



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년09월20일
(11) 등록번호 10-2023843
(24) 등록일자 2019년09월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04W 64/00 (2009.01) H04W 84/06 (2019.01)
H04W 84/18 (2009.01)
(52) CPC특허분류
H04W 64/003 (2013.01)
H04W 84/06 (2019.01)
(21) 출원번호 10-2018-0057059
(22) 출원일자 2018년05월18일
심사청구일자 2018년05월18일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020170000556 A*
Mohammad Mozaffari 외 4명, A Tutorial on UAVs
for Wireless Networks:Applications,
Challenges, and Open Problems(2018.03.02.)
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
이화여자대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 이화여대길 52 (대현동, 이
화여자대학교)
(72) 발명자
이형준
서울특별시 성동구 매봉길 50, 120동 205호(옥수
동, 옥수 파크힐스)
바트서열 나랑게렐트
인천광역시 남동구 석정로 555, 가동 201호
진연진
경기도 고양시 일산동구 중산로 206, 704동 1201
호(중산동, 중산마을7단지아파트)
(74) 대리인
특허법인(유한)아이시스

전체 청구항 수 : 총 13 항

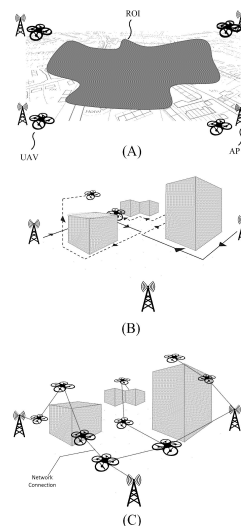
심사관 : 정윤석

(54) 발명의 명칭 3D 공간의 관심지역에 애드혹 네트워크 제공을 위한 무인비행체 배치위치 결정 방법

(57) 요약

3D 공간의 관심지역에 무인비행체를 배치하는 방법은 무인비행체가 관심지역에 대한 지역 정보를 수신하는 단계, 상기 무인비행체가 3차원 공간의 관심지역을 탐색하면서 관심지역에 위치한 구조물에 대한 구조물 정보를 수집하는 단계 및 상기 무인비행체 또는 별도의 중앙제어장치가 상기 관심 지역에 배치할 무인비행체의 배치 위치를 결정하는 단계를 포함한다. 상기 지역 정보는 상기 관심지역의 지리적 위치를 정의하는 정보이고, 상기 구조물 정보는 상기 관심지역에서 상기 구조물이 점유하는 영역에 대한 정보이고, 상기 배치 위치는 상기 구조물 정보를 기준으로 상기 관심지역에 대한 애드혹 네트워크를 구성하도록 결정된다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

H04W 84/18 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2018R1A2B6004006

부처명 과학기술정보통신부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 기초연구사업(학술진흥)(2018)중견연구자지원사업-총연구비0.5억이상~3억이하

연구과제명 사물인터넷 기기들간의 효율적인 컴퓨팅, 저장공간, 네트워크 자원 공유를 통한 로컬 기반 분산 처리를 위한 포그 네트워크 아키텍처 설계

기 여 율 1/2

주관기관 이화여자대학교 산학협력단

연구기간 2018.03.01 ~ 2021.02.28

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2015R1D1A1A01057902

부처명 교육부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 기초연구사업(학술진흥)(2015)-이공학개인지초연구지원사업-기본연구

연구과제명 재난 상황 시 무인비행체의 분산적 협업 탐색 및 효율적인 네트워크 센싱을 통한 네트워크 복구 시스템 연구

기 여 율 1/2

주관기관 이화여자대학교 산학협력단

연구기간 2017.11.01 ~ 2018.10.31

명세서

청구범위

청구항 1

무인비행체가 관심지역에 대한 지역 정보를 수신하는 단계;

상기 무인비행체가 3차원 공간의 관심지역을 탐색하면서 관심지역에 위치한 구조물에 대한 구조물 정보를 수집하는 단계; 및

상기 무인비행체 또는 별도의 중앙제어장치가 상기 관심 지역에서 통신 노드로 동작하는 무인비행체의 배치 위치를 결정하는 단계를 포함하되,

상기 관심지역은 일정한 크기의 육면체인 복수의 셀(cell)로 구분되고, 상기 지역 정보는 상기 관심지역의 지리적 위치를 정의하는 정보이고, 상기 구조물 정보는 상기 관심지역에서 상기 구조물이 점유하는 영역에 대한 정보이고, 상기 배치 위치는 상기 구조물 정보를 기준으로 상기 관심지역에 대한 애드혹 네트워크를 구성하도록 결정되고,

상기 무인비행체는 상기 무인비행체가 위치하는 셀을 중심으로 3차원 공간에서 인접한 주변셀에 위치하는 구조물을 감지할 수 있고,

상기 수집하는 단계에서 상기 무인비행체는 지면으로부터 동일한 높이의 평면을 탐색하면서 상기 구조물을 감지하면, 하나의 평면에서 상기 구조물의 외곽 위치를 모두 확인하고 높이를 변경하여 다른 평면에서 상기 구조물의 외곽 위치를 확인하는 과정을 반복하는 방식으로 상기 3차원 공간에서 상기 구조물의 외곽 위치를 확인하는 3D 공간의 관심지역에 무선 네트워크 제공을 위한 무인비행체 배치위치 결정 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 셀의 크기는 상기 무인비행체가 인접한 구조물을 감지할 수 있는 거리에 따라 결정되는 3D 공간의 관심지역에 무선 네트워크 제공을 위한 무인비행체 배치위치 결정 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 무인비행체는 이미 감지한 셀을 다시 감지하지 않는 경로로 이동하는 3D 공간의 관심지역에 무선 네트워크 제공을 위한 무인비행체 배치위치 결정 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 무인비행체는 현재 위치에서 이동할 수 있는 직선 경로 중 아직 방문하지 않은 셀이 가장 많은 경로로 이동하는 3D 공간의 관심지역에 무선 네트워크 제공을 위한 무인비행체 배치위치 결정 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 구조물 정보는 상기 3차원 공간에서 상기 구조물이 점유하고 있는 셀에 대한 정보를 포함하는 3D 공간의 관심지역에 무선 네트워크 제공을 위한 무인비행체 배치위치 결정 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 수집하는 단계는

상기 무인비행체가 지면에서 동일한 거리를 갖는 셀로 구성되는 평면에서 상기 구조물의 외곽을 이동하면서, 상기 구조물이 차지하는 평면상의 위치를 외곽 위치를 확인하는 단계;

상기 무인비행체가 현재 높이에서 무인비행체가 구조물을 감지할 수 있는 거리의 2배에 해당하는 높이 이내로 상승하는 단계; 및

상기 무인비행체가 상기 구조물의 외곽이 위치하는 셀 중에서 아직 감지되지 않은 이웃 셀이 가장 많은 타깃 셀을 결정하고, 현재 높이에서 상기 타깃 셀의 평면상의 위치에 있는 셀인 목적지 셀로 이동하는 단계를 포함하되,

상기 무인비행체가 상기 목적지 셀로 이동하면서 현재 높이보다 높은 구조물을 감지하는 경우 직선 경로로 상기 높은 구조물의 외곽을 따라 상승하거나 하강하는 3D 공간의 관심지역에 무선 네트워크 제공을 위한 무인비행체 배치위치 결정 방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 배치 위치를 결정하는 단계는

통신 노드로 동작하는 중계 무인비행체의 통신 반경만큼 떨어진 평면에 상기 중계 무인비행체가 상기 평면에서 모든 셀에 통신 서비스를 제공할 수 있도록 기본 배치 위치를 결정하는 단계;

상기 구조물의 높이를 고려하여 상기 구조물에 대한 통신을 제공할 수 있도록 상기 구조물의 인접 위치에 추가적인 배치 위치를 결정하는 단계; 및

이미 결정한 배치 위치 사이에 중계 무인비행체가 배치되는 경우 인접한 중계 무인비행체 또는 AP에 연결되지 않는 영역을 파악하고, 추가적인 배치 위치를 더 결정하는 단계를 더 포함하는 3D 공간의 관심지역에 무선 네트워크 제공을 위한 무인비행체 배치위치 결정 방법.

청구항 8

복수의 무인비행체가 3차원 공간에서 일정한 크기의 육면체인 복수의 셀(cell)로 구분되는 관심지역에 대한 서브 영역에 대한 정보를 획득하는 단계;

상기 복수의 무인비행체가 각각 서브 영역을 탐색하면서 탐색한 서브 영역에 대한 감지 정보 및 상기 서브 영역에 위치한 구조물에 대한 구조물 정보를 수집하는 단계;

상기 복수의 무인비행체 중 어느 하나의 무인비행체가 다른 무인비행체를 통신 반경에서 만나는 경우, 상기 어느 하나의 무인비행체는 상기 다른 무인비행체와 상기 감지 정보를 교환하고, 자신이 보유한 감지 정보를 업데이트하는 단계;

상기 어느 하나의 무인비행체가 상기 업데이트한 감지 정보를 이용하여 자신이 방문할 서브 영역을 재설정하는 단계; 및

상기 서브 영역에 대한 탐색이 완료된 후 상기 무인비행체 또는 별도의 중앙제어장치가 상기 관심 지역에서 통신 노드로 동작하는 무인비행체의 배치 위치를 결정하는 단계를 포함하되,

상기 서브 영역은 무인비행체의 통신 반경에 해당하는 길이를 한 변으로 갖는 사각형으로, 평면상에서 상기 관심지역을 구분하고, 상기 구조물 정보는 상기 관심지역에서 상기 구조물이 점유하는 영역에 대한 정보이고, 상기 배치 위치는 상기 구조물 정보를 기준으로 상기 관심지역에 대한 애드혹 네트워크를 구성하도록 결정되고,

상기 복수의 무인비행체 각각은 상기 무인비행체가 위치하는 셀을 중심으로 3차원 공간에서 인접한 주변셀에 위치하는 구조물을 감지할 수 있고,

상기 수집하는 단계에서 상기 복수의 무인비행체 각각은 각 서브 영역에서 지면으로부터 동일한 높이의 평면을 탐색하면서 상기 구조물을 감지하면, 하나의 평면에서 상기 구조물의 외곽 위치를 모두 확인하고 높이를 변경하여 다른 평면에서 상기 구조물의 외곽 위치를 확인하는 과정을 반복하는 방식으로 상기 3차원 공간에서 상기 구조물의 외곽 위치를 확인하는 3D 공간의 관심지역에 무선 네트워크 제공을 위한 무인비행체 배치위치 결정 방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 셀의 크기는 상기 무인비행체가 인접한 구조물을 감지할 수 있는 거리에 따라 결정되는 3D 공간의 관심지역에 무선 네트워크 제공을 위한 무인비행체 배치위치 결정 방법..

청구항 10

제8항에 있어서,

상기 재설정하는 단계에서 상기 어느 하나의 무인비행체는 상기 감지 정보를 기준으로 아직 방문하지 않은 서브 영역 중 방문하지 않은 다른 서브 영역을 경유한 가능한 모든 경로의 거리를 합산한 거리가 가장 가까운 서브 영역을 자신이 방문할 서브 영역으로 결정하는 3D 공간의 관심지역에 무선 네트워크 제공을 위한 무인비행체 배치위치 결정 방법.

청구항 11

제8항에 있어서,

상기 구조물 정보는 상기 3차원 공간에서 상기 구조물이 점유하고 있는 셀에 대한 정보를 포함하는 3D 공간의 관심지역에 무선 네트워크 제공을 위한 무인비행체 배치위치 결정 방법.

청구항 12

제8항에 있어서,

상기 수집하는 단계는

상기 무인비행체가 지면에서 동일한 거리를 갖는 셀로 구성되는 평면에서 상기 구조물의 외곽을 이동하면서, 상기 구조물이 차지하는 평면상의 위치를 외곽 위치를 확인하는 단계;

상기 무인비행체가 현재 높이에서 무인비행체가 구조물을 감지할 수 있는 거리의 2배에 해당하는 높이 이내로 상승하는 단계; 및

상기 무인비행체가 상기 구조물의 외곽이 위치하는 셀 중에서 아직 감지되지 않은 이웃 셀이 가장 많은 타깃 셀을 결정하고, 현재 높이에서 상기 타깃 셀의 평면상의 위치에 있는 셀인 목적지 셀로 이동하는 단계를 포함하되,

상기 무인비행체가 상기 목적지 셀로 이동하면서 현재 높이보다 높은 구조물을 감지하는 경우 직선 경로로 상기 높은 구조물의 외곽을 따라 상승하거나 하강하는 3D 공간의 관심지역에 무선 네트워크 제공을 위한 무인비행체 배치위치 결정 방법.

청구항 13

컴퓨터에서 제8항 내지 제12항 중 어느 하나의 항에 기재된 3D 공간의 관심지역에 무선 네트워크 제공을 위한 무인비행체 배치위치 결정 방법을 실행하기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록 매체.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 이하 설명하는 기술은 무인비행체를 이용하여 통신 서비스를 제공하는 기법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근 드론(drone)과 같은 무인비행체(Unmanned Aerial Vehicles, UAV)를 이용한 다양한 서비스가 주목받고 있다. 예컨대, UAV를 이용하여 통신 서비스를 제공하는 기법에 대한 연구도 진행되고 있다. 한편 무선 네트워크를 구성하는 노드 또는 AP에 장애가 발생한 경우 이를 복구하기 위한 다양한 기법도 연구되고 있다.

