



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년03월27일
(11) 등록번호 10-2094414
(24) 등록일자 2020년03월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04W 64/00 (2009.01) H04W 84/00 (2009.01)
H04W 84/06 (2019.01) H04W 84/18 (2009.01)
(52) CPC특허분류
H04W 64/00 (2013.01)
H04W 84/005 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0157050
(22) 출원일자 2018년12월07일
심사청구일자 2018년12월07일
(56) 선행기술조사문헌
Narangerelt Batsoyol 외 2명, Constructing Full-Coverage 3D UAV Ad-Hoc Networks Through Collaborative Exploration in Unknown Urban Environments, In Proceedings of IEEE ICC (Ad-Hoc and Sensor Networking S*
J. Sanchez-Garcia 외 3명, A self-organizing aerial ad hoc network mobility model for disaster scenarios, 2015 International Conference on Developments of E-Systems Engineering (DeSE)*
KR1020170000556 A
KR101686335 B1
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
이화여자대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 이화여대길 52 (대현동, 이화여자대학교)
(72) 발명자
이형준
서울특별시 성동구 매봉길 50, 120동 205호(옥수동, 옥수 파크힐스)
바트서열 나랑게렐트
인천광역시 남동구 석정로 555, 가동 201호
(74) 대리인
특허법인(유한)아이시스

전체 청구항 수 : 총 12 항

심사관 : 양찬호

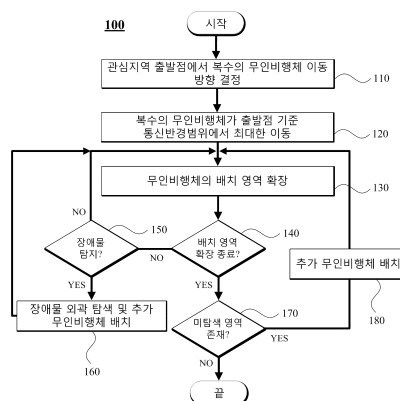
(54) 발명의 명칭 애드혹 네트워크를 구성하는 점진적 무인비행체 배치 방법

(57) 요약

관심지역에 애드혹 네트워크를 구성하는 점진적 무인비행체 배치 방법은 복수의 무인비행체가 관심지역에서 통신 링크를 제공하는 지점을 시작점으로 상기 관심지역을 탐색하기 위한 서로 다른 이동 방향을 결정하는 단계, 상기 복수의 무인비행체 각각이 상기 지점으로부터 출발하여 상기 지점과 통신가능반경의 경계까지 상기 이동 방향으

(뒷면에 계속)

대표도 - 도2



로 이동하는 단계, 상기 복수의 무인비행체 중 어느 하나의 무인비행체가 무선링크를 통해 상기 지점과 연결 가능한 상태에서 이웃 무인비행체를 기준으로 새로운 배치 지점으로 이동하여 배치 영역을 확장하는 단계 및 상기 복수의 무인비행체 모두가 무선링크를 통해 상기 지점과 연결 가능한 조건에서 더 이상 배치 영역을 확장할 수 없을 때까지 상기 복수의 무인비행체 각각에 대하여 상기 확장하는 단계를 반복하는 단계를 포함한다. 상기 배치 영역은 상기 관심지역에서 상기 복수의 무인비행체가 상기 복수의 무인비행체 중 적어도 하나를 통해 상기 지점과 통신 가능한 영역이다.

(52) CPC특허분류

~~H04W~~ 84/06 (2019.01)

~~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

복수의 무인비행체가 관심지역에서 통신링크를 제공하는 지점을 시작점으로 상기 관심지역을 탐색하기 위한 서로 다른 이동 방향을 결정하는 단계;

상기 복수의 무인비행체 각각이 상기 지점으로부터 출발하여 상기 지점과 통신가능반경의 경계까지 상기 이동 방향으로 이동하는 단계;

상기 복수의 무인비행체 중 어느 하나의 무인비행체가 무선링크를 통해 상기 지점과 연결 가능한 상태에서 이웃 무인비행체를 기준으로 새로운 배치 지점으로 이동하여 배치 영역을 확장하는 단계; 및

상기 복수의 무인비행체 모두가 무선링크를 통해 상기 지점과 연결 가능한 조건에서 더 이상 배치 영역을 확장할 수 없을 때까지 상기 복수의 무인비행체 각각에 대하여 상기 확장하는 단계를 반복하는 단계를 포함하되,

상기 배치 영역은 상기 관심지역에서 상기 복수의 무인비행체가 상기 복수의 무인비행체 중 적어도 하나를 통해 상기 지점과 통신 가능한 영역이고,

상기 배치 영역을 확장하는 단계는 상기 어느 하나의 무인비행체의 새로운 배치 지점 및 상기 이웃 무인비행체의 배치 지점이 구성하는 면적이 최대가 되도록 상기 새로운 배치 지점을 결정하는 관심지역에 애드혹 네트워크를 구성하는 점진적 무인비행체 배치 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 복수의 무인비행체는 서로 중복되지 않는 영역을 탐색하도록 상기 지점에서 서로 다른 방향으로 분산 이동하도록 상기 이동 방향을 결정하는 관심지역에 애드혹 네트워크를 구성하는 점진적 무인비행체 배치 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 배치 영역을 확장하는 단계는

상기 어느 하나의 무인비행체가 통신가능범위에 적어도 2개의 이웃 무인비행체가 있는 경우, 상기 어느 하나의 무인비행체의 새로운 배치 지점 및 상기 2개의 이웃 무인비행체의 위치가 구성하는 삼각형의 면적이 최대가 되는 상기 새로운 배치지점으로 상기 어느 하나의 무인비행체가 이동하는 관심지역에 애드혹 네트워크를 구성하는 점진적 무인비행체 배치 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 배치 영역을 확장하는 단계는

상기 어느 하나의 무인비행체가 통신가능범위에 하나의 이웃 무인비행체만 있는 경우, 상기 어느 하나의 무인비행체의 현재 위치, 상기 하나의 이웃 무인비행체의 위치 및 상기 어느 하나의 무인비행체의 새로운 배치 지점이 구성하는 삼각형의 면적이 최대가 되는 상기 새로운 배치지점으로 상기 어느 하나의 무인비행체가 이동하는 관심지역에 애드혹 네트워크를 구성하는 점진적 무인비행체 배치 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 복수의 무인비행체 중 어느 하나의 무인비행체가 상기 관심지역 탐색 중에 장애물을 만난 경우, 상기 복수의 무인비행체 중 어느 하나 또는 새로운 무인비행체가 상기 장애물의 외곽 영역을 탐색하여 상기 관심지역에서

상기 장애물이 차지하는 영역을 확인하고,

상기 장애물로 인한 통신 장애를 방지할 수 있는 위치에 상기 복수의 무인비행체 중 어느 하나 또는 새로운 무인비행체를 배치하고, 상기 관심지역 탐색이 종료되지 않은 경우 상기 장애물을 만난 무인비행체 또는 새로운 무인비행체가 상기 장애물을 만난 무인비행체의 이동 방향으로 계속 이동하는 관심지역에 애드혹 네트워크를 구성하는 점진적 무인비행체 배치 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 배치 영역 확장이 종료되었는데 상기 관심지역에서 상기 복수의 무인비행체 중 적어도 하나의 이동방향으로 탐색되지 못한 영역이 있는 경우, 상기 탐색되지 못한 영역에 새로운 무인비행체를 배치하고, 상기 복수의 무인비행체 및 상기 새로운 무인비행체를 기준으로 상기 배치 영역을 확장하는 단계를 더 수행하는 관심지역에 애드혹 네트워크를 구성하는 점진적 무인비행체 배치 방법.

청구항 7

복수의 서버 영역으로 구분되는 관심지역에 무인비행체를 배치하되, 상기 복수의 서버 영역 중 어느 하나의 서버 영역에 대한 무인비행체 배치 과정은

복수의 무인비행체가 상기 어느 하나의 서버 영역에서 통신링크를 제공하는 지점을 시작점으로 상기 어느 하나의 서버 영역을 탐색하기 위한 서로 다른 이동 방향을 결정하는 단계;

상기 복수의 무인비행체 각각이 상기 지점으로부터 출발하여 상기 지점과 통신가능반경의 경계까지 상기 이동 방향으로 이동하는 단계;

상기 복수의 무인비행체 중 어느 하나의 무인비행체가 무선링크를 통해 상기 지점과 연결 가능한 상태에서 이웃 무인비행체를 기준으로 새로운 배치 지점으로 이동하여 배치 영역을 확장하는 단계; 및

상기 복수의 무인비행체 모두가 무선링크를 통해 상기 지점과 연결 가능한 조건에서 상기 어느 하나의 서버 영역에서 더 이상 배치 영역을 확장할 수 없을 때까지 상기 복수의 무인비행체 각각에 대하여 상기 확장하는 단계를 반복하는 단계를 포함하되,

상기 배치 영역은 상기 관심지역에서 상기 복수의 무인비행체가 상기 복수의 무인비행체 중 적어도 하나를 통해 상기 지점과 통신 가능한 영역이고,

상기 배치 영역을 확장하는 단계는 상기 어느 하나의 무인비행체의 새로운 배치 지점 및 상기 이웃 무인비행체의 배치 지점이 구성하는 면적이 최대가 되도록 상기 새로운 배치 지점을 결정하는 관심지역에 애드혹 네트워크를 구성하는 점진적 무인비행체 배치 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 배치 영역을 확장하는 단계는

상기 어느 하나의 무인비행체가 통신가능범위에 적어도 2개의 이웃 무인비행체가 있는 경우, 상기 어느 하나의 무인비행체의 새로운 배치 지점 및 상기 2개의 이웃 무인비행체의 위치가 구성하는 삼각형의 면적이 최대가 되는 상기 새로운 배치지점으로 상기 어느 하나의 무인비행체가 이동하고,

상기 어느 하나의 무인비행체가 통신가능범위에 하나의 이웃 무인비행체만 있는 경우, 상기 어느 하나의 무인비행체의 현재 위치, 상기 하나의 이웃 무인비행체의 위치 및 상기 어느 하나의 무인비행체의 새로운 배치 지점이 구성하는 삼각형의 면적이 최대가 되는 상기 새로운 배치지점으로 상기 어느 하나의 무인비행체가 이동하는 관심지역에 애드혹 네트워크를 구성하는 점진적 무인비행체 배치 방법.

