(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0063815
(43) 공개일자 2019년06월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G08G 5/00 (2006.01) *H04W 84/00* (2009.01)
H04W 84/06 (2019.01)
(52) CPC특허분류
G08G 5/0052 (2013.01)
G08G 5/0069 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0162868
(22) 출원일자 2017년11월30일
심사청구일자 2017년11월30일

(71) 출원인
이화여자대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 이화여대길 52 (대현동, 이화여자대학교)
(72) 발명자
이형준
서울특별시 성동구 매봉길 50, 120동 205호(옥수동, 옥수 파크힐스)
박소연
서울특별시 송파구 중대로 24, 203동 1306호(문정동, 올림픽훼밀리타운)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인(유한)아이시스

전체 청구항 수 : 총 11 항

(54) 발명의 명칭 **경로 결합을 이용한 무인 비행체의 적응적 배치 방법**

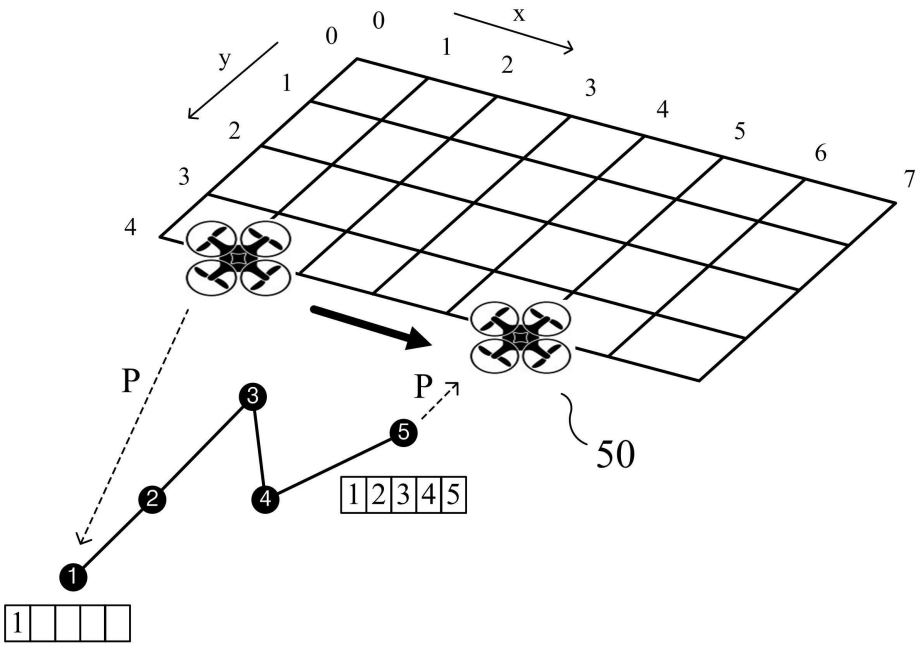
(57) 요 약

무인 비행체가 그리드(grid) 형태로 구분되어 복수의 정점을 포함하는 관심 지역에서 방문하지 않은 정점으로 이동하면서 프로브 패킷을 송신하는 단계;

상기 무인 비행체가 상기 복수의 정점을 방문하면서 방문한 정점에 인접한 통신 노드로부터 전달 경로에 대한 정

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도5



보를 포함하는 상기 프로브 패킷을 수신하는 단계;

상기 무인 비행체 또는 별도의 컴퓨터 장치가 상기 정보를 이용하여 상기 관심 지역에 배치된 통신 노드들에 대한 토폴로지를 추정하는 단계; 및

상기 무인 비행체 또는 상기 컴퓨터 장치가 상기 토폴로지를 기준으로 상기 관심 지역에서 상기 통신 노드와 통신이 가능한 적어도 하나의 무인 비행체가 배치될 타겟 위치를 결정하는 단계를 포함하되,

상기 정보는 상기 프로브 패킷이 전달된 경로에 위치하는 통신 노드의 식별자와 상기 프로브 패킷이 전달된 통신 노드의 순서를 포함하는 경로 결합을 이용한 무인 비행체의 적응적 배치 방법.

(52) CPC특허분류
H04W 84/005 (2013.01)
H04W 84/06 (2019.01)

(72) 발명자
정다희
서울특별시 강북구 도봉로73길 7-7 (수유동)

신수용
경기도 고양시 일산서구 강선로 9, 1907동 805호(주엽동, 강선마을19단지아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 2015R1D1A1A01057902
부처명 교육부
연구관리전문기관 한국연구재단
연구사업명 기초연구사업(학술진흥)-이공학개인기초연구지원사업-기본연구
연구과제명 재난 상황 시 무인비행체의 분산적 협업 탐색 및 효율적인 네트워크 센싱을 통한 네트워크 복구 시스템 연구
기 여 율 1/1
주관기관 이화여자대학교 산학협력단
연구기간 2017.11.01 ~ 2018.10.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

무인 비행체가 그리드(grid) 형태로 구분되어 복수의 정점을 포함하는 관심 지역에서 방문하지 않은 정점으로 이동하면서 프로브 패킷을 송신하는 단계;

상기 무인 비행체가 상기 복수의 정점을 방문하면서 방문한 정점에 인접한 통신 노드로부터 전달 경로에 대한 정보를 포함하는 상기 프로브 패킷을 수신하는 단계;

