



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년07월03일  
(11) 등록번호 10-2681801  
(24) 등록일자 2024년07월01일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H04B 7/185 (2006.01) H04B 10/118 (2013.01)  
H04W 16/18 (2009.01) H04W 24/02 (2009.01)  
H04W 64/00 (2023.01)  
(52) CPC특허분류  
H04B 7/18504 (2013.01)  
H04B 10/118 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2022-0136210  
(22) 출원일자 2022년10월21일  
심사청구일자 2022년10월21일  
(65) 공개번호 10-2024-0056055  
(43) 공개일자 2024년04월30일  
(56) 선행기술조사문헌  
KR1020190082176 A\*  
KR102128060 B1\*  
D. Coeurjolly and J. M. Chassery, "Fast approximation of the maximum area convex subset for star-shaped polygons," CNRS, vol. 1, pp. 1-18, (2004)\*  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
연세대학교 산학협력단  
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)  
(72) 발명자  
정종문  
서울특별시 용산구 이촌로87길 21, 106동 1502호 (이촌동, 이촌아파트)  
고다은  
서울특별시 서대문구 신촌로 63, 608호(창천동, 더이음)  
(뒷면에 계속)  
(74) 대리인  
민영준

전체 청구항 수 : 총 18 항

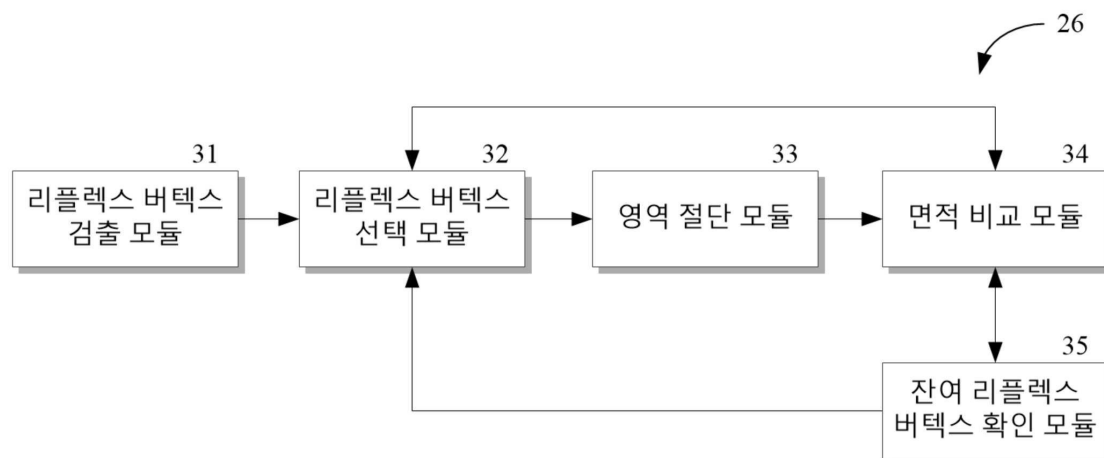
심사관 : 신상길

(54) 발명의 명칭 UAV 궤도 최적화 장치 및 방법

(57) 요약

개시된 실시예는 UAV의 비행 고도에 따른 FSO 통신 범위에서 다각형 형상으로 모델링된 장애물 모델을 차감하여 FSO 통신 가능 영역을 획득하고, FSO 통신 가능 영역 내에서 장애물을 모델에 의해 형성된 버텍스 중 180도 이상 각도를 갖는 리플렉스 버텍스를 탐색하며, 탐색된 리플렉스 버텍스와 이웃 버텍스를 연결하는 라인을 연장한 연장 라인에 따라 FSO 통신 가능 영역을 반복 절단하여 컨벡스 영역을 획득하고, 컨벡스 영역 내에서 UAV의 이동 궤도를 추출하여, UAV가 구름 등의 장애물을 회피하면서도 에너지 소모를 최소화할 수 있도록 궤도를 최적화하여, FSO 통신의 데이터 전송량과 통신 연결 시간을 향상시킬 수 있는 UAV 궤도 최적화 장치 및 방법을 제공한다.

대표도 - 도3



(52) CPC특허분류

*H04W 16/18* (2013.01)

*H04W 24/02* (2013.01)

*H04W 64/003* (2013.01)

(72) 발명자

**송수은**

서울특별시 서초구 강남대로6길 60-14, 102호(양재동, 삼익빌라)

**최민수**

서울특별시 은평구 진관3로 15-45, 1004동 703호(진관동, 은평뉴타운 구파발)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1615012940

과제번호 00143782

부처명 국토교통부

과제관리(전문)기관명 국토교통과학기술진흥원

연구사업명 디지털국토정보기술개발사업(R&D)

연구과제명 차세대 디지털 국토정보 구축을 위한 고정/이동플랫폼 기반 동적주제도 구축 기술

개발

기 여 율 1/1

과제수행기관명 한국건설기술연구원

연구기간 2022.04.01 ~ 2022.12.31

공지예외적용 : 있음

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

하나 이상의 프로세서; 및 상기 하나 이상의 프로세서에 의해 실행되는 하나 이상의 프로그램들을 저장하는 메모리를 구비한 장치로서,

상기 프로세서는

UAV의 비행 고도에 따른 FSO 통신 범위에서 다각형 형상으로 모델링된 장애물 모델을 차감하여 FSO 통신 가능 영역을 획득하고,

상기 FSO 통신 가능 영역 내에서 상기 장애물을 모델에 의해 형성된 버텍스 중 180도 이상 각도를 갖는 리플렉스 버텍스를 탐색하며, 탐색된 리플렉스 버텍스와 이웃 버텍스를 연결하는 라인을 연장한 연장 라인에 따라 상기 FSO 통신 가능 영역을 반복 절단하여 컨벡스 영역을 획득하고,

상기 컨벡스 영역 내에서 상기 UAV의 이동 궤도를 추출하며,

상기 프로세서는

상기 FSO 통신 가능 영역에서 상기 연장 라인에 따라 구분된 절단 영역이 제거된 잔여 영역 또는 이전 획득된 잔여 영역에 존재하는 리플렉스 버텍스인 잔여 리플렉스 버텍스를 탐색하고,

탐색된 잔여 리플렉스 버텍스의 이웃 버텍스 중 하나를 연결하는 라인을 연장하여 연장 라인을 설정하며,

설정된 연장 라인에 따라 상기 잔여 영역을 반복하여 절단하는 UAV 궤도 최적화 장치.

#### 청구항 2

삭제

#### 청구항 3

제1항에 있어서, 상기 연장 라인은

상기 FSO 통신 가능 영역 또는 상기 잔여 영역에서 다른 하나의 라인과 교차되는 위치까지 연장되도록 형성되는 UAV 궤도 최적화 장치.

#### 청구항 4

제1항에 있어서, 상기 프로세서는

상기 잔여 영역 내에 잔여 리플렉스 버텍스가 탐색되지 않으면, 상기 잔여 영역을 컨벡스 영역으로 획득하는 UAV 궤도 최적화 장치.

#### 청구항 5

제1항에 있어서, 상기 프로세서는

상기 FSO 통신 가능 영역 또는 상기 잔여 영역에서 상기 리플렉스 버텍스와 이웃 버텍스를 가능한 모든 조합에 따라 선택하여 상기 잔여 영역을 획득하는 UAV 궤도 최적화 장치.

#### 청구항 6

제5항에 있어서, 상기 프로세서는

상기 잔여 영역이 획득되면 상기 잔여 영역의 크기와 이전 최대 크기로 획득된 컨벡스 영역의 크기를 비교하여, 상기 잔여 영역의 크기가 이전 컨벡스 영역의 크기를 초과하면 상기 잔여 영역에 대한 추가 절단을 수행하는

UAV 궤도 최적화 장치.

#### 청구항 7

제6항에 있어서, 상기 프로세서는

가능한 조합에 따라 획득되는 상기 컨벡스 영역 중 가장 큰 크기를 갖는 컨벡스 영역을 최대 컨벡스 영역으로 획득하는 UAV 궤도 최적화 장치.

#### 청구항 8

제7항에 있어서, 상기 프로세서는

상기 최대 컨벡스 영역 내에서 상기 UAV의 에너지 소모량 대비 데이터 속도를 나타내는 에너지 효율이 최대화되는 이동 궤도를 추출하는 UAV 궤도 최적화 장치.

#### 청구항 9

제7항에 있어서, 상기 프로세서는

상기 최대 컨벡스 영역 내에서 상기 UAV의 이동에 따른 에너지 소모가 최소화되는 이동 궤도를 추출하는 UAV 궤도 최적화 장치.

#### 청구항 10

제1항에 있어서, 상기 프로세서는

상기 리플렉스 버텍스가 다수개이면, 하나의 리플렉스 버텍스를 기준 리플렉스 버텍스로 선택하고, 선택된 기준 리플렉스 버텍스에 따라 상기 FSO 통신 가능 영역을 반복 절단하여 상기 컨벡스 영역을 획득하는 UAV 궤도 최적화 장치.

#### 청구항 11

하나 이상의 프로세서 및 상기 하나 이상의 프로세서에 의해 실행되는 하나 이상의 프로그램들을 저장하는 메모리를 구비한 컴퓨팅 장치에 의해 수행되는 방법으로서,

UAV의 비행 고도에 따른 FSO 통신 범위에서 다각형 형상으로 모델링된 장애물 모델을 차감하여 FSO 통신 가능 영역을 획득하는 단계;

상기 FSO 통신 가능 영역 내에서 상기 장애물을 모델에 의해 형성된 버텍스 중 180도 이상 각도를 갖는 리플렉스 버텍스를 탐색하고, 탐색된 리플렉스 버텍스와 이웃 버텍스를 연결하는 라인을 연장한 연장 라인에 따라 상기 FSO 통신 가능 영역을 반복 절단하여 컨벡스 영역을 획득하는 단계; 및

상기 컨벡스 영역 내에서 상기 UAV의 이동 궤도를 추출하는 단계를 포함하되,

상기 컨벡스 영역을 획득하는 단계는

상기 FSO 통신 가능 영역에서 상기 연장 라인에 따라 구분된 절단 영역이 제거된 잔여 영역 또는 이전 획득된 잔여 영역에 존재하는 리플렉스 버텍스인 잔여 리플렉스 버텍스를 탐색하고,

탐색된 잔여 리플렉스 버텍스의 이웃 버텍스 중 하나를 연결하는 라인을 연장하여 연장 라인을 설정하며,

설정된 연장 라인에 따라 상기 잔여 영역을 반복하여 절단하는 UAV 궤도 최적화 방법.

#### 청구항 12

삭제

#### 청구항 13

제11항에 있어서, 상기 연장 라인은

상기 FSO 통신 가능 영역 또는 상기 잔여 영역에서 다른 하나의 라인과 교차되는 위치까지 연장되도록 형성되는 UAV 궤도 최적화 방법.

#### 청구항 14

제11항에 있어서, 상기 컨백스 영역을 획득하는 단계는

상기 잔여 영역 내에 잔여 리플렉스 버텍스가 탐색되지 않으면, 상기 잔여 영역을 컨백스 영역으로 획득하는 UAV 궤도 최적화 방법.

