 정의할 수 있다. 처리량은, 시간당, 하루당 서비스되는 평균 요청 수일 수 있다. 대안으로서, 처리량은 주어진 기간에 서비스되는 요청들의 예상된 최대 개수(예를 들어, 그 허브에 대해 하루 중 가장 바쁜 시간에서 예상되는 요청의 개수, 허브마다 상이할 수 있음)일 수 있다.

[0060] 한 실시예에서, 허브 분류 모듈(530)은 예상된 처리량에 기초하여 권장되는 유형을 각각의 허브에 할당한다. 이 유형들은, 통일성을 제공하고 설계 및 구성 비용을 감소시키기 위해 한 세트의 미리결정된 설계들로부터 선택될 수 있다. 예를 들어, 소형, 중형, 및 대형 허브 설계가 있을 수 있고, 각각의 허브 설계는, 각각, 1, 4 및 16대의 VTOL 항공기(120)의 이륙/착륙을 동시에(또는 거의 동시에) 처리하는 용량을 갖는다. 대안으로서, 허브 분류 모듈(530)은, 각각의 허브가 허브에서 동시에(또는 거의 동시에) 이륙/착륙할 수 있어야 하는 VTOL 항공기(120)의 수를 할당할 수 있다. 어느 경우이든, 분류는 미래의 수요 증가의 예측을 감안할 수 있다.

[0061]

허브 분류 모듈(530)은 또한, 각각의 허브에서 (제로를 포함한) 얼마나 많은 VTOL 충전 스테이션이 이용가능해야 하는지를 표시할 수 있다. 한 실시예에서, 이용가능한 충전 서비스는 허브의 유형에 결속된다. 예를 들어, 대형 허브는 4개의, 중형 허브는 1개의, 및 소형 허브는 0개의 충전 스테이션을 가질 수 있다. 대안으로서 또는 추가적으로, 허브 분류 모듈(530)은 허브와 충전 스테이션이 이용가능한 다른 허브들 사이의 거리를 고려할 수 있다. 예를 들어, 다른 허브들로부터 멀리 떨어진 운송 네트워크의 가장자리에 위치한 소형 허브는, 대부분의 소형 허브들이 갖지 않는 충전 스테이션을 포함할 수 있다. 또 다른 실시예에서, 각각의 유형의 허브의 수 또는 비율은 (예를 들어, 파라미터 선택 모듈(510)을 통해) 사용자에 의해 설정되고 허브 분류 모듈(530)은 그에 따라 어느 허브가 어느 유형이어야 하는지를 선택한다. 예를 들어, 사용자가 5개의 대형 허브가 있어야 한다고 표시한다면, 파라미터 선택 모듈(510)은 가장 큰 처리량을 갖는 서브세트 내의 5개의 허브를 대형 허브로서 선택할 수 있다.

[0062]

허브 시각화 모듈(540)(포함된 경우)은 선택된 허브 위치들을 사용자에게 프리젠팅한다. 한 실시예에서, 허브 시각화 모듈(540)은 선택된 허브 위치의 표시자를 지리적 영역의 맵 상에 오버레이한다. 각각의 허브의 유형은, 표시자들의 크기, 색상, 형상 등의 변화에 의해 표시될 수 있다. 예를 들어, 각각의 허브 위치는, 허브의 유형에 대응하는 원의 크기를 갖는 검은 원으로 표시될 수 있다(예를 들어, 더 큰 원은 더 큰 허브이다). 대안으로서, 허브의 유형 및/또는 추가 정보(예를 들어, 예상된 처리량)는 표시자 옆에 또는 사용자가 (예를 들어, 클릭함으로써) 표시자를 선택하는 것에 응답하여 제공될 수 있다. 마찬가지로, 허브가 복수의 단계로 구축되는 경우, 표시자의 속성은 각각의 허브가 구성의 어느 단계에 있는지를 표시할 수 있다(예를 들어, 제1 단계 허브는 적색이고 제2 단계 허브는 청색 등일 수 있음). 허브 시각화 모듈(540)은 또한, 선택된 허브 위치를 변경하기 위한 사용자 인터페이스를 제공할 수 있다. 예를 들어, 한 실시예에서, 사용자는, 허브를 추가, 제거 또는 재배치할 뿐만 아니라, 각각의 허브의 유형 및 구성 단계를 변경할 수 있다.

[0063]

허브 저장소(550)는, 허브의 위치 및 대응하는 데이터(예를 들어, 유형, 처리량 등)를 저장하도록 구성된 하나 이상의 컴퓨터 관독 가능한 매체이다. 또한, 더 효율적인 데이터 처리를 위해 후보 허브 위치의 로컬 사본 및/또는 추정된 수요 데이터를 저장할 수도 있다. 이것은 허브 최적화 서브시스템(230) 내에서 단일 엔티티로 도시되어 있지만, 복수의 컴퓨팅 디바이스에 걸쳐 분산될 수도 있다.

[0064]

도 6은 경로 최적화 서브시스템(240)의 한 실시예를 나타낸다. 경로 최적화 서브시스템은, 운송 네트워크를 통한 VTOL 항공기(120) 및 탑승자의 라우팅을 결정한다. 도 6에 도시된 실시예에서, 경로 최적화 서브시스템(240)은, 파라미터 선택 모듈(610), 흐름 모델링 모듈(620), 경로 시각화 모듈(630), 및 라우팅 데이터 저장소(640)를 포함한다. 다른 실시예들에서, 경로 최적화 서브시스템(240)은 상이한 및/또는 추가적인 요소를 포함한다. 또한, 기능들은 설명된 것과는 상이한 방식으로 요소들 사이에 분산될 수 있다. (후보 허브 식별 서브시스템(220) 및 허브 최적화 서브시스템(230)에서의 대응물과 유사한) 파라미터 선택 모듈(610)은 운송 네트워크를 모델링하는데 이용될 다양한 파라미터를 정의하기 위한 사용자 인터페이스를 제공한다. 한 실시예에서, 정의 가능한 파라미터는 VTOL 파라미터 및 목표를 포함한다. VTOL 파라미터는, 이용 가능한 VTOL 항공기(120)의 수, 및 복수의 유형이 이용 가능한 경우 그 유형 또는 유형들을 포함할 수 있다. 각각의 VTOL 유형에 대해, VTOL 파라미터들은, 경로 속도, 상승 시간, 좌석 수, VTOL 항공기의 자율 여부, 최대 비행 거리, 순항시 배터리 소비 레이트, 이륙 및 착륙시 배터리 소비, 배터리 재충전 레이트, 배터리가 허브에서 스위칭될 수 있는지의 여부 및 스위칭에 걸리는 시간 등을 포함할 수 있다. 라우팅이 동작중인 운송 네트워크에 대해 (예를 들어, 실시간으로 또는 실질적으로 실시간으로) 수행중인 상황에서, 파라미터 선택 모듈(610)은 VTOL(120) 및/또는 허브 관리 시스템(130)으로부터 이용 가능한 데이터로부터의 파라미터들의 일부 또는 전부를 결정할 수 있다.

[0065]

목표는: (1) 운송되는 사람들의 수를 최대화하거나; (2) VTOL 항공기(120)의 이용을 최대화하거나(예를 들어, 각각의 지상에서 보내는 시간을 최소화하면서 가능한 적은 수의 VTOL 항공기의 이용); 또는 (3) 승객 이동 비용(예를 들어, 가능한 최소치보다 더 긴 여정에 대한 분당 폐널티), VTOL 이용 비용(예를 들어, 이용도가 낮은 VTOL 레그에 대한 폐널티), 및 (다른 허브들로의, 또는 랜딩 패드로부터 격납 영역으로 등의, 한 허브 내에서의) VTOL 항공기 재배치 비용을 포함한 총 운영 비용을 최소화하는 것일 수 있다. 다른 목표들 및 VTOL 파라미터들도 역시 이용될 수 있다. 흐름 모델링 모듈(620)은 운송 네트워크를 통한 VTOL 항공기(120) 및 탑승자의 흐름을 모델링하여, 선택된 목표에 비추어 효율을 최대화하려고 시도한다. 다양한 실시예에서, 흐름 모델링 모듈(620)은 시간을 세그먼트들(예를 들어, 1 분, 5 분 등)로 이산화(discretize)하고 각각의 세그먼트에 대해 VTOL(120) 편대에 대한 최적의 또는 실질적으로 최적의 라우팅을 계산한다. 흐름 모델링 모듈(620)은 결과적인 다중-상품 네트워크 흐름 문제(탑승자 및 VTOL 항공기(120) 양쪽 모두는 모델에서의 상품임)를 해결하여 각각의 VTOL 항공기가 선택된 목표를 충족시키기 위해 라우팅되어야 하는 방법을 결정한다.