상기 무인 비행체 또는 별도의 컴퓨터 장치가 상기 정보를 이용하여 상기 관심 지역에 배치된 통신 노드들에 대한 토폴로지를 추정하는 단계; 및

상기 무인 비행체 또는 상기 컴퓨터 장치가 상기 토폴로지를 기준으로 상기 관심 지역에서 상기 통신 노드와 통신이 가능한 적어도 하나의 무인 비행체가 배치될 타겟 위치를 결정하는 단계를 포함하되,

상기 정보는 상기 프로브 패킷이 전달된 경로에 위치하는 통신 노드의 식별자와 상기 프로브 패킷이 전달된 통신 노드의 순서를 포함하는 경로 결합을 이용한 무인 비행체의 적응적 배치 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 무인 비행체는 상기 복수의 정점을 모두 각각 방문하면서 상기 프로브 패킷을 송신하고, 수신 가능한 상기 정보를 수신하는 경로 결합을 이용한 무인 비행체의 적응적 배치 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 무인 비행체는 현재 위치한 정점에 인접하면서 방문하지 않은 인접 정점이 있다면, 상기 관심 지역에서 방문하지 않은 정점을 가장 많이 방문할 수 있는 경로를 결정하고, 상기 인접 정점 중 상기 경로 방향에 있는 정점으로 이동하는 경로 결합을 이용한 무인 비행체의 적응적 배치 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 정보는 상기 프로브 패킷이 전달된 경로에 위치하는 통신 노드의 식별자와 상기 경로상 통신 노드의 위치를 포함하는 경로 결합을 이용한 무인 비행체의 적응적 배치 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 프로브 패킷은 최대한 기준 홉 거리만 전달되어, 상기 무인 비행체는 복수의 프로브 패킷을 수신하고,

상기 무인 비행체 또는 상기 컴퓨터 장치는 상기 복수의 프로브 패킷에 포함된 상기 정보를 기준으로 상기 복수의 프로브 패킷이 각각 전달된 경로를 연결하면서 상기 토폴로지를 추정하는 경로 결합을 이용한 무인 비행체의 적응적 배치 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 토폴로지는 각각 복수의 통신 노드로 구성되며 서로 연결되지 않는 복수의 클러스터로 구분되고,

상기 타겟 위치를 결정하는 단계는

상기 무인 비행체 또는 상기 컴퓨터 장치는 상기 복수의 클러스터 각각에 대하여 특정 홉 거리를 기준으로 가장 많은 노드에 연결되는 노드를 제1 클러스터 헤드로 결정하는 단계;

상기 관심 지역에 위치하는 상기 제1 클러스터 헤드와 상기 복수의 정점으로 구성되는 노드 집합에서 가장 많은 노드에 연결되는 노드를 제2 클러스터 헤드로 결정하는 단계; 및

상기 제2 클러스터 헤드 중 상기 토폴로지에서 연결되지 않은 상기 제1 클러스터를 가장 많이 연결할 수 있는 헤드의 위치를 상기 타겟 위치로 결정하는 단계를 포함하는 경로 결합을 이용한 무인 비행체의 적응적 배치 방법.

청구항 7

복수의 무인 비행체가 그리드(grid) 형태로 구분되어 복수의 정점을 포함하는 관심 지역에서 방문하지 않은 정점으로 이동하면서 프로브 패킷을 송신하는 단계;

상기 복수의 무인 비행체 중 적어도 하나의 무인 비행체가 상기 복수의 정점을 방문하면서 방문한 정점에 인접한 통신 노드로부터 전달 경로에 대한 정보를 포함하는 상기 프로브 패킷을 수신하는 단계;

상기 무인 비행체 또는 별도의 컴퓨터 장치가 상기 정보를 이용하여 상기 관심 지역에 배치된 통신 노드들에 대한 토폴로지를 추정하는 단계; 및

상기 무인 비행체 또는 상기 컴퓨터 장치가 상기 토폴로지를 기준으로 상기 관심 지역에서 상기 통신 노드와 통신이 가능한 적어도 하나의 무인 비행체가 배치될 타겟 위치를 결정하는 단계를 포함하되,

상기 무인 비행체는 상기 관심 지역에서 어느 하나의 방향으로 지그재그(zigzag) 형태로 비행하면서 상기 복수의 정점을 방문하고, 상기 복수의 무인 비행체 중 어느 하나의 무인 비행체가 통신 가능 반경에 위치한 다른 무인 비행체를 만나는 경우 방문하였던 이동 경로를 교환하고, 상기 이동 경로에 중첩되는 정점이 있는 경우 지그재그로 이동하는 폭을 줄여서 비행하는 경로 결합을 이용한 무인 비행체의 적응적 배치 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 무인 비행체는 현재 위치한 정점에 인접하면서 방문하지 않은 인접 정점이 있다면, 상기 관심 지역에서 방문하지 않은 정점을 가장 많이 방문할 수 있는 이동 방향을 결정하고, 상기 인접 정점 중 상기 이동 방향에 있는 정점으로 이동하는 경로 결합을 이용한 무인 비행체의 적응적 배치 방법.

청구항 9

제7항에 있어서,

상기 정보는 상기 프로브 패킷이 전달된 경로에 위치하는 통신 노드의 식별자와 상기 프로브 패킷이 전달된 통신 노드의 순서를 포함하는 경로 결합을 이용한 무인 비행체의 적응적 배치 방법.