#### 청구항 15

제11항에 있어서, 상기 컨백스 영역을 획득하는 단계는

상기 FSO 통신 가능 영역 또는 상기 잔여 영역에서 상기 리플렉스 버텍스와 이웃 버텍스를 가능한 모든 조합에 따라 선택하여 상기 잔여 영역을 획득하는 UAV 궤도 최적화 방법.

#### 청구항 16

제15항에 있어서, 상기 컨백스 영역을 획득하는 단계는

상기 잔여 영역이 획득되면 상기 잔여 영역의 크기와 이전 최대 크기로 획득된 컨백스 영역의 크기를 비교하여, 상기 잔여 영역의 크기가 이전 컨백스 영역의 크기를 초과하면 상기 잔여 영역에 대한 추가 절단을 수행하는 UAV 궤도 최적화 방법.

#### 청구항 17

제16항에 있어서, 상기 컨백스 영역을 획득하는 단계는

가능한 조합에 따라 획득되는 상기 컨백스 영역 중 가장 큰 크기를 갖는 컨백스 영역을 최대 컨백스 영역으로 획득하는 UAV 궤도 최적화 방법.

#### 청구항 18

제17항에 있어서, 상기 이동 궤도를 추출하는 단계는

상기 최대 컨백스 영역 내에서 상기 UAV의 에너지 소모량 대비 데이터 속도를 나타내는 에너지 효율이 최대화되는 이동 궤도를 추출하는 UAV 궤도 최적화 방법.

#### 청구항 19

제17항에 있어서, 상기 이동 궤도를 추출하는 단계는

상기 최대 컨백스 영역 내에서 상기 UAV의 이동에 따른 에너지 소모가 최소화되는 이동 궤도를 추출하는 UAV 궤도 최적화 방법.

#### 청구항 20

제11항에 있어서, 상기 컨백스 영역을 획득하는 단계는

상기 리플렉스 버텍스가 다수개이면, 하나의 리플렉스 버텍스를 기준 리플렉스 버텍스로 선택하고, 선택된 기준 리플렉스 버텍스에 따라 상기 FSO 통신 가능 영역을 반복 절단하여 상기 컨백스 영역을 획득하는 UAV 궤도 최적화 방법.

### 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 개시되는 실시예들은 UAV 궤도 최적화 장치 및 방법에 관한 것으로, 지상의 터미널 또는 기지국과 무선 광통신을 수행하는 UAV 궤도 최적화 장치 및 방법에 관한 것이다.

### 배경 기술

- [0002] 최근 공중에 위치하는 UAV(Unmanned Aerial Vehicles)가 지상의 터미널 또는 기지국과 통신을 수행하는 UAV 기반 네트워크가 활발하게 연구되고 있다. UAV 기반 네트워크는 네트워크 구성과 배치에 있어 높은 탄력성과 비용 효율성을 제공할 수 있어 지상 네트워크의 강력한 대안으로 부상하고 있다.
- [0003] UAV의 중요성과 함께, 무선 광통신(Free Space Optics: 이하 FSO)은 더 높은 데이터 속도에 대한 증가하는 요구량을 충족하는데 적합하다고 주목을 받고 있다. 특히 FSO의 mmWave 링크에 대해서는 대역폭이 규제되지 않아 매우 큰 대역폭을 가질 수 있으며, 이에 광섬유 시스템과 유사한 데이터 속도를 제공할 수 있다. 그러나 FSO/mmWave 링크는 폐색(blockage), 산란(scattering), 페이딩(fading) 및 날씨와 같은 각종 환경 요인에 의해 저하될 수 있다. 특히 구름과 안개와 같은 기상 상황에 의한 장애물은 FSO/mmWave 링크를 심각하게 저하시킨다.
- [0004] 구름 형태의 비정형성때문에, FSO/mmWave 채널은 공간적인 분포에서 상당한 전력 레벨의 변동성을 확인할 수 있다. 구름의 액체 밀도(liquid density)가 매우 높기 때문에, 구름의 경계선을 기준으로 상당한 FSO/mmWave 링크 불균형과 감쇠를 야기한다.
- [0005] 따라서 UAV 기반 네트워크에서 UAV는 지상 터미널(Ground Terminal: 이하 GT) 또는 기지국(gNB)과 UAV 사이에 구름이 존재하지 않도록 장애물을 회피하여 FSO 통신을 수행해야 한다. 또한 UAV의 소모 가능한 에너지에는 한계가 있으므로, UAV는 장애물을 회피하면서도 에너지 소모를 저감할 수 있는 최적의 궤도를 따라 이동해야 한다.

## 선행기술문헌

### 특허문헌

- [0006] (특허문헌 0001) 한국 등록 특허 제10-2415222호 (2022.06.27 등록)

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

- [0007] 개시되는 실시예들은 FSO 통신의 데이터 전송량과 통신 연결 시간을 향상시킬 수 있는 UAV 궤도 최적화 장치 및 방법을 제공하는데 목적이 있다.
- [0008] 개시되는 실시예들은 지상 단말 또는 기지국과 FSO 통신을 수행하는 UAV가 구름 등의 장애물을 회피하면서도 에너지 소모를 최소화할 수 있도록 궤도를 최적화하는 UAV 궤도 최적화 장치 및 방법을 제공하는데 목적이 있다.

### 과제의 해결 수단

- [0009] 실시예에 따른 UAV 궤도 최적화 장치는 UAV의 비행 고도에 따른 FSO 통신 범위에서 다각형 형상으로 모델링된 장애물 모델을 차감하여 FSO 통신 가능 영역을 획득하고, 상기 FSO 통신 가능 영역 내에서 상기 장애물을 모델에 의해 형성된 버텍스 중 180도 이상 각도를 갖는 리플렉스 버텍스를 탐색하며, 탐색된 리플렉스 버텍스와 이웃 버텍스를 연결하는 라인을 연장한 연장 라인에 따라 상기 FSO 통신 가능 영역을 반복 절단하여 컨벡스 영역을 획득하고, 상기 컨벡스 영역 내에서 상기 UAV의 이동 궤도를 추출한다.
- [0010] 상기 UAV 궤도 최적화 장치는 상기 FSO 통신 가능 영역에서 상기 연장 라인에 따라 구분된 절단 영역이 제거된 잔여 영역 또는 이전 획득된 잔여 영역에 존재하는 리플렉스 버텍스인 잔여 리플렉스 버텍스를 탐색하고, 탐색된 잔여 리플렉스 버텍스의 이웃 버텍스 중 하나를 연결하는 라인을 연장하여 연장 라인을 설정하며, 설정된 연장 라인에 따라 상기 잔여 영역을 반복하여 절단할 수 있다.
- [0011] 상기 연장 라인은 상기 FSO 통신 가능 영역 또는 상기 잔여 영역에서 다른 하나의 라인과 교차되는 위치까지 연장되도록 형성될 수 있다.
- [0012] 상기 UAV 궤도 최적화 장치는 상기 잔여 영역 내에 잔여 리플렉스 버텍스가 탐색되지 않으면, 상기 잔여 영역을 컨벡스 영역으로 획득할 수 있다.
- [0013] 상기 UAV 궤도 최적화 장치는 상기 FSO 통신 가능 영역 또는 상기 잔여 영역에서 상기 리플렉스 버텍스와 이웃

버텍스를 가능한 모든 조합에 따라 선택하여 상기 잔여 영역을 획득할 수 있다.

- [0014] 상기 UAV 궤도 최적화 장치는 상기 잔여 영역이 획득되면 상기 잔여 영역의 크기와 이전 최대 크기로 획득된 컨벡션 영역의 크기를 비교하여, 상기 잔여 영역의 크기가 이전 컨벡션 영역의 크기를 초과하면 상기 잔여 영역에 대한 추가 절단을 수행할 수 있다.
- [0015] 상기 UAV 궤도 최적화 장치는 가능한 조합에 따라 획득되는 상기 컨벡스 영역 중 가장 큰 크기를 갖는 컨벡스 영역을 최대 컨벡스 영역으로 획득할 수 있다.
- [0016] 상기 UAV 궤도 최적화 장치는 상기 최대 컨벡스 영역 내에서 상기 UAV의 에너지 소모량 대비 데이터 속도를 나타내는 에너지 효율이 최대화되는 이동 궤도를 추출할 수 있다.
- [0017] 상기 UAV 궤도 최적화 장치는 상기 최대 컨벡스 영역 내에서 상기 UAV의 이동에 따른 에너지 소모가 최소화되는 이동 궤도를 추출할 수 있다.
- [0018] 상기 UAV 궤도 최적화 장치는 상기 리플렉스 버텍스가 다수개이면, 하나의 리플렉스 버텍스를 기준 리플렉스 버텍스로 선택하고, 선택된 기준 리플렉스 버텍스에 따라 상기 FSO 통신 가능 영역을 반복 절단하여 상기 컨벡스 영역을 획득할 수 있다.
- [0019] 실시예에 따른 UAV 궤도 최적화 방법은 UAV의 비행 고도에 따른 FSO 통신 범위에서 다각형 형상으로 모델링된 장애물 모델을 차감하여 FSO 통신 가능 영역을 획득하는 단계; 상기 FSO 통신 가능 영역 내에서 상기 장애물 모델을 모델에 의해 형성된 버텍스 중 180도 이상 각도를 갖는 리플렉스 버텍스를 탐색하고, 탐색된 리플렉스 버텍스와 이웃 버텍스를 연결하는 라인을 연장한 연장 라인에 따라 상기 FSO 통신 가능 영역을 반복 절단하여 컨벡스 영역을 획득하는 단계; 및 상기 컨벡스 영역 내에서 상기 UAV의 이동 궤도를 추출하는 단계를 포함한다.

### 발명의 효과

- [0020] 따라서, 실시예에 따른 UAV 궤도 최적화 장치 및 방법은 지상 단말 또는 기지국과 FSO 통신을 수행하는 UAV가 구름 등의 장애물을 회피하면서도 에너지 소모를 최소화할 수 있도록 궤도를 최적화하여, FSO 통신의 데이터 전송량과 통신 연결 시간을 향상시킬 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

- [0021] 도 1은 FSO 통신을 사용하는 네트워크 모델의 일 예를 나타낸다.
- 도 2는 일 실시예에 따른 UAV 궤도 최적화 장치를 수행되는 동작에 따라 구분한 구성을 나타낸다.
- 도 3은 컨벡스 영역 획득 모듈의 상세 구성의 일 예를 나타내고, 도 4는 도 3의 컨벡스 영역 획득 모듈이 FSO 통신 가능 영역에서 컨벡스 영역을 획득하는 개념을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 5는 도 3의 컨벡스 영역 획득 모듈이 컨벡스 영역을 획득하는 과정을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 6은 최대 컨벡스 영역에 따라 획득된 UAV 최적 궤도의 일 예를 나타낸다.
- 도 7은 일 실시예에 따른 UAV 궤도 최적화 방법을 나타낸다.
- 도 8은 일 실시예에 따른 컴퓨팅 장치를 포함하는 컴퓨팅 환경을 설명하기 위한 도면이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0022] 이하, 도면을 참조하여 일 실시예의 구체적인 실시형태를 설명하기로 한다. 이하의 상세한 설명은 본 명세서에서 기술된 방법, 장치 및/또는 시스템에 대한 포괄적인 이해를 돕기 위해 제공된다. 그러나 이는 예시에 불과하며 본 발명은 이에 제한되지 않는다.
- [0023] 일 실시예들을 설명함에 있어서, 본 발명과 관련된 공지기술에 대한 구체적인 설명이 일 실시예의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략하기로 한다. 그리고, 후술되는 용어들은 본 발명에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 그 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다. 상세한 설명에서 사용되는 용어는 단지 일 실시예들을 기술하기 위한 것이며, 결코 제한적이지는 안 된다. 명확하게 달리 사용되지 않는 한, 단수 형태의 표현은 복수 형태의 의미를 포함한다. 본 설명에서, "포함" 또는 "구비"와 같은 표현은 어떤 특성들, 숫자들, 단계들, 동작들, 요소들, 이들의 일부 또는 조합을 가리키기 위한 것이며, 기술된 것 이



외에 하나 또는 그 이상의 다른 특성, 숫자, 단계, 동작, 요소, 이들의 일부 또는 조합의 존재 또는 가능성을 배제하도록 해석되어서는 안 된다. 또한, 명세서에 기재된 "...부", "...기", "모듈", "블록" 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어나 소프트웨어 또는 하드웨어 및 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.