[0066] 한 실시예에서, 네트워크 흐름 모델은 다음과 같이 정의된다:

[0067]  $M$ : VTOL 항공기 세트.

[0068]  $N$ : 모든 노드 세트.

[0069]  $P$ : 승객 세트.

[0070]  $H$ : 허브 세트.

[0071]  $S_{it}^n$ : 시간  $t$ 에서 허브  $i$ 의 그룹  $n$ 의 승객 수의 공급(+) 또는 수요(-) 또는 운송(0).

[0072]  $V_{it}$ : 시간  $t$ 에서 허브  $i$ 의 VTOL 항공기의 수의 공급(+) 또는 수요(-) 또는 운송(0).

[0073]  $(it, j\bar{t})$ : 시간  $t$ 에서 허브  $i$ 로부터 이동하여 시간  $\bar{t}$ 에서 허브  $j$ 에 도달하는 아크(arc).

[0074]  $In(it)$ : 시간  $t$ 에서 허브  $i$ 로 들어오는 아크 세트.

[0075]  $Out(it)$ : 시간  $t$ 에서 허브  $i$ 로부터 나가는 아크 세트.

[0076]  $A$ : 모든 아크 세트(비행 아크 및 지상 아크).

[0077]  $TA$ : VTOL 운송 아크 세트.

[0078]  $G_i$ :  $i$ 번째 허브에 대한 지상 아크 세트.

[0079]  $U$ : 지상-기반의 운송에 의해 서비스되는 요청들에 대한 아크 세트.

[0080]  $T$ : 모든 기간들의 세트

[0081]  $x_i^m$ : VTOL 항공기  $m$ 이 아크  $i$ 를 이동해가는지의 여부.

[0082]  $y_i^p$ : 아크  $i$ 를 이동해가는 그룹  $p$  내의 승객 수.

[0083]  $z_t^m$ : 시간  $t$ 에서 VTOL 항공기  $m$ 의 배터리 레벨.

[0084]  $E_i$ : VTOL 항공기가 아크  $i$ 를 이동해가기 위한 배터리 소모(비행시) 또는 충전(지상에 있는 경우).

[0085]  $VC$ : VTOL 항공기의 승객 용량.

[0086]  $HC_i$ :  $i$ 번째 허브의 용량.

[0087]  $B$ : VTOL 항공기의 최대 배터리 레벨.

[0088]  $R_i$ : 아크  $i$ 에 의해 VTOL 항공기를 재배치하는 비용.

[0089]  $C_i$ : 아크  $i$ 를 이동해가는 비용.

[0090] 상기 정의를 이용하여, 모델은 다음 제약에 의해 정의될 수 있다:

$$\max \sum_{p \in P} \sum_{i \in EA} y_i^p \quad (1)$$

$$\text{s.t. } - \sum_{j \in In(i,t)} y_j^p + \sum_{k \in Out(t)} y_k^p = S_{it}^p \quad \forall i \in N, \forall t \in T, \forall p \in P \quad (2)$$

$$V_{ti} - \sum_{m \in M} \sum_{a \in Out(i,t)} x_a^m = 0 \quad \forall i \in H \quad (3)$$

$$\sum_{a \in Out(i,t)} x_a^m - \sum_{b \in In(t)} x_b^m = 0 \quad \forall i \in H, t \in T, \forall m \in M \quad (4)$$

$$V_{iT} + \sum_{m \in M} \sum_{b \in In(i,t)} x_b^m = 0 \quad \forall i \in H \quad (5)$$

$$\sum_{m \in M} x_i^m \leq HC_j \quad \forall i \in G_j, \forall j \in H \quad (6)$$

$$\sum_{p \in P} y_j^p \leq \sum_{m \in M} x_j^m \quad \forall j \in A \quad (7)$$

$$x_a^m \in \{0,1\} \quad \forall a \in A \quad (8)$$

$$y_a^p \in \{0,1\} \quad \forall a \in A \quad (9)$$

[0091]

[0092] 네트워크 흐름 모듈(620)은 모델을 해결하여 다음과 같은 명시된 목표를 충족할 수 있다:

[0093]

1. 최대 시간 절약

$$\max \sum_{p \in P} (T^p - \sum_{i \in A} T_i y_i^p) \quad (10)$$

[0094]

2. 최대 VTOL 이용률

$$\max \sum_{m \in M} x_m^m \quad (11)$$

$$x_m^m \leq \sum_{a \in EA} x_a^m, \quad \forall m \in M \quad (12)$$

[0095]

3. 총 비용(이동 비용, 재배치 비용) 최소화

$$\min \sum_{p \in P} \sum_{i \in TA} R_i(x_i^p - y_i^p) + \sum_{p \in P} \sum_{i \in A} C_i y_i^p + \sum_{m \in M} q^m \quad (13)$$

$$x_a^m \leq q^m \quad \forall a \in TA, \forall m \in M \quad (14)$$

[0096]

[0099] 네트워크 흐름 모듈(620)에 의해 이용되는 모델은 또한, 경로-기반 모델로서 정의될 수 있다:

$$\min \sum_{r \in R} u^r \quad (15)$$

$$\text{s.t. } \sum_{p \in P(r)} y_p^r + u^r = 1 \quad \forall r \in R \quad (16)$$

$$\sum_{r \in R} \sum_{p \in P(r)} \delta_{ij}^p y_p^r \leq \sum_{v \in V} C^v \sum_{p \in P(v)} \delta_{ij}^p x_p^v \quad \forall ij \in A \quad (17)$$

$$\sum_{p \in P(v)} x_p^v = 1 \quad \forall v \in V \quad (18)$$

$$\sum_{v \in V} \sum_{p \in P(v)} \delta_{ij}^p x_p^v \leq HC_{ij} \quad \forall ij \in G \quad (19)$$

$$x_p^v \in \{0,1\} \quad \forall p \in P(v) \quad (20)$$

$$y_p^r \in \{0,1\} \quad \forall a \in A \quad (21)$$

$$u^r \in \{0,1\} \quad \forall r \in R \quad (22)$$

[0100]

[0101] 이것은 다음의 열당 감소된 비용으로 이어진다

$$-\sum_{j \in A} \alpha_j C^v \delta_{ij}^p - \sum_{j \in G} \gamma_j C^v \delta_{ij}^p - \beta_i \quad (23)$$

[0102]

[0103] 따라서, 네트워크 흐름 모듈(620)은, 음의 가중치 및 연료 제약을 이용하여 최단 경로를 발견함으로써 운송 네트워크를 통해 VTOL 항공기(120)를 라우팅하는 방법을 결정할 수 있다. 이 실시예에서, 지상 아크는 가중치  $-\alpha_{ij} C^v - \gamma_{ij}$ 를 가지며 다른 아크들은 가중치  $-\alpha_{ij} C^v$ 를 가질 것이다. 한 실시예에서, 네트워크 흐름 모듈(620)은 VTOL 및 복수의 지상 운송 모드 각각을 이용하여 각각의 운송 요청을 서비스하는 것을 고려한다. 네트워크 흐름 모듈(620)은, (VTOL을 포함한) 어느 운송 모드가 각각의 요청을 서비스하는데 이용될 가능성이 높은지를 결정할 수 있다. 네트워크 흐름 모듈(620)은, 출발지, 목적지, 시간, 편의성(예를 들어, 진입 및 출발 시간), 인구통계학 등의 요인들에 기초하여 각각의 운송 모드에 의해 각각의 요청이 서비스될 확률을 계산할 수 있다. 다른 실시예들에서, 라우팅을 최적화하기 위한 상이한 모델들이 이용될 수 있다.