청구항 10

제7항에 있어서,

상기 프로브 패킷은 최대한 기준 홉 거리만 전달되어, 상기 무인 비행체는 복수의 프로브 패킷을 수신하고,

상기 무인 비행체 또는 상기 컴퓨터 장치는 상기 복수의 프로브 패킷에 포함된 상기 정보를 기준으로 상기 복수의 프로브 패킷이 각각 전달된 경로를 연결하면서 상기 토폴로지를 추정하는 경로 결합을 이용한 무인 비행체의 적응적 배치 방법.

청구항 11

제7항에 있어서,

상기 토폴로지는 각각 복수의 통신 노드로 구성되며 서로 연결되지 않는 복수의 클러스터로 구분되고,

상기 타겟 위치를 결정하는 단계는

상기 무인 비행체 또는 상기 컴퓨터 장치는 상기 복수의 클러스터 각각에 대하여 특정 홉 거리를 기준으로 가장

많은 노드에 연결되는 노드를 제1 클러스터 헤드로 결정하는 단계;

상기 관심 지역에 위치하는 상기 제1 클러스터 헤드와 상기 복수의 정점으로 구성되는 노드 집합에서 가장 많은 노드에 연결되는 노드를 제2 클러스터 헤드로 결정하는 단계; 및

상기 제2 클러스터 헤드 중 상기 토폴로지에서 연결되지 않은 상기 제1 클러스터를 가장 많이 연결할 수 있는 헤드의 위치를 상기 타겟 위치로 결정하는 단계를 포함하는 경로 결합을 이용한 무인 비행체의 적응적 배치 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 이하 설명하는 기술은 관심 지역에 일정한 서비스를 제공하는 무인 비행체의 배치 기법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 최근 드론(drone)과 같은 무인 비행체(Unmanned Aerial Vehicles, UAV)를 이용한 다양한 서비스가 주목받고 있다. 무인 비행체는 특정한 지역을 비행하면서 서비스를 제공한다. 예컨대, 무인 비행체는 통신 AP(access point)로 기능할 수도 있다. 다양한 서비스 형태에 따라 무인 비행체가 특정한 지역을 비행하는 경로를 결정하는 기법에 대한 연구가 필요하다.

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 관심 지역에 위치한 통신 노드와 통신을 수행하면서 릴레이(relay, 중계기) 역할을 수행하는 무인 비행체에 대한 배치 위치를 제공하고자 한다. 이하 설명하는 기술은 무인 비행체를 사용하여 관심 지역의 통신 장애를 극복하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0005] 경로 결합을 이용한 무인 비행체의 적응적 배치 방법은 무인 비행체가 그리드(grid) 형태로 구분되어 복수의 정점을 포함하는 관심 지역에서 방문하지 않은 정점으로 이동하면서 프로브 패킷을 송신하는 단계, 상기 무인 비행체가 상기 복수의 정점을 방문하면서 방문한 정점에 인접한 통신 노드로부터 전달 경로에 대한 정보를 포함하는 상기 프로브 패킷을 수신하는 단계, 상기 무인 비행체 또는 별도의 컴퓨터 장치가 상기 정보를 이용하여 상기 관심 지역에 배치된 통신 노드들에 대한 토폴로지를 추정하는 단계 및 상기 무인 비행체 또는 상기 컴퓨터 장치가 상기 토폴로지를 기준으로 상기 관심 지역에서 상기 통신 노드와 통신이 가능한 적어도 하나의 무인 비행체가 배치될 타겟 위치를 결정하는 단계를 포함한다. 상기 정보는 상기 프로브 패킷이 전달된 경로에 위치하는 통신 노드의 식별자와 상기 프로브 패킷이 전달된 통신 노드의 순서를 포함한다.

[0006] 다른 측면에서 경로 결합을 이용한 무인 비행체의 적응적 배치 방법은 복수의 무인 비행체가 그리드(grid) 형태로 구분되어 복수의 정점을 포함하는 관심 지역에서 방문하지 않은 정점으로 이동하면서 프로브 패킷을 송신하는 단계, 상기 복수의 무인 비행체 중 적어도 하나의 무인 비행체가 상기 복수의 정점을 방문하면서 방문한 정점에 인접한 통신 노드로부터 전달 경로에 대한 정보를 포함하는 상기 프로브 패킷을 수신하는 단계, 상기 무인 비행체 또는 별도의 컴퓨터 장치가 상기 정보를 이용하여 상기 관심 지역에 배치된 통신 노드들에 대한 토폴로지를 추정하는 단계 및 상기 무인 비행체 또는 상기 컴퓨터 장치가 상기 토폴로지를 기준으로 상기 관심 지역에

서 상기 통신 노드와 통신이 가능한 적어도 하나의 무인 비행체가 배치될 타겟 위치를 결정하는 단계를 포함한다. 상기 무인 비행체는 상기 관심 지역에서 어느 하나의 방향으로 지그재그(zigzag) 형태로 비행하면서 상기 복수의 정점을 방문하고, 상기 복수의 무인 비행체 중 어느 하나의 무인 비행체가 통신 가능 반경에 위치한 다른 무인 비행체를 만나는 경우 방문하였던 이동 경로를 교환하고, 상기 이동 경로에 중첩되는 정점이 있는 경우 지그재그로 이동하는 폭을 줄여서 비행한다.