청구항 9

제7항에 있어서,

상기 배치 영역 확장이 종료되었는데 상기 관심지역에서 상기 복수의 무인비행체 중 적어도 하나의 이동방향으로

로 탐색되지 못한 영역이 있는 경우, 상기 탐색되지 못한 영역에 새로운 무인비행체를 배치하고, 상기 복수의 무인비행체 및 상기 새로운 무인비행체를 기준으로 상기 배치 영역을 확장하는 단계를 더 수행하는 관심지역에 애드혹 네트워크를 구성하는 점진적 무인비행체 배치 방법.

청구항 10

제7항에 있어서,

상기 관심지역에 배치된 무인비행체 중 네트워크 단절이 발생하지 않는 조건으로 상기 관심지역에 배치된 무인비행체 중 적어도 하나를 제거하는 단계를 더 포함하는 관심지역에 애드혹 네트워크를 구성하는 점진적 무인비행체 배치 방법.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 무인비행체 중 적어도 하나를 제거하는 단계는

상기 관심지역에 배치된 무인비행체 중 1홉 거리의 이웃 무인비행체가 많은 순서로 타깃 무인비행체를 선정하고, 상기 타깃 무인비행체와 1홉 거리의 이웃 무인비행체 중 기준값 이상 상기 타깃 무인비행체와 중첩된 영역에 네트워크를 제공하는 무인비행체를 하나의 클러스터로 구성하는 단계;

복수의 클러스터 각각에 대하여 클러스터에 속한 무인비행체들이 제공하는 초기 네트워크 커버리지의 감소율이 기준값 이하가 될 때까지 상기 클러스터에 속한 무인비행체 중 어느 하나를 제거하는 단계; 및

상기 복수의 클러스터 전체에 속한 무인비행체들이 제공하는 초기 네트워크 커버리지의 감소율이 기준값 이하가 될 때까지 상기 관심지역에 배치된 무인비행체 중 어느 하나를 제거하는 단계를 포함하는 관심지역에 애드혹 네트워크를 구성하는 점진적 무인비행체 배치 방법.

청구항 12

컴퓨터에서 제1항 내지 제6항 중 어느 하나의 항에 기재된 관심지역에 애드혹 네트워크를 구성하는 점진적 무인비행체 배치 방법을 실행하기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록 매체.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 이하 설명하는 기술은 애드혹 네트워크를 구성하기 위한 무인비행체 배치 기법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 현재 무선통신은 인간생활에 필수적이 기술이 되었다. IoT 서비스와 더불어 5G 통신으로 발전하는 상황에서 무선통신에 장애가 발생하는 경우, 인간의 삶에 치명적인 문제가 발생할 수 있다. 한편 드론(drone)과 같은 무인비행체(Unmanned Aerial Vehicles, UAV)를 이용한 다양한 서비스가 주목받고 있다. 예컨대, 통신 음영 지역에서 무인비행체를 이용한 중계 서비스를 연구하고 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] 무인비행체가 관심지역에 대한 무선통신네트워크를 제공하기 위해서 배치 위치를 결정해야 한다. 무인비행체가 관심지역을 탐색하면서 배치 위치를 결정하는 방법은 관심지역이 넓고 복잡한 경우 배치 위치 결정에만 많은 시간이 소요될 수 있다.
- [0005] 이하 설명하는 기술은 관심지역에서 점진적으로 네트워크 범위를 확장하는 방식으로 무인비행체의 배치 위치를 결정하는 방법을 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

- [0006] 애드혹 네트워크를 구성하는 점진적 무인비행체 배치 방법은 복수의 무인비행체가 관심지역에서 통신링크를 제공하는 지점을 시작점으로 상기 관심지역을 탐색하기 위한 서로 다른 이동 방향을 결정하는 단계, 상기 복수의 무인비행체 각각이 상기 지점으로부터 출발하여 상기 지점과 통신가능반경의 경계까지 상기 이동 방향으로 이동하는 단계, 상기 복수의 무인비행체 중 어느 하나의 무인비행체가 무선링크를 통해 상기 지점과 연결 가능한 상태에서 이웃 무인비행체를 기준으로 새로운 배치 지점으로 이동하여 배치 영역을 확장하는 단계 및 상기 복수의 무인비행체 모두가 무선링크를 통해 상기 지점과 연결 가능한 조건에서 더 이상 배치 영역을 확장할 수 없을 때까지 상기 복수의 무인비행체 각각에 대하여 상기 확장하는 단계를 반복하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

- [0007] 이하 설명하는 기술은 점진적으로 네트워크를 확장하여 관심지역 또는 관심지역 일부에 빠르게 네트워크 서비스를 제공한다.

도면의 간단한 설명

- [0008] 도 1은 무인비행체가 배치되는 관심지역에 대한 예이다.
- 도 2는 무인비행체가 관심지역에서 네트워크를 형성하는 과정에 대한 순서도의 예이다.
- 도 3은 서브 영역에서 무인비행체의 분산 이동에 대한 예이다.
- 도 4는 무인비행체가 배치 영역을 확장하는 기준에 대한 예이다.
- 도 5는 서브 영역에서 무인비행체가 배치 영역을 확장하는 과정에 대한 예이다.
- 도 6은 서브 영역에서 무인비행체가 장애물을 탐색하는 과정에 대한 예이다.
- 도 7은 서브 영역에서 추가 무인비행체를 배치하는 과정에 대한 예이다.
- 도 8은 무인비행체가 관심지역에서 네트워크를 형성하는 과정에 대한 순서도의 다른 예이다.
- 도 9는 관심지역에 배치된 무인비행체 최적화에 대한 순서도의 예이다.
- 도 10은 관심지역에 배치된 무인비행체에 대한 최적화 과정의 예이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0009] 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.
- [0010] 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.

- [0011] 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.
- [0012] 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.
- [0013] 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.
- [0015] 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.
- [0016] 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.
- [0017] 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.
- [0018] 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 이동을 시작하는 지점을 기준으로 정의되는 관심지역을 탐색할 수도 있다. 또 무인비행체는 일정 거리에 있는 물체(장애물)를 감지할 수 있다. 일정거리의 객체를 감지하는 기술은 다양하다.
- [0019] 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.
- [0020] 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.
- [0021] 관심지역은 건물, 구조물, 물건 등 다양한 장애물(obstacle)이 있을 수 있다. 장애물은 관심지역에 배치된 특정 객체이다. 장애물은 관심지역에 고정된 객체로 전제한다.
- [0022] 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 장애물에 대한 장애물 정보를 포함할 수 있다. 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. 장애물 정보는 3차원 공간의 정보를 포함한다. 장애물 정보는 지상으로 돌출된 장애물의 위치, 크기 및 형태를 정의한다. 장애물 정보는 3차원 좌표로 나타낼 수 있다. 다만, 이하 설명의 편의를 위하여 관심지역의 장애물의 높이는 고려하지 않고, 2차원 정보만을 탐색하여 무인비행체의 배치위치를 결정한다고 가정한다.

[0023] 무인비행체는 관심지역을 이동하면서 관심지역을 탐색한다. 무인비행체는 관심지역을 탐색하면서 네트워크 구성을 위한 무인비행체의 배치 위치를 결정한다. 무인비행체는 다른 무인비행체의 배치 위치를 고려하여 자신의 배치 위치를 갱신할 수도 있다. 이하 설명하는 기술은 무인비행체가 배치된 위치에서 통신을 수행하고, 이후에도 점진적으로 배치 위치를 갱신하면서 통신 가능한 영역을 확대한다. 즉, 이하 설명하는 기술은 무인비행체들의 배치위치를 결정하고, 배치된 무인비행체를 이용하여 통신을 수행하면서, 이후 점진적으로 통신 가능한 영역을 확대하는 방식이다. 이는 긴급한 상황에서 관심지역의 일부라도 먼저 통신 기능 회복이 요구되기 때문이다.

[0024] 무인비행체들이 서로 자신의 위치를 공유하면서 배치 위치를 결정할 수 있다. 나아가 중앙제어장치가 무인비행체들로부터 정보를 수집하여 각 무인비행체의 배치위치를 결정할 수도 있다.

[0026] 실제 관심지역은 2차원 평면에서 다양한 평면 형태를 가질 수 있다. 다만 이하 설명의 편의를 위하여 관심지역은 사각형 형태라고 가정한다. 도 1은 무인비행체가 배치되는 관심지역에 대한 예이다. 도 1을 살펴보면 관심지역은 사각형 형태이고, 사각형 그리드(grid) 형태로 구분되었다. 사각형 그리드를 셀(cell)이라고 명명한다. 관심지역은 관심지역에 무선링크를 제공하는 적어도 하나의 AP(access point)가 배치된다. AP(10)는 무선통신 기지국과 같은 장치일 수 있다. 도 1에는 하나의 무인비행체(50)를 도시하였다. 무인비행체(50)는 AP(10)와 통신 가능 반경에서 무선통신을 할 수 있다. 무인비행체(50)는 관심지역에서 셀 단위로 탐색을 수행할 수 있다. 무인비행체(30)는 일정한 경로를 이동하면서 관심지역을 탐색한다. 무인비행체(30)는 관심지역을 탐색하면서 관심지역의 위치 및 크기를 파악하고, 관심지역에 대한 네트워크 제공을 위하여 무인비행체들의 배치 위치를 결정한다. 일반적으로 복수의 무인비행체가 AP(10)를 시작으로 애드혹 네트워크를 형성하여 관심지역에 네트워크를 제공한다.

[0027] 무인비행체의 배치 위치 결정은 무인비행체가 스스로 할 수 있다. 각 무인비행체는 관심지역을 탐색하면서 수집한 정보 및 다른 무인비행체의 배치 위치를 모두 공유받을 수 있다. 이 경우 무인비행체는 무인비행체의 이동 방향, 이동 경로 및 배치 위치 등을 결정할 수 있다.

[0028] 도 1은 중앙제어장치(80)를 도시한다. 중앙제어장치(80)가 무인비행체들이 수집한 정보를 이용하여, 관심지역에서 무인비행체의 배치 위치를 결정할 수도 있다. 또 중앙제어장치(80)가 무인비행체를 제어하는 명령을 전달할 수도 있다.