[0104] 경로 시각화 모듈(630)은 운송 네트워크 내의 VTOL 항공기(120) 및 탑승자의 흐름을 모델링한 결과를 사용자에게 프리젠팅한다. 한 실시예에서, 그 결과는, 편대 내의 VTOL 항공기(120)의 수, VTOL 이용 백분율(예를 들어, 채워진 VTOL 레그의 가용 좌석의 백분율), (예를 들어, 지상 단독의 등가 시간의 백분율로서의) VTOL 항공기에 의해 서비스된 요청들에 대한 절약된 평균 시간, 모델링된 기간 동안 VTOL 항공기에 의해 서비스된 총 탑승자 수를 포함한 한 세트의 요약 통계로서 프리젠팅된다. 다른 실시예들에서, 요약 통계는 상이한 또는 추가적인 정보를 포함할 수 있다.

[0105] 또한, 경로 시각화 모듈(630)은 허브에 의해 및 시간에 따라 수요가 어떻게 변화했는지를 나타내는 타임라인을 프리젠팅 할 수 있다. 한 실시예에서, 사용자가 (예를 들어, 타임라인 상의 대응하는 지점을 클릭함으로써) 특정한 시간을 선택하면, 경로 시각화 모듈(630)은, 그 지점에서의 공중의 각각의 VTOL 항공기(120)의 비행 경로를 지리적 영역의 맵 위에 오버레이하는 등에 의해, 그 시간의 운송 네트워크의 상태의 시각화를 프리젠팅한다. 또한, 사용자가 허브를 선택하면, 경로 시각화 모듈(630)은, 들어오고 나가는 VTOL 항공기(120)의 수, 허브에 있는 VTOL 항공기에 탑승하기 위해 기다리는 승객의 수, 허브에 있는 점유되지 않은 랜딩 패드의 수 등의, 선택된 허브에 관한 정보를 제공할 수 있다. 유사하게, 사용자가 VTOL 비행 경로를 선택하면, 대응하는 VTOL 항공기(120) 및 비행 경로에 관한 정보(예를 들어, 특정한 VTOL 항공기의 식별자, 현재 서비스되고 있는 탑승자의 식별자, 출발지 및 목적지 허브, 배터리 잔량, 및 도착까지 남은 시간)가 보여질 수 있다.

[0106] 경로 시각화 모듈(630)에 의해 제공되는 시각화는, 사용자가 운송 네트워크에 대한 더 깊은 이해를 얻고 실제 인프라스트럭처의 구축이 시작되기 전에 잠재적 문제 및 개선을 식별하는 것을 도울 수 있다. 예를 들어, 사용자는, 과부하된 허브들의 형태로 또는 이용 가능한 VTOL 항공기(120)의 수를 수요가 초과할 가능성이 있는 기간의 형태로, 운송 네트워크에서 잠재적 애로 지점(choke point)을 식별할 수 있다. 시각화는 또한, 사용자가, 탑승자를 위해 얼마나 많은 시간이 절약될 것인지 및 얼마나 많은 탑승자가 서비스를 받을지를 이해하는 것을 도울 수 있으며, 이것은 결국 교통 혼잡이 얼마나 완화될 수 있는지를 추정하는데 이용될 수 있다.

[0107] 라우팅 데이터 저장소(640)는, 경로 최적화 서브시스템에 의해 이용되거나 및/또는 생성된 데이터를 저장한다. 한 실시예에서, 라우팅 데이터 저장소(640)는 흐름 모델링 모듈(620)에 의해 수행된 각각의 시뮬레이션의 결과를 저장한다. 따라서, 사용자는 상이한 파라미터들을 이용하여 복수의 시뮬레이션을 수행한 다음, 나중에 그 결과들을 비교할 수 있다. 라우팅 데이터 저장소(640)는, 추가로 또는 대안으로서, 허브 최적화 서브시스템(230)에 의해 생성된 허브 위치들 및 수요 추정 서브시스템(210)에 의해 생성된 수요 데이터 등의, 운송 네트워크를 모델링하는데 이용되는 데이터의 로컬 사본을 저장할 수 있다.

#### [0108] 컴퓨팅 시스템 아키텍처

[0109] 도 7은 컴퓨팅 환경(100) 내에서 이용하기에 적합한 예시적인 컴퓨터(700)를 나타내는 고수준 블록도이다. 예시적인 컴퓨터(700)는 칩셋(704)에 결합된 적어도 하나의 프로세서(702)를 포함한다. 칩셋(704)은 메모리 제어기 허브(720) 및 입력/출력(I/O) 제어기 허브(722)를 포함한다. 메모리(706) 및 그래픽 어댑터(712)는 메모리 제어기 허브(720)에 결합되고, 디스플레이(718)는 그래픽 어댑터(712)에 결합된다. 저장 디바이스(708), 키보드(710), 포인팅 디바이스(714), 및 네트워크 어댑터(716)는, I/O 제어기 허브(722)에 결합된다. 컴퓨터(700)의 다른 실시예들은 상이한 아키텍처들을 갖는다.

[0110] 도 7에 도시된 실시예에서, 저장 디바이스(708)는, 하드 드라이브, 컴팩트 디스크 판독 전용 메모리(CD-ROM),

DVD, 또는 솔리드 스테이트 메모리 디바이스 등의, 비일시적인 컴퓨터 판독가능한 저장 매체이다. 메모리(706)는 프로세서(702)에 의해 이용되는 명령어 및 데이터를 보유한다. 포인팅 디바이스(714)는, 마우스, 트랙볼, 터치 스크린, 또는 다른 유형의 포인팅 디바이스이고, 컴퓨터 시스템(700)에 데이터를 입력하기 위해 키보드(710)(온 스크린 키보드일 수도 있음)와 함께 이용된다. 그래픽 어댑터(712)는 이미지 및 기타 정보를 디스플레이(718) 상에 디스플레이한다. 네트워크 어댑터(716)는 컴퓨터 시스템(700)을 하나 이상의 컴퓨터 네트워크에 결합한다.

[0111] 도 1 내지 도 6의 엔티티들에 의해 이용되는 컴퓨터의 유형은 실시예 및 엔티티에 의해 요구되는 처리 능력에 따라 달라질 수 있다. 예를 들어, 운송 서비스 관리 시스템(110)은, 설명된 기능을 제공하기 위해 협력하는 복수의 컴퓨터(700)를 포함할 수 있다. 또한, 컴퓨터(700)는, 키보드(710), 그래픽 어댑터(712), 및 디스플레이(718) 등의, 전술된 컴포넌트들 중 일부가 결여될 수도 있다.

#### [0112] 예시적인 방법들

[0113] 도 8은 항공 운송 네트워크를 계획하기 위한 방법(800)의 한 실시예를 나타낸다. 도 8의 단계들은 방법(800)을 수행하는 운송 네트워크 관리 시스템(110)의 관점에서 예시된 것이다. 그러나, 단계들 중 일부 또는 전부는 다른 엔티티들 또는 컴포넌트들에 의해 수행될 수도 있다. 또한, 일부 실시예들은, 단계들을 병렬로 수행하거나, 상이한 순서로 수행하거나, 상이한 단계들을 수행할 수도 있다.

[0114] 도 8에 도시된 실시예에서, 방법(800)은, 운송 네트워크 관리 시스템(110)이 장거리(예를 들어, 20 내지 120 마일) 운송 서비스에 대한 수요를 추정하는 단계(810)로 시작한다. 추정된 수요는, 각각이 출발지, 목적지, 및 요청 시간을 포함하는, 한 세트의 가상의 운송 요청들이다. 전술된 바와 같이, 가상의 운송 요청은, 지상-기반의 운송을 이용하는 장거리 운송 서비스에 대한 이력 요청들에 기초할 수 있다. 한 실시예에서, 이력 요청은 가상 요청으로서 이용된다. 또 다른 실시예에서, 이력 요청과 유사한 분포로 한 세트의 가상의 운송 요청들이 생성되고, 예상된 인구 성장, VTOL 항공기(120)가 이용가능하게 될 때 예상되는 수요에서의 증가 등의 요인들에 대한 조정이 적용된다.