발명의 효과

[0007] 이하 설명하는 기술은 관심 지역에 위치한 통신 노드의 토폴로지를 추정하여 릴레이를 위한 무인 비행체의 최적 배치 위치를 결정할 수 있다. 이하 설명하는 기술은 무인 비행체가 확보한 정보를 활용하여 적응적으로 비행 경로를 결정하여 빠른 시간에 무인 비행체의 배치 위치를 결정할 수 있다. 이하 설명하는 기술은 반복적 알고리즘을 사용하여 배치 결정에 따른 부하(overhead)를 줄인다.

도면의 간단한 설명

[0008] 도 1은 관심 지역과 관심 지역을 비행하는 무인 비행체를 도시한 예이다.

도 2는 무인 비행체가 관심 지역을 비행하는 경로를 설명하는 예이다.

도 3은 무인 비행체가 특정 지점에서 비행하는 경로를 결정하는 과정에 대한 예이다.

도 4는 무인 비행체가 특정 지점에서 비행하는 경로를 결정하는 과정에 대한 다른 예이다.

도 5는 무인 비행체가 정점을 이동하면서 프로브 패킷을 송수신하는 과정에 대한 예이다.

도 6은 관심 지역의 통신 노드에서 전달된 프로브 패킷을 이용하여 통신 노드의 토폴로지를 결합하는 예이다.

도 7은 통신 노드들에 대한 제1 클러스터 헤드를 결정하는 예이다.

도 8은 제1 클러스터 헤드와 정점을 기준으로 제2 클러스터 헤드를 결정하는 예이다.

도 9는 무인 비행체가 배치되는 위치에 대한 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 설시된 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 방식 또는 표준에 따라 다양한 방식이 있다. 예컨대, 3G/LTE와 같은 통신 방식을 사용하는 이동통신 네트워크, IEEE 802.11에 따른 근거리 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. 통신 사업자는 서비스 지역에 지형적 특징을 고려하여 AP를 배치한다. 따라서 AP에 장애가 발생하면 해당 AP 주변 지역은 통신 서비스가 제공되지 못한다. 나아가 지형적 특성에 따라 AP를 설치하기 어려운 지역은 음역 지역이 될 수 있다.

[0016] 또한 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 무인 비행체(UAV)는 무선 네트워크에서 통신 노드로 역할을 수행할 수 있다. 이하 설명하는 기술은 릴레이 역할을 하는 무인 비행체를 이용하여 무선 네트워크를 구성한다. 무인 비행체를 이용하여 장애가 발생한 무선 네트워크를 복구할 수 있다. 또는 무인 비행체를 이용하여 무선 네트워크의 신호가 제대로 전달되지 못하는 음영 지역(radio shadow area)을 해소할 수 있다. 이를 위하여 무인 비행체는 적절한 위치에 배치되어야 한다. 이하 설명하는 기술은 릴레이 기능을 수행하는 무인 비행체의 배치를 위한 것이다.

[0019] 무인 비행체는 드론(drone)과 같이 자체적으로 비행할 수 있는 장치이다. 또한 무인 비행체는 통신 방식에 따라 AP 또는 애드혹 네트워크를 구성하는 통신 노드로서 기능을 수행한다. 따라서 무인 비행체는 통신 기능을 수행하기 위한 통신 모듈을 갖는다고 전제한다.

[0020] 이하 설명하는 기술은 크게 두 가지 과정으로 구성된다. 첫 째는 무인 비행체가 일정한 지역을 비행하면서 해당 지역에 배치된 통신 노드의 토폴로지를 파악하는 과정이다. 둘째는 릴레이 노드 기능을 수행하기 위한 무인 비행체의 배치 위치를 결정하는 과정이다.

[0021] 무인 비행체를 이용하여 통신이 원활한지 여부를 점검하는 지역을 관심 지역(Region of Interest, ROI)라고 한다. 관심 지역은 일반적으로 AP 또는 통신 노드가 배치된 실외일 것이다. 다만 건물 내부에서 사용하는 무선 통신인 경우 관심 지역이 실내가 될 수도 있다.

[0022] 이하 설명의 편의를 위해 애드혹 네트워크를 기준으로 설명하고자 한다. 사용자는 무인 비행체를 사용하여 애드혹 네트워크 전체 또는 애드혹 네트워크 중 점검을 원하는 지역을 관심지역으로 설정한다. 무인 비행체는 사전에 관심 지역에 대한 위치 정보를 알고 있는 상태이다. 무인 비행체는 GPS 등과 같은 장치를 이용하여 좌표로 정의되는 관심 지역을 탐색할 수 있다. 또는 무인 비행체는 특정 지점을 기준으로 이동하는 위치 및 거리를 파악할 수 있는 센서 장치(지자기 센서, 가속도 센서 등)를 이용하여 비행을 시작하는 지점을 기준으로 정의되는 관심 지역을 탐색할 수도 있다. 이밖에 무인 비행체는 다양한 위치 측위 기법을 이용하여 관심 지역을 탐색할 수도 있다.

[0024] 무인 비행체가 관심 지역에 배치된 통신 노드의 토폴로지를 파악하는 과정을 설명한다. 무인 비행체는 관심 지역의 토폴로지를 파악하기 위하여 관심 지역을 일정하게 비행하면서 정보를 수집한다. 먼저 무인 비행체가 관심 지역을 탐색하는 과정에 대하여 설명한다.