[0030] 설명의 편의를 위하여, 이하 무인비행체가 관심지역을 이동하면서 자신의 배치위치를 결정한다고 가정한다. 무인비행체는 관심지역을 이동하면서 통신가능반경에서 만나는 다른 무인비행체와 수집정보를 교환하고, 각자 배치 위치를 결정한다. 무인비행체는 관심지역 탐색을 통해 자신의 배치 위치를 결정하고, 배치 위치로 이동하여 통신 노드 기능을 수행한다. 즉, 무인비행체는 관심지역 탐색과 네트워크 구성을 동시에 수행한다. 기본적으로 복수의 무인비행체가 관심지역을 탐색하고, 무인비행체의 배치 위치를 결정하여 네트워크를 구성한다.

[0032] 복수의 무인비행체들이 관심지역을 탐색하고, 네트워크를 구성한다. 복수의 무인비행체들이 관심지역을 최대한 균등하게 담당하기 위하여 관심지역을 복수의 서브 영역으로 구분할 수 있다. 서브 영역은 적어도 하나의 AP가 배치되고, 해당 AP를 통하여 통신을 수행하는 영역이다. 이하 먼저 하나의 서브 영역을 기준으로 무인비행체가 배치되는 과정을 설명한다.

[0033] 네트워크를 빠르게 구성하기 위하여 무인비행체들은 관심지역에 배치된 각 AP(AP 위치)로부터 탐색을 시작한다고 가정한다. 무인비행체는 탐색 영역이 중복되지 않도록 최초 일정한 방향으로(서로 다른 방향 선호) 이동을 시작할 수 있다. 특정 서브 영역에 할당된 적어도 하나의 무인비행체는 해당 서브 영역만을 탐색한다고 가정한다.

[0034] 무인비행체들은 AP를 시작으로 멀티홉으로 연결되는 무선링크를 통해 네트워크를 구성한다. 무인비행체들은 무선링크 연결되는 범위에서 점진적으로 배치 영역을 확장한다. 무선링크 연결을 조건으로, 무인비행체들이 서비스할 수 있는 네트워크 영역을 최대한 확장하고자 한다. 이를 통해 네트워크 구성에 참여하는 무인비행체들의 개수를 최대한 줄일 수 있다.

- [0035] 무인비행체는 특정 셀을 방문하면 방문기록을 저장한다. 예컨대, 무인비행체는 visitedCellList라는 자료에 셀 방문 여부를 저장할 수 있다. 무인비행체는 셀 식별자에 방문 기록(예컨대, 방문했으면 '1'로 표기)을 저장하여 방문 여부를 저장할 수 있다. 무인비행체는 서브 영역을 이동하면서 장애물을 만날 수 있다. 무인비행체는 장애물을 만나면 2차원 평면상에서 장애물의 외곽(외곽이 위치한 셀)을 탐색한다. 장애물 탐색을 위한 별도의 무인비행체를 두고, 해당 무인비행체로 장애물을 탐지할 수도 있다. 무인비행체는 장애물에 대한 정보를 별도로 저장한다. 예컨대, 무인비행체는 sensedCellList라는 자료에 장애물의 외곽에 대한 정보(외곽이 점유한 셀의 위치)를 저장할 수 있다. 즉, sensedCellList는 관심지역에서 장애물이 위치하는 영역 정보를 포함한다. 무인비행체는 자신이 담당한 서브 영역의 경계에 이를 때까지 탐색을 수행할 수 있다. 무인비행체가 서브 영역을 탐색하면서 네트워크 구성을 위해 추가적인 무인비행체가 필요하다면, 추가 무인비행체가 투입되어 탐색을 계속할 수 있다.
- [0036] 두 개(복수)의 무인비행체가 이동하면서 통신가능반경 내에서 만난다면, 두 개의 무인비행체는 서로 수집한 정보(visitedCellList/sensedCellList)를 교환한다.
- [0038] 도 2는 무인비행체가 관심지역에서 네트워크를 형성하는 과정(100)에 대한 순서도의 예이다. 도 2는 하나의 관심지역 또는 하나의 서브 영역에서 무인비행체를 배치하는 과정에 대한 예이다.
- [0039] 복수의 무인비행체는 먼저 출발점에서 각각 이동하기 위한 이동 방향을 결정한다(110). 출발점은 관심지역 또는 서브 영역에 위치한 AP의 위치일 수 있다. 복수의 무인비행체는 서로 중복된 영역을 탐색하지 않기 위하여, 관심지역의 형태 및 크기를 고려하여 각각 일정한 이동 방향을 정할 수 있다. 하나의 무인비행체에 대하여 결정한 이동 방향은 특별한 사정이 없는 한 변경되지 않는다고 가정한다.
- [0040] 복수의 무인비행체는 애드혹 네트워크를 구성해야 한다. 따라서 무인비행체 이동에는 일정한 조건이 있다. 무인비행체는 주변에 통신 기능 객체와 통신 가능 반경 내에서 이동할 수 있다. 통신 기능 객체는 AP 및 무인비행체를 포함한다. 따라서 최초 복수의 무인비행체는 AP(출발점) 기준으로 통신 가능 반경에서 이동방향으로 최대한 이동한다(120).
- [0041] 이후 복수의 무인비행체 각각은 배치 영역을 확장한다(130). 배치 영역 확장 과정에 대해서는 후술한다. 배치 영역은 AP와 무인비행체들을 통해 네트워크 제공이 가능한 영역을 의미한다. 배치 영역 확장이 종료되지 않았다면(140의 NO), 다른 무인비행체에 대한 배치 영역을 확장한다. 무인비행체 이동이나 배치 영역 확장 과정에서 무인비행체가 장애물을 탐지하는 경우(150의 YES), 무인비행체는 장애물 외곽을 탐색하여 장애물 위치를 파악한다(160). 나아가 필요한 경우 추가 무인비행체를 배치하여 장애물로 인한 통신 단절이 발생하지 않도록 한다(160).
- [0042] 배치 영역 확장이 종료되면(140의 YES), 관심지역에 미탐색 영역이 존재하는 확인한다(170). 미탐색 영역이 없다면 무인비행체의 배치는 종료된다. 미탐색 영역이 있다면 추가 무인비행체를 배치한다(180). 이후 추가된 무인비행체와 다른 무인비행체를 대상으로 배치 영역 확장을 수행한다.
- [0044] 도 3은 서브 영역에서 무인비행체의 분산 이동에 대한 예이다. 도 3은 10×10 크기의 서브 영역에 대한 예이다. 도 3에서 AP는 X로 표시하였다. 도 3은 5개의 무인비행체를 이용하는 예이다. 도 3에서 무인비행체의 통신 가능 반경(R)은 5개의 셀 거리라고 가정한다. 도 3은 AP와 통신 가능한 범위에서 복수의 무인비행체 각각이 최초 이동하는 과정이다. 최초 AP의 위치에서 무인비행체들이 이동을 시작한다. 최초 서브 영역을 탐색하는 무인비행체(들)을 제1 그룹 무인비행체라고 명명한다.
- [0045] 제1 그룹 무인비행체는 특정 서브영역의 AP 위치에서 탐색을 시작한다. 이때 무인비행체가 자신이 이동할 특정 방향 내지 경로로 이동할 수 있다. 복수의 무인비행체가 동일한 AP의 위치에서 출발한다면, 최대한 방문 지점이 중첩되지 않게 이동할 필요가 있다. 따라서 제1 그룹 무인비행체들은 서로 중첩되지 않는 경로로 분산 이동한다. 예컨대, 5개의 무인비행체가 동일 AP로부터 이동을 시작한다면, 서로 다른 방향으로 이동을 시작할 수 있다. 도 3과 같이 AP가 서브영역의 좌측하단((1,1)셀))에 있다면, 5개의 무인비행체는 각각 0° , 30° , 45° , 60° 및 90° 방향(360° 기준)으로 이동할 수 있다. 무인비행체의 진행 방향(각도)을 분산 방향이라고 명명한다. 도 3은 5개의 무인비행체(51, 52, 53, 54 및 55)가 각각 0° , 30° , 45° , 60° 및 90° 방향으로 이동하는 예이다. 무인비행체가 관심지역 내지 서브 영역 탐색을 시작하면 설정하는 방향을 이동 방향이라고 명명한다.
- [0046] 무인비행체는 무선링크가 연결되는 범위 내에서 이동한다. 따라서 무인비행체는 무선링크 커버리지 범위 내에서 현재 지점에서 목표 지점까지의 이동 경로를 결정할 수 있다. 제1 그룹 무인비행체는 AP와 통신 가능한 커버리지 경계에 위치한 이동 방향의 셀(목표 지점)을 결정할 수 있다. 예컨대, 무인비행체는 미드포인트 알고리즘

(Midpoint circle algorithm)을 이용하여 경계영역에 위치한 목표 지점을 결정할 수 있다. 무인비행체는 현재 출발지점에서 목표지점까지 직선거리에 있는 셀을 방문할 수 있다. 예컨대, 출발지점에서 목표지점까지의 이동 경로는 브레젠햄 직선 알고리즘(Bresenham's line algorithm)을 이용하여 결정될 수 있다. 제1 그룹 무인비행체는 결정된 이동 경로를 따라 AP와 통신 가능한 범위 내에 있는 최초 목표 지점으로 이동한다. 도 3을 살펴보면 5개의 무인비행체(51, 52, 53, 54 및 55)가 각각 자신의 이동방향으로 이동하였다. 5개의 무인비행체(51, 52, 53, 54 및 55)는 통신 가능 반경 내에서 이동 가능한 최대 거리를 이동한다. 무인비행체(51)는 이동 방향 0° 로 통신 가능 반경의 경계에 위치한 (1,5)셀로 이동한다. 무인비행체(52)는 이동 방향 30° 로 통신 가능 반경의 경계에 위치한 (3,5)셀로 이동한다. 무인비행체(53)는 이동 방향 45° 로 통신 가능 반경의 경계에 위치한 (4,4)셀로 이동한다. 무인비행체(54)는 이동 방향 60° 로 통신 가능 반경의 경계에 위치한 (6,3)셀로 이동한다. 무인비행체(55)는 이동 방향 90° 로 통신 가능 반경의 경계에 위치한 (6,1)셀로 이동한다. 도 3에서 점선 화살표는 무인비행체가 이동한 경로를 나타낸다.