[0115] 운송 네트워크 관리 시스템(110)은 추정된 수요에 기초하여 허브에 대한 후보 위치를 식별한다(820). 전술된 바와 같이, 운송 네트워크 관리 시스템(110)은 (예를 들어, k-평균 클러스터링을 이용하여) 운송 요청의 출발지 및 목적지를 클러스터링하고 각각의 클러스터의 중심을 후보 위치로서 식별(820)할 수 있다. 한 실시예에서, 운송 네트워크 관리 시스템(110)은 허브에 대한 1백개의 후보 위치를 식별한다(820). 또 다른 실시예에서, 식별할 허브의 수는 사용자에 의해 구성 가능하다. 사용자는 또한, 후보 위치들 중 하나 이상을 수동으로 선택하거나 조정할 수 있다.

[0116] 운송 네트워크 관리 시스템(110)은 후보 위치들의 서브세트를 허브들에 대한 위치로서 선택한다(830). 전술된 바와 같이, 운송 네트워크 관리 시스템(110)은, VTOL 커버리지를 최대화하거나, 네트워크에 걸쳐 이동 시간의 단축을 최대화하거나, (예를 들어 VTOL 커버리지와 이동 시간 단축의 균형을 맞추기 위해) 미리 정의된 비용 함수를 최소화하는 것 등의, 하나 이상의 목표를 달성하기 위해 허브의 위치를 선택할 수 있다(830). 한 실시예에서, 선택된(830) 위치들은 상이한 단계들로 분할되어 상이한 시간들에서 구성되고 상이한 목표들을 서비스할 수 있다. 예를 들어, 처음 25개의 허브는 VTOL 커버리지를 최대화하는 것을 목표로하는 반면, 다음 10개는 이동 시간의 절약을 최대화하는 것을 목표로 할 수 있다. 허브들 및 단계들의 수는 미리 결정되거나 사용자에 의해 구성될 수 있다. 허브들은 또한, 하나 이상의 유형(예를 들어, 대형, 중형, 및 소형, 각각은 상이한 개수의 랜딩 패드, 충전 스테이션 등을 가짐)일 수 있다. 일부 실시예들에서, 사용자는 또한, 하나 이상의 허브에 대해 선택된 위치 및/또는 유형을 수동으로 설정 또는 조정할 수 있다.

[0117] 운송 네트워크 관리 시스템(110)은 선택된 정보에 기초하여 경로 최적화 통계를 계산한다(840). 한 실시예에서, 사용자는, VTOL 항공기(120)의 수 및 VTOL 항공기에 관한 정보(예를 들어, 좌석 수, 순항 속도, 이륙 및 착륙에 요구되는 시간, 배터리 용량 등) 등의, 추가 파라미터를 정의한다. 운송 네트워크 계획 관리(110)는, 가상 수요를 충족시키기 위한 VTOL 항공기(120)에 대한 최적의 라우팅을 결정하고 대응하는 라우팅 정보를 계산한다(840). 경로 최적화 통계는, VTOL 항공기(120)에 의해 서비스되는 요청들의 백분율, 지상-기반 운송만을 이용하는 것에 비해 절약된 총 시간, 서비스된 총 인원 수, 비행시 VTOL 항공기의 평균 빈 좌석 수 등을 포함할 수 있다. 다른 실시예들에서, 상이한 또는 추가적인 정보가 경로 최적화 통계에 포함될 수도 있다.

[0118] 운송 네트워크 관리 시스템(110)은 운송 네트워크의 시각화를 사용자에게 프리젠톤한다(850). 한 실시예에서, 시각화는 운송 네트워크에 의해 서비스되는 지리적 영역의 맵을 포함하고, 여기서 허브들은 대응하는 위치들에

서 기하학적 형태(예를 들어, 원)로 오버레이되어 있다. 시각화는 또한, (예를 들어, 테이블에) 경로 최적화 통계를 포함할 수 있다. 추가적으로 또는 대안으로서, 시각화는, 전술된 바와 같이, 시간에 따라 수요가 어떻게 변하는지를 나타내는 타임 라인을 포함할 수 있고, VTOL 비행 경로들의 일부 또는 전부를 맵 상에 오버레이하고, (예를 들어, 시각화에서의 대응하는 그래픽 표현을 클릭하는 것에 응답하여) 허브 및 VTOL 항공기(120)에 관한 추가 정보에 대한 액세스를 제공하는 등을 할 수 있다.

[0119] 도 9는 운송 네트워크 내의 VTOL(120) 편대에 대한 라우팅을 결정하기 위한 방법(900)의 한 실시예를 나타낸다. 도 9의 단계들은 방법(900)을 수행하는 운송 네트워크 관리 시스템(110)의 관점에서 예시된 것이다. 그러나, 단계들 중 일부 또는 전부는 다른 엔티티들 또는 컴포넌트들에 의해 수행될 수도 있다. 또한, 일부 실시예들은, 단계들을 병렬로 수행하거나, 상이한 순서로 수행하거나, 상이한 단계들을 수행할 수도 있다.

[0120] 도 9는 방법(900)의 단일 반복을 나타낸다. 활성 운송 네트워크의 한 실시예에서, 방법(900)은 주기적으로(예를 들어, 매분, 5분마다 등) 반복되어 현재 조건에 기초해 VTOL(120) 편대에 대한 라우팅 데이터를 업데이트한다. 이것은, 상황이 갑자기 변하는 시나리오에서도 편대를 효율적으로 이용할 수 있다. 예를 들어, 또 다른 운송 모드에서 예상치 않은 장애가 발생하면(예를 들어, 사고로 인해 지하철 시스템이 셧다운 됨), VTOL(120)에 의해 서비스될 수 있는 운송 서비스 요청이 갑자기 급증하여, 편대에 대한 최적 라우팅이 변경될 수 있다. 따라서, 방법(900)을 반복하는 것은, 탑승자에 의해 절약된 시간의 양을 증가시키고, 이용된 총 전력량을 감소시키며, VTOL(120)에서의 마모를 감소시키는 등을 포함한 이점들을 제공할 수 있다.

[0121] 도 9에 도시된 실시예에서, 방법(900)은, 파라미터 선택 모듈(610)이 현재 VTOL 및 라우팅 데이터를 회수하는 단계(910)로 시작한다. VTOL 데이터는 각각의 VTOL(120)에 대한 정보이고, 현재 위치, VTOL이 지상 또는 공중에 있는지의 여부, 현재의 배터리 레벨, 최대 배터리 레벨 등을 포함할 수 있다. VTOL 데이터는(예를 들어, 무선 접속을 통해) VTOL(120)로부터 수신되거나, (예를 들어, VTOL(120)이 충전에 마지막으로 접속되었을 때 허브 관리 시스템(130)에 의해 보고된) 및 마지막으로 알려진 값들 및 라우팅 데이터(예를 들어, 공중에 있는 VTOL(120)은 그 현재 위치를 추정하기 위해 전형적인 대기 속도로 지시받은 경로를 따라 이동하는 것으로 가정될 수 있다)에 기초하여 추정될 수 있다. 라우팅 데이터는 각각의 VTOL(120)에 할당된 경로들에 관한 정보이다. 경로는, 목적지, 경로를 방문하는 경유 지점들, 출발 시간, 비행 속도, 출발 전 또는 도착 후 충전하는데 소요되는 시간의 양, 운송할 탑승자의 수(및 신원) 등의 정보를 포함할 수 있다. 라우팅 데이터는, 데이터 저장소(예를 들어, 라우팅 데이터 저장소(640))로부터 회수될 수 있다(910).