[0026] **관심 지역 탐색 과정**

[0027] 무인 비행체가 관심 지역을 탐색하는 과정을 설명한다. 설명의 편의를 위해 관심 지역은 사각형 형태를 갖고, 관심 지역은 사각형 그리드(grid) 형태로 구분된다고 가정한다. 또한 관심 지역에는 비행에 지장을 주는 장애물은 없다고 가정한다.

[0028] 무인 비행체가 스스로 경로를 설정하고 이동하여 관심 지역을 탐색할 수 있다. 또는 별도의 제어 장치가 무인 비행체의 이동 경로를 결정하고, 무인 비행체에 이동에 대한 명령을 전달할 수도 있다. 이 경우 제어 장치는 네트워크에 연결된 서버 또는 무인 비행체와 직접 통신을 수행하는 컴퓨터 장치일 수 있다.

[0030] 도 1은 관심 지역과 관심 지역을 비행하는 무인 비행체를 도시한 예이다. 도 1을 살펴보면 관심 지역은 사각형 형태이고, 사각형 그리드 형태로 구분되었다. 무인 비행체는 도 1에서 도시한 바와 같이 그리드를 구성하는 직선을 따라 이동한다고 가정한다. 도 1의 하단에는 통신 노드의 배치 상태를 도시하고 있다. 통신 노드 중 검은색으로 표시한 노드는 정상적으로 동작하는 노드(정상 노드)이고, 하얀색으로 표시한 노드가 장애가 발생한 노드(장애 노드)이다. 특정 노드에 장애가 발생하면, 특정 지역 또는 전체 지역에 통신 장애가 발생할 수 있다. 장애가 발생한 노드는 주변 노드와 통신을 할 수 없다. 도 1에서는 장애가 발생한 경로를 점선 실선으로 표시하였다.

[0031] 도 1은 무인 비행체(50)를 도시하였다. 도 1에서 굵은 실선으로 무인 비행체(50)의 이동 경로를 표시하였다. 무인 비행체(50)는 관심 지역을 비행하면서 통신이 원활하지 못한 지점을 탐색할 수 있다. 이후 무인 비행체(50)는 장애가 발생한 노드로 인하여 패킷이 원활하게 전달되지 못하는 영역에 배치될 수 있다. 무인 비행체(50)는 애드혹 네트워크의 통신 노드와 같이 패킷을 중계하는 역할을 수행할 수 있다. 인접 노드로부터 패킷을 수신하는 경로를 화살표 점선으로 도시하였다. 무인 비행체(50)는 수신한 패킷을 경로에 따라 다른 인접 노드로 전달할 수 있다.

[0032] 도 1은 제어 장치(80)를 도시한다. 제어 장치(80)는 무인 비행체(50)를 제어하는 장치이다. 도 1은 네트워크로 연결된 서버와 같은 장치를 예로 도시한다. 제어 장치(80)는 무인 비행체(50)의 비행 경로를 결정하고, 비행을 위한 명령을 무인 비행체(50)에 전달한다.

[0033] 무인 비행체(50) 또는 제어 장치(80)는 관심 지역을 비행하기 위한 위치 정보를 사전에 보유한다고 전제한다. 관심 지역에 대한 위치 정보는 관심 지역을 정의하는 지리적 정보, 관심 지역을 그리드 형태로 구분하였을 때 각 정점의 위치 등을 포함한다.

[0035] 도 2는 무인 비행체가 관심 지역을 비행하는 경로를 설명하는 예이다. 관심 지역은 사각형 그리드로 구성되고, m × m 개의 정점(vertex)을 갖는다. 설명의 편의를 위해 특정 지점을 기준으로 관심 지역의 위쪽 방향을 N(North), 아래 방향을 S(South), 우측 방향을 E(East), 좌측 방향을 W(West)라고 명명한다.

[0036] 무인 비행체(50)는 관심 지역에 배치된 통신 노드의 토폴로지를 파악하기 위하여 관심 지역의 모든 정점을 방문한다. 무인 비행체(50)가 관심 지역의 정점을 방문하는 알고리즘은 다양할 수 있다.

[0037] 무인 비행체(50)는 기본적으로 N, S, E 및 W 중 하나의 방향으로 이동한다. 도 2에서 무인 비행체(50)가 오른쪽(E)와 위쪽(N)으로 이동하는 경로를 도시한다. 무인 비행체(50)가 이동하는 방향을 비행 방향이라고 명명한다. 한편 무인 비행체(50)는 보다 많은 정점을 방문하기 위하여 일직선으로 이동하지 않고, 지그재그(zigzag) 형태로 이동할 수 있다. 도 2는 무인 비행체(50)가 비행 방향으로 지그재그 형태의 동선으로 이동하는 예를 도시한다. 도 2에서 무인 비행체(50)가 비행방향으로 이동하면서 지그재그로 비행하는 폭의 길이를 L로 표시하였다. 폭의 길이는 정점의 개수로 정의한다고 가정한다. 도 2는 두 개의 사각형 그리드를 지그재그 단위로 갖는 형태(L = 2)를 예로 도시하였다.