[0048] 제1 그룹 무인비행체들은 할당된 서브 영역에서 AP 위치로부터 도달가능한 최대 거리에 있는 목표 지점에 이른다. 이제 무인비행체는 점진적으로 배치 위치를 확장(변경)할 수 있는지 확인한다. 즉, 무인비행체는 통신 링크 연결이 보장되면서 현재보다 넓은 영역에 대한 네트워크 형성이 가능한지 확인한다. 제1 그룹 무인 비행체는 AP와 1홉 또는 멀티홉으로 연결되면서 AP 기준으로 현재 지점보다 더 먼 거리에 위치할 수 있는지 확인한다. 무인비행체가 통신 링크 연결을 조건으로 현재 영역보다 확장된 영역에 대한 네트워크를 형성하는 과정을 영역 확장이라고 명명한다.

[0049] 한 번에 복수의 무인비행체들이 영역 확장 가능성을 확인하면 연산 복잡도가 증가한다. 따라서 복수의 무인비행체들은 일정한 순서 또는 무작위로 하나씩 확장 가능성을 확인할 수 있다.

[0050] 제1 그룹 무인비행체는 복수의 무인비행체 중에서 현재 가장 영역을 넓게 확장할 수 있는 무인비행체를 우선하여 영역 확장을 할 수 있다. 만약 동일한 크기로 영역을 확장할 수 있는 무인비행체가 복수라면, 임의로 어느 하나를 먼저 선택하여 영역을 확장할 수 있다. 영역 확장의 전제 조건은 모든 무인비행체가 AP와 무선링크를 유지해야 한다는 것이다. 하나의 무인 비행체에 대한 영역 확장이 종료되면, 다음으로 다른 하나의 무인비행체에 대한 영역 확장을 할 수 있다.

[0051] 복수의 무인비행체 각각에 대하여 영역 확장 가능성을 확인하고, 가능한 경우 영역 확장을 수행한다. 경우에 따라서는 하나의 무인비행체(제1 무인비행체)가 영역 확장을 한 이후 다른 무인비행체(제2 무인비행체)가 영역확장을 하고, 다시 제1 무인비행체가 현재 상태를 기준으로 영역확장을 할 수도 있다. 즉, 제1 그룹 무인비행체가 모두 더 이상 영역확장을 할 수 없을 때까지 영역 확장 과정을 반복할 수도 있다.

[0052] 하나의 무인비행체를 기준으로 현재 상황에서 영역을 확장하는 예를 설명한다. 무인비행체는 일종의 삼각 측량 기법(triangulation)을 응용하여 영역 확장 가능성 및 확장되는 경우 변경되는 배치 위치를 결정할 수 있다. 도 4는 무인비행체가 영역 확장을 위한 배치 위치를 결정하는 과정에 대한 예이다. 현재 영역 확장을 위하여 배치 위치를 결정하는 대상은 타깃 무인비행체라고 명명한다. 영역 확장을 위한 배치 위치는 3가지 유형이 있을 수 있다. 도 4에서 타깃 무인비행체는 원으로 표시하였다. 흰색 원은 타깃 무인비행체의 직전 위치이고, 검은색 원은 타깃 무인비행체가 영역 확장을 한 이후의 위치이다. 사각형은 타깃 무인비행체의 이웃 무인비행체이다. 도 4에서 화살표는 타깃 무인비행체의 이동 방향이다. R은 통신 가능 반경이다.

[0053] 도 4(A)는 제1 배치 위치 결정의 예이다. 도 4(A)는 타깃 무인비행체가 적어도 두 개의 이웃 무인비행체를 갖는 경우이다. 또 두 개의 이웃 무인비행체는 서로 통신 가능한 거리에 위치한다. 이하 설명의 편의를 위하여 무인비행체가 통신 가능한 거리에 있는 경우 서로 "연결"된다고 설명한다. 타깃 무인비행체는 두 개의 이웃 무인비행체와 삼각형을 구성한다. 삼각형 면적(Area)은 $Area = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)}$ 이다. $p = (a+b+c)/2$ 이다. a, b 및 c는 각각 삼각형의 한 변 길이이다.

[0054] 영역 확장은 타깃 무인비행체에 대한 새로운 배치 위치를 결정하는 과정을 포함한다. 새로운 배치 위치를 확장 위치라고 명명한다. 확장 위치는 다음과 같이 결정한다. 타깃 무인비행체가 두 개의 이웃 무인비행체와 연결가능한 범위에서 최대한 분산 방향으로 이동한 지점을 확장 위치로 결정한다. 도 4(A)에서 타깃 무인비행체가 확장 위치로 이동하면서 확장된 영역을 사선으로 표시하였다. 타깃 무인비행체를 UAV_k라고 하면, 새롭게 확장된 영역 S_k는 종전 삼각형 면적(Area_{origin}) - 확장된 삼각형(Area_{dest})의 크기를 갖는다.

[0055] 도 4(B)는 제2 배치 위치 결정의 예이다. 도 4(B)는 타깃 무인비행체가 적어도 두 개의 이웃 무인비행체를 갖는

경우이다. 다만 도 4(A)와 달리 두 개의 이웃 무인비행체는 서로 연결되지 않은 상태이다. 타깃 무인비행체가 두 개의 이웃 무인비행체와 연결가능한 범위에서 최대한 분산 방향으로 이동한 지점을 확장 위치로 결정한다. 도 4(A)에서 타깃 무인비행체가 확장 위치로 이동하면서 확장된 영역을 사선으로 표시하였다. 타깃 무인비행체를 UAV_k라고 하면, 새롭게 확장된 영역 S_k는 종전 삼각형 면적(Area_{origin}) + 확장된 삼각형(Area_{dest})의 크기를 갖는다.

[0056] 타깃 무인비행체가 2개 이상의 이웃 무인비행체를 갖는 경우(도 4(A) 또는 도 4(B)), 복수의 이웃 무인비행체로 구성 가능한 한 쌍의 무인비행체 중 가장 넓은 S_k를 제공하는 이웃 무인비행체 쌍을 기준으로 타깃 무인비행체 UAV_k의 배치 위치를 결정할 수 있다.

[0057] 도 4(C)는 제3 배치 위치 결정의 예이다. 도 4(C)는 타깃 무인비행체가 하나의 이웃 무인비행체를 갖는 경우이다. AP 위치가 서브 영역의 좌측 하단인 경우, 0° 또는 90° 로 분산 이동하는 무인비행체가 이 경우에 해당할 수 있다. 타깃 무인비행체는 하나의 이웃 무인비행체와 연결가능한 범위에서 최대한 분산 방향으로 이동한 지점을 확장 위치로 결정한다. 타깃 무인비행체의 직전 위치, 타깃 무인비행체의 확장 위치 및 이웃 무인비행체의 위치가 삼각형을 구성한다. 타깃 무인비행체에 연결가능한 하나의 이웃 무인 비행체가 복수인 경우, 삼각형의 크기 S_k가 가장 큰 이웃 무인비행체를 기준으로 타깃 무인비행체의 확장 위치를 결정할 수 있다.

[0059] 도 5는 서브 영역에서 무인비행체가 배치 영역을 확장하는 과정에 대한 예이다. 도 5는 도 3에서 복수의 무인비행체가 이동한 이후 영역 확장을 하는 예이다. 도 5는 10 × 10 크기의 서브 영역에 대한 예이다. 도 5에서 AP는 X로 표시하였다. 도 5는 5개의 무인비행체를 이용하는 예이다. 도 5에서 무인비행체의 통신 가능 반경(R)은 5개의 셀 거리라고 가정한다. 도 5에서 점선 화살표는 무인비행체가 이동한 경로를 나타낸다. 도 5에서 일점 쇄선은 AP와 무인비행체 또는 무인비행체 사이에 형성된 무선링크를 의미한다. 무인비행체(53)는 2개의 이웃 무인비행체(52 및 54)를 갖고 있고, 도 4에서 설명한 기준에 따라 영역을 확장하여 배치 위치를 (7,7)셀로 이동하였다. 무인비행체(51)는 1개의 이웃 무인비행체(52)를 갖고 있고, 도 4에서 설명한 기준에 따라 영역을 확장하여 배치 위치를 (1,10)셀로 이동하였다. 무인비행체(55)는 1개의 이웃 무인비행체(54)를 갖고 있고, 도 4에서 설명한 기준에 따라 영역을 확장하여 배치 위치를 (10,1)셀로 이동하였다.

[0061] 무인비행체가 분산 이동하거나, 영역 확장을 하면서 장애물을 만날 수 있다. 장애물을 만난 무인비행체는 장애물 탐색 모드로 돌입한다. 무인비행체는 관심 영역 탐색을 중지하고, 장애물 외곽(시계방향 또는 반시계 방향으로 외곽 따라 이동)을 탐색한다. 경우에 따라 장애물을 탐색하는 별도(전용)의 무인비행체를 이용하여 장애물을 탐색할 수도 있다. 장애물 외곽을 탐색하는 무인비행체도 셀 방문 기록을 저장하는 sensedCellList를 업데이트한다. 무인비행체가 장애물 외곽을 탐색을 종료하면, 탐색 결과 또는 sensedCellList를 무선링크로 연결된 다른 무인비행체 및 AP에 전달한다.

[0062] 이후 무인비행체는 장애물이 없는 환경을 가정하여 분산 방향으로 이동가능한 목표 지점으로 이동할 수 있다. 무인비행체가 장애물을 최초 감지했던 지점에는 새로운 무인비행체가 배치될 수 있다. 또는 장애물 외곽을 탐색한 무인비행체가 장애물을 최초 감지했던 지점에 배치되고, 새로운 무인비행체가 목표 지점으로 이동할 수도 있다.