선행기술문헌

비특허문헌

- [0003] (비특허문헌 0001) P. Corke , S. Hrabar , R. Peterson , D. Rus , S. Saripalli , G. Sukhatme , Robotics and Automation, 2004. Proceedings. ICRA '04. 2004 IEEE International Conference on (Volume:4), "Autonomous Deployment and Repair of a Sensor Network Using an Unmanned Aerial Vehicle", 3602-3608page.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0004] 이하 설명하는 기술은 구조물이 배치된 3차원 공간에서 통신 서비스를 제공하는 무인비행체의 배치 위치를 결정하고자 한다.

과제의 해결 수단

- [0005] 3D 공간의 관심지역에 무선 네트워크 제공을 위한 무인비행체 배치위치 결정 방법은 무인비행체가 관심지역에 대한 지역 정보를 수신하는 단계, 상기 무인비행체가 3차원 공간의 관심지역을 탐색하면서 관심지역에 위치한 구조물에 대한 구조물 정보를 수집하는 단계 및 상기 무인비행체 또는 별도의 중앙제어장치가 상기 관심 지역에서 통신 노드로 동작하는 무인비행체의 배치 위치를 결정하는 단계를 포함한다.
- [0006] 다른 측면에서 3D 공간의 관심지역에 무선 네트워크 제공을 위한 무인비행체 배치위치 결정 방법은 복수의 무인비행체가 3차원 공간에서 일정한 크기의 육면체인 복수의 셀(cell)로 구분되는 관심지역에 대한 서브 영역에 대한 정보를 획득하는 단계, 상기 복수의 무인비행체가 각각 서브 영역을 탐색하면서 탐색한 서브 영역에 대한 감지 정보 및 상기 서브 영역에 위치한 구조물에 대한 구조물 정보를 수집하는 단계, 상기 복수의 무인비행체 중 어느 하나의 무인비행체가 다른 무인비행체를 통신 반경에서 만나는 경우, 상기 어느 하나의 무인비행체는 상기 다른 무인비행체와 상기 감지 정보를 교환하고, 자신이 보유한 감지 정보를 업데이트하는 단계, 상기 어느 하나의 무인비행체가 상기 업데이트한 감지 정보를 이용하여 자신이 방문할 서브 영역을 재설정하는 단계 및 상기 서브 영역에 대한 탐색이 완료된 후 상기 무인비행체 또는 별도의 중앙제어장치가 상기 관심 지역에서 통신 노드로 동작하는 무인비행체의 배치 위치를 결정하는 단계를 포함한다.
- [0007] 상기 관심지역은 일정한 크기의 육면체인 복수의 셀(cell)로 구분된다. 상기 지역 정보는 상기 관심지역의 지리적 위치를 정의하는 정보이다. 상기 서브 영역은 무인비행체의 통신 반경에 해당하는 길이를 한 변으로 갖는 사각형으로, 평면상에서 상기 관심지역을 구분한다. 상기 구조물 정보는 상기 관심지역에서 상기 구조물이 점유하는 영역에 대한 정보이다. 상기 배치 위치는 상기 구조물 정보를 기준으로 상기 관심지역에 대한 애드혹 네트워크를 구성하도록 결정된다.

발명의 효과

- [0008] 이하 설명하는 기술은 최소의 무인비행체를 이용하여 구조물이 있는 실제 공간에서 무인비행체를 이용하여 통신망을 제공한다.

도면의 간단한 설명

- [0009] 도 1은 관심지역에 무인비행체가 배치되는 과정에 대한 순서도의 예이다.
- 도 2는 관심지역에 무인비행체가 배치되는 과정에 대한 예이다.
- 도 3은 관심지역을 정의하는 모델에 대한 예이다.
- 도 4는 무인비행체가 구조물을 감지하는 영역과 이동 경로를 도시한 예이다.
- 도 5는 무인비행체가 관심지역을 탐색하는 과정에 대한 순서도의 예이다.
- 도 6은 제1 모드에서 무인비행체가 이동하는 경로에 대한 예이다.
- 도 7은 구조물을 탐색하는 과정에 대한 수도코드의 예이다.

- 도 8은 복수의 무인비행체가 관심지역을 탐색하는 과정에 대한 예이다.
- 도 9는 복수의 무인비행체가 관심지역을 탐색하는 과정에 대한 순서도의 예이다.
- 도 10은 무인비행체가 자신의 탐색 영역을 재설정하는 과정에 대한 예이다.
- 도 11은 서브 영역의 지상 영역에 대한 배치 위치를 결정하는 과정에 대한 예이다.
- 도 12는 서브 영역의 상부 영역에 대한 배치 위치를 결정하는 과정에 대한 예이다.
- 도 13은 네트워크 홀을 고려한 배치 위치에 대한 예이다.
- 도 14는 배치 위치 최적화 과정에 대한 예이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0010] 이하 설명하는 기술은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 실시례를 가질 수 있는 바, 특정 실시례들을 도면에 예시하고 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 이하 설명하는 기술을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 이하 설명하는 기술의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.
- [0011] 제1, 제2, A, B 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 해당 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되지는 않으며, 단지 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다. 예를 들어, 이하 설명하는 기술의 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소도 제1 구성요소로 명명될 수 있다. 및/또는 이라는 용어는 복수의 관련된 기재된 항목들의 조합 또는 복수의 관련된 기재된 항목들 중의 어느 항목을 포함한다.
- [0012] 본 명세서에서 사용되는 용어에서 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 해석되지 않는 한 복수의 표현을 포함하는 것으로 이해되어야 하고, "포함한다" 등의 용어는 실시된 특징, 개수, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 의미하는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 개수, 단계 동작 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0013] 도면에 대한 상세한 설명을 하기에 앞서, 본 명세서에서의 구성부들에 대한 구분은 각 구성부가 담당하는 주기능 별로 구분한 것에 불과함을 명확히 하고자 한다. 즉, 이하에서 설명할 2개 이상의 구성부가 하나의 구성부로 합쳐지거나 또는 하나의 구성부가 보다 세분화된 기능별로 2개 이상으로 분화되어 구비될 수도 있다. 그리고 이하에서 설명할 구성부 각각은 자신이 담당하는 주기능 이외에도 다른 구성부가 담당하는 기능 중 일부 또는 전부의 기능을 추가적으로 수행할 수도 있으며, 구성부 각각이 담당하는 주기능 중 일부 기능이 다른 구성부에 의해 전담되어 수행될 수도 있음은 물론이다.
- [0014] 또, 방법 또는 동작 방법을 수행함에 있어서, 상기 방법을 이루는 각 과정들은 문맥상 명백하게 특정 순서를 기재하지 않은 이상 명기된 순서와 다르게 일어날 수 있다. 즉, 각 과정들은 명기된 순서와 동일하게 일어날 수도 있고 실질적으로 동시에 수행될 수도 있으며 반대의 순서대로 수행될 수도 있다.
- [0016] 무선 네트워크는 무선으로 통신을 수행하는 네트워크를 말한다. 무선 네트워크는 사용하는 통신 방식에 따라 다양한 네트워크가 존재한다. 예컨대, 3G/LTE와 같은 이동통신 네트워크, IEEE 802.11에 따른 무선 통신(Wi-Fi), IEEE 802.15.4에 따른 근거리 무선 통신(Zigbee) 등과 같은 다양한 기술이 존재한다. 무선 네트워크에서 사용자 단말은 AP(Access Point)를 통해 코어 네트워크에 접속한다. 사용자 단말은 이동통신 네트워크의 기지국, 기타 근거리 무선 통신을 위한 AP 장치 등을 통해 데이터를 주고받는다. 일반적으로 AP는 서로 일정한 영역에서만 중첩되게 배치된다. 따라서 AP에 장애가 발생하면 장애가 발생한 AP의 서비스 영역(coverage)은 통신 서비스가 제공되지 못한다. 나아가 지형적 특성 또는 장애물로 인하여 일정한 영역은 음영 지역이 될 수도 있다.
- [0017] 통신 노드가 서로 협력하여 통신을 수행하는 방식도 있다. 애드혹 네트워크(Ad-Hoc network) 경우에는 통신 노드가 애드혹 네트워크를 구성하여 데이터를 전송한다. 통신 노드는 고정된 노드 또는/및 이동가능한 노드로 구성된다. 애드혹 네트워크도 일부 노드에 장애가 발생하면 원활한 통신 서비스가 제공될 수 없다.
- [0018] 통신 기능이 있는 무인비행체(UAV)는 무선 네트워크에서 통신 노드 또는 릴레이(relay) 노드로 역할을 수행할 수 있다. 무인비행체는 통신 기능을 수행하기 위한 구성(통신 모듈 등)을 갖는다고 전제한다. 무인비행체는 드론(drone)과 같이 자체적으로 비행할 수 있는 장치이다. 무인비행체는 공중을 비행하여 이동한다. 이하 무인비행체의 움직임을 이동이라는 용어로 설명한다.

- [0019] 이하 설명의 편의를 위해 애드혹 네트워크를 기준으로 설명하고자 한다. 무인비행체는 일정한 통신 방식을 사용하여 서로 정보를 교환할 수 있다고 가정한다. 예컨대, 무인비행체는 IEEE 802.11 또는 802.15.4와 같은 무선 통신 인터페이스를 사용할 수 있다. 무인비행체는 사전에 관심지역에 대한 위치 정보를 알고 있는 상태이다. 무인비행체는 GPS와 같은 위성항법시스템을 이용하여 좌표로 정의되는 관심지역을 탐색할 수 있다. 또는 무인비행체는 특정 지점을 기준으로 이동하는 위치 및 거리를 파악할 수 있는 센서 장치(지자기 센서, 가속도 센서 등)를 이용하여 비행을 시작하는 지점을 기준으로 정의되는 관심지역을 탐색할 수도 있다. 또 무인비행체는 일정 거리에 있는 물체(장애물)를 감지할 수 있다. 일정거리의 객체를 감지하는 기술은 다양하다.
- [0020] 이하 설명하는 기술은 통신 노드 기능을 하는 무인비행체를 이용하여 일정한 지역에 무선 네트워크를 구성한다. (1) 이하 설명하는 기술은 무인비행체를 이용하여 통신 장애가 발생한 영역 또는 음영 영역에 무선 네트워크를 제공할 수 있다. (2) 나아가 통신 네트워크가 없던 지역에 무인비행체를 이용하여 무선 네트워크를 제공할 수도 있다. 예컨대, 통신 인프라가 없는 지역에서 일정한 활동을 해야하는 경우 임시적인 통신망을 구축할 수 있다.
- [0021] 이하 무인비행체가 무선 네트워크를 제공하는 영역을 관심지역(Region of Interest, ROI)이라고 명명한다. 무인비행체는 관심지역을 탐색하고, 탐색 결과에 따라 통신 노드 기능이 있는 무인비행체를 배치한다. 동일한 종류의 무인비행체가 관심지역 탐색 및 통신 기능을 수행할 수 있다. 나아가 관심지역을 탐색하는 무인비행체와 통신 노드로 동작하는 무인비행체가 서로 다를 수도 있다.
- [0022] 관심지역은 건물, 구조물, 물건 등 다양한 장애물이 있을 수 있다. 설명의 편의를 위하여 관심지역에 위치하는 각종 장애물을 구조물이라고 통칭한다. 한편 구조물을 관심지역에 배치된 객체라고 할 수도 있다.
- [0023] 도심지와 같은 관심지역에 무선 네트워크를 제공하기 위해서는 관심지역에 대한 지역 정보가 필요하다. 무인비행체가 관심지역의 지역 정보를 수집한다. 지역정보는 2차원 평면에서의 평면 정보 및 해당 평면에서 지상(수직 방향)으로 돌출된 구조물에 대한 구조물 정보를 포함한다. 평면 정보는 관심지역의 수평방향 단면에 해당한다. 평면 정보는 평면상에서 특정 영역을 정의한다. 예컨대, 평면 정보는 해당 영역의 위치, 크기 내지 형태를 정의한다. 평면 정보는 2차원 좌표로 나타낼 수 있다. 구조물 정보는 3차원 공간의 정보를 포함한다. 구조물 정보는 지상으로 돌출된 구조물의 위치, 크기 및 형태를 정의한다. 구조물 정보는 3차원 좌표로 나타낼 수 있다.
- [0024] 이하 설명하는 기술은 두 가지 단계로 구성된다. 첫 째는 무인비행체가 관심지역을 이동하면서 지역 정보를 수집하는 단계이다. 둘째는 통신 노드 동작을 하는 무인비행체가 관심지역에 배치되는 단계이다. 무인비행체는 통신 방식에 따라 AP 또는 애드혹 네트워크를 구성하는 통신 노드로서 기능을 수행할 수 있다.
- [0026] 도 1은 관심지역에 무인비행체가 배치되는 과정(100)에 대한 순서도의 예이다. 먼저 무인비행체는 관심 지역에 대한 정보를 획득해야 한다. 무인비행체 또는 별도의 중앙제어장치가 관심지역을 설정하고, 설정한 관심지역에 대한 정보를 모든 무인비행체에 제공한다(110). 이후 무인비행체는 관심지역을 비행하면 3차원 지역 정보를 수집한다(120). 마지막으로 관심지역에 배치될 무인비행체의 배치 위치를 결정한다(130). 그리고 관심지역에 복수의 무인비행체를 배치하여 통신망을 제공한다(130). 도 2는 관심지역에 무인비행체가 배치되는 과정에 대한 예이다. 도 2(A)는 관심지역에 대한 예이다. 관심지역(ROI)은 통신 장애가 발생한 영역일 수 있다. 한편 관심지역 근처에 관심지역에 연결될 수 있는 AP(기지국)이 존재한다. 도 2(B)는 무인비행체가 관심지역을 탐색하면서 3차원 지역 정보를 수집하는 예이다. 도 2(C)는 관심지역의 3차원 지역 정보 수집 후에 무인비행체의 배치 위치를 결정하고, 결정한 위치에 무인비행체를 배치한 예이다. 도 2(C)와 같이 무인비행체를 배치한 후 AP와 무인비행체를 통해 통신 서비스를 제공할 수 있다.
- [0028] 관심지역은 전술한 바와 같이 3차원 공간에 해당한다. 관심지역은 일정한 형태로 모델링되어야 한다. 도 3은 관심지역을 정의하는 모델에 대한 예이다. 관심지역은 3D 그리드(grid) 셀 형태로 표현할 수 있다. 도 3(A)는 관심지역을 일정한 크기를 갖는 셀(cell)로 구분한 예이다. xy 축은 지면과 평행한 단면을 나타내고, z 축은 3차 공간에서의 높이를 나타낸다. 하나의 셀은 무인비행체 하나가 위치하면서 주변을 탐색하는 단위 공간에 해당한다. 도 3(A)는 4×4×4 영역을 예로 도시한다. 각 셀은 3차 좌표로 표현될 수 있다. 도 3(A)는 yz 평면 중 일부에 좌표를 표시하였다. 이하 설명의 편의를 위하여 하나의 셀은 C_{xyz} 라고 식별한다. 여기서 xyz는 좌표값을 나타낸다. 셀은 $C(x,y,z)$ 형태로도 식별할 수 있다. 무인비행체는 관심지역을 일정하게 셀로 구분한 정보를 보유하고 전제한다.
- [0029] 도 3(B)는 관심지역에 위치한 구조물을 표현한 예이다. 관심지역에 일정한 구조물이 위치할 수 있다. 따라서 관심지역을 구분한 셀 중 어떤 셀은 구조물이 위치하고, 어떤 셀에는 구조물이 위치하지 않는다. 특정 셀에서의 구조물의 점유 상태를 식별할 수 있어야 한다. 무인비행체는 관심지역을 이동하면서 구조물이 점유한 셀의 점유