[0038] 한편 도 2는 하단에 무인 비행체가 특정 출발점에서 지그재그 형태로 이동할 수 있는 8 개의 경로를 도시한다. 무인 비행체는 출발점을 기준으로 8개의 경로로 이동할 수 있다. 이동 가능한 8개의 경로는 NE, NW, SE, SW, EN, ES, WN, WS이다. 예컨대, E 방향으로 이동하는 경로는 NE와 SE이다. 같은 방향인 경우에도 출발점에서 먼저 방문하는 정점에 따라 두 가지 경로(NE 및 SE)가 있다. 무인 비행체는 일정한 기준에 따라 방문하지 않은 정점을 방문한다.

[0039] 전술한 바와 같이 무인 비행체(50) 또는 제어 장치(80)가 무인 비행체의 비행 경로를 결정할 수 있다. 다만 이하 설명의 편의를 위해 무인 비행체(50)가 비행 경로를 결정하는 예를 중심으로 설명한다. 물론 제어 장치(80)도 동일한 기준에 따라 무인 비행체(50)의 비행 경로를 결정할 수 있다. 제어 장치(80)가 비행 경로를 결정하면 추가적으로 무인 비행체(50)에 해당 경로(비행 방향, 지그재그 방향, 다음 방문 정점 등)에 대한 정보를 전달한다.

[0040] 무인 비행체(50)는 출발점을 기준으로 8개의 경로 중 하나의 경로로 이동하게 된다. 무인 비행체(50)가 이동하는 알고리즘에 대해 설명한다. 물론 이하 설명하는 알고리즘은 무인 비행체(50)가 관심 지역을 탐색할 수 있는 하나의 예이다. 무인 비행체(50)는 다른 정점으로 이동하기 전에 현재 위치(시작점)에서 특정 비행방향으로 이동하는 경우 방문하게 되는 경로를 파악한다. 이 경로를 예상 경로라고 명명한다. 무인 비행체(50)는 관심 지역에 위치한 모든 정점에 대하여 방문하지 않은 정점과 방문한 정점에 대한 정보를 사전에 알고 있다고 전제한다. 무인 비행체(50)는 방문하지 않은 정점을 대상으로 예상 경로를 구성하는 정점 리스트를 생성한다.

[0041] 무인 비행체(50)는 최대 8개의 예상 경로를 사전에 생성할 수 있다. 무인 비행체(50)는 복수의 예상 경로 중 관심 지역의 경계(boundary)로의 거리가 가장 긴 경로를 선택할 수 있다. 또는 무인 비행체(50)는 복수의 예상 경로 중 방문하지 않은 정점이 가장 많은 경로를 선택할 수 있다.

[0042] 도 3은 무인 비행체가 특정 지점에서 비행하는 경로를 결정하는 과정에 대한 예이다. 도 3은 관심 지역에서 정점을 가로축 위치(x)와 세로축 위치(y)로 식별하였다. 하나의 정점은 (x,y)로 정의될 수 있다. 도 3에서 관심 지역은 정점 (0,0) 내지 정점 (10,10)을 포함한다. 도 3에서 무인 비행체(50)가 방문한 노드는 검은색 원으로 표시하였다.

[0043] 도 3(a)는 무인 비행체(50)가 시작 정점 (0,6)에서 출발하여 현재 정점 (4,5)에 위치한 예이다. 무인 비행체(50)의 현재 비행 경로는 NE 방향으로 이동하면서 정점(4,4) -> 정점(5,4) 등을 방문해야 한다. 무인 비행체(50)는 기본적으로 이미 방문한 정점은 방문하지 않는다. 그러나 정점 (4,4)는 이미 방문한 정점이다. 따라서 무인 비행체(50)는 정점 (4,5)에서 다시 비행 경로를 결정해야 한다. 현재 위치에서 N과 W 방향에 있는 정점은 모두 방문한 정점이다. 따라서 무인 비행체(50)가 비행 가능한 방향은 E와 S이다. 무인 비행체(50)는 현재 위치에서 이동 가능한 경로를 예상하고, 이 중에서 방문하지 않은 정점의 길이가 가장 긴 경로를 선택한다. 도 3(b)는 무인 비행체(50)가 현재 위치에서 이동할 다음 경로를 결정한 예이다. 무인 비행체(50)는 현재 위치에서 ES 경로에 따라 E 쪽으로 비행 경로를 결정하였다.

[0044] 무인 비행체(50)는 비행 경로를 따라가면서 방문한 정점을 만나는 경우 다시 비행 경로를 결정하는 과정을 반복하여 이후 비행 경로를 결정할 수 있다. 나아가 무인 비행체(50)는 결정한 비행 경로에 따라 다음 정점으로 이동하면, 다시 다음 정점을 기준으로 비행 경로를 결정하고, 다시 결정된 비행 경로로 이동할 수 있다.

[0046] 도 4는 무인 비행체가 특정 지점에서 비행하는 경로를 결정하는 과정에 대한 다른 예이다. 도 4는 관심 지역에 복수(2개)의 무인 비행체(50A 및 50B)가 비행하는 경우에 대한 예이다. 두 개 이상의 무인 비행체가 이동하는 경우, 각 무인 비행체는 방문하는 정점이 중복되지 않도록 정보를 교환할 수 있다. 전술한 바와 같이 무인 비행체는 통신 기능이 있어서 통신 가능 범위에 다른 무인 비행체가 진입하면 무인 비행체 사이에 일정한 정보를 교환할 수 있다. 도 4(a)에서 무인 비행체 50A는 정점 (0,4)에서 출발하여 E 방향으로 이동하면서 현재 정점 (6,5)에 위치한다. 무인 비행체 50B는 정점(10,7)에서 출발하여 N 방향으로 이동하면서 현재 정점 (7,5)에 위치한다. 무인 비행체 50A 및 무인 비행체 50B는 통신 가능 반경에 위치하여 서로를 인식하고, 자신이 수집한 정보를 교환한다. 무인 비행체는 자신이 방문했던 노드에 대한 정보를 교환할 수 있다.