[0024] 도 1은 UAV 기반 FSO 통신을 사용하는 네트워크 모델의 일 예를 나타낸다.

[0025] 도 1에 왼쪽 도면에 도시된 바와 같이, UAV 기반 FSO 통신을 사용하는 네트워크에서 다수의 GT(GT1, GT2) 또는 기지국(gNB) 각각은 공중에 위치하는 UAV(UAV1, UAV2)와 FSO 통신을 수행하고, 다수의 UAV(UAV1, UAV2)는 상호 FSO 통신을 수행할 수 있다. 또한 도시하지 않았으나, UAV(UAV1, UAV2)는 UAV(UAV1, UAV2)보다 더 높은 고도에 위치하는 고고도 플랫폼(High Altitude Platform Stations: 이하 HAPS)(미도시)과도 FSO 통신을 수행할 수도 있다.

[0026] 도 1에서 오른쪽 도면은 왼쪽 네트워크 모델에서 하나의 GT(GT)(또는 기지국(gNB))과 하나의 UAV(UAV)를 FSO 통신을 수행하는 환경을 상세하게 나타낸 도면이다. 오른쪽 도면을 참조하면 GT(GT)는 지상에 위치하고, UAV(UAV)는 특정 고도(H)의 H-평면(H-Plane)(10) 상에 위치한다. UAV(UAV)가 H-평면(10) 상에 위치하는 경우, FSO 통신 품질은 기본적으로 UAV(UAV)와 GT(GT)의 거리에 영향을 받는다. 따라서 요구되는 FSO 통신 품질을 유지하기 위해 H-평면(10)에서도 UAV(UAV)가 위치해야 하는 범위가 제한되며, 이를 여기서는 FSO 통신 범위(11)라고 한다. 즉 FSO 통신 범위(11)는 UAV(UAV)의 비행 고도(H)에 따른 H-평면(10)에서 UAV(UAV)가 GT(GT)와 요구되는 품질로 안정적으로 FSO 통신을 수행할 수 있는 범위 영역을 나타내며, H-평면(10)에서 GT(GT)로부터 동일한 거리를 갖는 원의 형태로 나타난다.

[0027] 한편 실시예에서는 구름(Cloud)과 같은 장애물은 UAV(UAV)의 고도(H)보다 낮은 고도에 위치하는 것으로 가정한다. 즉 UAV(UAV)가 장애물보다 높은 고도(H)를 유지하는 것으로 가정한다. 따라서 UAV(UAV)가 장애물 보다 높은 고도에 위치하는 다른 UAV나 HAPS와 FSO 통신을 수행하는 경우에는 장애물이 존재하지 않아 링크 저하가 거의 발생되지 않다. 반면, UAV(UAV)가 GT(GT)가 FSO 통신을 수행할 때, UAV(UAV)가 GT(GT) 사이에 위치하는 장애물에 의한 링크 저하가 발생할 수 있다.

[0028] 그리고 구름과 같은 장애물은 다양한 형태를 가지질 뿐만 아니라 형상이나 위치가 변화될 수 있다. 따라서 UAV(UAV)는 GT(GT)와의 FSO 통신 품질이 보장될 수 있도록 장애물에 의한 링크 저하가 발생하는 영역을 회피하여 이동해야 한다. 이때 장애물에 의해 링크 저하가 발생하는 영역은 도 1에 도시된 바와 같이, UAV(UAV)의 FSO 통신 범위(11) 중에서도 GT(GT)에서 조사되는 광이 구름에 의해 가려져 폐색되는 음영 영역(Cloud-Shadowed Area)으로 나타날 수 있다. 따라서 실제 UAV(UAV)가 GT(GT)와 FSO 통신을 수행할 수 있는 FSO 통신 가능 영역(FSOC Feasible Area)(12)은 FSO 통신 범위(11)에서 음영 영역을 차감한 영역이 된다.

[0029] 또한 에너지를 계속적으로 공급받을 수 없는 UAV(UAV)의 특성 상, UAV(UAV)는 통신 서비스 제공 시간을 향상시킬 수 있도록 비행을 위한 에너지 소모를 저감할 수 있어야 한다. 따라서 실시예에 따른 UAV 궤도 최적화 장치는 UAV(UAV)가 FSO 통신 가능 영역(12) 내에서 에너지 소모를 최소화할 수 있도록 최적의 궤도를 획득할 수 있어야 한다.

[0030] 도 2는 일 실시예에 따른 UAV 궤도 최적화 장치를 수행되는 동작에 따라 구분한 구성을 나타낸다.

[0031] 실시예에 따른 UAV 궤도 최적화 장치(20)는 GT(GT)(또는 기지국(gNB))에 구비되어 계산된 최적 궤도를 UAV(UAV)로 전달하는 것으로 가정하여 설명하지만, 경우에 따라서 궤도 최적화 장치(20)는 UAV(UAV)에 구비될 수도 있으며, HAPS에 구비될 수도 있다.

[0032] 도 2를 참조하면, 실시예에 따른 UAV 궤도 최적화 장치(20)는 정보 획득 모듈(21), 모델링 모듈(24), 통신 가능 영역 판별 모듈(25), 컨벡스 영역 획득 모듈(26) 및 궤도 최적화 모듈(27)을 포함할 수 있다.

[0033] 우선 정보 획득 모듈(21)은 UAV(UAV)와 GT(GT) 또는 기지국(gNB)에 대한 정보와 함께 장애물에 대한 정보를 획득한다. 정보 획득 모듈(21)은 시스템 정보 획득 모듈(22)과 장애물 정보 획득 모듈(23)을 포함할 수 있다.

[0034] 시스템 정보 획득 모듈(22)은 UAV(UAV)에 대한 각종 정보와 함께 UAV(UAV)와 FSO 통신을 수행하는 통신 대상인 GT(GT)(또는 기지국(gNB))에 대한 정보를 획득할 수 있다. 실시예에서 시스템 정보 획득 모듈(22)은 GT(GT)의 위치 정보와 UAV(UAV)의 위치 정보, FSO 통신 가능 거리 및 속도 등에 대한 각종 정보를 획득할 수 있다.

[0035] 장애물 정보 획득 모듈(23)은 GT(GT) 주변에 위치하는 각종 장애물에 대한 정보를 획득한다. 실시예에서 장애물 정보 획득 모듈(23)은 FSO 통신의 장애물인 구름의 현재 위치, 이동 방향, 크기 등에 대한 정보를 수집하여



획득하는 것으로 가정한다. 특히 장애물이 구름인 경우, 적란운(cumulonimbus), 적운(cumulus), 층운(stratus)과 같은 구름의 종류에 따라 감쇠 수준이 서로 상이하다. 이에 장애물 정보 획득 모듈(23)은 구름의 종류에 대한 정보도 함께 획득할 수 있으며, 각 장애물의 특성에 따른 정보를 추가적으로 수집하여 획득할 수도 있다.

[0036] 장애물 정보 획득 모듈(23)은 장애물의 종류에 따라 여러 외부 장치들로부터 장애물에 대한 정보를 수집하여 획득할 수 있으며, 장애물이 구름인 경우, 기상 정보 제공 서버 등으로부터 장애물 정보를 수집하여 획득할 수도 있다. 또한 경우에 따라서는 카메라 등과 같이 별도로 구비된 외부 장치를 이용하여 직접 장애물 정보를 수집하고 획득할 수도 있다.

[0037] 이때 장애물 정보 획득 모듈(23)은 획득된 장애물 정보 중에서 GT(GT)에서 FSO 통신 범위(11)로 조사되는 광이 차단될 수 있는 영역, 즉 도 1에서 역원뿔 형상으로 나타난 범위 이내에 위치하는 장애물에 대한 정보를 별도로 추출할 수도 있다.

[0038] 정보 수집 모듈(21)이 UAV(UAV)와 GT(GT) 및 장애물에 대한 정보를 수집하면, 모델링 모듈(24)은 획득된 시스템 정보를 기반으로 FSO 통신 범위(11)를 확인하고, 장애물 정보에서 확인된 장애물을 모델링하여 장애물 모델을 획득한다. 이때 모델링 모듈(24)은 도 1과 같이 FSO 통신 범위(11) 내에서 장애물에 의해 나타나는 음영 영역을 장애물 모델(13)로 모델링할 수 있다. 특히 실시예에서 모델링 모듈(24)은 음영 영역의 경계가 직선을 이루어진 다각형 구조로 장애물 모델(13)을 모델링할 수 있다.

[0039] 즉 모델링 모듈(24)은 FSO 통신 범위(11)에서 장애물에 의해 가려지는 음영 영역이 포함되도록 다각형 형상으로 모델링하여 장애물 모델(13)을 획득한다. 다만 장애물이 구름인 경우, 상기한 바와 같이, 구름의 종류와 형상에 따른 위치별 두께에 따라 각 위치에서의 감쇠 수준이 서로 상이하다. 그리고 장애물로서 구름이 존재하더라도 FSO 신호의 감쇠가 크지 않아 UAV(UAV)와 GT(GT)가 FSO 통신을 수행할 수 있는 경우도 있다. 즉 구름의 일부 영역의 경우, 실질적으로 FSO 통신에서의 장애물이 아닐 수도 있다. 이에 모델링 모듈(24)은 수집된 장애물 정보를 기반으로 UAV(UAV)와 GT(GT) 사이의 FSO 통신 수행 시 신호대 잡음비(SNR)가 기준 신호대 잡음비( $SNR_{th}$ ) 미만으로 나타나 FSO 통신이 불가능한 영역의 음영 영역만이 장애물 모델(13)에 포함되도록 모델링을 수행할 수도 있다.

[0040] 여기서 음영 영역에 대해 다각형 형상으로 모델링하여 장애물 모델(13)을 획득하는 기법은 기존에도 FSO 통신 장애 영역을 적은 연산으로 효율적으로 확인하기 위해 이용된 공지된 기술이므로 여기서는 상세하게 설명하지 않는다.