상태를 기록한다. 예컨대, 무인비행체는 구조물이 점유한 셀은 "1"로 표시하고, 구조물이 없는 셀은 "0"으로 표시할 수 있다. 도 3(B)에서 굵은 실선으로 구조물을 표시하였다. 예컨대, 무인비행체는 " $C(1,2,2) = 1$ "로 기록하고, " $C(1,2,4) = 0$ "으로 기록한다.

[0031] 한편 무인비행체가 스스로 경로를 설정하고 이동하여 관심지역을 탐색할 수 있다. 또는 별도의 중앙제어장치가 무인비행체의 이동 경로를 결정하고, 무인비행체에 이동에 대한 명령을 전달할 수도 있다. 이 경우 중앙제어장치는 네트워크에 연결된 서버 또는 무인비행체와 직접 통신을 수행하는 컴퓨터 장치일 수 있다. 설명의 편의를 위하여 이하 무인비행체가 관심지역을 탐색하고, 경로를 결정한다고 가정한다. 다만 별도의 중앙제어장치가 탐색 경로를 결정하고, 결정된 정보를 무인비행체에 전달할 수도 있다. 중앙제어장치는 유선 또는/및 무선 네트워크를 통해 일정한 정보 및 명령을 무인비행체에 전달한다.

[0033] 관심지역 탐색

[0034] 복수의 무인비행체가 관심지역을 탐색하는 경우, 무인비행체는 각각 독립적으로 관심지역을 탐색한다. 하나의 무인비행체가 관심지역을 탐색하는 동작(알고리즘)은 동일하다. 이하 무인비행체가 관심지역을 탐색하는 알고리즘에 대하여 설명한다. 무인비행체는 관심지역을 탐색하면서 지역 정보를 수집한다. 지역 정보는 전술한 바와 같이 2차원 평면의 관심지역상에 위치하는 구조물의 점유 상태를 나타낸다. 지역정보는 관심지역의 3차원 형태를 나타낸다고 할 수 있다.

[0035] 무인비행체는 현재 위치에서 일정한 거리에 있는 구조물(장애물)을 감지할 수 있다. 장애물을 감지하는 기법은 주로 광, 음파 또는 RF를 송신하고, 구조물에 반사되어 되돌아오는 신호를 감지하는 방식이다. 예컨대, 무인비행체는 라이다(LIDAR), 레이더 등과 같은 장치를 사용하여 자신의 주변에 위치하는 구조물을 감지할 수 있다.

[0036] 무인비행체는 현재 위치에서 3차원 공간에서 인접한 셀에 위치하는 구조물을 감지할 수 있다고 전제한다. 도 4는 무인비행체가 구조물을 감지하는 영역과 이동 경로를 도시한 예이다. 도 4(A)는 무인비행체(50)가 구조물을 감지하는 영역을 도시한 예이다. 무인비행체(50)는 현재 위치를 중심으로 $3 \times 3 \times 3$ 크기의 셀에 위치하는 구조물을 감지할 수 있다. 무인비행체(50)가 구조물을 감지할 수 있는 거리에 따라 관심지역을 분할하는 셀의 크기가 정해진다고 볼 수도 있다.

[0037] 무인비행체(50)는 자신이 감지할 수 있는 거리를 고려하여 이동 경로를 결정할 수 있다. 도 4(B)는 무인비행체(50)의 이동 경로에 대한 예이다. 무인비행체는 동, 서, 남 및 북과 같은 4가지 방향으로만 이동할 수 있다고 전제한다. 도 5(B)는 2차원 평면을 기준으로 이동 경로를 도시한 예이다. 무인비행체(50)는 6×6 크기를 갖는 영역을 이동한다. 도 4(B)는 구조물을 굵은 실선의 사각형으로 도시하였다. 무인비행체(50)는 현재 위치 중심으로 3×3 크기 그리드에 위치하는 구조물을 감지할 수 있다. 따라서 무인비행체(50)는 이동하고자 하는 영역의 가장 바깥에 있는 그리드를 이동할 필요가 없다. 도 4(B)와 같이 최외각 그리드에서 한 칸 떨어진 그리드(셀)를 이동하는 것이 바람직하다. 무인비행체(50)는 도 4(B)와 같은 경로(점선으로 표시)로 이동하면 6×6 크기 영역에 위치하는 구조물을 모두 감지할 수 있다.

[0039] 도 5는 무인비행체가 관심지역을 탐색하는 과정(200)에 대한 순서도의 예이다. 무인비행체는 제1 모드로 평면 탐색을 수행한다(210). 무인비행체가 제1 모드로 탐색하는 중 구조물을 감지하면(220의 YES), 무인비행체는 제2 모드로 탐색을 수행한다(230). 제2 모드는 현재 감지한 구조물에 대한 구조물 정보를 수집하는 과정에 해당한다. 제2 모드 탐색 후에 관심지역 탐색이 완료되지 않았다면, 무인비행체는 탐색하지 않은 영역에 대한 탐색을 수행한다(240의 NO). 이하 자세한 탐색 과정을 설명한다.

[0041] 먼저 하나의 무인비행체를 기준으로 관심지역을 탐색하는 과정을 설명한다. 무인비행체는 두 가지 모드로 관심지역을 탐색한다. 하나는 구조물을 감지하지 못하여 2차원 평면에서만 탐색을 수행하는 제1 모드이다. 다른 하나는 구조물을 감지하는 경우 해당 구조물을 탐색하는 제2 모드이다. 무인비행체는 관심지역 위치 및 관심지역을 구분한 복수의 그리드 셀에 대하여 사전에 정보를 보유한다고 전제한다. 즉, 무인비행체는 관심지역의 특정 셀을 식별하고, 해당 셀로 이동할 수 있다. 한편 무인비행체는 하나의 셀의 중심에서 다른 셀의 중심을 잇는 경로로 이동한다고 가정한다.

[0043] 제1 모드

[0044] 무인비행체는 관심지역을 탐색한다. 무인비행체가 탐색하고자 하는 영역을 타깃 영역이라고 명명한다. 타깃 영역은 관심지역 전체이거나, 관심지역 중 분할된 일부 영역일 수 있다. 제1 모드는 기본적으로 타깃 영역에 대한 지역 정보를 수집하는 과정이다.

- [0045] 무인비행체의 기본적인 이동 경로를 설명한다. 무인비행체는 타깃 영역의 가장자리 영역에서 탐색을 시작하여 타깃 영역의 중심부로 이동한다. 무인비행체는 시계방향 또는 반시계방향으로 나선형을 회전하면서 타깃 영역의 가장자리 영역에서 중심부로 탐색을 수행한다. 무인비행체는 인접 셀에 위치한 구조물을 감지할 수 있기 때문에, 가장 최외곽 셀에서 한 칸 떨어진 셀에서부터 이동을 시작한다. 또 무인비행체는 나선형을 회전하는 형태로 이동하는데, 이때에도 이웃한 경로와 한 칸 떨어진 경로로 이동한다. 이를 통해 무인비행체는 이동경로를 최소화할 수 있다.
- [0046] 도 6은 제1 모드에서 무인비행체가 이동하는 경로에 대한 예이다. 도 6(A)는 2차원 평면에서 무인비행체가 이동하는 경로에 대한 예이다. 도 6(A)는 10×10 크기의 타깃 영역을 도시한다. 제1 모드는 장애물이 없으므로 2차원 평면을 탐색하는 경우에 해당한다. 2차원 평면에서 셀은 $C(x,y)$ 형태로 표시한다고 가정한다. 무인비행체(50)는 $C(2,9)$ 에서 이동을 시작하여 시계 방향의 나선형을 그리면서 중심부로 이동한다. 무인비행체(50)는 최외곽 셀에서 한 칸 떨어진 셀 $C(2,9)$ 부터 시작하여 $C(2,2)$ 까지 직선 경로로 이동한다. 도 6(A)는 해당 경로를 사각형 박스로 표시하였다. 타깃 영역의 최외곽 셀에서 한 칸 떨어진 셀이 위치하는 영역을 비행 경계 영역이라고 명명한다. 무인비행체(50)는 자신의 감지 거리를 고려하여 최외곽 셀로 이동하지 않고 비행 경계 영역을 이동한다. 물론 무인비행체(50)는 최외곽 셀이 위치하는 영역부터 이동을 시작할 수도 있다. 무인비행체(50)는 현재 위치에서 가장 방문하지 않은 셀이 많은 방향(시계 방향 또는 반시계 방향)으로 이동을 시작할 수 있다.
- [0047] 무인비행체(50)는 일 방향으로 이동하면서 타깃 영역의 최외곽 셀을 감지하거나, 이미 감지했던 셀을 다시 감지하게 되면 다른 방향으로 이동한다. 이때 무인비행체(50)는 현재 위치에서 가장 감지하지 않았던 셀이 많은 방향을 선택하여 이동할 수 있다. 타깃 영역의 모든 셀이 감지되지 않았던 상황이라면, 무인비행체(50)는 도 6(A)와 같은 경로로 이동하게 된다.
- [0048] 사실 무인비행체(50)는 타깃 영역을 모두 탐색하기만 하면 충분하다. 따라서 무인비행체(50)가 타깃 영역을 탐색하는 경로는 다양할 수도 있다. 예컨대, 무인비행체(50)는 장애물을 감지하는 거리를 고려해서 타깃 영역을 지그재그 형태로 이동할 수도 있다.
- [0049] 무인비행체(50)는 인접한 셀에 위치한 구조물(장애물)을 감지할 수 있다. 따라서 무인비행체(50)가 타깃 영역을 이동을 시작하는 높이도 지면에서 가장 가까운 셀일 필요는 없다. 도 6(B)는 무인비행체가 타깃 영역에서 이동을 시작하는 높이에 대한 예이다. 무인비행체(50)가 이동하는 xy 평면은 복수의 셀로 구성되며 하나의 층을 구성한다. 이하 무인비행체(50)가 이동하는 xy 평면을 구분하기 위하여 레벨(level)이라는 용어를 사용한다. z축의 높이 n은 레벨 n이 된다. 무인비행체(50)는 지면에서 가장 가까운 층인 레벨 1(z축의 높이 1)에서 한 칸 높은 레벨 2(z축의 2)에서 이동을 시작한다. 무인비행체(50)는 높이 2의 xy 평면에서 도 6(A)와 같은 경로로 이동할 수 있다.
- [0050] 무인비행체(50)가 타깃 영역을 이동하면서 감지한 셀에 대한 정보를 관리한다. 예컨대, 무인비행체(50)는 감지 리스트(sensedList)라는 정보를 저장할 수 있다. 감지 리스트는 무인비행체의 식별자, 감지한 셀의 식별자 및 셀의 점유 여부 등을 저장할 수 있다. 셀의 점유 여부는 해당 셀에 구조물이 위치하는지 여부를 의미한다.
- [0052] 제2 모드
- [0053] 무인비행체(50)가 제1 모드로 이동 중에 구조물을 감지하게 되면 제2 모드로 이동한다. 제2 모드에서 무인비행체(50)는 현재 감지한 구조물의 형태를 파악한다. 제2 모드는 전술한 구조물 정보를 수집하는 과정이다.
- [0054] 무인비행체(50)는 먼저 현재 감지한 구조물의 외곽 영역을 파악한다. 무인비행체(50)는 구조물의 외곽을 영역을 회전하여 xy 평면상에서 해당 구조물의 위치 및 크기를 파악한다. 구조물을 최초로 감지한 높이가 레벨 2이므로, 무인비행체(50)는 레벨 2의 xy 평면에서 구조물의 외곽 영역을 파악한다.
- [0055] 무인비행체(50)는 현재 감지한 구조물의 외곽 영역에 대한 정보를 저장한다. 예컨대, 무인비행체(50)는 구조물의 외곽 영역에 대한 정보를 외곽 리스트(innerList)에 저장할 수 있다. 외곽 리스트는 구조물 외곽을 구성하는 셀 리스트를 포함한다. 외곽 리스트가 완성되면 무인비행체(50)는 현재 감지한 구조물의 단면 크기 및 xy 평면상의 구조물 위치를 알 수 있다.
- [0056] 외곽 리스트가 완성되면 무인비행체(50)는 다음 높이의 레벨로 이동한다. 외곽 리스트가 완성된 시점의 레벨은 2이고, 다음 구조물을 감지할 높이는 레벨 4이다. 무인비행체는 가능한 감지 거리를 고려하여 현재 레벨 + 2인 높이로 이동한 것이다.
- [0057] 레벨 4로 이동한 후 무인비행체(50)는 다음 이동할 셀을 선택한다. 무인비행체(50)는 외곽 리스트에 포함된 어