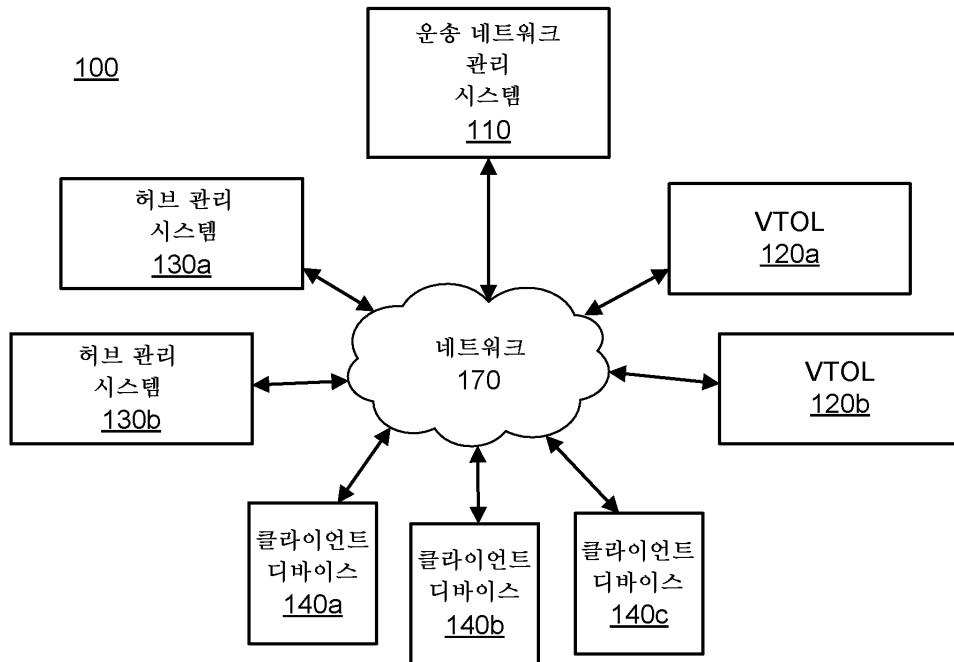
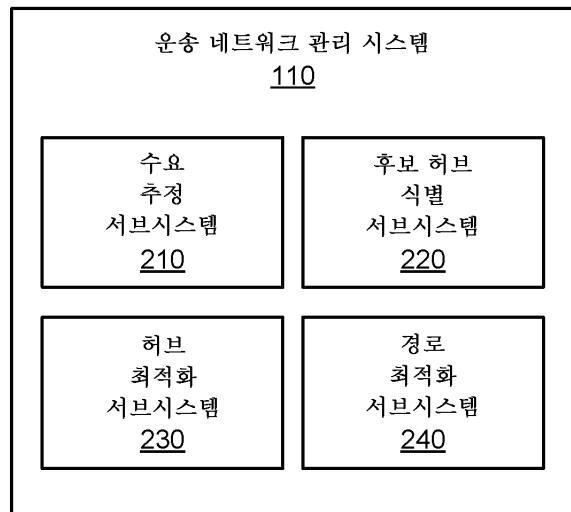
[0122] 파라미터 선택 모듈(610)은 또한, 현재의 수요 데이터를 회수한다(920). 현재의 수요 데이터는 사용자들에 의해 이미 전송된 운송 서비스에 대한 요청들을 포함한다. 한 실시예에서, 현재의 수요 데이터는, 사용자들로부터 수신된(예를 들어, 클라이언트 디바이스(140)로부터 제출된) 한 세트의 운송 요청들로 설정되고, 이를 각각은 출발지, 목적지, 및 요청 시간을 포함한다.

[0123] 파라미터 선택 모듈(610)은 미래 수요의 추정치로 현재의 수요 데이터를 보충한다(930). 미래 수요의 추정치는, 도 3을 참조하여 전술된 수요 추정 서브시스템을 이용하여 생성될 수 있다. 현재의 수요 데이터는, 수요 추정 서브시스템(210)에 의해 이용되는 모델에 대한 입력으로서 이용될 수 있다. 예를 들어, 현재의 수요가 주어진 요일 및 시간 동안 평소보다 높다면, 이것은 수요가 정상보다 계속 높을 수 있다는 것을 나타낼 수 있다. 한 실시예에서, 미래 수요의 추정치는 운송 서비스에 대한 한 세트의 가상의 요청들이고, 각각은, 출발지, 목적지, 및 주어진 기간(예를 들어, 다음 15 분, 다음 시간, 다음 4 시간 등) 내에서의 요청 시간을 포함한다. 미래 수요의 추정치는 현재의 수요 데이터와 결합되어 단일 세트의 운송 요청들(실제 및 가상/예상 양쪽 모두)을 생성할 수 있다. 따라서, 수요 데이터는, 이미 수신된 운송 요청 및 미래의 운송 요청들의 예측 양쪽 모두를 포함하는 기간에 대한 수요의 추정치를 나타낼 수 있다.

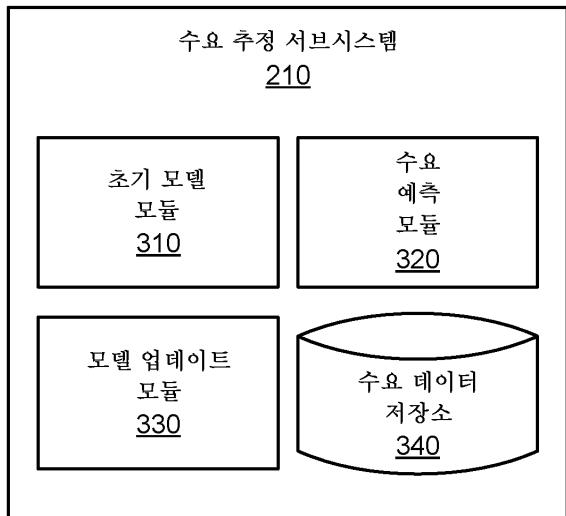
[0124] 경로 최적화 서브시스템(240)은 수요 데이터에 기초하여 라우팅 데이터를 업데이트한다(940). 한 실시예에서, 흐름 모델링 모듈(620)은, VTOL 및 라우팅 데이터뿐만 아니라 수요 데이터에 기초하여 최적의 라우팅을 결정한다. 이것은, 도 6을 참조하여 전술된 최적화 접근법을 이용하여 이루어질 수 있다. 경로 최적화 서브시스템(240)에 대한 입력은, 회수된(910) VTOL 데이터, 수요 데이터, 날씨 데이터 등을 포함할 수 있다. 업데이트된 라우팅 데이터에 기초하여, 경로 최적화 서브시스템(240)은 라우팅 명령어를 VTOL(120)들의 일부 또는 전부에 전송할 수 있다. 예를 들어, 명령어는, VTOL(120)이 특정한 허브로 비행하고, 명시된 시간 동안 배터리를 충전하고, 명시된 탑승자들을 꾹업하고, 운송 네트워크에서 VTOL들의 이용을 최적화하기 위해 다른 적절한 활동들을 수행하도록 지시할 수 있다.