[0041] 통신 가능 영역 판별 모듈(25)은 상기한 바와 같이, FSO 통신 범위(11)에서 장애물 모델(13)을 차감함으로써 FSO 통신 가능 영역(12)을 획득한다. 즉 FSO 통신 가능 영역(12)은 UAV(UAV)와 GT(GT) 사이의 FSO 통신이 가능함을 보장할 수 있는 영역이다. 따라서 UAV(UAV)가 FSO 통신 가능 영역(12)에 위치하는 경우, FSO 통신은 정상적으로 수행될 수 있으며, 이에 UAV(UAV)는 FSO 통신 안정성을 보장하기 위해 FSO 통신 가능 영역(12) 내에서만 비행해야 한다.

[0042] 한편 UAV(UAV)가 호버링이 불가능한 고정익 UAV인 경우, UAV(UAV)는 항상 이동해야 하며, UAV(UAV)의 이동에 소모되는 에너지는 FSO 통신 서비스 제공 시간을 크게 감소시키는 요인이 된다. 일반적으로 UAV(UAV)의 이동에 소모되는 에너지는 UAV(UAV)의 FSO 통신에 소모되는 에너지보다 상대적으로 매우 크다고 알려져 있다. 따라서 UAV(UAV)가 장시간 FSO 통신 서비스를 제공하기 위해서는 UAV(UAV)의 이동에 소모되는 에너지를 저감하는 것이 중요하다.

[0043] 이에 FSO 통신 가능 영역(12) 내에서도 UAV(UAV)의 이동에 따른 에너지 소모를 최소화할 수 있는 영역을 다시 검출할 필요가 있다.

[0044] 컨벡스 영역 획득 모듈(26)은 FSO 통신 가능 영역(12) 내에서 UAV(UAV)의 이동에 따른 에너지 소모를 최소화할 수 있는 영역인 컨벡스 영역을 획득한다. 고정익을 갖는 UAV(UAV)의 이동에 따른 에너지 소모는 가속 및 회전 등의 운동 시에 크게 발생한다. 따라서 제한된 폐공간인 FSO 통신 가능 영역(12) 내에서 이동해야 하는 UAV(UAV)의 에너지 소모를 최소화하기 위해서는, UAV(UAV)의 궤도가 가능한 균일 속도를 가져야 할 뿐만 아니라, 회전 반경이 가급적 커야 한다. 그리고 FSO 통신 가능 영역(12) 내에서 UAV(UAV)의 회전 반경을 최대화하기 위해서는, UAV(UAV)가 가능한 큰 크기의 컨벡스(convex) 영역에서 이동해야 하는 것으로 알려져 있다.

[0045] 도 1에서와 같이, FSO 통신 범위(11)가 원형으로 형성되므로, FSO 통신 범위(11)는 기본적으로 컨벡스한 형태로

형성된다. 그리고 장애물 모델(13)은 원형의 FSO 통신 범위(11)의 내부로 침투한 형태로 형성될 수 있다. 이와 같이 FSO 통신 범위(11)의 내부로 침투된 장애물 모델(13)은 FSO 통신 가능 영역(12)을 줄여 UAV(UAV)의 이동 가능한 영역의 크기를 제한할 뿐만 아니라, 형상에 따라 UAV(UAV)의 이동에 소요되는 이동 에너지를 크게 변화시킨다.

[0046] UAV(UAV)가 단순히 FSO 통신 가능 영역(12)의 가장자리 영역을 따라 이동하는 경우, UAV(UAV)의 궤도는 최대 면적의 영역을 이동하게 된다. 그러나 상기한 바와 같이, UAV(UAV)의 이동 에너지는 가속도와 회전에 의해 변화하게 되므로, 속도 변화가 크거나 급회전시에 큰 에너지 소모가 발생하게 된다. 따라서 FSO 통신 범위(11)에서 장애물 모델(13)이 돌출된 형태로 형성되어, FSO 통신 가능 영역(12)이 논컨벡스(non-convex) 형태로 형성되면, UAV(UAV)는 회전 방향을 반전시키거나 회전 반경을 크게 줄여야 하므로 이동 에너지 소모가 크게 증가하게 된다.

[0047] 이에 컨벡스 영역 획득 모듈(26)은 FSO 통신 가능 영역(12)이 논컨벡스 형상이 되도록 하는 영역을 탐색하고 이를 효율적으로 제거함으로써, FSO 통신 가능 영역(12) 내에서 가능한 최대 크기의 컨벡스 영역을 획득할 수 있도록 한다. 실시예에서 컨벡스 영역 획득 모듈(26)은 FSO 통신 가능 영역(12) 내에 다각형 형상의 장애물 모델(13)에 의한 버텍스(vertex)를 우선 탐색하고, 이중 180도 이상의 내부각을 가져 FSO 통신 가능 영역(12)이 논컨벡스 형상이 되도록 하는 리플렉스 버텍스(reflex vertex)를 검출한다. 그리고 검출된 리플렉스 버텍스를 기준으로 양측 이웃 버텍스와 연결되는 라인 중 하나를 연장하여 FSO 통신 가능 영역(12)을 영역 절단하는 과정을 반복한다. 이때 영역 절단은 잔여 리플렉스 버텍스가 모두 제거될 때까지 다양한 조합에 따라 반복하여 수행될 수 있으며, 결과적으로 논컨벡스 영역이 제거된 컨벡스 영역을 획득한다. 그리고 가능한 모든 조합에 따라 획득된 컨벡스 영역 중 가장 큰 면적을 갖는 컨벡스 영역을 최대 컨벡스 영역으로 선택하여 획득한다. 다만 이와 같이 리플렉스 버텍스에 대해 모든 가능한 조합으로 반복하여 논컨벡스 영역이 제거하는 경우 요구되는 연산량이 매우 많다. 이에 실시예의 컨벡스 영역 획득 모듈(26)은 논컨벡스 영역을 획득하기 위한 연산량을 효율적 줄이기 위한 방법을 수행할 수도 있다. 컨벡스 영역 획득 모듈(26)이 FSO 통신 가능 영역(12) 내에서 최대 컨벡스 영역을 획득하는 방식에 대한 상세한 설명은 후술하도록 한다.

[0048] 궤도 최적화 모듈(27)은 컨벡스 영역 획득 모듈(26)에서 획득된 최대 컨벡스 영역에서 UAV(UAV)가 에너지 소모를 최소화하면서 이동할 수 있는 최적 궤도를 추정하여 획득한다. 제한된 다양한 형상의 컨벡스 영역에서 에너지 소비가 최소화되도록 UAV(UAV)의 궤도를 최적화하는 기법은 공지되어 있으며, 여기서도 공지된 기술에 따라 UAV의 궤도를 최적화하여 획득한다. 여기서는 UAV(UAV)의 고도(H)가 H-평면(10)으로 지정된 것으로 가정하였으므로, UAV(UAV)의 최적 궤도는 용이하게 획득될 수 있다.

[0049] 즉 실시예에 따른 UAV 궤도 최적화 장치(20)는 FSO 통신 범위(11)에서 음영 영역에 다각형 형상으로 모델링된 장애물 모델에 의한 음영 영역을 차감하여, FSO 통신 가능 영역(12)을 획득하고, 획득된 FSO 통신 가능 영역(12) 내에서 최대 크기를 갖는 컨벡스 영역을 추출함으로써, UAV(UAV)가 에너지 효율적으로 이동할 수 있는 영역을 획득한다. 그리고 획득된 컨벡스 영역 내에서 UAV(UAV)의 궤도를 최적화함으로써, FSO 통신 품질을 보증하면서도 에너지 소모를 최소화할 수 있는 최적의 UAV(UAV)의 궤도를 검출할 수 있다.

[0050] 이하에서는 도 3 및 도 4를 참조하여, 컨벡스 영역 획득 모듈(26)이 FSO 통신 가능 영역(12)에서 최대 컨벡스 영역을 검출하는 방식을 상세하게 설명한다.

[0051] 도 3은 컨벡스 영역 획득 모듈의 상세 구성의 일 예를 나타내고, 도 4는 도 3의 컨벡스 영역 획득 모듈이 FSO 통신 가능 영역에서 컨벡스 영역을 획득하는 개념을 설명하기 위한 도면이다.

[0052] 도 3을 참조하면, 컨벡스 영역 획득 모듈(26)은 리플렉스 버텍스 검출 모듈(31), 리플렉스 버텍스 선택 모듈(32), 영역 절단 모듈(33), 면적 비교 모듈(34) 및 잔여 리플렉스 버텍스 확인 모듈(35)을 포함할 수 있다.

[0053] 리플렉스 버텍스 검출 모듈(31)은 통신 가능 영역 판별 모듈(25)에서 FSO 통신 가능 영역(12)이 획득되면, 획득된 FSO 통신 가능 영역(12) 중 다각형 형상의 장애물 모델에 의해 다각형으로 형성된 음영 영역의 버텍스( $v_0, v_1, \dots, v_n$ )를 확인하여 버텍스 집합( $v = [v_0, v_1, \dots, v_n]$ )을 획득하고, 획득된 버텍스 집합( $v$ )의 버텍스( $v_0, v_1, \dots, v_n$ ) 중 리플렉스 버텍스를 모두 검출한다. 여기서 리플렉스 버텍스는 FSO 통신 가능 영역(12)에서 180도 이상의 내부각을 갖는 버텍스를 나타낸다. 즉 리플렉스 버텍스 검출 모듈(31)은 FSO 통신 가능 영역(12)의 다수의 버텍스 중 내부 방향으로 돌출되어 양변이 180도 이상의 각을 갖는 리플렉스 버텍스들을 검출하여 리플렉스 버텍스 집합( $k$ )을 획득한다.