는 하나의 셀

- [0059] 감지한 구조물에 대한 구조물 정보를 모두 수집하면 무인비행체(50)는 다시 레벨 2로 내려와서 관심지역 탐색을 계속한다. 무인비행체(50)는 현재 지점에서 가장 방문하지 않은 셀이 많은 방향으로 이동하면서 제1 모드 탐색을 수행한다.
- [0061] 도 7은 구조물을 탐색하는 과정에 대한 수도코드의 예이다. 도 7은 제2 모드에 대한 수도코드에 해당한다. 제2 모드는 어느 하나의 셀에서 구조물이 감지되면 시작된다. 무인비행체가 감지 가능한 거리에서 $C_{xyz} = 1$ 을 확인하면 제2 모드가 시작된다(라인 1). 무인비행체는 구조물을 감지하면 레벨 2에서 구조물의 외곽 둘레를 이동하면서 구조물 외곽을 확인한다(Obstacle base encircling, 라인 2에서 라인 17). 이 과정에서 무인비행체는 감지리스트(sensedList)를 업데이트한다(라인 15). 감지리스트는 관심지역의 각 셀에 대하여 해당 셀에 구조물(장애물)이 있는지 여부를 나타낸다. 또 무인비행체는 구조물리스트(obstacleList)를 생성하고 업데이트한다(라인 16). 구조물리스트는 현재 감지한 구조물에 대한 구조물 정보를 나타낸다. 구조물리스트는 기본적으로 구조물이 점유하는 셀 식별자(내지 좌표)로 구성될 수 있다. 나아가 구조물리스트는 구조물 식별자, 구조물이 점유하는 셀 식별자, 구조물이 점유하는 셀의 위치 등으로 구성될 수 있다.
- [0062] 레벨 2에서 구조물의 외곽에 대한 탐색이 완료되면, 무인비행체가 구조물 높이 방향으로 이동하면서 탐색을 수행한다(Obstacle height exploration, 라인 18 내지 라인 33). 먼저 무인비행체는 레벨 4 높이로 올라간다(라인 19). 또 무인비행체는 올라가면서 새로운 셀을 탐색하면 감지리스트를 업데이트한다(라인 19). 무인비행체는 새로운 셀을 감지하면 항상 감지리스트를 업데이트한다.
- [0063] 외곽리스트(innerList)는 장애물리스트에서 현재 감지된 구조물을 둘러싸는 셀로 구성된다. 무인비행체는 구조물리스트에 포함된 셀 중 감지하지 않은 이웃(인접) 셀이 가장 많은 셀 S를 선택한다(라인 20).
- [0064] 목표 지점(destCell)에 대한 좌표 C_{dest} 는 $C(S_x, S_y, \text{현재의 } z \text{ 레벨})$ 이다. S_x 는 S의 x좌표이고, S_y 는 S의 y좌표이다. 이제 무인비행체는 현재 위치에서 목표 지점으로 이동하는데 2가지 경로로 이동할 수 있다(라인 24). 무인비행체는 현재 z 레벨에서 S_x 로 이동한 후 S_y 로 이동할 수 있다(x축상 이동 → y축상 이동). 또는 무인비행체는 현재 z 레벨에서 S_y 로 이동한 후 S_x 로 이동할 수 있다(y축상 이동 → x축상 이동). 무인비행체는 두 가지 경로 중 아직 감지하지 않은 셀을 더 많이 감지할 수 있는 경로를 선택할 수 있다. 또는 무인비행체는 두 가지 경로 중 어느 하나를 랜덤하게 선택할 수도 있다.
- [0065] 무인비행체는 목표 지점으로 이동하면서 다시 돌출된 구조물(higher level obstacle)을 만날 수 있다. 이는 구조물의 형태가 육면체와 다른 다양한 구조일 수도 있기 때문이다. 이 경우 무인비행체는 현재 직선 경로에서 돌출된 구조물 외곽을 따라 올라가면서 주변 셀을 감지한다. 무인비행체가 돌출된 구조물을 따라 올라가면서 주변에 더 이상 감지되는 구조물이 없는 경우, 바로 아래의 셀에서 구조물이 감지될 때까지 하강한다. 경우에 따라서 무인비행체는 레벨 2까지 내려올 수도 있다. 무인비행체는 이동하는 과정에서 새롭게 감지하는 셀에 대한 정보를 감지리스트(sensedList)에 업데이트한다.
- [0066] 직전에 결정한 S로 결정되는 목표지점에 도달하면, 무인비행체는 S를 다시 결정한다. 무인비행체는 구조물리스트(obstacleList)와 외곽리스트(innerList)의 합집합에서 아직 방문(감지)하지 않은 셀 중에서 방문하지 않은 인접 셀이 가장 많은 셀을 새로운 S로 결정한다(라인 32). S를 결정하면 라인 22 내지 라인 32 과정을 반복한다.
- [0067] 더 이상 S가 없는 경우, 현재 감지한 구조물에 대한 구조물 정보 수집이 완료된 것이다. 이제 무인비행체는 현재 위치에서 가장 낮은 레벨인 레벨 2로 하강한다(Descend to the lowest level, 라인 35 내지 라인 36). 무인비행체는 현재 레벨에서 관심영역의 비행 경계 영역 중 아직 방문하지 않은 셀이 있다면 해당 셀로 이동한다. 다른 말로 하면 무인비행체는 최외곽 셀 중 아직 감지하지 않은 셀이 있다면 해당 셀에 가장 인접한 셀로 이동한다. 최외곽 셀을 모두 감지한 상태라면, 경계 영역으로부터 가장 가까운 셀이고, 아직 방문하지 않은 셀이 있다면 무인비행체는 해당 셀로 이동한다. 무인비행체는 해당 셀로 이동한 후 레벨 2까지 하강한다. 물론 무인비행체는 이동하면서 감지리스트(sensedList)를 업데이트한다.
- [0068] 도 8은 무인비행체가 구조물을 탐색하는 경로에 대한 예이다. 도 8은 $10 \times 10 \times 10$ 크기의 영역 내에 위치한 어떤 구조물을 도시한다. 구조물은 음영으로 표시된 블록으로 표시하였다. 무인비행체가 화살표로 표시된 경로를 따라 구조물을 탐색한다. 무인비행체는 도 7에서 설명한 알고리즘에 따라 구조물 전체에 대한 구조물 정보를 수집할 수 있다.

[0070] 무인비행체들의 협업

[0071] 복수의 무인비행체가 관심지역을 탐색할 수 있다. 이 경우 탐색의 중첩을 최대한 줄이기 위하여 복수의 무인비행체는 서로 수집한 보를 교환하면서 협업해야 한다. 이를 위해 관심지역을 복수의 영역으로 구분하고, 무인비행체가 구분된 특정 영역을 탐색한다. 관심지역은 균등한 크기를 갖는 영역으로 구분될 수 있다. 관심지역을 일정하게 분할(구분)한 영역을 서브 영역이라고 명명한다. 하나의 무인비행체가 탐색하는 서브 영역은 전술한 타깃 영역에 해당한다. 탐색 시간을 줄이기 위하여 복수의 무인비행체는 복수의 서브 영역에 최대한 균등하게 할당된다. 무인비행체가 서브 영역의 수보다 적다면, 각 무인비행체가 최대한 균등한 서브 영역을 담당하는 것이 바람직하다.

[0072] 서브 영역은 무인비행체의 통신반경(coverage)을 고려하여 설정될 수 있다. 이때 복수의 무인비행체의 통신반경은 동일하다고 가정한다. 무인비행체의 통신반경을 R이라고 하면, 서브 영역은 $R \times R$ 크기의 정사각형일 수 있다. 서브 영역의 크기는 R보다 작은 크기를 가지면 충분하다. 한편 무인비행체는 서브 영역으로 구분되는 관심지역에 대한 정보를 다른 객체(예컨대, 중앙제어장치)로부터 사전에 수신할 수 있다.

[0074] 도 9는 복수의 무인비행체가 관심지역을 탐색하는 과정(300)에 대한 순서도의 예이다. 무인비행체는 자신이 탐색할 서브 영역에 대한 리스트를 갖는다. 탐색할 서브 영역에 대한 리스트를 할당 리스트(assignedList)라고 명명한다. 할당 리스트는 서브 영역에 대한 식별자 및 위치 정보를 포함할 수 있다. 최초 복수의 무인비행체는 각각 전체 서브 영역을 포함하는 할당 리스트를 갖는다.

[0075] 복수의 무인비행체는 각각 어느 서브 영역을 탐색한다(310). 무인비행체는 서브 영역을 탐색하면, 탐색이 완료된 서브 영역에 대한 정보를 저장한다. 무인비행체는 할당 영역 리스트에 해당 내용을 업데이트할 수도 있고, 별도의 방문리스트를 생성할 수도 있다. 설명의 편의를 위해 무인비행체가 탐색한 서브 영역에 대한 리스트를 방문리스트(visitedSubareaList)라고 명명한다. 방문리스트는 할당 영역 리스트에 방문한 서브 영역을 표시한 리스트일 수도 있다.

[0076] 무인비행체는 다른 무인비행체는 만나거나, 모든 서브 영역을 탐색할 때까지 서브 영역을 탐색하는 과정을 반복한다. 무인비행체가 다른 무인비행체를 만난다는 것은 통신 반경 내에 위치하는 다른 무인비행체를 발견한다는 의미이다. 이를 위해 무인비행체는 지속적으로 또는 일정한 간격으로 프로브 패킷을 송신할 수 있다. 무인비행체가 다른 무인비행체가 송신하는 프로브 패킷을 수신하면, 다른 무인비행체를 만났다고 판단할 수 있다. 또는 전술한 바와 같이 무인비행체가 라이다 등을 이용하여 인접한 객체를 감지할 수 있으므로, 통신이 아닌 다른 기법으로 인접한 무인비행체를 검출할 수도 있다. 한편 무인비행체 사이에 장애물이 존재하는 경우 무인비행체는 인접한 다른 무인비행체를 감지하지 못할 수 있다. 이 경우 무인비행체는 다른 무인비행체를 만나지 못하는 것으로 전제한다.

[0077] 무인비행체가 다른 비행체를 만나지 못했다면(320의 NO), 무인비행체는 다른 서브 영역으로 이동(330)하고, 탐색을 수행한다. 이때 무인비행체는 탐색하지 않은 서브 영역 중 현재 탐색한 서브 영역에 가장 가까운 서브 영역으로 이동하여 탐색한다. 거리가 가장 가까운 서브 영역이 복수라면, 무인비행체는 랜덤하게 어느 하나를 선택할 수 있다.