[0125] 추가적인 고려사항

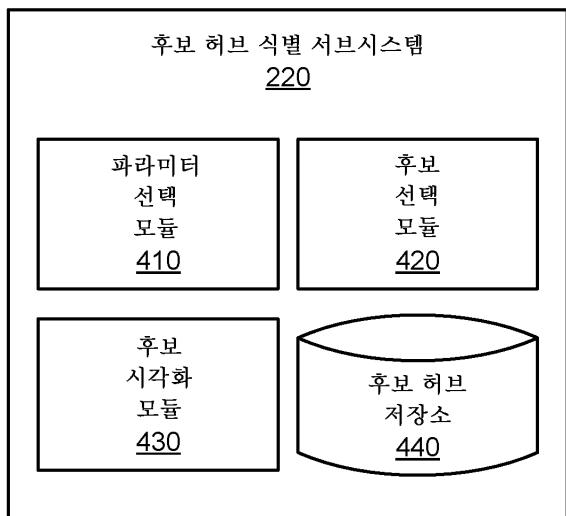
- [0126] 상기 설명의 소정 부분들은 알고리즘적 프로세스들 또는 동작들의 관점에서 실시예들을 설명한다. 이를 알고리즘적 설명 및 표현은, 데이터 처리 분야의 통상의 기술자가 본 기술분야의 다른 통상의 기술자에게 그들의 작업의 본질을 효과적으로 전달하기 위해 흔하게 이용된다. 이를 동작들은, 기능적으로, 계산적으로 또는 논리적으로 설명되었지만, 프로세서 또는 균등한 전기 회로, 마이크로코드 등에 의한 실행을 위한 명령어들을 포함하는 컴퓨터 프로그램에 의해 구현되는 것으로 이해된다. 또한, 일반성 손실없이 이를 기능적 동작들의 배열을 모듈이라고 지칭하는 것이 때때로 편리한 것으로 입증되었다.
- [0127] 본 명세서에서 사용될 때, "하나의 실시예" 또는 "실시예"라는 언급은, 그 실시예와 관련하여 기술되는 특정한 요소, 피처, 구조, 또는 특성이 적어도 하나의 실시예에 포함된다는 것을 의미한다. 명세서의 다양한 곳에서의 문구 "한 실시예에서"의 등장은 반드시 모두가 동일한 실시예를 지칭하는 것은 아니다.
- [0128] 또한, 일부 실시예들은 "결합된" 및 "접속된"이라는 표현과 함께 그들의 파생어들을 이용하여 기술될 수 있다. 이를 용어들은 서로 동의어로서 의도한 것은 아님을 이해해야 한다. 예를 들어, 일부 실시예들은 2개 이상의 요소들이 서로 직접 물리적 또는 전기적으로 접촉한다는 것을 나타내기 위해 용어 "접속된"을 이용하여 기술될 수 있다. 또 다른 예에서, 일부 실시예들은 2개 이상의 요소들이 직접 물리적 또는 전기적으로 접촉한다는 것을 나타내기 위해 용어 "결합된"을 이용하여 기술될 수 있다. 그러나, 용어 "결합된"은 또한, 2개 이상의 요소가 서로 직접 접촉하지 않지만, 여전히 서로 협력하거나 상호작용한다는 것을 의미할 수도 있다. 실시예들은 이 맥락에서 제한되지 않는다.
- [0129] 여기서 사용될 때, 용어 "포함한다", "포함하는", "내포한다", "내포하는", "가진다", "갖는" 또는 기타 임의의 그 변형은 비배타적 포함을 포괄하는 것을 의도한다. 예를 들어, 요소들의 리스트를 포함하는 프로세스, 방법, 물품, 또는 장치는 반드시 열거된 이를 요소들로 제한되는 것이 아니라 명시적으로 열거되지 않거나 이러한 프로세스, 방법, 물품, 또는 장치에 고유한 다른 요소들을 포함할 수도 있다. 또한, 명시적으로 상반되게 언급하지 않는 한, "또는"이란 포함적 또는(inclusive or)을 말하고 배타적 또는(exclusive or)을 말하는 것은 아니다. 예를 들어, 조건 A 또는 B는 다음 중 임의의 하나를 만족한다: A가 참(또는 존재)이고 B가 거짓(또는 존재하지 않음), A가 거짓(또는 존재하지 않음)이고 B는 참(또는 존재), 및 A와 B가 참(또는 존재).
- [0130] 또한, "a" 또는 "an"의 사용은 실시예들의 요소들 및 컴포넌트들을 기술하기 위해 채용된 것이다. 이것은, 단지 편의를 위해 이루어진 것이고 본 개시내용의 일반적인 의미를 제공하기 위한 것이다. 이러한 설명은, 하나 또는 적어도 하나를 포함하는 것으로 읽혀져야 하고, 단수는, 달리 의미한다는 것이 명백하지 않는 한, 복수도 포함한다.
- [0131] 본 개시내용을 읽을 때, 본 기술분야의 통상의 기술자라면, 운송 네트워크를 계획하고 그 네트워크 내에서 운송 서비스들을 조율하기 위한 시스템 및 프로세스에 대한 추가의 대안적인 구조적 및 기능적 설계를 이해할 것이다. 따라서, 특정한 실시예들 및 응용들이 예시되고 설명되었지만, 설명된 주제는 본 명세서에 개시된 그 대로의 구성 및 컴포넌트들로 제한되지 않으며, 개시된 방법 및 장치의 배열, 동작 및 상세사항에서, 본 기술분야의 통상의 기술자에게 명백한 다양한 수정, 변경 및 변형이 이루어질 수 있다는 것을 이해해야 한다. 보호 범위는 이하의 청구항들에 의해서만 제한되어야 한다.