- [0054] FSO 통신 범위(11)가 원형으로 형성되므로, FSO 통신 가능 영역(12)에서장애물 모델에 의해 형성된 영역을 제외한 나머지 영역에는 기본적으로 버텍스가 존재하지 않는다. 즉 버텍스는 장애물 모델에 의해 형성된 영역에만 존재하며, 그 중에서도 리플렉스 버텍스는 장애물이 돌출된 형상을 가져 FSO 통신 가능 영역(12)이 논컨벡스 형상을 갖는 경우에만 존재한다. 즉 리플렉스 버텍스가 존재한다면, FSO 통신 가능 영역(12)은 논컨벡스 형태인 것으로 볼 수 있다.
- [0055] 이에 컨벡스 영역 획득 모듈(26)에서는 우선 리플렉스 버텍스 검출 모듈(31)이 확인된 버텍스 집합( $v$ )에서 리플렉스 버텍스들을 검출하여 리플렉스 버텍스 집합을 획득한다. 예로서 FSO 통신 가능 영역(12)이 도 4의 (a)와 같이 다각형 구조 획득된 경우, 리플렉스 버텍스 검출 모듈(31)은 8개의 버텍스( $v_0, \sim v_7$ )를 확인하여 버텍스 집합( $v$ )을 획득할 수 있으며, 이 중 내각이 180도 이상인 2개의 버텍스( $v_6, v_7$ )를 리플렉스 버텍스로 검출할 수 있다.
- [0056] 리플렉스 버텍스 선택 모듈(32)은 리플렉스 버텍스 검출 모듈(31)에서 검출된 리플렉스 버텍스 중 하나를 기준 리플렉스 버텍스( $v_k$ )로 선택한다. 이때 리플렉스 버텍스 선택 모듈(32)은 초기에 임의로 기준 리플렉스 버텍스를 선택할 수 있으며, 이후 반복하여 컨벡스 영역을 검출할 때마다 다른 리플렉스 버텍스를 기준 리플렉스 버텍스( $v_k$ )로 선택할 수 있다. 즉 리플렉스 버텍스 집합의 모든 리플렉스 버텍스가 교대로 기준 리플렉스 버텍스로 선택될 수 있다.
- [0057] 도 4에서는 일 예로 리플렉스 버텍스 선택 모듈(32)이 제7 버텍스( $v_7$ )를 기준 리플렉스 버텍스로 선택한 경우를 나타낸다.
- [0058] 그리고 리플렉스 버텍스 선택 모듈(32)은 잔여 리플렉스 버텍스 확인 모듈(35)에서 잔여 영역(42, 45) 내에 존재하는 버텍스와 리플렉스 버텍스가 확인되어 전달되면, 전달된 리플렉스 버텍스 중 하나를 선택할 수 있다.
- [0059] 영역 절단 모듈(33)은 리플렉스 버텍스 선택 모듈(32)에서 선택된 리플렉스 버텍스( $v_k$ )의 양측에 인접하여 위치하는 이웃 버텍스( $v_{k-1}, v_{k+1}$ )를 확인하고, 선택된 리플렉스 버텍스( $v_k$ )와 이웃 버텍스( $v_{k-1}, v_{k+1}$ )를 연결하는 라인이 연장되는 연장 라인을 형성하며, 형성된 연장 라인을 따라 FSO 통신 가능 영역(12)을 절단한다.
- [0060] 버텍스 집합( $v$ )의 버텍스( $v_0, v_1, \dots, v_n$ )는 단지 버텍스를 구분하기 위한 식별자에 의해 구분되며, FSO 통신 가능 영역(12)은 폐구조를 가지므로 여기서 이웃 버텍스( $v_{k-1}, v_{k+1}$ )는 로테이션된다. 예로서 제0 버텍스( $v_0$ )에 이웃 버텍스는 제1 버텍스( $v_1$ )와 제 $n$  버텍스( $v_n$ )이고, 제 $n$  버텍스( $v_n$ )의 이웃 버텍스는 제 $n-1$  버텍스( $v_{n-1}$ )와 제0 버텍스( $v_0$ )이다. 그리고 연장 라인은 도 4의 (b) 및 (c)와 같이, FSO 통신 가능 영역(12)의 하나의 다른 라인과 교차되는 위치까지 연장될 수 있다.
- [0061] 도 4의 (b)는 선택된 리플렉스 버텍스로서 제7 버텍스( $v_7$ )에서 인접한 제0 버텍스( $v_0$ )를 연결한 라인을 연장한 연장 라인(41)을 나타내며, 도 4의 (c)는 제7 버텍스( $v_7$ )에서 인접한 제6 버텍스( $v_6$ )를 연결한 라인을 연장한 연장 라인(44)을 나타낸다. 이때, 도 4의 (c)에서 연장 라인(44) 이외에 제6 버텍스( $v_6$ ) 방향으로 연장된 연장 라인(44-1)으로도 연장될 수 있으나, 연장 라인(44)이 이미 제0 및 제1 버텍스( $v_0, v_1$ )를 연결하는 라인과 이미 교차되므로, 연장 라인(44-1)은 실제로는 형성되지 않는 가상의 연장 라인이다. 그러나 실시예에서는 모든 가능한 조합으로 잔여 영역을 획득하므로, 연장 라인(44-1)을 기반으로 FSO 통신 가능 영역(12)을 절단하고, 연장 라인(44)을 가상 연장 라인으로 설정할 수도 있다.
- [0062] 영역 절단 모듈(33)은 도 4의 (b) 및 (c)와 같이 연장 라인(41, 44)이 형성되면, 형성된 연장 라인(41, 44) 각각에 따라 FSO 통신 가능 영역(12)에서 절단 영역(43, 46)을 제거하여 잔여 영역(42, 45)을 획득한다. 여기서는 연장 라인에 따라 절단된 FSO 통신 가능 영역(12) 중 상대적으로 크기가 큰 영역을 잔여 영역(42, 45)이라 하고, 상대적으로 크기가 작은 영역을 절단 영역(43, 46)이라 한다.
- [0063] 면적 비교 모듈(34)은 각 연장 라인(41, 42)에 따라 절단되어 형성된 잔여 영역(42, 45) 각각의 면적의 크기를 계산한다. 그리고 면적 비교 모듈(34)은 이전 계산되어 저장된 컨벡스 영역의 최대 크기가 존재하면, 계산된 잔여 영역(42, 45)의 면적 크기를 이전 컨벡스 영역의 최대 크기와 비교한다. 만일 계산된 모든 잔여 영역(42, 45)의 면적 크기가 컨벡스 영역의 최대 크기보다 작거나 같으면, 면적 비교 모듈(34)은 리플렉스 버텍스 선택 모듈(32)이 다른 리플렉스 버텍스를 기준 리플렉스 버텍스로 선택하도록 요청한다. 이는 현재 획득된 잔여 영

역(42, 45)의 크기가 이미 이전 계산된 컨백스 영역의 최대 크기 이하이면, 현재 선택된 리플렉스 버텍스에서는 이전보다 큰 크기의 컨백스 영역을 획득할 수 없어 추가적인 영역 절단 과정을 수행하는 것이 불필요하므로, 연산량을 저감시키기 위함이다.

[0064] 적어도 하나의 잔여 영역(42, 45)의 크기가 이전 컨백스 영역의 최대 크기보다 크면, 이전 컨백스 영역의 최대 크기보다 큰 잔여 영역(42, 45)을 잔여 리플렉스 버텍스 확인 모듈(35)로 전달한다. 그리고 면적 비교 모듈(34)은 잔여 리플렉스 버텍스 확인 모듈(35)에서 잔여 리플렉스 버텍스가 존재하지 않는 것으로 확인되면, 이전 컨백스 영역의 최대 크기보다 큰 잔여 영역(42, 45)을 컨백스 영역의 최대 크기로 갱신하여 저장한다.

[0065] 또한 면적 비교 모듈(34)은 잔여 리플렉스 버텍스가 존재하지 않는 것으로 확인되면, 리플렉스 버텍스 선택 모듈(32)이 다른 리플렉스 버텍스를 기존 리플렉스 버텍스로 선택하도록 요청한다. 면적 비교 모듈(34)은 리플렉스 버텍스 선택 모듈(32)이 모든 리플렉스 버텍스를 이미 기존 리플렉스 버텍스로 선택하였음을 통지하면, 현재 저장된 최대 크기의 컨백스 영역을 최대 컨백스 영역으로 설정하여, 레도 최적화 모듈(27)로 전달한다. 즉 마지막으로 갱신되어 현재 저장된 컨백스 영역을 FSO 통신 가능 영역(12)에서 추출 가능한 최대 크기의 컨백스 영역으로 판별하여, 최대 컨백스 영역으로 설정한다.

[0066] 한편 잔여 리플렉스 버텍스 확인 모듈(35)은 면적 비교 모듈(34)로부터 잔여 영역(42, 45)이 인가되면, 잔여 영역 내에 남아 있는 리플렉스 버텍스가 존재하는지 확인한다. 영역 절단 모듈(33)에 의해 FSO 통신 가능 영역(12)에서 절단 영역(43, 46)이 제거되는 경우, 도 4의 (b)와 같이 제4 및 제5 버텍스( $v_4$ ,  $v_5$ )와 함께 리플렉스 버텍스인 제6 버텍스( $v_6$ )가 절단 영역(43)에 포함되어 잔여 영역(42)에서 제거되어 잔여 리플렉스 버텍스가 존재하지 않으므로, 잔여 영역(42)은 컨백스 영역이 된다.

[0067] 그러나 도 4의 (c)의 연장 라인(44)에 따라 FSO 통신 가능 영역(12)에서 절단 영역(46)이 제거되어 잔여 영역(45)이 도 4의 (d)와 같이 획득되는 경우, 제6 버텍스( $v_6$ )는 여전히 리플렉스 버텍스로 존재하게 된다. 즉 잔여 영역(45)은 여전히 논컨백스 영역이다. 이에 잔여 리플렉스 버텍스 확인 모듈(35)은 잔여 영역(45)에 남아 있는 버텍스와 리플렉스 버텍스를 다시 확인하여, 영역 절단 모듈(33)로 전달할 수 있다. 영역 절단 모듈(33)은 잔여 영역(45)에 남아 있는 리플렉스 버텍스인 제6 버텍스( $v_6$ )를 기준으로 잔여 영역(45)의 다른 하나의 라인과 교차하는 위치까지 연장 라인(47, 49)을 형성하고, 형성된 연장 라인(47, 49)에 따라 잔여 영역(45)의 영역을 절단하여 잔여 영역(48, 50)을 획득한다.

[0068] 이때 제6 및 제7 버텍스( $v_6$ ,  $v_7$ )의 연결 라인을 연장한 연장 라인(44)을 따라 절단한 도 4의 (c)의 잔여 영역(46)의 크기가 제0 및 제7 버텍스( $v_0$ ,  $v_7$ )의 연결 라인을 연장한 연장 라인(41)을 따라 절단한 도 4의 (b)의 잔여 영역(43)의 크기보다 크다. 그러나 도 4의 (b)의 잔여 영역(43)에는 잔여 리플렉스 버텍스가 존재하지 않는 데 반해, 도 4의 (c)의 잔여 영역(46)에는 제6 버텍스( $v_6$ )는 여전히 리플렉스 버텍스로 존재하여 제6 버텍스( $v_6$ )를 기준으로 잔여 영역이 추가적으로 절단되어야 컨백스 영역이 획득된다. 따라서 결과적으로는 도 4의 (b)의 잔여 영역(43)에 의한 컨백스 영역의 크기가 더 크다는 것을 알 수 있다. 즉 잔여 영역에서 리플렉스 버텍스가 모두 제거되기 이전 계산되는 각 잔여 영역의 면적은 컨백스 영역에 대한 면적이 아니다. 그러므로 현재 잔여 영역의 크기가 더 작더라도 남은 잔여 영역들에 대해 다시 리플렉스 버텍스를 확인하여 컨백스 영역이 될 때까지 반복적으로 절단하여 크기 비교를 수행할 필요가 있다.

[0069] 다만, 리플렉스 버텍스가 남아 있는지 여부에 무관하게 획득된 잔여 영역의 크기가 이미 이전 계산된 컨백스 영역의 최대 크기보다 작다면, 최대 컨백스 영역으로 획득될 수 없으므로, 추가적인 영역 절단을 수행하지 않고 다른 기존 리플렉스 버텍스가 선택되도록 하여 연산량을 줄일 수 있다. 만일 FSO 통신 가능 영역(12)에 포함된 리플렉스 버텍스의 개수가 K개인 경우, K개의 리플렉스 버텍스를 기반으로 영역이 절단될 수 있는 최대 횟수는  $2^K$  이다. 그러나 상기한 바와 같이, 영역이 절단되는 과정에서 리플렉스 버텍스 또한 절단되어 제거될 수 있어, 실제 절단 횟수는  $2^K$  보다 크게 줄어들게 된다. 또한 상기한 바와 같이, 잔여 영역의 크기가 이전 컨백스 영역의 최대 크기보다 작으면 추가적인 영역 절단을 수행하지 않아 연산량을 크게 줄일 수 있다.