[0078] 무인비행체가 다른 비행체를 만났다면(320의 YES), 무인비행체는 자신이 보유한 방문 정보(방문 리스트)를 교환한다(340). 방문 리스트 교환은 무인비행체 사이의 통신을 통해 수행한다. 무인비행체가 2개 이상의 다른 무인비행체를 만날 수도 있다. 이 경우도 모든 무인비행체가 서로 통신 가능한 반경에 있는 다른 무인비행체와 방문리스트를 교환한다. 무인비행체는 다른 무인비행체로부터 수신한 서브 영역 리스트와 자신의 방문 리스트를 병합한다.

[0079] 무인비행체는 현재의 방문 리스트를 기준으로 모든 서브 영역에 대한 탐색이 완료되었는지 판단한다(350). 완료되지 않았다면(350의 NO), 무인비행체는 교환한 정보를 기준으로 자신이 방문할 서브 영역을 재설정할 수 있다(360). 그리고 무인비행체는 탐색하지 않은 다른 서브 영역으로 이동한다(330).

[0081] 이때 복수의 무인비행체는 다른 무인비행체와 교환한 정보를 이용하여, 남은 서브 영역에 대한 탐색 업무를 분담할 수 있다. 이 과정은 전술한 서브 영역 재설정(360)에 해당한다. 무인비행체는 방문리스트를 기준으로 자신이 앞으로 탐색할 서브 영역을 일정하게 다시 설정할 수 있다. 방문할 서브 영역을 다시 설정하면 무인비행체는 자신이 보유한 할당 리스트를 업데이트한다. 이 과정에 대하여 설명한다.

[0082] 무인비행체는 방문리스트를 보유하고 관리한다. 무인비행체가 보다 효과적으로 서브 영역을 탐색하기 위하여 무

인비행체별로 서브 영역에 대한 가중치를 연산한다. 어떤 서브 영역 $i(S_i)$ 에 대한 가중치 $weight_{S_i}$ 를 아래의 수식 1과 같이 표현할 수 있다.

수학식 1

$$weight_{S_i} = D(Loc_{UAV_k}, C_{S_i}) + \sum_j (D(C_{assignedList_{UAV_k}(j)}, C_{S_i}))$$

[0084]

[0085]

수학식 1에서 Loc_{UAV_k} 는 무인비행체 k의 현재 위치이다. C_{S_i} 는 서브 영역 i의 중심이다. $assignedList_{UAV_k}(j)$ 는 무인비행체 k의 할당리스트에 있는 j번째 서브 영역이다. $D(A,B)$ 는 A와 B의 거리(지리적 거리)를 의미한다. 수학식 1로 정의되는 가중치는 현재 무인비행체의 위치 또는 할당되었지만 아직 방문하지 않은 서브 영역에서 후보 서브 영역 i에 이르는 가능한 모든 경로의 누적 거리에 해당한다.

[0086]

무인비행체는 현재 위치에서 방문하지 않은 서브 영역을 대상으로 수학식 1의 가중치를 연산하고, 가장 가중치가 작은 서브 영역을 선택한다. 무인비행체는 가중치를 이용하여 선택한 서브 영역을 제외하고, 나머지 서브 영역 중 가중치가 가장 작은 서브 영역을 선택한다. 이와 같이 무인비행체는 반복적인 판단 과정을 이용하여 자신이 방문할 서브 영역을 결정한다. 방문한 서브 영역을 판단하는 과정은 복수의 무인비행체 각각에 대하여 수행한다. 방문할 서브 영역 재설정을 마치면, 각 무인비행체는 자신의 방문 리스트를 업데이트한다. 이후 무인비행체는 방문리스트를 기준으로 서브 영역을 방문하고, 탐색을 한다.

[0087]

만약 복수의 무인비행체가 동일한 서브 영역을 선택한다면, 복수의 무인비행체 중 이미 방문한 서브 영역의 개수가 적은 무인비행체가 해당 서브 영역을 선택하도록 한다. 또는 복수의 무인비행체 중 랜덤하게 어떤 하나의 무인비행체가 해당 서브 영역을 선택할 수도 있다.

[0088]

만약 복수의 무인비행체가 동일한 서브 영역을 탐색하고 있다고 확인하면, 해당 서브 영역에서 보다 많은 셀을 이미 탐색한 무인비행체가 해당 서브 영역을 탐색하고, 다른 무인비행체는 다른 서브 영역으로 이동한다.

[0090]

도 10은 무인비행체가 자신의 탐색 영역을 재설정하는 과정에 대한 예이다. 도 10은 40×40 셀 크기의 xy 평면을 10×10 셀 크기의 서브 영역으로 분할한 예이다. 따라서 도 10에서 서브 영역은 모두 16개(S1 내지 S16)이다. 도 10은 두 개의 무인비행체(50A 및 50B)가 서브 영역을 재설정하는 예이다. 무인비행체(50A 및 50B) 각각은 최초 S1 내지 S16을 모두 포함하는 할당리스트를 갖는다. 무인비행체(50A)는 S1를 탐색하고, S5로 이동하여 S5를 탐색한다. 무인비행체(50B)는 S13을 탐색하고, S9로 이동하여 S9를 탐색한다. S5에 위치한 무인비행체(50A)와 S9에 위치한 무인비행체(50B)는 통신 반경에 위치한 상대 무인비행체를 인식하고, 서로 방문 리스트를 교환한다. 이제 무인비행체(50A) 및 무인비행체(50B)는 각각 자신이 방문할 서브 영역을 재설정한다.

[0091]

도 10(A)는 무인비행체(50A) 및 무인비행체(50B)가 방문 리스트 교환하고 처음으로 방문하지 않은 서브 영역에 대한 가중치를 연산하는 과정이다. 도 10(A)에서 서브 영역에 괄호로 표시한 것은 해당 서브 영역 중심이 되는 셀 위치(좌표)에 이다. 무인비행체(50A) 및 무인비행체(50B)는 먼저 현재 위치에 인접한 서브 영역에 대한 가중치를 연산한다. 가중치는 수학식 1에서 설명한 수식에 따라 연산한다. 도 10(A) 하단은 S2, S6, S10, S14에 대하여 연산한 가중치를 도시한다. 무인비행체(50A) 및 무인비행체(50B) 각각에 대하여 가장 가중치가 낮은 서브 영역을 선택한다. 무인비행체(50A)는 S6를 선택하고, 무인비행체(50B)는 S12를 선택한다. 도 10(A)에서 선택한 서브 영역은 굵은 사각형으로 표시하였다.

[0092]

도 10(B)는 도 10(A)에서 서브 영역을 선택한 다음에 가중치를 연산하는 과정이다. 무인비행체(50A) 및 무인비행체(50B)는 자신이 방문한 서브 영역 및 가중치 선택으로 결정한 서브 영역에 인접한 서브 영역을 대상으로 가중치를 각각 연산한다. 도 10(B)는 가중치를 연산한 예를 도시한다. 이제 무인비행체(50A)는 S2를 선택하고, 무인비행체(50B)는 S14를 선택한다.

[0093]

이와 같은 과정을 반복하면서, 무인비행체(50A) 및 무인비행체(50B)는 각각 자신이 방문할 서브 영역을 결정한다. 모든 서브 영역에 대하여 결정이 완료되면, 무인비행체는 방문리스트를 결정한 서브 영역으로 업데이트한다. 이후 무인비행체는 각각 방문리스트를 기준으로 서브 영역을 탐색한다.

- [0094] 서버 영역 탐색 중에 다시 다른 무인비행체를 만나면, 무인비행체는 가중치를 이용한 서버 영역 재설정을 다시 수행한다.
- [0096] 무인비행체가 서버 영역으로 구분한 전체 관심지역을 탐색하면, 관심지역에 통신 노드 기능이 있는 무인비행체를 배치한다. 이하 무인비행체 배치 과정에 대하여 설명한다. 무인비행체는 장애물이 없는 경우 통신반경 R 범위에 대한 통신 서비스가 가능하다고 전제한다. 무인비행체는 관심지역 전체에 통신 서비스를 제공할 수 있는 최소의 개수만 배치하는 것이 바람직하다.
- [0098] **무인비행체 배치**
- [0099] 무인비행체 배치 위치는 3가지 과정으로 결정될 수 있다. 3가지 과정은 서버 영역별 배치 위치 결정, 네트워크 홀(hole) 고려한 배치 위치 결정 및 배치 위치 최적화이다. 각 과정을 순서에 따라 설명한다.
- [0100] 무인비행체 배치 위치는 별도의 중앙제어장치가 결정할 수 있다. 중앙제어 장치가 배치 위치를 결정하면, 각 무인비행체에 대하여 각각의 배치 위치를 전달하고, 무인비행체가 각각의 배치 위치로 이동하여 통신 노드 동작을 수행하게 한다. 경우에 따라서 무인비행체가 자체적으로 자신의 배치위치를 결정할 수도 있다. 다만 복수의 무인비행체가 관심지역에 배치되기 때문에, 전체 배치위치를 단일 기기가 결정하는 것이 바람직하다. 이하 설명의 편의를 위하여 중앙제어장치가 무인비행체의 배치 위치를 결정한다고 가정한다. 배치 위치를 결정하는 객체는 사전에 관심 지역 전체에 대한 지역 정보 및 구조물 정보를 보유한다고 전제한다.
- [0102] **서버 영역별 배치 위치 결정**
- [0103] 중앙제어장치는 각 서버 영역에 대하여 서버 영역별로 무인비행체의 배치 위치를 결정한다. 중앙제어장치가 결정하는 배치 위치는 무인비행체가 이후 배치될 예정 위치에 해당한다. 중앙제어장치가 배치 위치를 결정한 어느 하나의 서버 영역을 타깃 서버 영역이라고 명명한다. 이하 무인비행체가 서버 영역 또는 특정 영역을 담당한다는 표현은 무인비행체가 해당 영역에 대한 통신 커버리지를 갖는다는 의미이다.
- [0104] 먼저 하나의 서버 영역에서 중앙제어장치가 배치 위치를 결정하는 과정을 설명한다. 중앙제어장치는 각 서버 영역에 대하여 동일한 과정으로 배치 위치를 결정한다.
- [0105] (1) 지상 영역 배치
- [0106] 먼저 중앙제어장치는 타깃 서버 영역의 지상 영역(ground space)에 대하여 배치 위치를 결정한다. 무인비행체의 통신 반경을 고려하면, 지상 영역은 지면으로부터 2R 이내의 높이를 갖는 영역이라고 할 수 있다. 즉 지상 영역은 무인비행체가 지면부터 통신을 담당할 수 있는 높이 이내의 영역이다. 중앙제어장치는 지상 영역에 대하여 구조물을 고려하여 가장 많은 셀을 담당할 수 있는 하나의 배치 위치를 결정한다.
- [0107] 하나의 무인비행체가 타깃 서버 영역을 모두 담당하지 못할 수 있다. 타깃 서버 영역에 장애물이 있는 경우이다. 타깃 서버 영역에서 장애물이 있어서 배치된 무인비행체가 담당하지 못하는 셀을 장애 셀(obstructed cell)이라고 명명한다. 장애 셀은 장애물이 위치하지 않지만, 인접한 장애물로 인하여 통신 서비스를 받을 수 없는 셀을 의미한다.
- [0108] 중앙제어장치는 장애 셀을 담당하기 위한 무인비행체의 배치 위치를 추가로 결정한다. 이때 중앙제어장치는 타깃 서버 영역 지상 영역의 모든 장애 셀을 담당할 수 있는 최소 개수의 배치 위치를 결정한다. 중앙제어장치는 타깃 서버 영역 지상 영역에 장애 셀이 없어질 때까지 추가적인 배치 위치를 결정하는 과정을 반복한다.
- [0109] (2) 상부 영역 배치
- [0110] 타깃 서버 영역에 전술한 지상 영역의 높이 이상의 구조물이 있는 경우, 해당 구조물(구조물에 있는 단말이나 AP)에 통신 서비스를 제공하기 위하여 무인비행체가 상부 영역에 배치되어야 한다. 상부 영역은 지상 영역보다 높은 공간을 의미한다. 지상 영역이 2R 높이를 갖는다면, 상부 영역은 '2R + 1c' 이상의 영역에 해당한다. 여기서, c는 셀 높이를 의미한다.
- [0111] 지상 영역을 위한 무인비행체의 배치 높이를 $m = R + 1c$ 이라고 하자. m 보다 낮은 위치에 무인비행체가 배치될 수도 있지만, 무인비행체의 개수를 최대한 줄이기 위하여 지상 영역에 배치되는 무인비행체는 m 높이를 갖는 것이 바람직하다. 레벨 m에 있는 무인비행체는 최대 $n = 2R + 1c$ 높이까지 담당할 수 있다. m + i×n 레벨에 있는 무인비행체는 'i×n 레벨에서 (i+1)×n 레벨까지' 통신을 담당할 수 있다. 여기서, i은 자연수이다.
- [0112] 중앙제어장치는 타깃 서버 영역에 위치하는 구조물의 높이보다 하나 더 높은 레벨 또는 구조물의 옆에 무인비행

체 배치 위치를 결정한다. 구조물의 높이가 ' $i \times n$ 레벨 $\sim m + i \times n$ 레벨' 사이라면, 배치 위치는 구조물의 바로 위가 될 수 있다. 구조물의 높이가 ' $m + i \times n \sim (i+1) \times n$ ' 사이라면, 배치 위치는 구조물의 바로 옆이 될 수 있다. 이 경우 구조물의 높이에 따라 $m, m+n, \dots, m+(i-1) \times n$ 레벨마다 무인비행체가 배치되어야 한다. 따라서 $i-1$ 개의 추가적인 무인비행체가 필요하다.