[0047] 무인 비행체 50A 및 무인 비행체 50B는 방문했던 정점에 대한 정보를 기준으로 중복된 방문 정점을 확인한다. 중복되게 방문한 정점은 정점 (6,7) 과 정점(6,6)이다. 무인 비행체 50A를 기준으로 설명하면, 무인 비행체 50A가 계속 동일한 경로로 이동하면 무인 비행체 50B가 이미 방문한 정점을 더욱 많이 방문하게 된다. 따라서 무인 비행체 50A는 무인 비행체 50A와 무인 비행체 50B가 방문한 정점을 제외하고, 비행 경로를 다시 결정한다. 무인 비행체 50B도 자신의 비행 경로를 다시 결정한다. 이 경우 비행 경로를 다시 결정하더라도, 복수의 무인 비행체가 관심 지역을 이동하여 향후 중복된 정점을 방문하게 될 가능성이 높다. 따라서 무인 비행체 50A는 지그재그로 비행하는 폭(L)을 일정하게 줄여서 비행 경로를 결정할 수 있다. 예컨대, 무인 비행체 50A는 L을 1줄여서 이후 비행 경로를 결정할 수 있다. 도 5(b)는 무인 비행체 50A기 L을 3으로 설정하고 이후 비행 경로를 결정한 예를 도시한다. 또한 무인 비행체 50B로 L을 줄여서 이후 비행 경로를 결정할 수 있다. 도 5(b)는 무인 비행체 50B기 L을 3으로 설정하고 이후 비행 경로를 결정한 예를 도시한다. 도 5(b)에서 비후 비행 경로에서 아직 방문하지 않은 정점을 원으로 표시하였다.

[0049] 이제 무인 비행체가 관심 지역을 이동하면서 지상의 통신 노드에 대한 토폴로지를 추정하는 과정을 설명한다.

[0051] **통신 노드에 대한 토폴로지 구성 과정**

[0053] 도 5는 무인 비행체가 정점을 이동하면서 프로브 패킷을 송수신하는 과정에 대한 예이다. 무인 비행체(50)는 관심 지역을 비행하면서 현재 방문한 정점에서 프로브 패킷을 송신한다. 현재의 정점에서 통신 반경 범위에 있는 지상의 통신 노드가 있다면, 해당 프로브 패킷을 수신하게 된다. 프로브 패킷을 수신한 통신 노드는 홉 통신으로 전달 가능한 이웃 통신 노드에 프로브 패킷을 전달한다. 이때 프로브 패킷을 수신한 통신 노드는 자신의 식별자와 현재의 홉수를 프로브 패킷에 기록한다. 결국 프로브 패킷은 패킷이 전달된 경로에 위치한 통신 노드와 전달된 순서에 대한 정보를 보유하게 된다. 한편 프로브 패킷은 최대 일정한 기준 홉 거리만 이동할 수 있다. 통신 노드가 프로브 패킷을 전달하는 프로토콜이나 알고리즘은 통신 노드가 사전에 보유한다고 전제한다.

[0054] 도 5는 무인 비행체(50)가 정점 (1,4)에서 프로브 패킷을 송신한다. 프로브 패킷이 전송될 수 있는 최대 홉 거리(n)는 4라고 가정한다. 정점 (1,4)에서 무인 비행체(50)의 통신 반경에 위치한 통신 노드 1은 프로브 패킷을 수신한다. 이후 통신 노드 1은 패킷에 자신의 식별자를 기록하고 인접한 통신 노드 2에 프로브 패킷을 전달한다. 이후 통신 노드 2 -> 통신 노드 3 -> 통신 노드 4 -> 통신 노드 5 순서로 프로브 패킷이 전송된다. 즉 프로브 패킷은 최대 홉 거리만큼 이동하였다. 각 통신 노드는 프로브 패킷에 자신의 식별자를 기록하고, 해당 통신 노드가 전달된 순서도 기록한다. 프로브 패킷은 통신 노드의 식별자와 전달 순서를 별도의 필드 또는 헤더에 저장할 수 있다. 한편 프로브 패킷이 전달된 순서는 별도로 저장하지 않고, 통신 노드의 식별자가 저장된 순서로 패킷의 전달 순서를 식별할 수도 있다. 무인 비행체(50)는 정점(5,4)에 이르러 통신 노드 5로부터 프로브 패킷을 수신한다. 이 경우 무인 비행체(50)가 이동한 경로와 프로브 패킷을 송신 또는 수신한 정점의 위치를 기준으로 프로브 패킷의 대략적인 이동 경로를 추정할 수 있다. 기본적으로 통신 노드 1은 정점 (1,4)에 인접하고, 통신 노드 5는 정점 (5,4)에 인접하다. 또한 통신 노드 2 내지 통신 노드 4는 통신 노드 1과 통신 노드 5 사이에 위치하는 것을 알 수 있다.

[0056] 아래 표 1 및 표 2는 무인 비행체가 관심 지역을 비행하면서 지상의 통신 노드 토폴로지를 확인하기 위한 동작에 대한 수도 코드(pseudo code)의 예이다.