**도면****도면1****도면2**

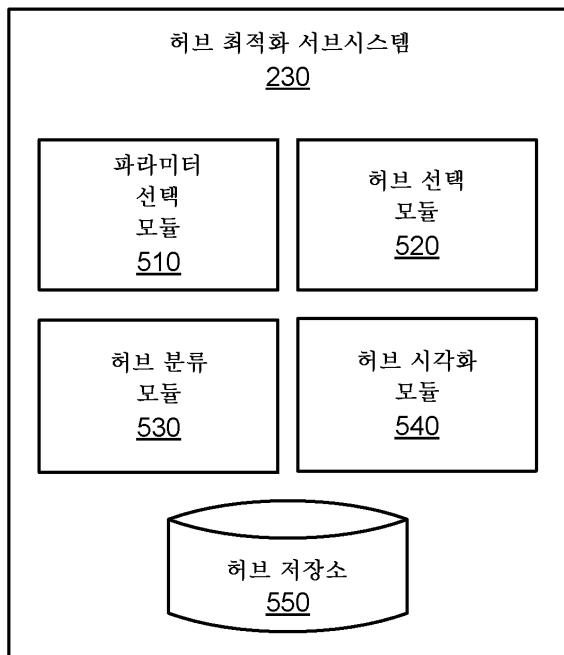
도면3



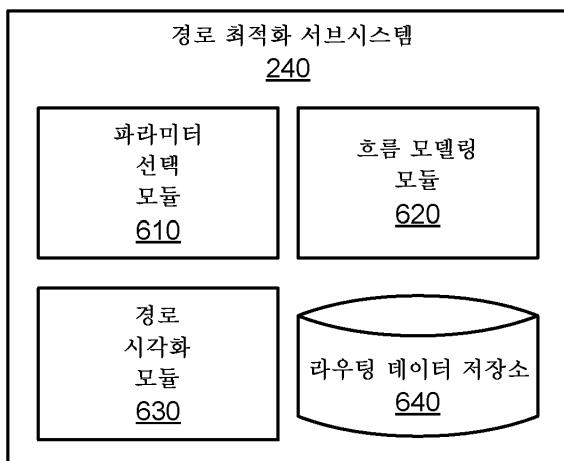
도면4



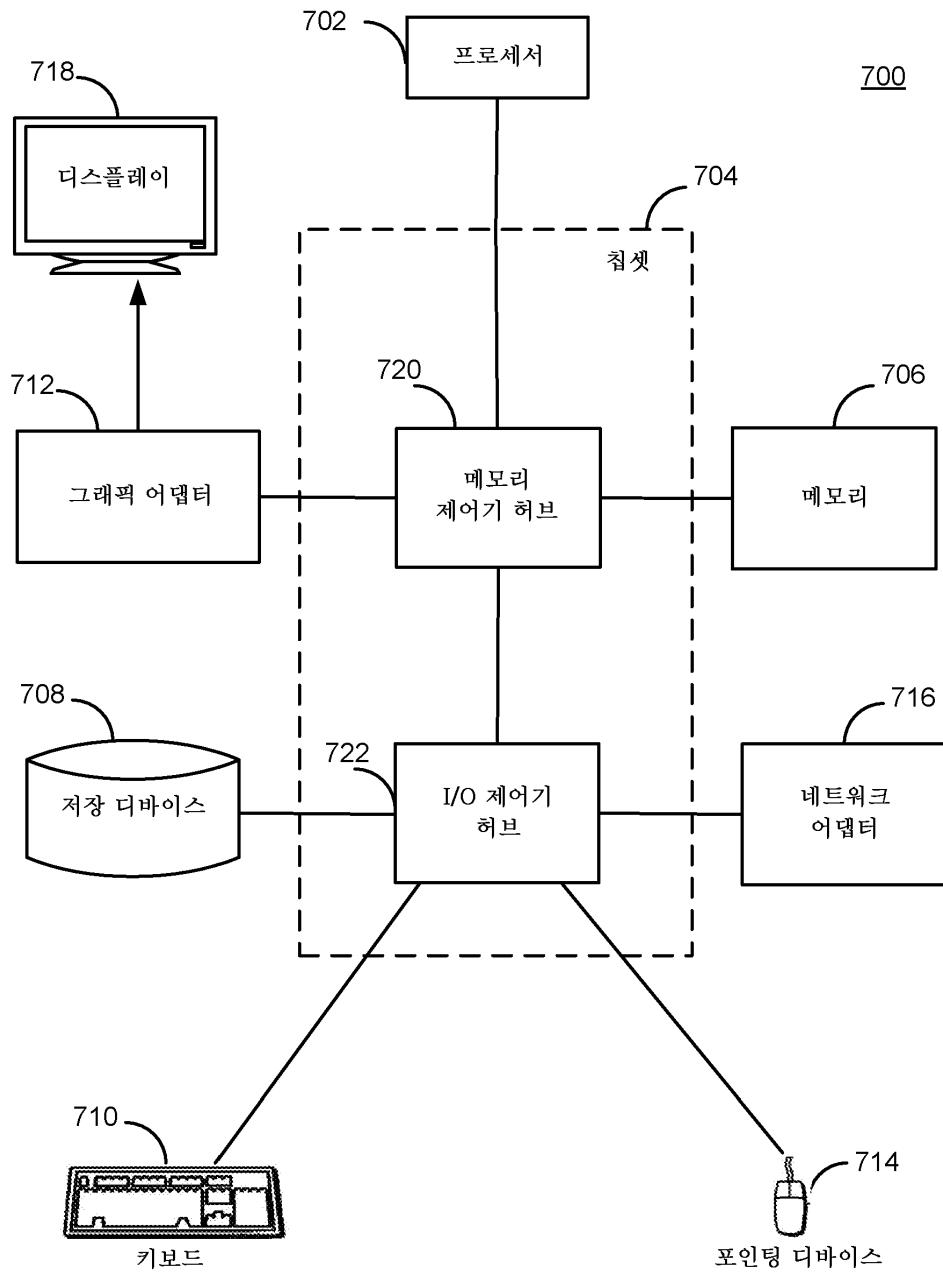
도면5



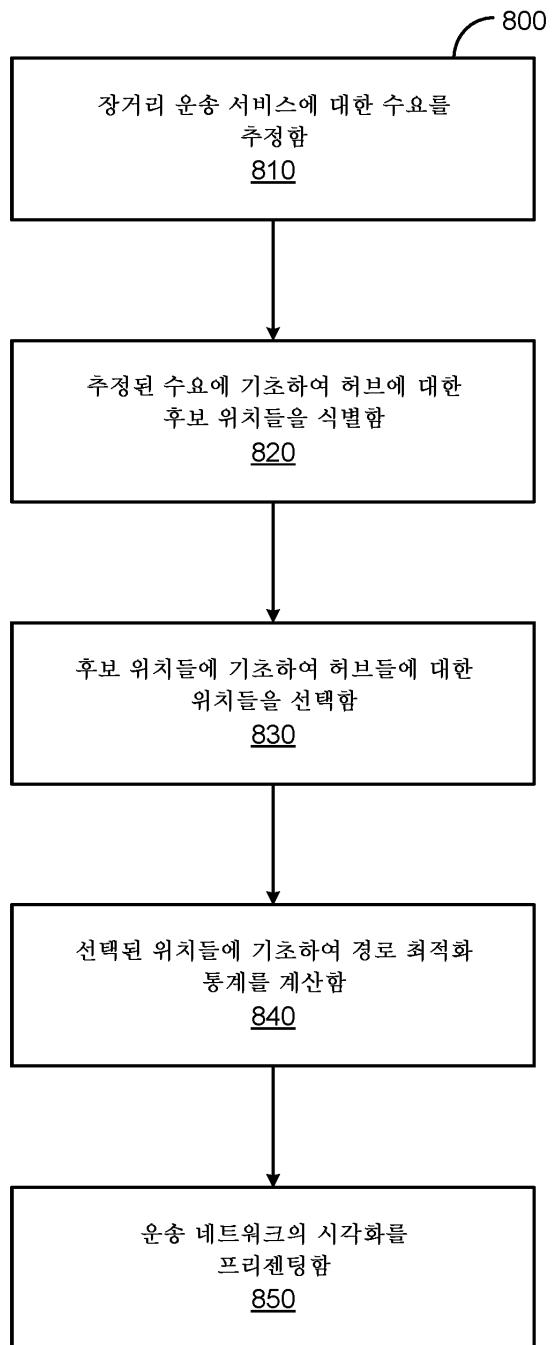
도면6



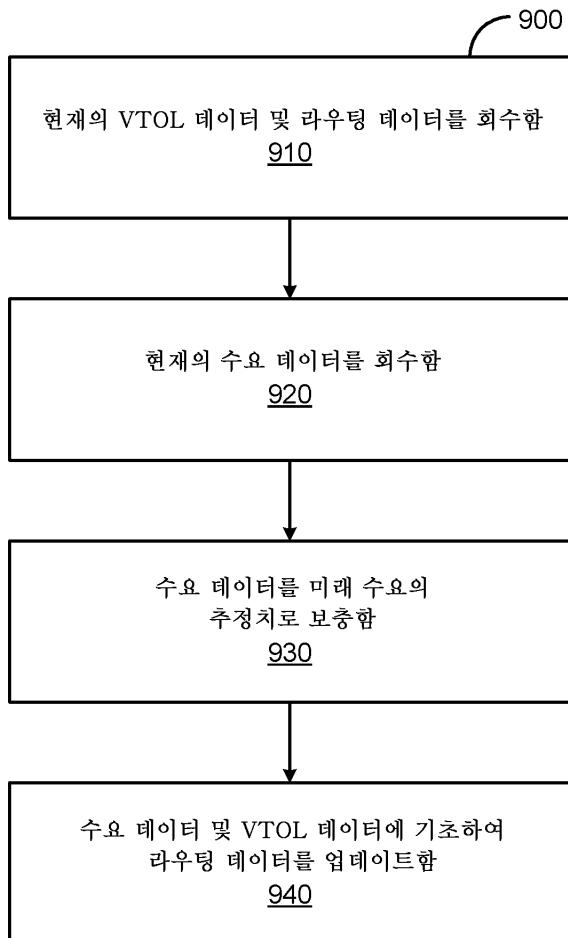
## 도면7



## 도면8



## 도면9



## 【심사관 직권보정사항】

## 【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 17

## 【변경전】

컴퓨터 시스템에 의해 수행되는 방법으로서,

복수의 수직 이륙 및 착륙(VTOL) 항공기의 위치들을 결정하는 단계;

복수의 운송 요청을 결정하는 단계 - 각각의 운송 요청은 각자의 출발지 위치로부터 각자의 목적지 위치로의 이동을 위한 것임 -;

상기 복수의 VTOL 항공기 각각에 대한 현재의 배터리 레벨을 결정하는 단계;

상기 복수의 운송 요청, 상기 위치들, 및 상기 현재의 배터리 레벨들을 네트워크 흐름 모델에 제공하는 단계 - 상기 네트워크 흐름 모델은 특정한 VTOL 항공기가 경로를 실행하기 전에 명시된 양의 시간 동안 재충전하라는 것을 결정하기 위해 운송 네트워크를 통해 상기 복수의 VTOL 항공기의 상이한 흐름들을 모델링함으로써 상기 복수의 VTOL 항공기 각각에 대한 라우팅 데이터를 동시에 결정하도록 구성됨 -; 및

상기 라우팅 명령어들을 상기 VTOL 항공기의 적어도 서브셋트에 전송하는 단계 - 상기 라우팅 명령어들은 각각의 VTOL 항공기의 각자의 라우팅 데이터에 기초하고, 상기 라우팅 명령어들을 전송하는 단계는 상기 특정한 VTOL 항공기가 상기 경로를 실행하기 전에 상기 명시된 양의 시간 동안 재충전하라는 결정에 기초함 -

를 포함하는 방법.

**【변경후】**

컴퓨터 시스템에 의해 수행되는 방법으로서,

복수의 수직 이륙 및 착륙(VTOL) 항공기의 위치들을 결정하는 단계;

복수의 운송 요청을 결정하는 단계 - 각각의 운송 요청은 각자의 출발지 위치로부터 각자의 목적지 위치로의 이동을 위한 것임 -;

상기 복수의 VTOL 항공기 각각에 대한 현재의 배터리 레벨을 결정하는 단계;

상기 복수의 운송 요청, 상기 위치들, 및 상기 현재의 배터리 레벨들을 네트워크 흐름 모델에 제공하는 단계 - 상기 네트워크 흐름 모델은 특정한 VTOL 항공기가 경로를 실행하기 전에 명시된 양의 시간 동안 재충전하라는 것을 결정하기 위해 운송 네트워크를 통해 상기 복수의 VTOL 항공기의 상이한 흐름들을 모델링함으로써 상기 복수의 VTOL 항공기 각각에 대한 라우팅 데이터를 동시에 결정하도록 구성됨 -; 및

라우팅 명령어들을 상기 VTOL 항공기의 적어도 서브세트에 전송하는 단계 - 상기 라우팅 명령어들은 각각의 VTOL 항공기의 각자의 라우팅 데이터에 기초하고, 상기 라우팅 명령어들을 전송하는 단계는 상기 특정한 VTOL 항공기가 상기 경로를 실행하기 전에 상기 명시된 양의 시간 동안 재충전하라는 결정에 기초함 -

를 포함하는 방법.