- [0113] 상부 영역에 배치되는 무인비행체의 xy 평면 위치는 기본적으로 가장 많은 셀을 담당할 수 있는 위치로 결정된다. 무인비행체가 구조물의 측면에서 수직방향으로 배치되는 경우(구조물의 높이가 ' $m + i \times n \sim (i+1) \times n$ '), 무인비행체의 xy 배치 위치는 동일한 것이 바람직하다. 수직방향에서 인접한 무인비행체가 서로 통신 환경이 중첩되어야 하기 때문이다.
- [0114] 하나의 xy 평면에 배치된 무인비행체가 해당 레벨에서 구조물의 모든 영역을 담당하지 못하는 경우, 중앙제어장치는 해당 레벨에서 무인비행체가 담당하지 못하는 구조물의 영역을 담당하도록, 동일 레벨의 다른 위치에 추가적인 배치 위치를 결정한다.
- [0115] 중앙제어장치는 타깃 서브 영역에 있는 모든 구조물에 대하여 통신 서비스가 가능하도록 무인비행체의 배치 위치를 결정한다.
- [0117] 도 11은 서브 영역의 지상 영역에 대한 배치 위치를 결정하는 과정에 대한 예이다. 도 11은 30×30 셀 크기를 갖는 관심지역에 대한 예이다. 도 11은 10×10 셀 크기의 서브 영역을 갖는다. 도 11에서 서브 영역은 굵은 실선 사각형으로 구분하였다. 도 11에서 관심지역 모서리에 도시한 X는 외부 네트워크와 연결되는 AP를 의미한다. 도 11에서 배경 셀과는 다른 색으로 표시한 영역은 구조물이다.
- [0118] 도 11(A)는 지상 영역에서 서브 영역마다 하나의 배치 위치를 결정한 예이다. 중앙제어장치는 하나의 무인비행체가 가장 많은 셀을 담당할 수 있는 배치 위치를 결정한다. 도 11(B)는 서브 영역마다 지상 영역에서 모든 셀에 대한 서비스가 가능하도록 추가적인 배치 위치를 결정한 예이다.
- [0119] 도 12는 서브 영역의 상부 영역에 대한 배치 위치를 결정하는 과정에 대한 예이다. 도 12는 도 11의 관심지역에 대한 것이다. 도 11에서 지상 영역의 배치 위치를 결정하고, 이후 상부 영역에 대한 배치 위치를 결정하는 예이다. 중앙제어장치는 구조물의 높이를 고려하여 추가적으로 무인비행체의 배치 위치를 결정한다. 도 12(A)는 xy 평면에서 추가된 배치 위치를 도시한다. 추가된 배치 위치는 굵은색 실선 사각형으로 표시하였다. 도 12(B)는 도 12(A)에서 도시한 배치 위치를 3차원 형태로 표현하였다.
- [0121] 네트워크 홀(hole) 고려한 배치 위치 결정
- [0122] 서브 영역별로 구조물을 고려하여 무인 비행체의 배치 위치를 결정했지만, 네트워크 홀이 발생할 수 있다. 네트워크 홀은 적어도 어느 하나의 무인비행체가 다른 무인비행체와 통신하지 못하는 상황을 의미한다. 또는 네트워크 홀은 서브 영역에서는 네트워크를 구성하지만 무인 비행체가 서브 영역이나 서브 영역 밖에 있는 AP와는 통신할 수 있는 경로가 없는 상황일 수도 있다. 인접 무인비행체 또는 AP에 연결되지 않는 무인비행체를 고립 무인비행체라고 명명한다.
- [0123] 중앙제어장치는 네트워크 홀이 있는지 판단하여 해당 네트워크 홀을 메울 수 있는 무인비행체의 배치 위치를 추가적으로 결정한다. 네트워크 홀을 메우기 위하여 추가되는 무인비행체를 중계 무인비행체라고 명명한다.
- [0124] 중앙제어장치는 고립 무인비행체가 하나의 중계 무인비행체를 통해 직접 AP에 연결가능하다면, 중계 무인비행체 위치를 추가적인 배치 위치로 결정한다. 중앙제어장치는 고립 무인비행체가 하나의 중계 무인비행체를 통해 직접 AP에 연결될 수 없는 상황이라면, 다른 무인비행체를 통해 AP에 연결될 수 있는 경로에 연결가능한 위치를 추가적인 배치 위치로 결정한다. 이때 중앙제어장치는 AP에 연결되는 홉(hop) 수가 가장 적은 위치로 추가적인 배치 위치를 결정한다. 나아가 중앙제어장치는 추가적인 배치 위치가 다른 무인비행체나 AP와 직선 경로(LoS)를 구성하도록 위치를 결정한다.
- [0125] 도 13은 네트워크 홀을 고려한 배치 위치에 대한 예이다. 도 13은 도 12에서 서브 영역별로 배치 위치가 결정된 상태를 전제로 한다. 도 12(A)에서 점선 원으로 표시한 위치는 네트워크 홀을 나타낸다. 중앙제어장치는 네트워크 홀을 메우기 위한 추가적인 배치 위치를 결정한다. 도 13에서 네트워크 홀을 메우기 위한 추가적인 배치 위치를 실선 사각형으로 표시하였다.
- [0127] 배치 위치 최적화
- [0128] 네트워크 홀을 고려한 배치 위치를 결정하고 나면, 하나의 무인비행체로 통신 제공가능한 영역에 두 개 이상의

무인비행체가 배치될 수 있다. 이 경우 중앙제어장치는 무인비행체 개수를 최소화하기 위한 동일 영역에 중첩된 무인비행체를 제거할 수 있다. 이 과정은 무인비행체의 배치 위치 최적화이다. 최적화는 최소 개수의 무인비행체로 관심지역에 통신 네트워크를 구성하기 위한 것이다.

[0129] 다양한 기준으로 최적화를 수행할 수 있다. 예컨대, 중앙제어장치는 R/2 크기 반경에 두 개의 무인비행체 배치 위치가 있고, 서로 통신 반경이 60% 이상 중첩되는 경우 어느 하나의 무인비행체 배치 위치를 제거할 수 있다. 중앙제어장치는 네트워크 홀이 발생하지 않는다는 조건을 전제로 최적화를 수행할 수 있다.

[0131] 도 14는 배치 위치 최적화 과정에 대한 예이다. 도 14는 도 13에서 추가적인 배치 위치를 결정한 상태를 전제로 한다. 도 14(A)는 도 13과 동일하다. 도 14(A)에서 점선 실선으로 표시한 영역이 일정한 무인비행체들이 중첩되는 영역이다. 중앙제어장치는 사전에 결정된 일정 기준에 따라 중첩된 영역에 위치한 무인비행체들의 배치 위치 중 적어도 하나를 제거한다. 도 14(B)는 도 14(A)에서 중첩된 배치 위치 중 어느 하나가 제거된 상태이다. 도 14(B)는 배치 위치에 대한 최적화가 수행된 결과이다.

[0133] 또한, 상술한 바와 같은 무인비행체 배치 위치 결정 방법은 컴퓨터에서 실행될 수 있는 실행가능한 알고리즘을 포함하는 프로그램(또는 어플리케이션)으로 구현될 수 있다. 상기 프로그램은 비일시적 판독 가능 매체(non-transitory computer readable medium)에 저장되어 제공될 수 있다.

[0134] 비일시적 판독 가능 매체란 레지스터, 캐쉬, 메모리 등과 같이 짧은 순간 동안 데이터를 저장하는 매체가 아니라 반영구적으로 데이터를 저장하며, 기기에 의해 판독(reading)이 가능한 매체를 의미한다. 구체적으로는, 상술한 다양한 어플리케이션 또는 프로그램들은 CD, DVD, 하드 디스크, 블루레이 디스크, USB, 메모리카드, ROM 등과 같은 비일시적 판독 가능 매체에 저장되어 제공될 수 있다.

[0136] 본 실시례 및 본 명세서에 첨부된 도면은 전술한 기술에 포함되는 기술적 사상의 일부를 명확하게 나타내고 있는 것에 불과하며, 전술한 기술의 명세서 및 도면에 포함된 기술적 사상의 범위 내에서 당업자가 용이하게 유추할 수 있는 변형 예와 구체적인 실시례는 모두 전술한 기술의 권리범위에 포함되는 것이 자명하다고 할 것이다.