[0063] 도 6은 서브 영역에서 무인비행체가 장애물을 탐색하는 과정에 대한 예이다. 도 6은 도 5에서 배치 영역을 확장한 후 무인비행체(52)가 장애물을 만난 경우이다. 도 6에서 장애물은 검은색 박스로 표시하였다. 도 6에서 무인비행체의 통신 가능 반경(R)은 5개의 셀 거리라고 가정한다. 도 6에서 점선 화살표는 무인비행체가 이동한 경로를 나타낸다. 도 6에서 일점 쇄선은 AP와 무인비행체 또는 무인비행체 사이에 형성된 무선링크를 의미한다. 도 6을 살펴보면, 무인비행체(52)가 영역 확장을 수행하여 이동(3,5)에서 (3,7)로 이동하는데 장애물을 탐지하였다. 무인비행체는 하나의 셀 거리에 있는 장애물을 탐지한다고 가정한다. 무인비행체(52)가 장애물을 탐지하고, 장애물 외곽을 탐색한다. 장애물 외곽을 탐색한 무인비행체(52)는 최초 장애물을 탐지한 위치로 돌아온다.

[0065] 제1 그룹 무인비행체들이 모두 영역 확장을 종료한 후 관심지역에 음영 지역이 남아 있을 수 있다. 이 시점에서 제1 그룹 무인비행체들은 더 이상 배치 위치를 확장할 수 없다. 따라서 남은 음영 지역에 대한 네트워크 제공을 위해서는 추가적인 무인비행체를 배치해야만 한다.

[0066] 무인비행체가 반드시 관심지역 전체(100%)에 대한 네트워크를 제공하지 않을 수도 있다. 즉, 무인비행체 추가 배치는 일정한 조건이 있을 수 있다. 예컨대, 전체 관심지역에서 일정한 % 이상이 음영 지역인 경우 무인비행체

가 추가 배치될 수 있다. 이 경우 조건은 관심지역에서 음영 지역이 차지하는 비율이고, 비율의 값은 네트워크 용도 및 가용한 무인비행체의 개수 등에 따라 달라질 수 있다. 또는 서브 영역에서 제1 그룹 무인비행체가 결정된 출발지점에서 목표 지점(서브 영역 경계)까지의 경로 중 탐색하지 않은 거리의 길이가 기준이 될 수도 있다. 예컨대, 전체 경로 중 탐색하지 않은 경로의 길이가 20% 이상인 경우, 추가적인 무인비행체가 배치될 수 있다. 또는 무인비행체가 초기 결정된 전체 경로 중 탐색하지 않은 경로의 길이가 $R/2$ 보다 큰 경우 추가적인 무인비행체가 배치되어 영역을 확장할 수 있다. 여기서 R 은 무인비행체의 통신 반경이다.

[0067] 무인비행체 추가 조건이 성립하지 않는 경우(즉, 관심지역 전체 또는 대부분의 영역 탐색 종료) 또는 추가할 무인비행체가 없는 경우, 전체 무인비행체의 배치가 종료된다. 이후 각 무인비행체는 현재 배치 위치에서 통신 노드로 기능 한다.

[0069] 도 7은 서브 영역에서 추가 무인비행체를 배치하는 과정에 대한 예이다. 도 7은 도 6에서 장애물을 탐색한 이후 과정에 대한 예이다. 도 7에서 무인비행체의 통신 가능 반경(R)은 5개의 셀 거리라고 가정한다. 도 7에서 점선 화살표는 무인비행체가 이동한 경로를 나타낸다. 도 7에서 일점 쇄선은 AP와 무인비행체 또는 무인비행체 사이에 형성된 무선링크를 의미한다. 도 7에서 새롭게 추가한 무인비행체는 검은색 원으로 표시하였다.

[0070] 무인비행체(52)는 장애물 외곽을 탐색한 후 자신의 이동 방향에 따라 이동할 수 있는 다음 위치로 이동한다. 무인비행체(52)는 (4, 10) 셀로 이동하였다. 이때 무인비행체(52)는 무인비행체(51)와 무선링크를 형성한다. 또 새로운 무인비행체(56)가 무인비행체(52)가 장애물을 탐색한 위치 또는 장애물을 탐색 종료한 위치로 배치된다. 새로운 무인비행체(56)는 AP 위치로부터 출발하여 배치될 수 있다. 새로운 무인비행체(56)는 이웃 무인비행체(52, 54 및 51)과 무선링크를 형성한다.

[0071] 이 시점에서 더 이상 영역 확장을 할 수 있는 무인비행체가 없다. 다만 관심지역은 여전히 전체 영역이 탐색되지 않았다. 따라서 추가 무인비행체(57)가 새롭게 배치된다. 추가 무인비행체(57)는 무인비행체(54)의 이동 방향에 따라 이동할 수 있다. 추가 무인비행체(57)는 (7, 4) 셀에 배치되었고, 이웃 무인비행체(53, 54, 55, 56)과 무선링크를 형성한다. 도 7에는 도시하지 않았지만 이후 무인비행체(57) 또는 이웃한 무인비행체(53)에 대한 영역 확장이 반복적으로 수행될 수 있다. 나아가 추가된 무인비행체(57)를 포함하여 영역 확장이 종료되었는데, 여전히 미탐색 영역이 남아 있다면, 새로운 추가 무인비행체를 배치하여 영역 확장을 수행할 수 있다.

[0073] 복수의 무인비행체들이 관심지역을 탐색하고, 네트워크를 구성한다. 복수의 무인비행체들이 관심지역을 최대한 균등하게 담당하기 위하여 관심지역을 복수의 서브 영역으로 구분할 수 있다. 네트워크를 빠르게 구성하기 위하여 무인비행체들은 관심지역에 배치된 각 AP(AP 위치)로부터 탐색을 시작한다고 가정한다. 무인비행체는 탐색 영역이 중복되지 않도록 최초 일정한 방향으로(서로 다른 방향 선호) 이동을 시작할 수 있다. 특정 서브 영역에 할당된 적어도 하나의 무인비행체는 해당 서브 영역만을 탐색한다고 가정한다.

[0074] 복수의 서브 영역으로 구분된 관심지역에 대한 무인비행체 배치 과정을 설명한다. 도 8은 무인비행체가 관심지역에서 네트워크를 형성하는 과정(200)에 대한 순서도의 다른 예이다. 먼저 관심지역을 복수의 서브 영역으로 구분한다(210). 무인비행체 또는 중앙제어장치가 관심지역을 복수의 서브 영역으로 구분할 수 있다. 서브 영역은 균등한 형태로 구분될 수 있다. 또는 관심지역의 형태 및 사전에 파악한 장애물 위치를 고려하여 서로 다른 형태 및 크기로 서브 영역이 구분될 수도 있다. 다만 설명의 편의를 위하여 서브 영역은 균등하게 구분된다고 가정한다. 서브 영역별로 무인비행체 배치 및 영역 확장을 한다(220). 220 과정은 서브 영역별도 도 2에 설명한 과정을 수행하는 것이다.

[0075] 이제 관심지역에 대한 무인비행체 배치는 종료된 상태이다. 관심지역 전체를 일정한 서브 영역으로 구분하여 서브 영역별로 무인비행체를 배치할 수 있다고 설명하였다. 이 경우 전체 관심 영역의 관점에서 살펴보면, 중첩된 영역에 통신 서비스를 제공하는 무인비행체들이 존재할 수 있다. 이 경우 중첩된 영역에서 통신 노드로 기능하는 무인비행체들의 개수를 줄일 수 있다(230). 이 과정을 무인비행체 배치 최적화(network refinement)라고 명명할 수 있다.

[0077] 무인비행체 배치 최적화 과정은 전체 네트워크에서 비효율적인 무인비행체, 고립된 무인비행체 또는 별다른 네트워크 기능 저하 없이 제거 가능한 무인비행체를 찾는 과정이라고 할 수 있다. 무인비행체 배치 최적화는 개별 무인비행체가 스스로 수행할 수 있다. 또는 중앙제어장치가 전체 네트워크의 상태를 분석하여 불필요한 또는 필요도가 낮은 무인비행체를 선택할 수 있다. 설명의 편의를 위하여 무인비행체가 무인비행체 배치 최적화를 수행한다고 가정한다. 이를 위해서 관심지역에 배치된 모든 무인비행체는 관심지역 정보 및 배치 위치를 공유한다고 전제한다.