[0070] 상기한 바와 같이, 실시예의 컨백스 영역 획득 모듈(26)은 FSO 통신 가능 영역(12) 내의 리플렉스 버텍스로 선택하고, 선택된 리플렉스 버텍스와 양측 버텍스를 연결하는 라인을 연장한 연장 라인을 따라 FSO 통신 가능 영역(12)을 절단하는 과정을 리플렉스 버텍스가 모두 제거될 때까지 반복 수행한다. 그리고 모든 리플렉스 버텍스가 제거된 잔여 영역 중에서 가장 크기가 큰 영역을 최대 크기를 갖는 최대 컨백스 영역으로 획득한다.



- [0071] 여기서는 설명의 편의를 위하여, 리플렉스 버텍스 검출 모듈(31)과 잔여 리플렉스 버텍스 확인 모듈(35)을 별도의 구성으로 도시하였으나, 잔여 리플렉스 버텍스 확인 모듈(35)은 리플렉스 버텍스 검출 모듈(31)에 포함되어 구성될 수 있다.
- [0072] 도시된 실시예에서, 각 구성들은 이하에 기술된 것 이외에 상이한 기능 및 능력을 가질 수 있고, 이하에 기술되지 것 이외에도 추가적인 구성을 포함할 수 있다. 또한, 일 실시예에서, 각 구성은 물리적으로 구분된 하나 이상의 장치를 이용하여 구현되거나, 하나 이상의 프로세서 또는 하나 이상의 프로세서 및 소프트웨어의 결합에 의해 구현될 수 있으며, 도시된 예와 달리 구체적 동작에 있어 명확히 구분되지 않을 수 있다.
- [0073] 그리고 도 2 및 도 5에 도시된 UAV 궤도 최적화 장치는 하드웨어, 펌웨어, 소프트웨어 또는 이들의 조합에 의해 로직회로 내에서 구현될 수 있고, 범용 또는 특정 목적 컴퓨터를 이용하여 구현될 수도 있다. 장치는 고정배선형(Hardwired) 기기, 필드 프로그램 가능한 게이트 어레이(Field Programmable Gate Array, FPGA), 주문형 반도체(Application Specific Integrated Circuit, ASIC) 등을 이용하여 구현될 수 있다. 또한, 장치는 하나 이상의 프로세서 및 컨트롤러를 포함한 시스템온칩(System on Chip, SoC)으로 구현될 수 있다.
- [0074] 뿐만 아니라 UAV 궤도 최적화 장치는 하드웨어적 요소가 마련된 컴퓨팅 장치 또는 서버에 소프트웨어, 하드웨어, 또는 이들의 조합하는 형태로 탑재될 수 있다. 컴퓨팅 장치 또는 서버는 각종 기기 또는 유무선 통신망과 통신을 수행하기 위한 통신 모듈 등의 통신장치, 프로그램을 실행하기 위한 데이터를 저장하는 메모리, 프로그램을 실행하여 연산 및 명령하기 위한 마이크로프로세서 등을 전부 또는 일부 포함한 다양한 장치를 의미할 수 있다.
- [0075] 도 5는 도 3의 컨벡스 영역 획득 모듈이 컨벡스 영역을 획득하는 과정을 설명하기 위한 도면이다.
- [0076] FSO 통신 가능 영역이 도 5와 같이 획득된 경우, 리플렉스 버텍스 검출 모듈은 10개의 버텍스( $v_0 \sim v_9$ )를 검출할 수 있으며, (a)에 붉은색 점으로 나타난 바와 같이, 이 중 6개를 리플렉스 버텍스( $v_1, v_2, v_3, v_6, v_7, v_8$ )로 검출할 수 있다. 그리고 리플렉스 버텍스인 제1 버텍스( $v_1$ )를 기준으로 FSO 통신 가능 영역을 절단하여 (b) 및 (c)와 같은 잔여 영역을 획득할 수 있다. 여기서 (c)의 잔여 영역에는 다른 리플렉스 버텍스가 존재하지 않으므로, 컨벡스 영역으로 획득된다. 그러나 (b)의 잔여 영역에는 여전히 다른 리플렉스 버텍스( $v_2, v_3, v_6, v_7, v_8$ )가 남아 있다. (d)는 (b)의 잔여 영역에서 제2 및 제6 버텍스( $v_2, v_6$ )를 기준으로 추가로 절단한 잔여 영역을 나타낸다. 그리고 (e)는 (d)의 잔여 영역에서 제3 버텍스( $v_2$ )를 기준으로 다시 절단한 잔여 영역으로 컨벡스 영역을 나타낸다.
- [0077] 한편 (f)와 (g)는 FSO 통신 가능 영역을 제7 버텍스( $v_7$ )를 기준으로 절단한 잔여 영역을 나타내고, (h)는 (f)의 잔여 영역에 대해 추가로 절단한 잔여 영역을 나타낸다.
- [0078] 이와 같이 실시예의 컨벡스 영역 획득 모듈(26)은 FSO 통신 가능 영역에서 다수의 리플렉스 버텍스 각각을 기준으로 다양하게 FSO 통신 가능 영역을 잔여 영역에서 리플렉스 버텍스가 존재하지 않을 때까지 반복하여 절단함으로써 여러 형태의 컨벡스 영역을 획득할 수 있으며, 이중 가장 큰 면적을 갖는 컨벡스 영역을 UAV(UAV)의 궤도 최적화를 위해 이용되는 최대 컨벡스 영역으로 획득할 수 있다.
- [0079] 다만 경우에 따라서는 UAV(UAV)의 궤도를 완전하게 최적화하는 것보다 빠르게 효율적인 궤도를 획득하는 것이 요구될 수도 있다. 이 경우, 연산량을 더욱 줄이기 위해, 모든 리플렉스 버텍스를 기준 리플렉스 버텍스로 선택하여 컨벡스 영역을 검출하지 않고, 하나의 리플렉스 버텍스만을 기준 리플렉스 버텍스로 선택하여 컨벡스 영역을 검출할 수도 있다.
- [0080] 도 6은 최대 컨벡스 영역에 따라 획득된 UAV 최적 궤도의 일 예를 나타낸다.
- [0081] 컨벡스 영역 획득 모듈(26)에 의해 최대 컨벡스 영역이 도 6에서와 같이 획득되면, 궤도 최적화 모듈(27)은 최대 컨벡스 영역 내에서 UAV의 에너지 소모가 최소가 되도록 UAV 궤도를 최적화할 수 있다. 이때, 궤도 최적화 모듈(27)은 (a) 내지 (c)에 도시된 바와 같이, 에너지 소모량 대비 데이터 속도를 나타내는 에너지 효율이 최적화되도록 UAV(UAV)의 궤도를 최적화하거나, (d) 내지 (f)와 같이 단순히 에너지 소모가 최소가 되도록 UAV(UAV)의 궤도를 최적화할 수도 있다.
- [0082] 도 7은 일 실시예 따른 UAV 궤도 최적화 방법을 나타내고, 도 8은 도 7의 최대 컨벡스 영역 획득 단계를 상세하게 나타낸 도면이다.

- [0083] 도 1 내지 도 6을 참조하여, 도 7 및 도 8의 UAV 궤도 최적화 방법을 설명하면, 우선 FSO 통신 시스템의 UAV(UAV)와 GT(GT)에 대한 정보를 수집한다(61). 그리고 구름과 같은 다양한 장애물에 대한 정보를 수집한다(62). 시스템과 장애물에 대한 정보가 수집되면, UAV(UAV)가 비행하는 H-평면(10)에서 UAV(UAV)와 GT(GT) 사이에 FSO 통신이 가능한 영역을 나타내는 FSO 통신 범위(11)를 확인하고, FSO 통신 범위(11)에서 장애물에 의해 발생하는 음영 영역을 다각형 형상으로 모델링하여 장애물 모델을(13)을 획득한다(63). 장애물 모델(13)이 획득되면, FSO 통신 범위(11)에서 장애물 모델(13)을 차감하여 FSO 통신 가능 영역(12)을 획득한다(64).
- [0084] FSO 통신 가능 영역(12)이 획득되면, 획득된 FSO 통신 가능 영역(12)에서 리플렉스 버텍스를 확인하고, 확인된 리플렉스 버텍스를 기준으로 인접한 버텍스와 연결되는 라인을 연장한 연장 라인을 따라 FSO 통신 가능 영역(12)에서 장애물 모델(13)의 돌출된 형상에 의해 형성된 논컨벡스 영역을 리플렉스 버텍스가 존재하지 않을 때까지 반복적으로 제거하여 최대 크기를 갖는 최대 컨벡스 영역을 획득한다(65).
- [0085] 도 8을 참조하면, 구체적으로 최대 컨벡스 영역을 획득하는 단계는 우선 FSO 통신 가능 영역(12) 내에서 버텍스들을 확인하고, 확인된 버텍스들 중에서 내각이 180도 이상인 리플렉스 버텍스를 검출한다(71). 그리고 검출된 리플렉스 버텍스 중 하나를 기준 리플렉스 버텍스로 선택한다(72). 기준 리플렉스 버텍스가 선택되면, 선택된 기준 리플렉스 버텍스에 인접한 버텍스를 잇는 라인을 연장하여 연장 라인을 형성하고, 형성된 연장 라인에 따라 FSO 통신 가능 영역(12)을 절단한다(73). 이후 FSO 통신 가능 영역(12)에서 연장 라인에 의해 절단된 절단 영역을 제외한 나머지 잔여 영역의 면적이 이전 계산된 컨벡스 영역 면적보다 큰지 확인한다(74). 잔여 영역이 이전 계산된 컨벡스 영역 크기 이하이면, 기준 리플렉스 버텍스의 변경 여부를 판별한다(80).
- [0086] 그러나 잔여 영역이 이전 계산된 컨벡스 영역보다 크면, 잔여 영역에서 다시 리플렉스 버텍스가 존재하는지 판별한다(75). 만일 잔여 영역에 리플렉스 버텍스가 존재하는 것으로 판별되면, 잔여 영역에 존재하는 리플렉스 버텍스 중 하나를 선택한다(76). 그리고 선택된 리플렉스 버텍스 기준으로 다시 연장 라인을 형성하여 잔여 영역을 절단한다(73). 그러나 잔여 영역에 리플렉스 버텍스가 존재하지 않는 것으로 판별되면, 현재 잔여 영역은 컨벡스 영역이며, 이에 현재 잔여 영역을 현재 컨벡스 영역으로 획득한다(77). 이때 잔여 영역의 리플렉스 버텍스를 가능한 모든 조합에 따라 변경하며 선택하여 절단하고 잔여 영역의 크기를 확인하는 과정을 반복함으로써, 다양한 컨벡스 영역이 획득될 수 있으나, 이중 이전 계산된 컨벡스 영역 크기보다 큰 최대 크기를 갖는 하나의 컨벡스 영역만이 컨벡스 영역으로 획득될 수 있다. 즉 가장 큰 크기를 갖는 컨벡스 영역만이 컨벡스 영역으로 획득된다.
- [0087] 그리고 기준 리플렉스 버텍스의 변경 여부를 판별한다(78). 만일 FSO 통신 가능 영역(12) 내의 리플렉스 버텍스 중 기준 리플렉스 버텍스로 선택되지 않은 리플렉스 버텍스가 존재하면, 해당 리플렉스 버텍스를 기준 리플렉스 버텍스로 선택한다(72). 그러나 선택되지 않은 리플렉스 버텍스가 존재하지 않으면, 현재 획득된 컨벡스 영역을 최대 컨벡스 영역으로 획득한다(79).
- [0088] 그리고 획득된 최대 컨벡스 영역 내에서 UAV(UAV)의 궤도를 추출함으로써, UAV(UAV)의 궤도를 최적화한다(66). 이때 UAV(UAV)의 최적 궤도는 에너지 소모량 대비 데이터 속도를 나타내도록 추출되거나, UAV(UAV)의 이동에 의한 에너지 소모가 최소가 되도록 UAV(UAV)의 궤도를 최적화할 수도 있다.
- [0089] 도 7 및 도 8에서는 각각의 과정을 순차적으로 실행하는 것으로 기재하고 있으나 이는 예시적으로 설명한 것에 불과하고, 이 분야의 기술자라면 본 발명의 실시예의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 도 7 및 도 8에 기재된 순서를 변경하여 실행하거나 또는 하나 이상의 과정을 병렬적으로 실행하거나 다른 과정을 추가하는 것으로 다양하게 수정 및 변형하여 적용 가능하다.
- [0090] 도 9는 일 실시예에 따른 컴퓨팅 장치를 포함하는 컴퓨팅 환경을 설명하기 위한 도면이다.
- [0091] 도시된 실시예에서, 각 구성 요소들은 이하에 기술된 것 이외에 상이한 기능 및 능력을 가질 수 있고, 이하에 기술되지 않은 것 이외에도 추가적인 구성 요소를 포함할 수 있다. 도시된 컴퓨팅 환경(90)은 컴퓨팅 장치(91)를 포함하여, 도 7 및 도 8에 도시된 UAV 궤도 최적화 방법을 수행할 수 있다. 일 실시예에서, 컴퓨팅 장치(91)는 도 2 및 도 3에 도시된 UAV 궤도 최적화 장치에 포함된 하나 이상의 구성 요소일 수 있다.
- [0092] 컴퓨팅 장치(91)는 적어도 하나의 프로세서(92), 컴퓨터 판독 가능 저장매체(93) 및 통신 버스(95)를 포함한다. 프로세서(92)는 컴퓨팅 장치(91)로 하여금 앞서 언급된 예시적인 실시예에 따라 동작하도록 할 수 있다. 예컨대, 프로세서(92)는 컴퓨터 판독 가능 저장매체(93)에 저장된 하나 이상의 프로그램들(94)을 실행할 수 있다. 상기 하나 이상의 프로그램들(94)은 하나 이상의 컴퓨터 실행 가능 명령어를 포함할 수 있으며, 상기 컴퓨터 실행 가능 명령어는 프로세서(92)에 의해 실행되는 경우 컴퓨팅 장치(91)로 하여금 예시적인 실시예에 따른 동작