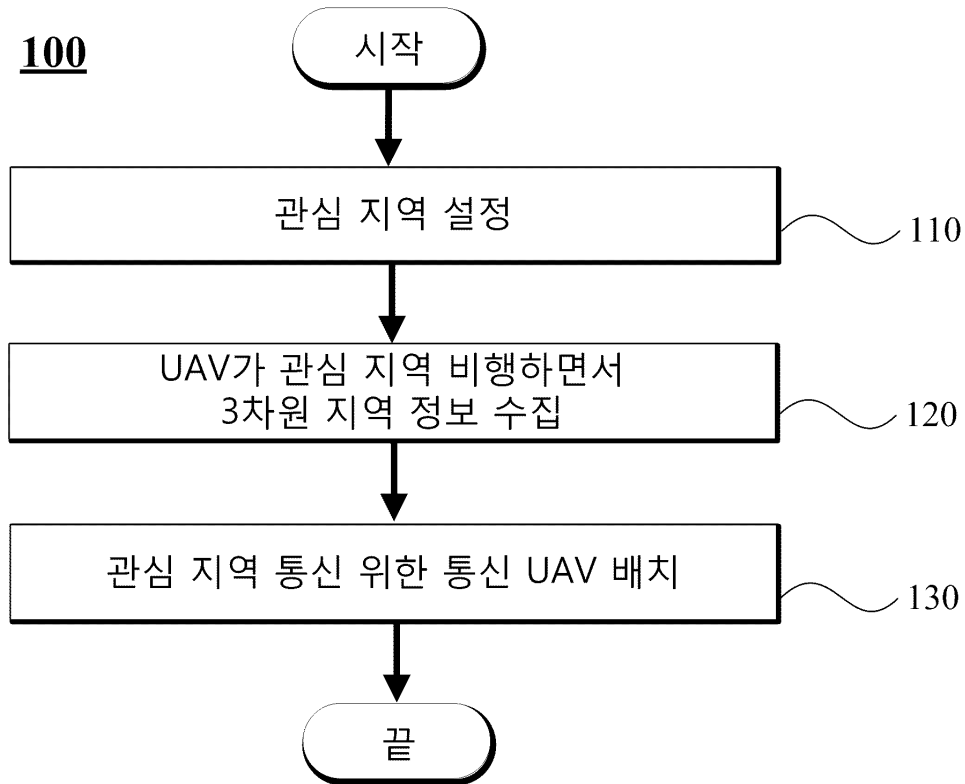
부호의 설명

[0137] 50, 50A, 50B : 무인비행체

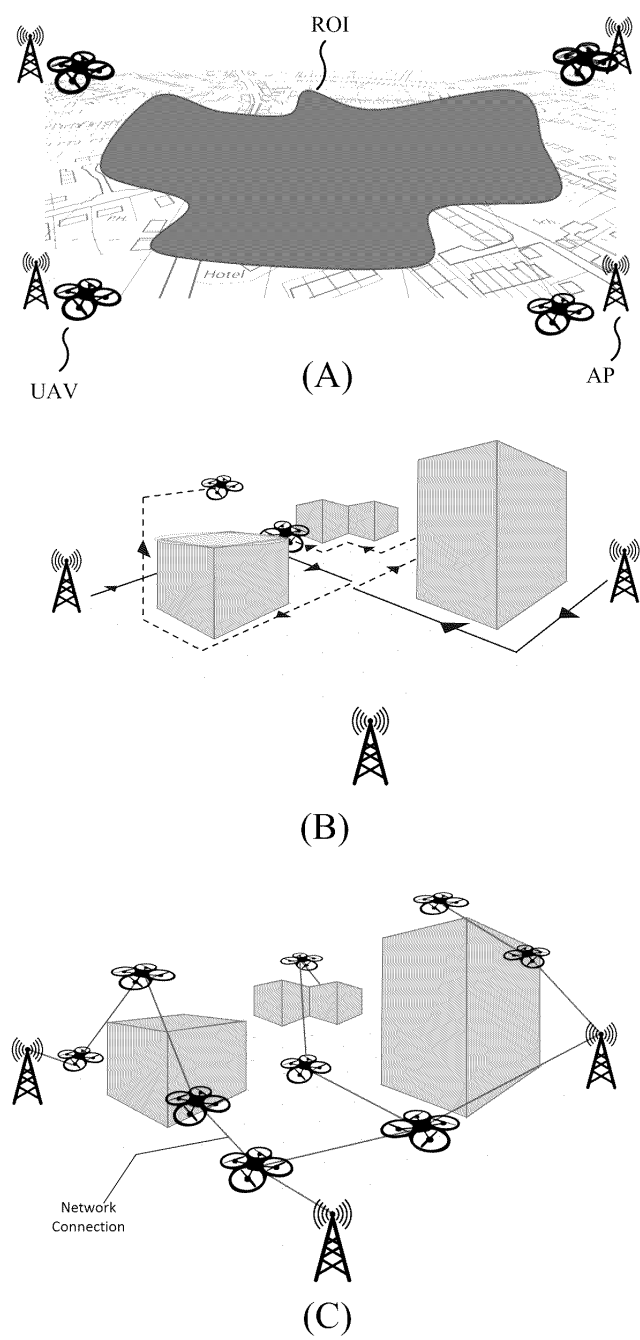
도면

도면1

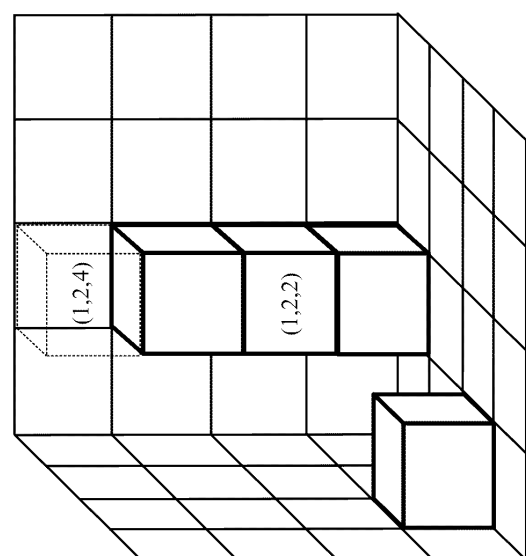
100



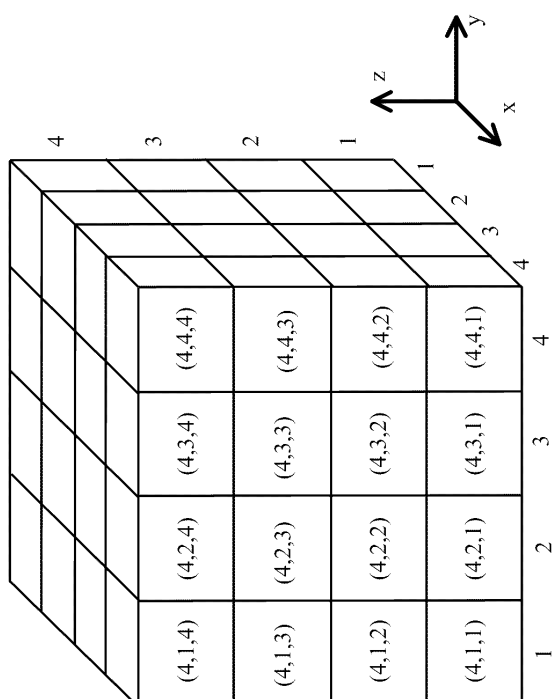
도면2



도면3

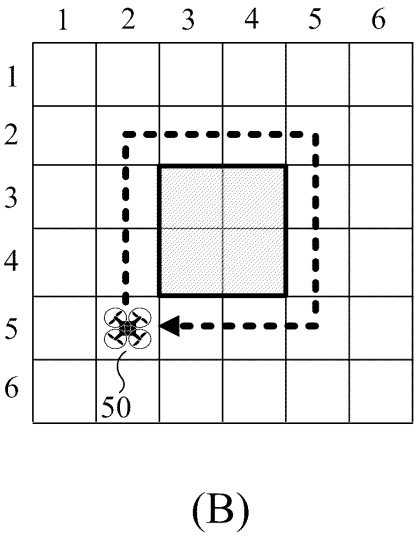
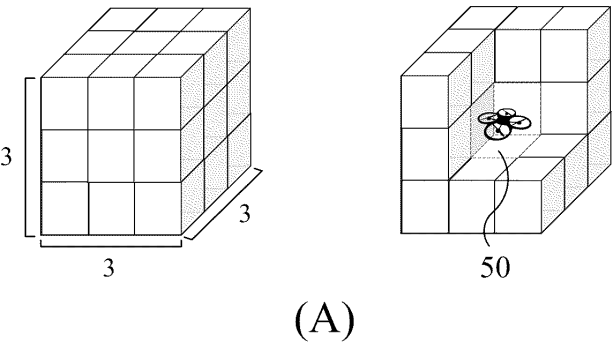


(B)

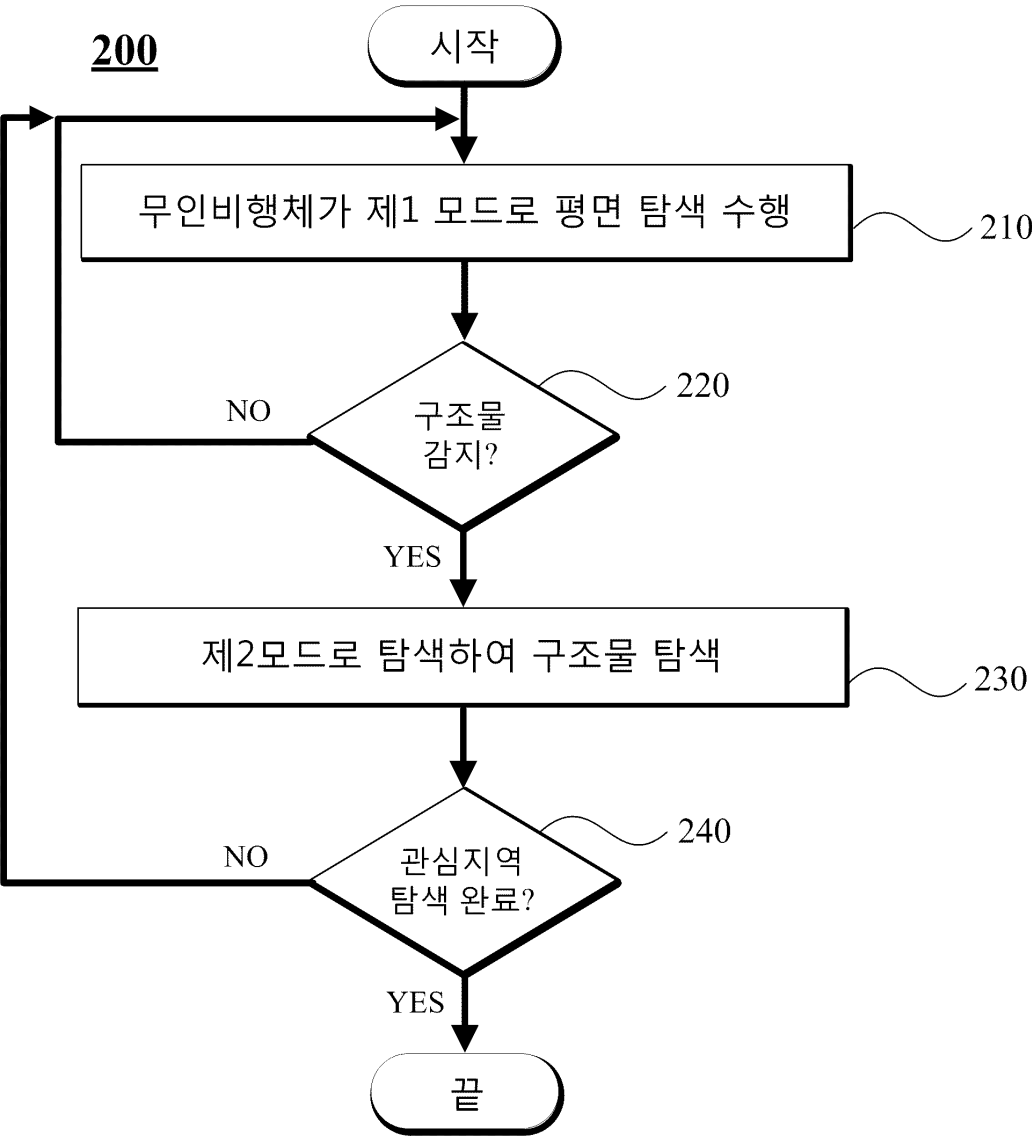


(A)