- [0078] 무인비행체 배치 최적화는 다양한 방식으로 구현될 수 있다. 예컨대, 현재 배치된 무인비행체를 대상으로 관심 지역에 네트워크를 제공할 수 있는 모든 조합을 추출하고, 모든 조합에 대하여 각각 제거 가능한 무인비행체를 선택할 수 있다. 이 경우 무인비행체 배치 최적화의 연산 복잡도가 매우 높아질 수 있다.
- [0079] 따라서 보다 복잡도가 낮고 빠른 방식을 사용하고자 한다. 이하 설명하는 네트워크 재정립은 네트워크 성능은 일정한 수준을 유지하면서 가장 중요도가 낮은 무인비행체 세트를 추출하여 제거하는 방식이다. 도 9는 관심 지역에 배치된 무인비행체 최적화 과정(300)에 대한 순서도의 예이다. 네트워크 재정립 과정은 크게 3가지 단계로 구성될 수 있다. (i) 무인비행체의 커버리지 중첩성을 기준으로 클러스터링을 수행한다(310). (ii) 클러스터 내부에서 비효율적인 무인비행체 최적화를 수행하여 제거 가능한 무인비행체를 제거한다(320). (iii) 클러스터 전체(관심 지역 전체)를 기준으로 비효율적인 무인비행체를 최적화를 수행한다(330).
- [0080] 관심지역에 배치된 무인비행체의 커버리지 중첩성을 기준으로 클러스터링을 수행한다. 커버리지의 중첩성은 다양한 기준으로 판단할 수 있다. 예컨대, 1홉 거리에 연결된 이웃 무인비행체의 개수를 기준으로 클러스터링 가능하다. 가장 많은 1홉 거리 이웃 무인비행체를 갖는 제1 무인비행체를 기준으로 클러스터링할 수 있다. 제1 무인비행체를 시작으로 클러스터링을 수행할 수 있다. 이 경우 제1 무인비행체가 클러스터 헤드가 된다. 클러스터 헤드는 클러스터링 기준이 되는 무인비행체를 의미한다. 제1 무인비행체는 1홉 거리에 있는 이웃 무인비행체와 통신 커버리지가 얼마나 중첩되는지 확인한다. 즉 제1 무인비행체가 특정 이웃 무인비행체와 동시에 네트워크 제공 가능한 셀의 개수를 확인하여 중첩 정보를 확인할 수 있다. 제1 무인비행체는 중첩 정도가 기준값 이상인 이웃 무인비행체를 클러스터에 포함시킨다. 중첩 정도는 커버리지의 중첩 비율 % 또는 중첩된 셀의 개수가 기준이 될 수 있다. 제1 무인비행체를 기준으로 클러스터가 결정되면, 이후 클러스터에 속하지 않고, 가장 많은 1홉 이웃 무인비행체를 갖는 무인비행체(제2 무인비행체)를 기준으로 클러스터링을 계속 할 수 있다. 이와 같은 과정을 반복하여 전체 무인비행체에 대한 클러스터를 수행한다. 최종적으로 클러스터에 속하지 않는 무인비행체는 이후 과정에서도 제거하지 않는다.
- [0081] 이후 클러스터별로 클러스터 내부에서 비효율적인 무인비행체를 제거한다. 제거 대상인 무인비행체는 관심지역 배치 영역을 떠나 출발 지점으로 복귀할 수 있다. 소속 무인비행체가 많은 클러스터를 시작으로 클러스터 내부의 무인비행체 배치 최적화를 할 수 있다. 예컨대, 하나의 클러스터에서 클러스터 헤드를 기준으로 중첩도가 가장 높은 무인비행체를 하나씩 제거할 수 있다. 이때 무인비행체 제거의 기준은 클러스터의 커버리지 비율이 될 수 있다. 클러스터 커버리지 비율은 최초 클러스터 소속 무인비행체가 배치된 영역(셀)에 커버리지(최초 커버리지)를 기준으로 결정한다. 클러스터 커버리지 비율은 클러스터에서 어떤 하나의 무인비행체를 제거했을 때 최초 커버리지 대비 줄어드는 커버리지의 비율을 의미한다. 예컨대, 클러스터 커버리지 비율이 80% 이상이라면 해당 무인비행체를 제거할 수 있다. 무인비행체는 클러스터 커버리지 비율이 80% 미만으로 떨어질 때까지 해당 클러스터에서 하나씩 무인비행체를 제거할 수 있다. 각 클러스터에 대하여 동일한 기준으로 클러스터 내부의 무인비행체를 제거할 수 있다. 이때 특정 무인비행체를 제거하면 다른 무인비행체의 연결성이 없어지는 경우(즉 다른 무인비행체가 고립), 해당 특정 무인비행체는 제거하지 않는다. 나아가 어떤 무인비행체는 다른 클러스터에 소속될 수도 있다. 어떤 클러스터에서 제거된 무인비행체는 동시에 다른 클러스터에서도 제거되는 것으로 처리해야 한다.
- [0082] 이후 클러스터 간의 관계를 고려하여 비효율적인 무인비행체를 제거할 수 있다. 예컨대, 전체 무인비행체 중 임의로 어느 하나의 무인비행체를 제거할 수 있다. 이때 전체 클러스터 커버리지 비율이 기준이 될 수 있다. 전체 클러스터 커버리지 비율은 전체 클러스터에서 어떤 하나의 무인비행체를 제거했을 때 최초 전체 커버리지 대비 줄어드는 커버리지의 비율을 의미한다. 예컨대, 전체 클러스터 커버리지가 90% 이상인 경우, 무인비행체는 계속 랜덤하게 하나씩 제거될 수 있다.
- [0083] 도 10은 관심지역에 배치된 무인비행체에 대한 최적화 과정의 예이다. 도 10(A)는 4개의 서브 영역으로 구분된 관심지역에 대한 무인비행체 배치가 종료된 상태이다. AP는 X로 표시하였고, 무인비행체는 원으로 표시하였다. 도 10(B)는 무인비행체 배치 최적화를 완료한 상태이다. 관심지역에 대한 커버리지는 조금 줄어들었지만, 배치된 무인비행체의 수가 매우 많이 줄어든 것을 알 수 있다. 도 10(B)에서 연한 파란색이 애드혹 네트워크의 커버리지를 의미하고, 짙은 파란색은 네트워크가 제공되지 않는 음영 영역을 의미한다.
- [0084] 최종적으로 관심지역에 무인비행체 배치가 종료되면, AP와 무인비행체를 통하여 관심지역에 네트워크 서비스를 제공할 수 있다.
- [0086] 또한, 상술한 바와 같은 지상 무인비행체 배치 방법, 영역 확장 방법 및 무인비행체 최적화 방법은 컴퓨터에서 실행될 수 있는 실행가능한 알고리즘을 포함하는 프로그램(또는 어플리케이션)으로 구현될 수 있다. 상기 프로

그럼은 비일시적 판독 가능 매체(non-transitory computer readable medium)에 저장되어 제공될 수 있다.

[0087] 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.

[0089] 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

[0090]