**【직권보정 2】**

**【보정항목】** 청구범위

**【보정세부항목】** 청구항 24

**【변경전】**

하나 이상의 프로세서에 의해 실행될 때, 상기 하나 이상의 프로세서로 하여금 동작들을 수행하게 하는 실행 가능한 컴퓨터 프로그램 코드를 저장한 비일시적인 컴퓨터-판독가능한 저장 매체로서, 상기 동작들은:

복수의 수직 이륙 및 착륙(VTOL) 항공기의 위치들을 결정하는 동작;

복수의 운송 요청을 결정하는 동작 - 각각의 운송 요청은 각자의 출발지 위치로부터 각자의 목적지 위치로의 이동을 위한 것임 -;

상기 복수의 VTOL 항공기 각각에 대한 현재의 배터리 레벨을 결정하는 동작;

상기 복수의 운송 요청, 상기 위치들, 및 상기 현재의 배터리 레벨들을 네트워크 흐름 모델에 제공하는 동작 - 상기 네트워크 흐름 모델은 특정한 VTOL 항공기가 경로를 실행하기 전에 명시된 양의 시간 동안 재충전하라는 것을 결정하기 위해 운송 네트워크를 통해 상기 복수의 VTOL 항공기의 상이한 흐름들을 모델링함으로써 상기 복수의 VTOL 항공기 각각에 대한 라우팅 데이터를 동시에 결정하도록 구성됨 -; 및

상기 라우팅 명령어들을 상기 VTOL 항공기의 적어도 서브세트에 전송하는 동작 - 상기 라우팅 명령어들은 각각의 VTOL 항공기의 각자의 라우팅 데이터에 기초하고, 상기 라우팅 명령어들을 전송하는 단계는 상기 특정한 VTOL 항공기가 상기 경로를 실행하기 전에 상기 명시된 양의 시간 동안 재충전하라는 결정에 기초함 -

을 포함하는 비일시적인 컴퓨터-판독가능한 저장 매체.

**【변경후】**

하나 이상의 프로세서에 의해 실행될 때, 상기 하나 이상의 프로세서로 하여금 동작들을 수행하게 하는 실행 가능한 컴퓨터 프로그램 코드를 저장한 비일시적인 컴퓨터-판독가능한 저장 매체로서, 상기 동작들은:

복수의 수직 이륙 및 착륙(VTOL) 항공기의 위치들을 결정하는 동작;

복수의 운송 요청을 결정하는 동작 - 각각의 운송 요청은 각자의 출발지 위치로부터 각자의 목적지 위치로의 이동을 위한 것임 -;

상기 복수의 VTOL 항공기 각각에 대한 현재의 배터리 레벨을 결정하는 동작;

상기 복수의 운송 요청, 상기 위치들, 및 상기 현재의 배터리 레벨들을 네트워크 흐름 모델에 제공하는 동작 - 상기 네트워크 흐름 모델은 특정한 VTOL 항공기가 경로를 실행하기 전에 명시된 양의 시간 동안 재충전하라는 것을 결정하기 위해 운송 네트워크를 통해 상기 복수의 VTOL 항공기의 상이한 흐름들을 모델링함으로써 상기 복

수의 VTOL 항공기 각각에 대한 라우팅 데이터를 동시에 결정하도록 구성됨 -; 및

라우팅 명령어들을 상기 VTOL 항공기의 적어도 서브세트에 전송하는 동작 - 상기 라우팅 명령어들은 각각의 VTOL 항공기의 각자의 라우팅 데이터에 기초하고, 상기 라우팅 명령어들을 전송하는 단계는 상기 특정한 VTOL 항공기가 상기 경로를 실행하기 전에 명시된 양의 시간 동안 재충전하라는 결정에 기초함 -

을 포함하는 비일시적인 컴퓨터-판독가능한 저장 매체.

### 【직권보정 3】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 28

#### 【변경전】

컴퓨터 시스템으로서,

하나 이상의 하드웨어 프로세서; 및

실행될 때, 상기 하나 이상의 프로세서로 하여금 동작들을 수행하게 하는 실행가능한 컴퓨터 프로그램 코드를 포함하는 비일시적인 컴퓨터-판독가능한 저장 매체

를 포함하고, 상기 동작들은:

복수의 수직 이륙 및 착륙(VTOL) 항공기의 위치들을 결정하는 동작;

복수의 운송 요청을 결정하는 동작 - 각각의 운송 요청은 각자의 출발지 위치로부터 각자의 목적지 위치로의 이동을 위한 것임 -;

상기 복수의 VTOL 항공기 각각에 대한 현재의 배터리 레벨을 결정하는 동작;

상기 복수의 운송 요청, 상기 위치들, 및 상기 현재의 배터리 레벨들을 네트워크 흐름 모델에 제공하는 동작 - 상기 네트워크 흐름 모델은 특정한 VTOL 항공기가 경로를 실행하기 전에 명시된 양의 시간 동안 재충전하라는 것을 결정하기 위해 운송 네트워크를 통해 상기 복수의 VTOL 항공기의 상이한 흐름들을 모델링함으로써 상기 복수의 VTOL 항공기 각각에 대한 라우팅 데이터를 동시에 결정하도록 구성됨 -; 및

상기 라우팅 명령어들을 상기 VTOL 항공기의 적어도 서브세트에 전송하는 동작 - 상기 라우팅 명령어들은 각각의 VTOL 항공기의 각자의 라우팅 데이터에 기초하고, 상기 라우팅 명령어들을 전송하는 단계는 상기 특정한 VTOL 항공기가 상기 경로를 실행하기 전에 명시된 양의 시간 동안 재충전하라는 결정에 기초함 -

을 포함하는 컴퓨터 시스템.

#### 【변경후】

컴퓨터 시스템으로서,

하나 이상의 하드웨어 프로세서; 및

실행될 때, 상기 하나 이상의 프로세서로 하여금 동작들을 수행하게 하는 실행가능한 컴퓨터 프로그램 코드를 포함하는 비일시적인 컴퓨터-판독가능한 저장 매체

를 포함하고, 상기 동작들은:

복수의 수직 이륙 및 착륙(VTOL) 항공기의 위치들을 결정하는 동작;

복수의 운송 요청을 결정하는 동작 - 각각의 운송 요청은 각자의 출발지 위치로부터 각자의 목적지 위치로의 이동을 위한 것임 -;

상기 복수의 VTOL 항공기 각각에 대한 현재의 배터리 레벨을 결정하는 동작;

상기 복수의 운송 요청, 상기 위치들, 및 상기 현재의 배터리 레벨들을 네트워크 흐름 모델에 제공하는 동작 - 상기 네트워크 흐름 모델은 특정한 VTOL 항공기가 경로를 실행하기 전에 명시된 양의 시간 동안 재충전하라는 것을 결정하기 위해 운송 네트워크를 통해 상기 복수의 VTOL 항공기의 상이한 흐름들을 모델링함으로써 상기 복수의 VTOL 항공기 각각에 대한 라우팅 데이터를 동시에 결정하도록 구성됨 -; 및

라우팅 명령어들을 상기 VTOL 항공기의 적어도 서브세트에 전송하는 동작 - 상기 라우팅 명령어들은 각각의

VTOL 항공기의 각자의 라우팅 데이터에 기초하고, 상기 라우팅 명령어들을 전송하는 단계는 상기 특정한 VTOL 항공기가 상기 경로를 실행하기 전에 상기 명시된 양의 시간 동안 재충전하라는 결정에 기초함 - 을 포함하는 컴퓨터 시스템.