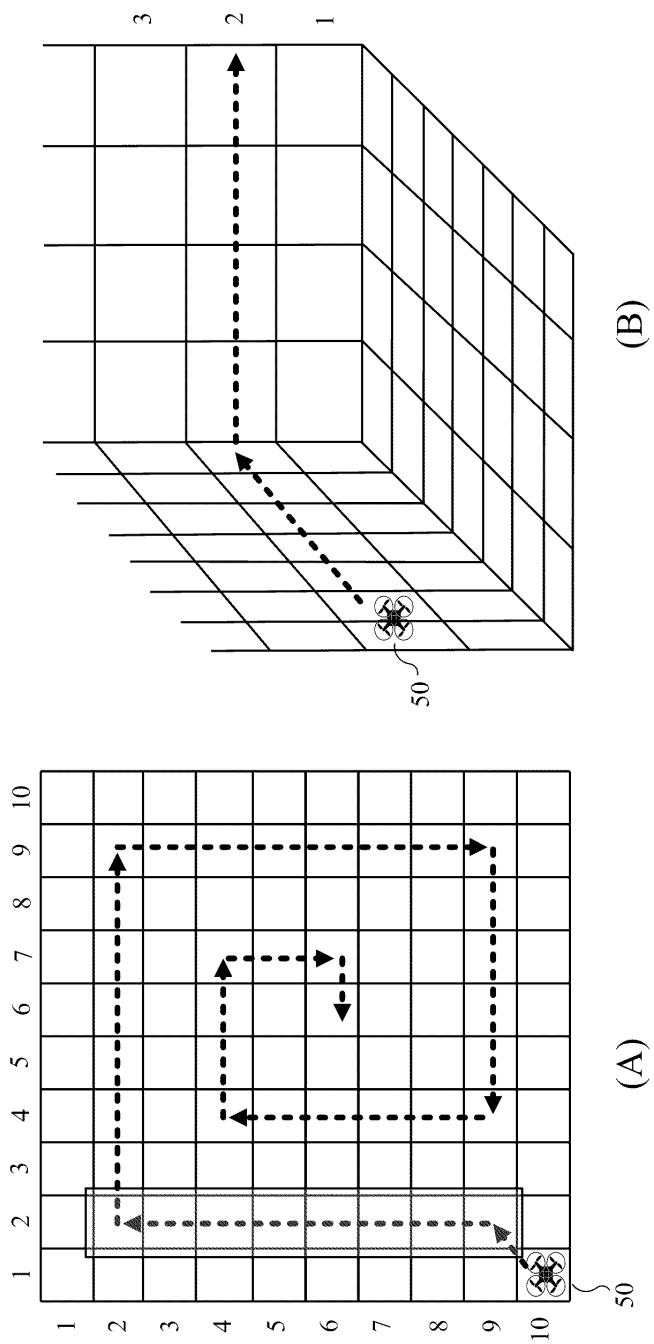
도면4



도면5



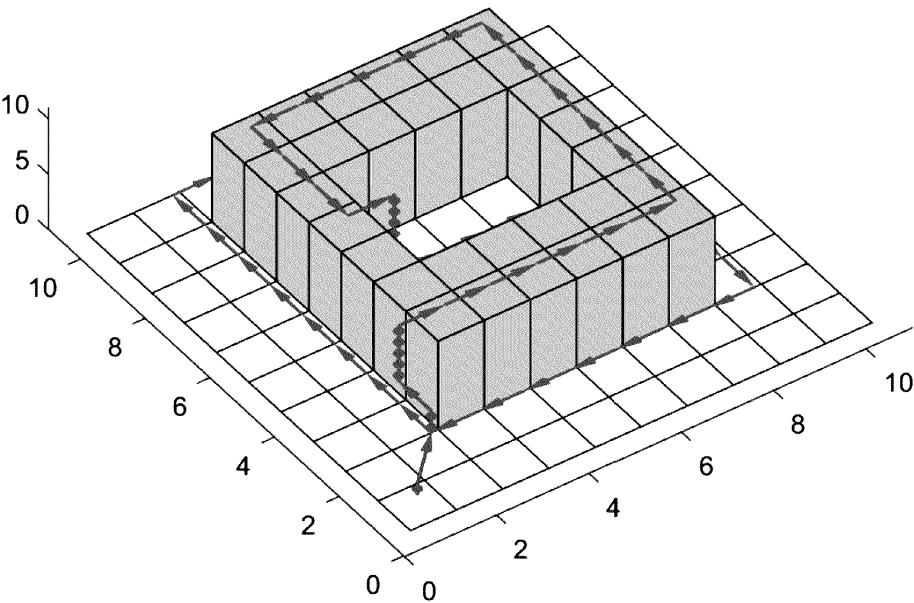
도면6



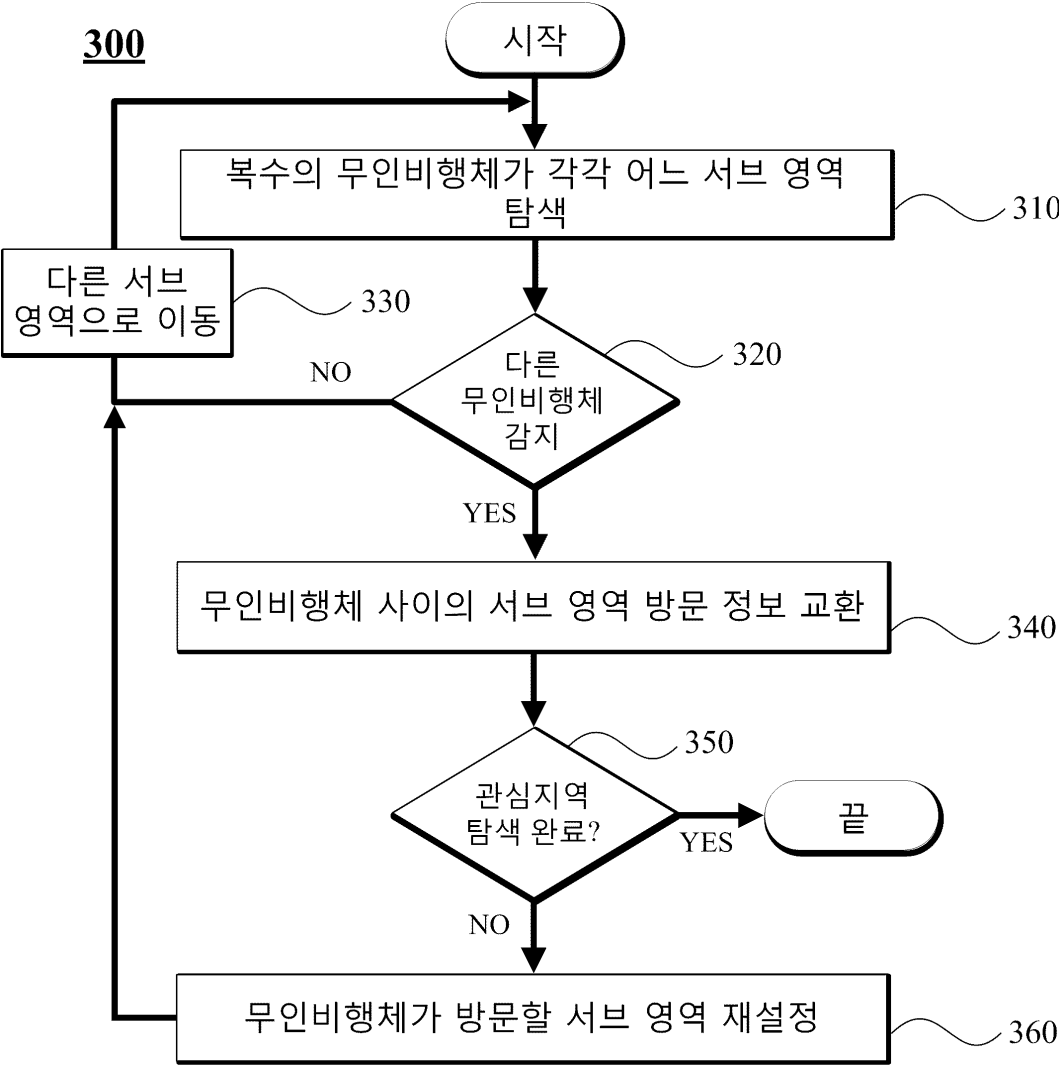
도면7

Obstacle detection (제2 모드 탐색)	
1:	if (At least one $C_{xyz} = 1$ in sensor range) then
2:	// i) Obstacle base encircling
3:	G = current position (starting location of obstacle exploring);
4:	while $next_cell \neq G$ && $next_cell \neq$ border cell do
5:	Find Cardinal Direction (of UAV's sensing area) which has $C_{xyz} = 1$;
6:	if ($C_{xyz} = 1$ is at East or NorthEast side) then
7:	Go to North;
8:	else if ($C_{xyz} = 1$ is at South or Southeast side) then
9:	Go to East;
10:	else if ($C_{xyz} = 1$ is at West or Southwest side) then
11:	Go to South;
12:	else if ($C_{xyz} = 1$ is at North or Northwest side) then
13:	Go to West;
14:	end if
15:	Update <i>sensedList</i>
16:	Save the detected obstacle cell in <i>obstacleList</i> ;
17:	end while
18:	// ii) Obstacle height exploration
19:	Increase z to 4 & update <i>sensedList</i> ;
20:	<i>innerList</i> = cells encircled by <i>obstacleList</i> ;
21:	$S = xy$ location of cell in <i>obstacleList</i> (which has max(# of unexplored adjacent obstacle cells));
22:	while (S exist) do
23:	$destCell = [x \text{ of } S, y \text{ of } S, \text{current } z \text{ level}]$;
24:	Count # of cells in <i>obstacleList</i> on the way if we go to $destCell$'s x first with current y then go to $destCell$'s y ; or go to $destCell$'s y first with current x then go to $destCell$'s x . A <i>path</i> with max # of cells is chosen, else selected in random.
25:	while (Go to $destCell$ following the <i>path</i>) do
26:	if There exist higher level obstacles on the way to $destCell$ then
27:	Do hill climbing and descending until there is an obstacle right below;
28:	$H_{xy} = z - 1$, with xy of current position;
29:	end if
30:	Update <i>sensedList</i>
31:	end while
32:	Update S (from unvisited cells $\in \{obstacleList \cup innerList\}$);
33:	end while
34:	// iii) Descend to the lowest level
35:	If there is unvisited border/near border cell nearby, UAV goes to that cell. Else should go to the closest unvisited cell at current z .
36:	Decrease UAV's z value until $z = 2$ & Update <i>sensedList</i> ;
37:	end if

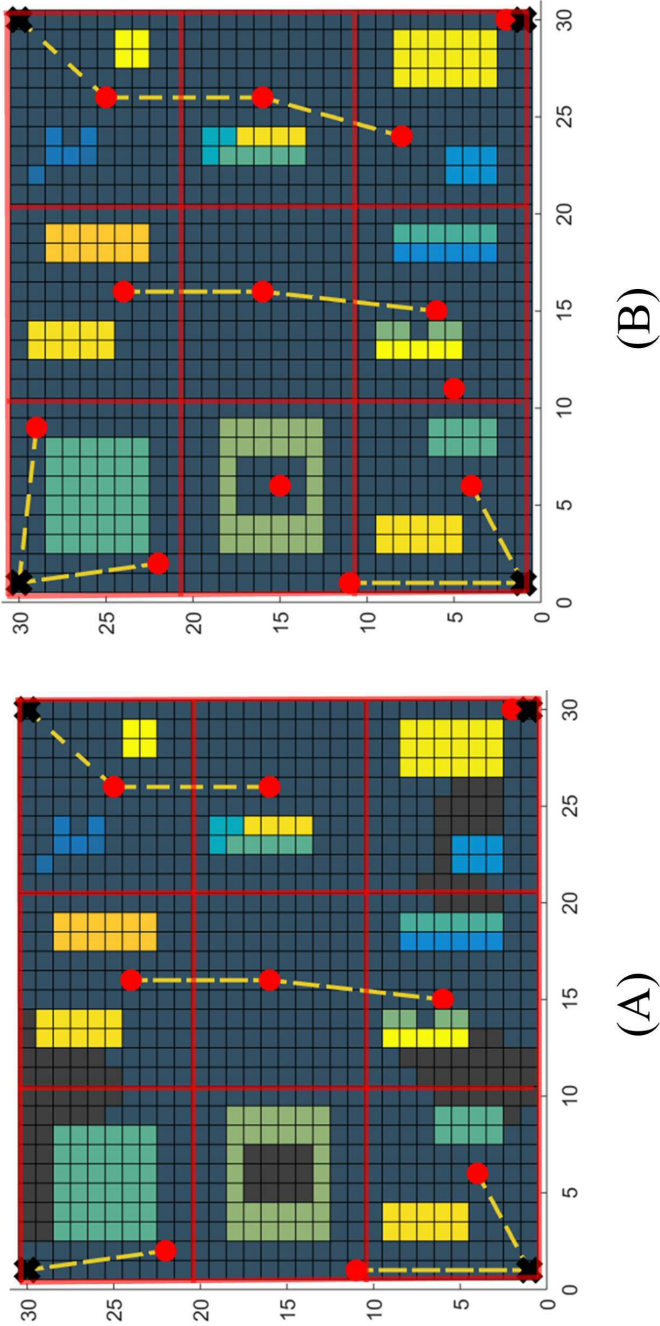
도면8



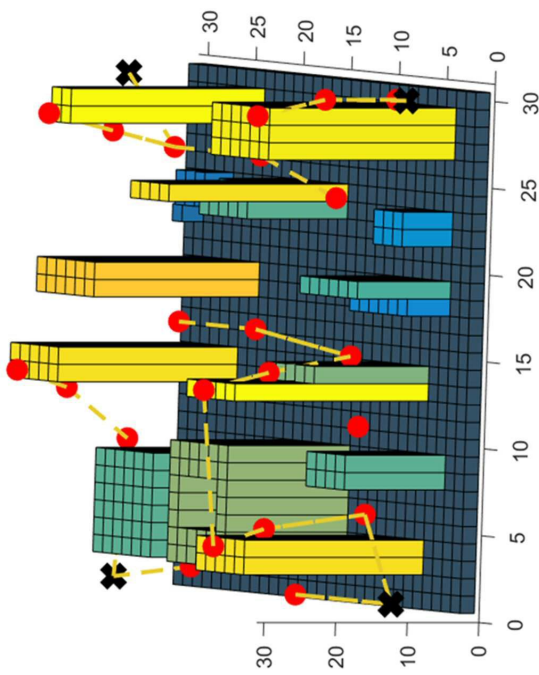
도면9



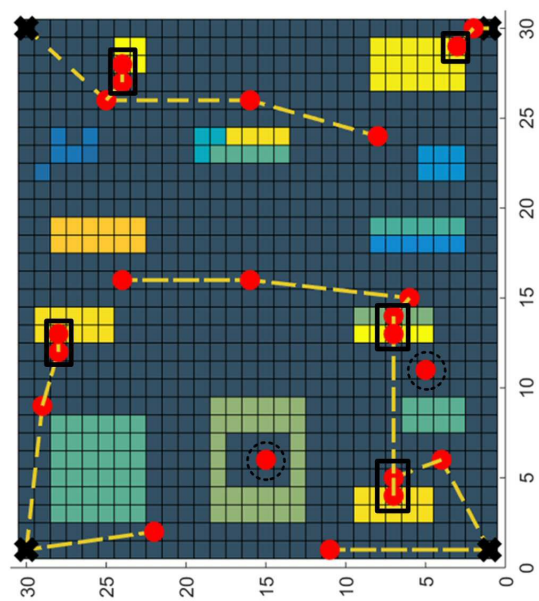
도면11



도면12

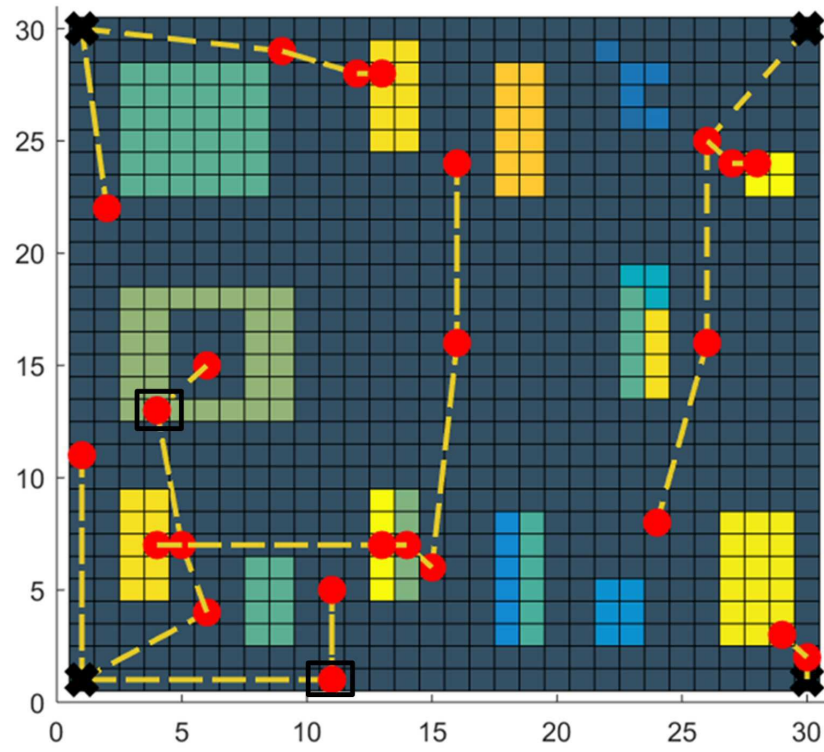


(B)



(A)

도면13



도면14