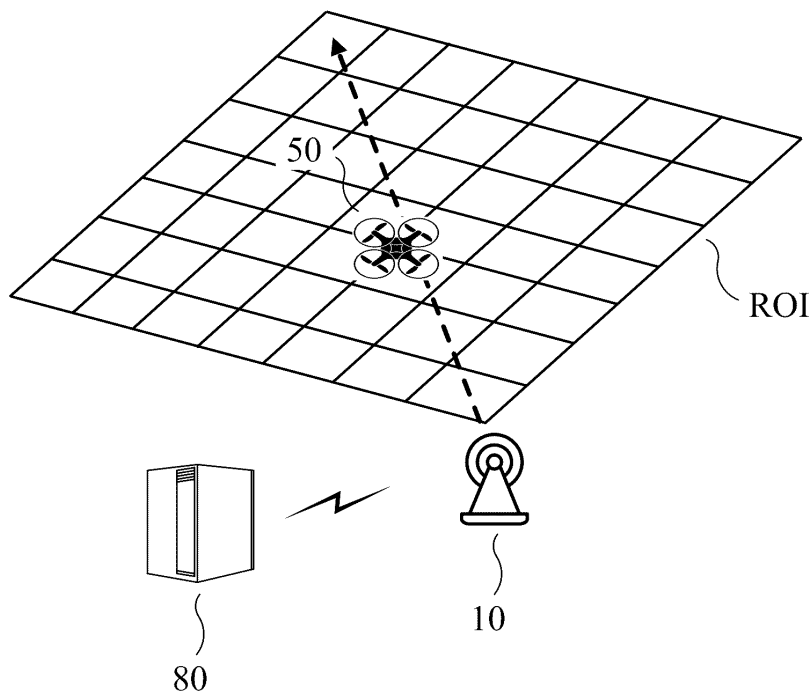
10 : AP

50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57 : 무인비행체

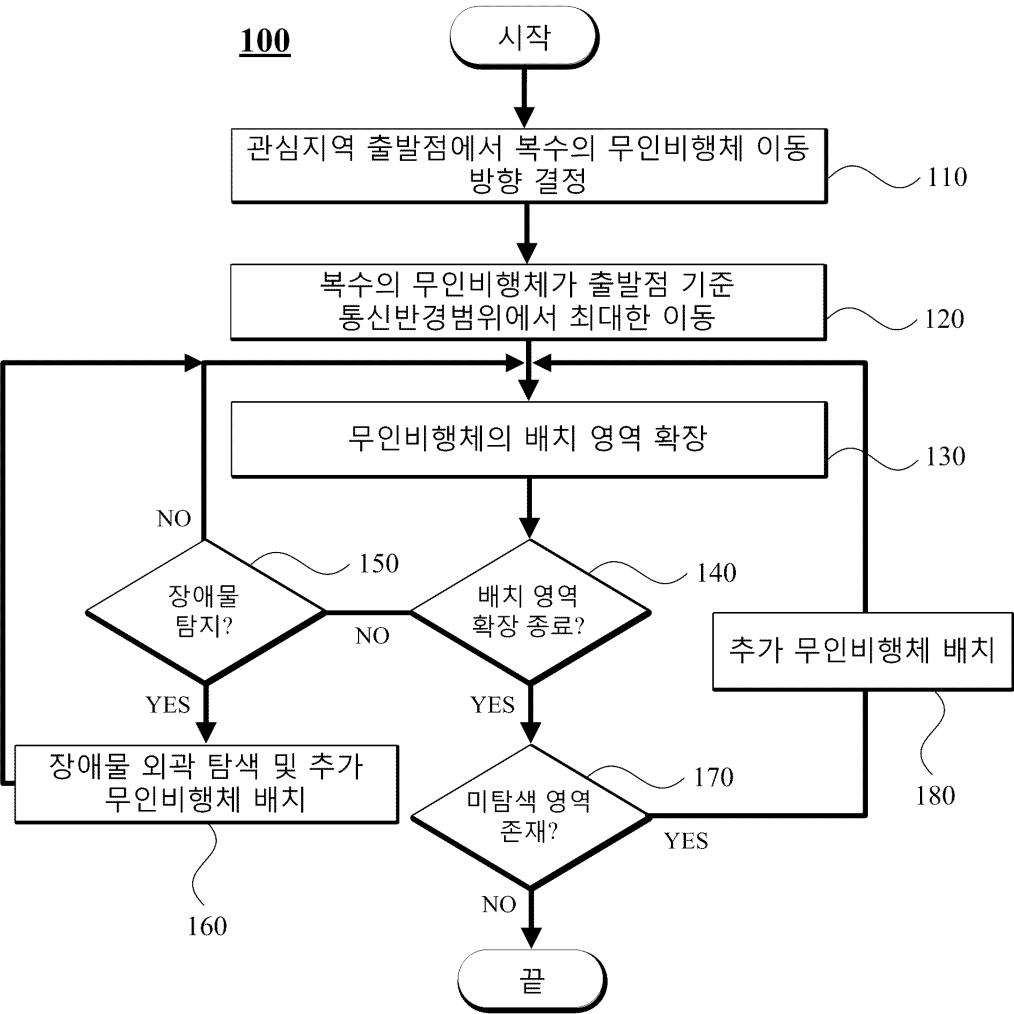
80 : 중앙제어장치

도면

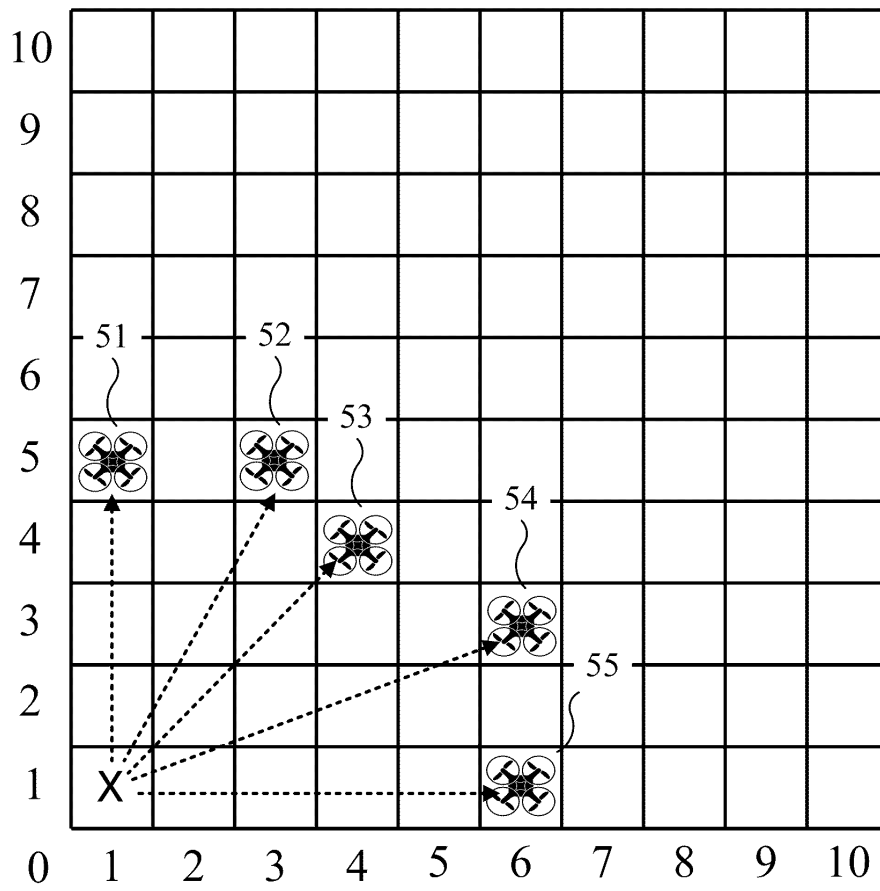
도면1



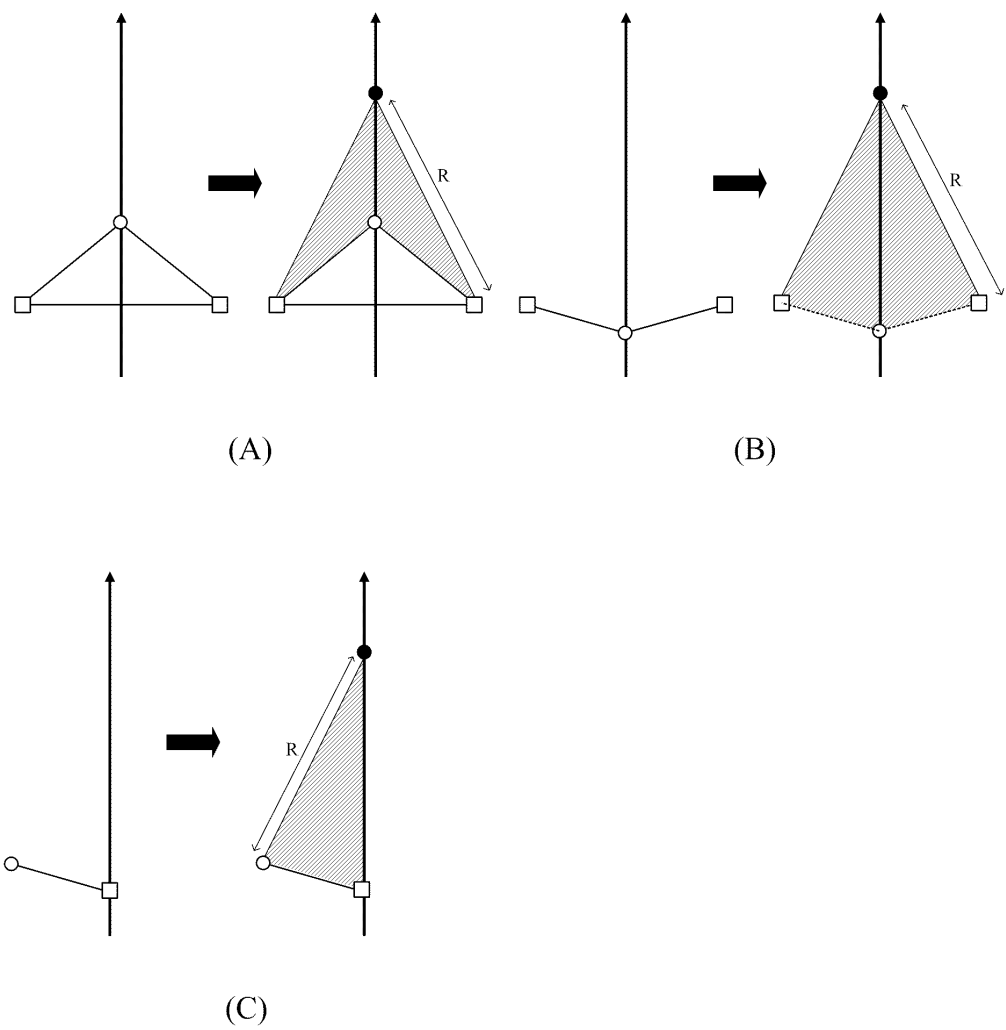
도면2



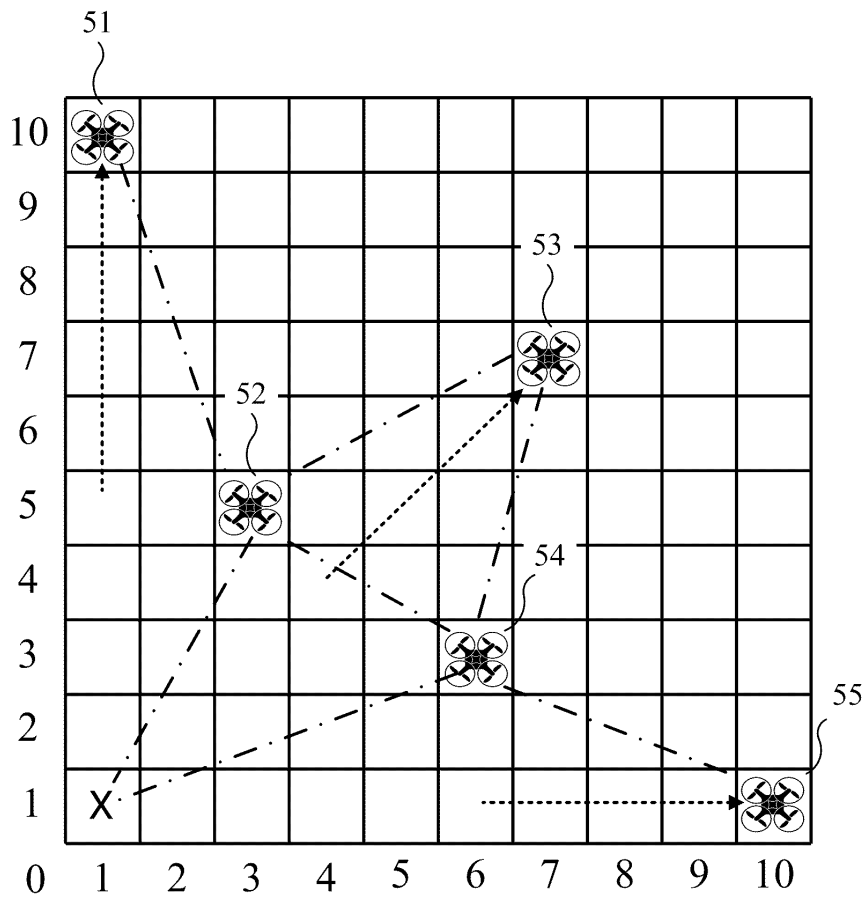