들을 수행하도록 구성될 수 있다.

[0093] 통신 버스(95)는 프로세서(92), 컴퓨터 판독 가능 저장매체(93)를 포함하여 컴퓨팅 장치(91)의 다른 다양한 구성 요소들을 상호 연결한다.

[0094] 컴퓨팅 장치(91)는 또한 하나 이상의 입출력 장치(98)를 위한 인터페이스를 제공하는 하나 이상의 입출력 인터페이스(96) 및 하나 이상의 통신 인터페이스(97)를 포함할 수 있다. 입출력 인터페이스(96) 및 통신 인터페이스(97)는 통신 버스(95)에 연결된다. 입출력 장치(98)는 입출력 인터페이스(96)를 통해 컴퓨팅 장치(91)의 다른 구성 요소들에 연결될 수 있다. 예시적인 입출력 장치(98)는 포인팅 장치(마우스 또는 트랙패드 등), 키보드, 터치 입력 장치(터치패드 또는 터치스크린 등), 음성 또는 소리 입력 장치, 다양한 종류의 센서 장치 및/또는 촬영 장치와 같은 입력 장치, 및/또는 디스플레이 장치, 프린터, 스피커 및/또는 네트워크 카드와 같은 출력 장치를 포함할 수 있다. 예시적인 입출력 장치(98)는 컴퓨팅 장치(91)를 구성하는 일 구성 요소로서 컴퓨팅 장치(91)의 내부에 포함될 수도 있고, 컴퓨팅 장치(91)와는 구별되는 별개의 장치로 컴퓨팅 장치(91)와 연결될 수도 있다.

[0095] 이상에서 대표적인 실시예를 통하여 본 발명에 대하여 상세하게 설명하였으나, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

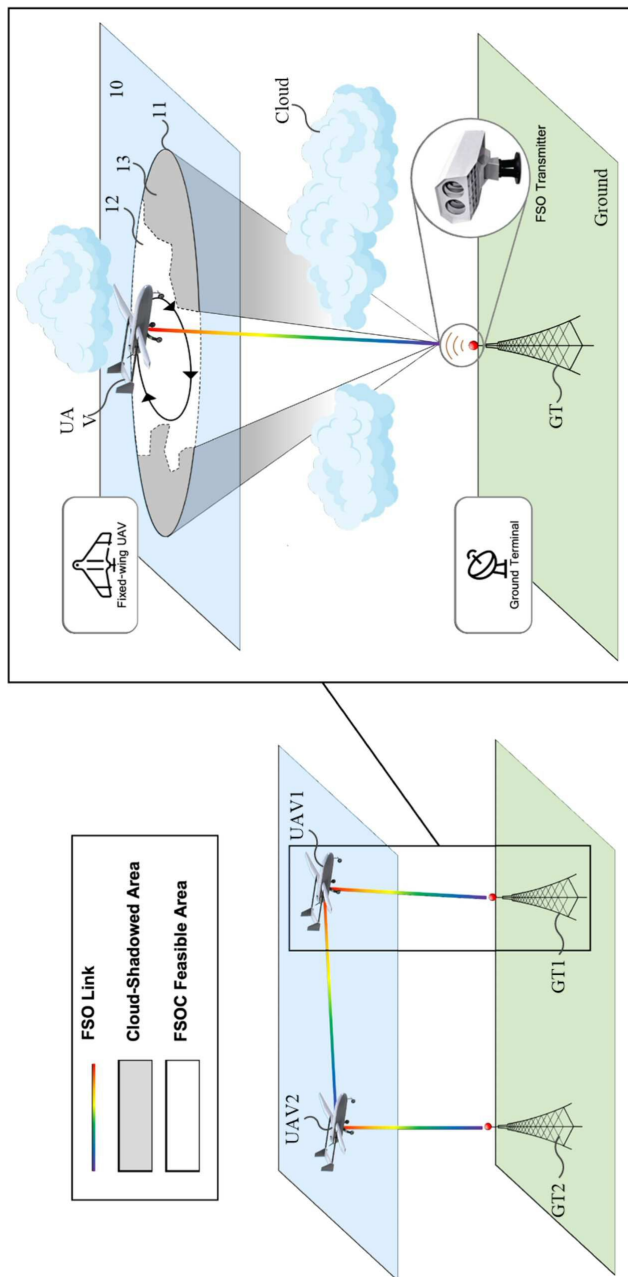
### 부호의 설명

[0096]	10: H-평면	11: FSO 통신 범위
	12: FSO 통신 가능 영역	13: 장애물 모델
	21: 정보 획득 모듈	22: 시스템 정보 획득 모듈
	23: 장애물 정보 획득 모듈	24: 모델링 모듈
	25: 통신 가능 영역 판별 모듈	26: 컨벡스 영역 획득 모듈
	27: 궤도 최적화 모듈	31: 리플렉스 버텍스 검출 모듈
	32: 리플렉스 버텍스 선택 모듈	33: 영역 절단 모듈
	34: 면적 비교 모듈	35: 잔여 리플렉스 버텍스 확인 모듈