도면3



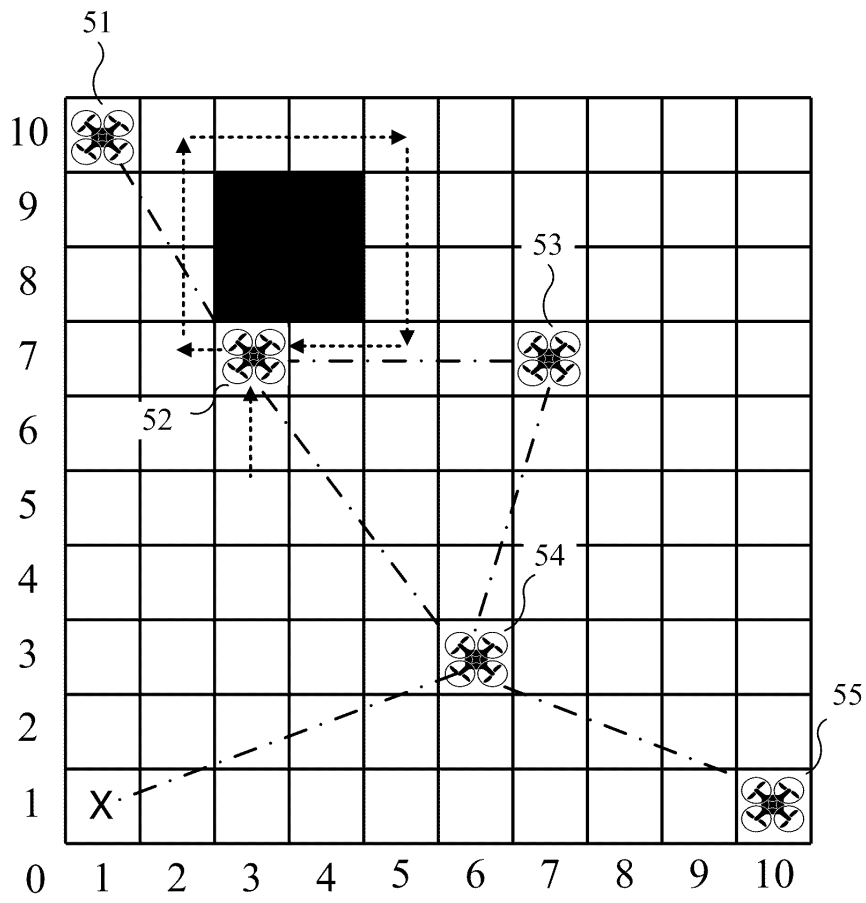
도면4



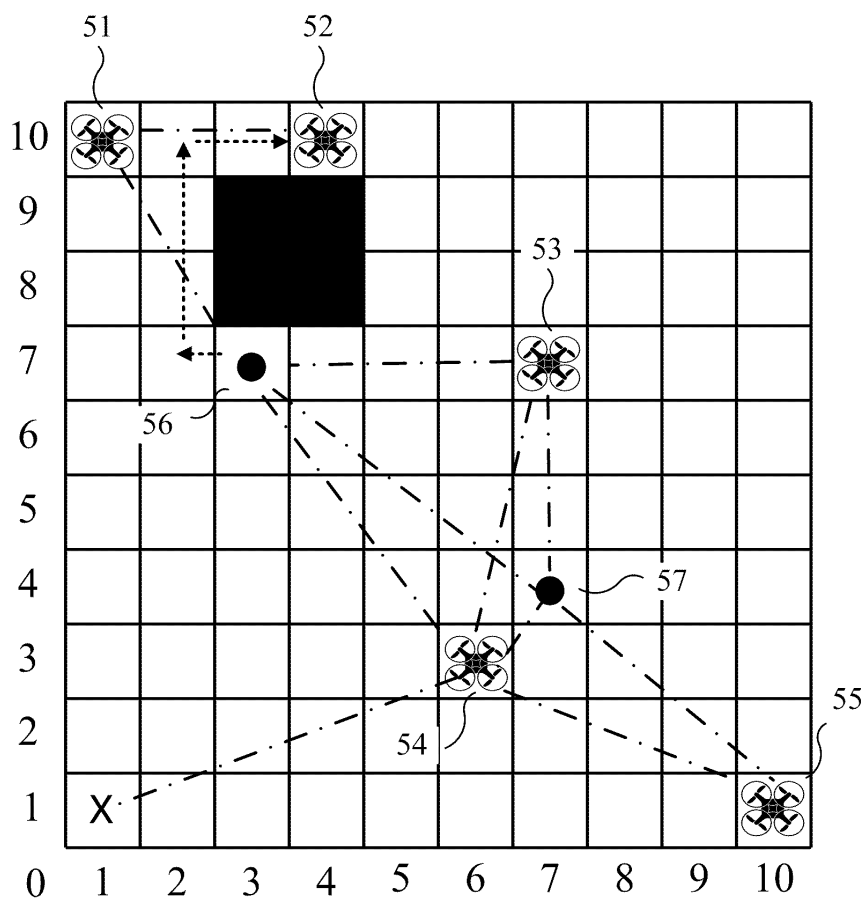
도면5



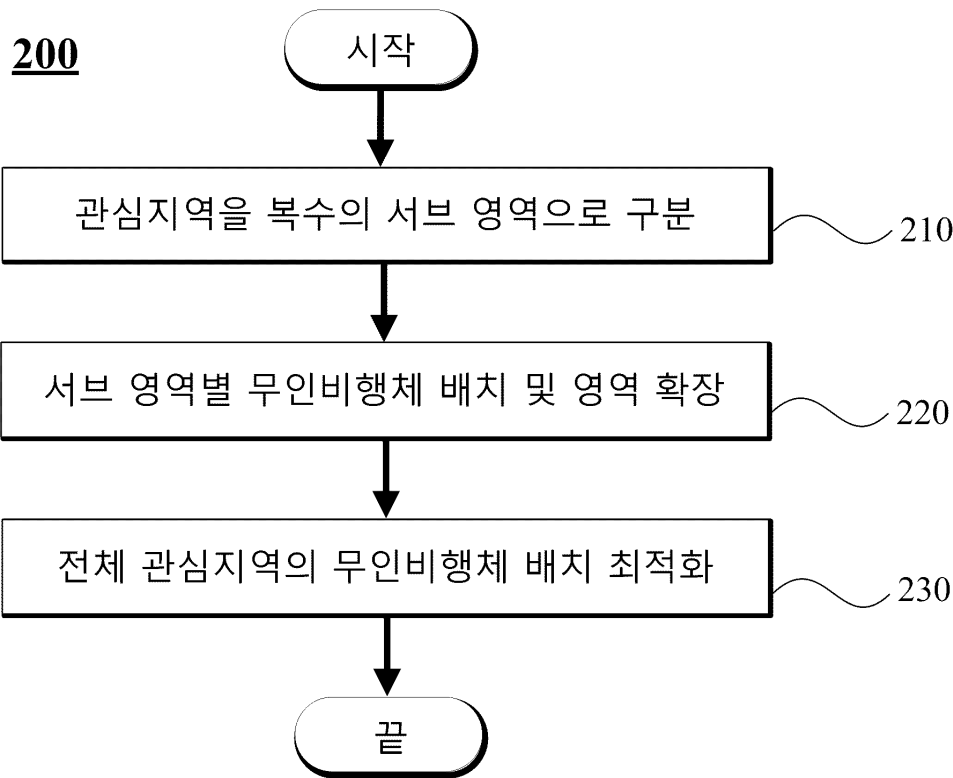
도면6



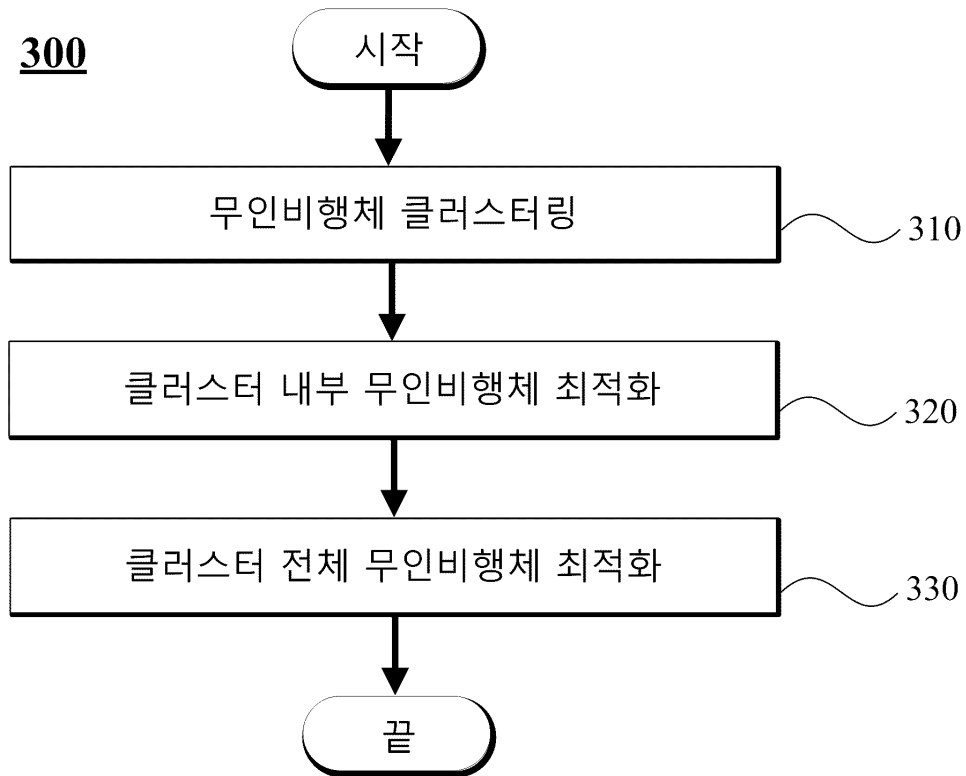
도면7



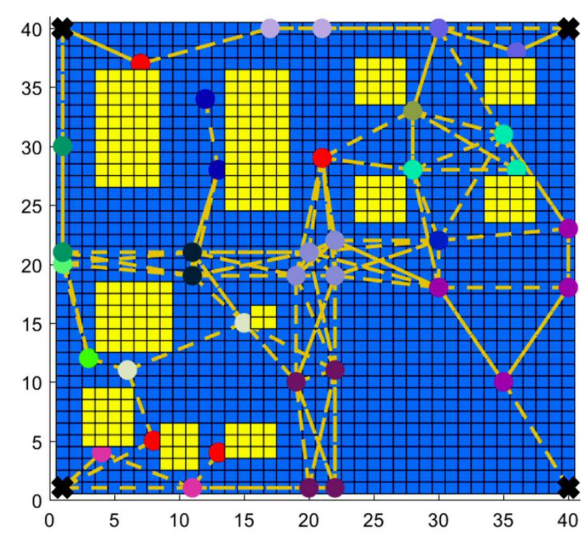
도면8



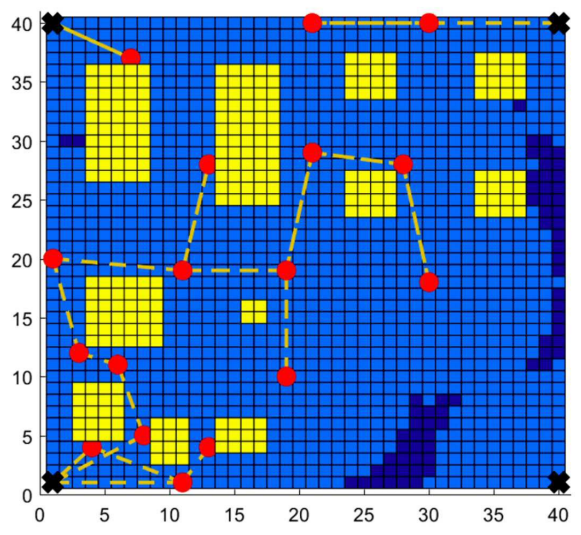
도면9



도면10



(A)



(B)