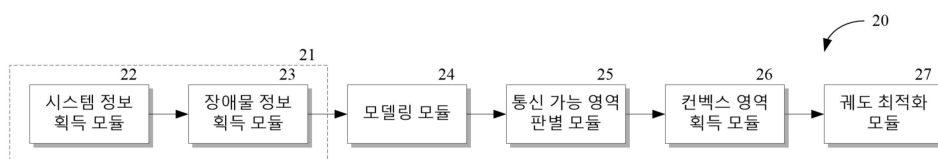


도면

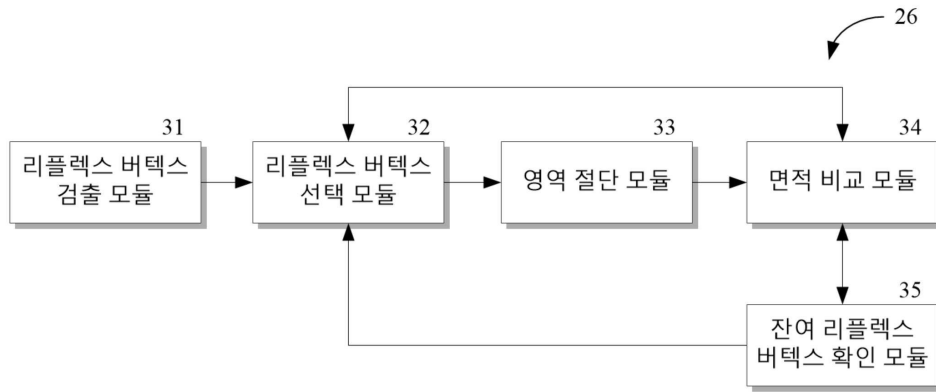
도면1



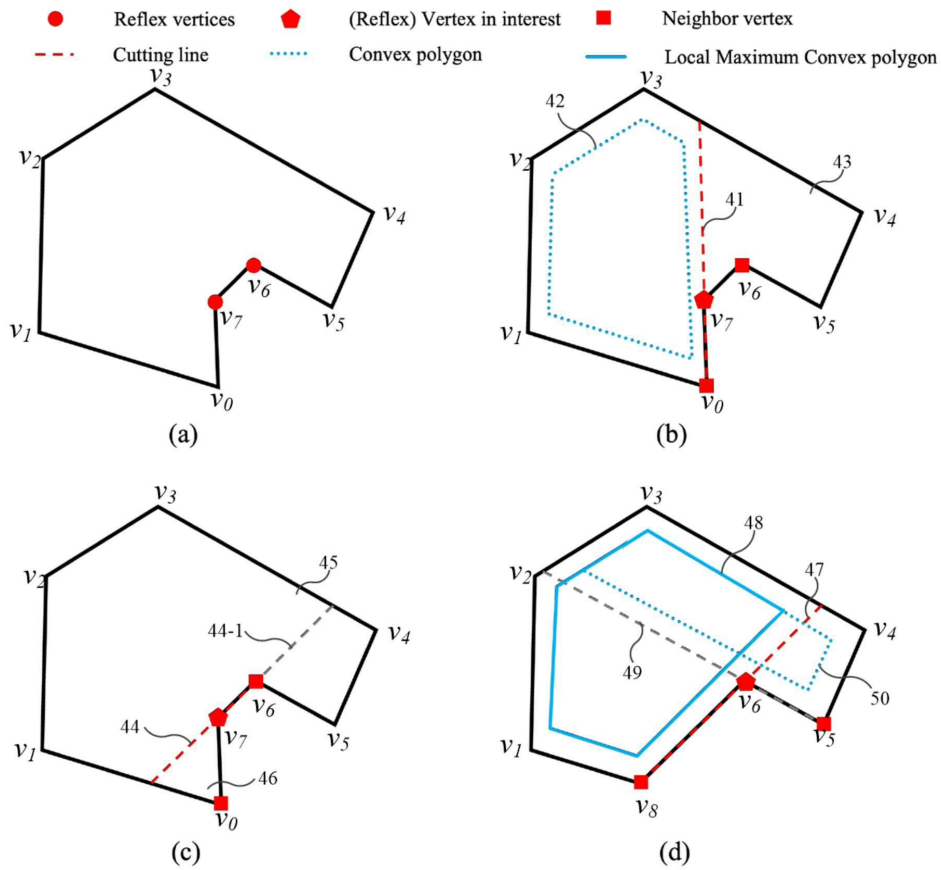
도면2



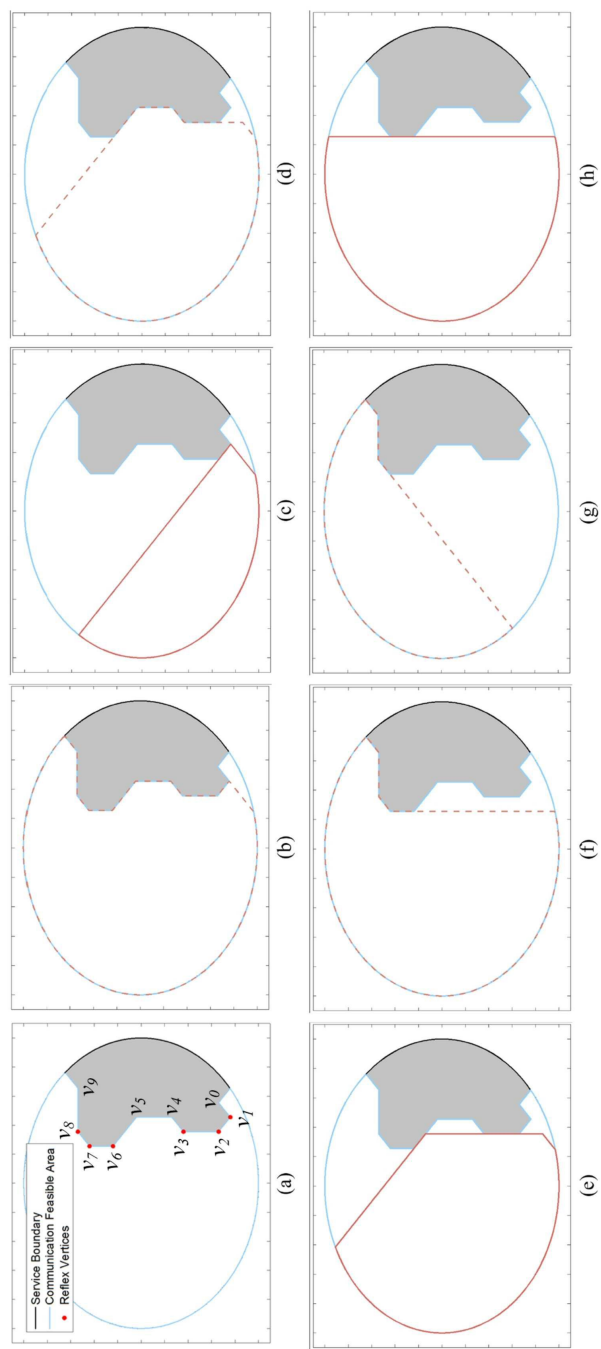
도면3



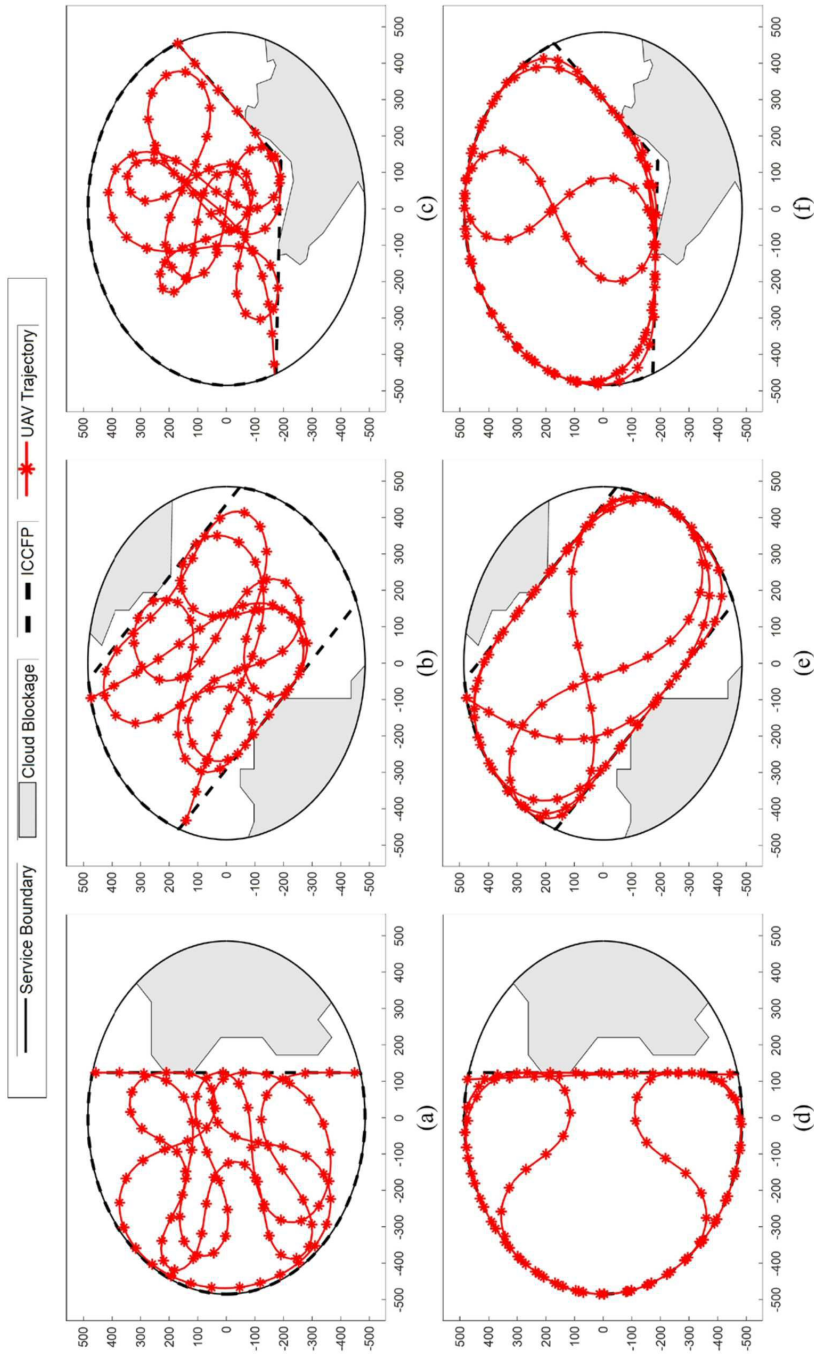
도면4



도면5



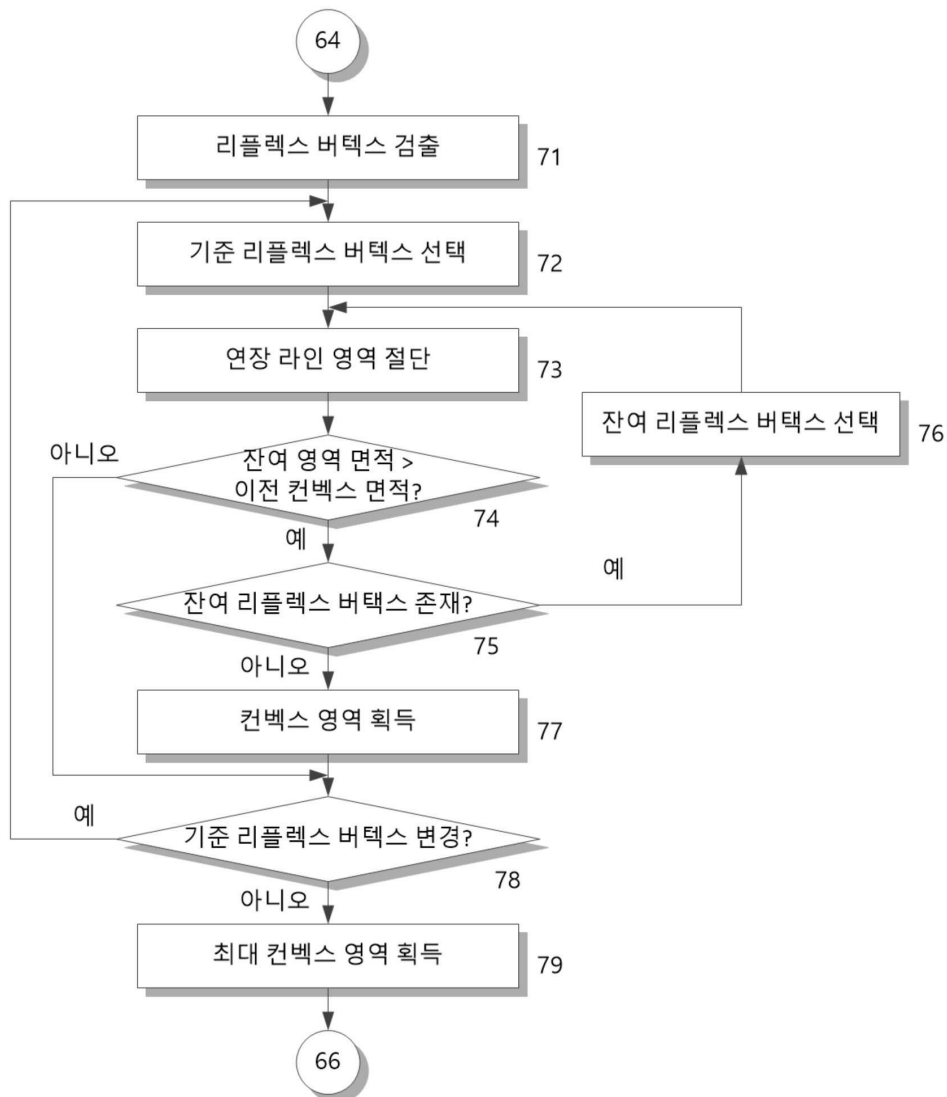
도면6



도면7



도면8



도면9