표 1

```
Input: CurrentVertexID
Output: NextVertexID
// Part I: Motion planning
if (future-vertex-visit-trajectory == ∅) or (future-vertex-visit-trajectory's
   next vertex is taken or null) then
   if (any unvisited neighboring vertex in North, East, South, West)
   then
      Regenerate the future-vertex-visit-trajectory
        with the longest length that starts from an unvisited vertex;
      NextVertexID = future-vertex-visit-trajectory's first vertex ID;
      Move with one step to the next vertex;
   else
      if (there exists any unvisited vertex) then
         NextVertexID = the nearest vertex's ID on the grid coordinate
         from CurrentVertexID;
         Invoke path-probing();
         Fly to the next vertex;
      else
         Terminate;
      end if
   end if
else
   NextVertexID = future-vertex-visit-trajectory's next vertex ID;
   Invoke path-probing();
   Move with one step to the next vertex;
end if
```

[0058]

[0059] 상기 표 1은 무인 비행체가 관심 지역을 이동하는 과정에 대한 알고리즘의 예이다. 'future-vertex-visit-trajectory'는 무인 비행체가 현재 지점을 기준으로 이동할 경로를 구성하는 정점 리스트이다. 정점 리스트는 정점에 대한 식별자(vertex ID)로 구성될 수 있다. 아래 표 2는 path-probing()에 대한 수도코드이다.

표 2

```
// Part II: Path probing
Function path-probing()
   Broadcast a path-probing packet;
   Any neighboring stationary nodes keep relaying the probing packet
   up to n hops, while recording a series of relay node ID in the header;
   Receive completed path-probing packets stored at the currently
   visiting node initiated by itself or other UAVs;
   if (any UAVs within radio range) then
      Exchange vertex-visit-list and update it;
      if (any duplicated visited vertexes) then
         Decrement the navigation width L by 1;
         future-vertex-visit-trajectory = ∅;
      end if
   end if
EndFunction
```

[0061]

[0062] 상기 표 2는 무인 비행체가 관심 지역의 정점을 이동하면서 프로브 패킷을 송신하고 수신하는 과정에 대한 예이

다. 'path-probing packet'은 프로브 패킷을 의미한다. 한편 표 2에서 라인 26에서 라인 32는 복수의 무인 비행체를 활용하여, 무인 비행체가 다른 무인 비행체와 조우하는 경우 정보를 교환하는 과정에 대한 예이다. 무인 비행체는 통신 가능 범위에 진입한 다른 무인 비행체와 방문한 정점에 대한 정보를 교환한다. 'vertex-visit-list'는 이미 방문한 정점에 대한 리스트이다. 무인 비행체는 다른 무인 비행체가 방문한 정점도 이미 방문한 정점으로 업데이트한다. 또한 무인 비행체는 방문 정점이 중복되는 경우 전술한 바와 같이 지그재그의 폭 길이 L을 일정하게 줄인다. 표 2는 L을 1만큼 줄인 예를 나타낸다.

[0064] 이제 프로브 패킷을 사용하여 통신 노드의 토폴로지를 추정하는 과정을 설명한다. 복수의 무인 비행체가 관심 지역을 비행하면서 프로브 패킷을 송신하고, 수집하는 경우 어느 하나의 무인 비행체가 수신하는 프로브 패킷은 다른 무인 비행체가 송신한 프로브 패킷일 수도 있다.

[0065] 관심 지역에 존재하는 모든 정점에 대한 방문이 끝나고, 각 정점에서 프로브 패킷을 송신하고, 수신하는 과정이 종료된 상태를 전제한다. 무인 비행체(50)나 제어 장치(80)가 통신 노드의 토폴로지 추정할 수 있다. 이때 무인 비행체(50)나 제어 장치(80)는 관심 지역을 비행한 모든 무인 비행체로부터 프로브 패킷을 수집하여야 한다. 무인 비행체(50)나 제어 장치(80)는 모든 프로브 패킷을 수집하고, 프로브 패킷에 저장된 정보를 기반하여 전체 통신 노드의 토폴로지를 추정한다. 특정 통신 노드로부터 전달받은 프로브 패킷은 복수의 통신 노드로 구성되는 경로에 해당한다. 즉 프로브 패킷 하나는 통신 노드와 통신 노드가 연결된 상태를 나타내는 세그먼트(segment)에 해당한다. 무인 비행체(50)나 제어 장치(80)는 모든 프로브 패킷이 나타내는 복수의 세그먼트를 일정하게 결합(stitching)하여 통신 노드에 대한 토폴로지를 추정한다.

[0066] 도 6은 관심 지역의 통신 노드에서 전달된 프로브 패킷을 이용하여 통신 노드의 토폴로지를 결합하는 예이다. 도 6(a)는 프로브 패킷이 나타내는 세그먼트에 대한 예이다. 관심 지역 위치하며 통신 가능한 통신 노드는 모두 18개라고 가정한다. 전체 수집한 프로브 패킷은 모두 6개이다. 프로브 패킷이 최대 전달될 수 있는 기준 홉 거리 n = 4라고 가정한다. 각 세그먼트를 살펴보면 서로 중복되는 노드가 존재한다. 무인 비행체(50)나 제어 장치(80)는 중복되는 노드를 결합하여 하나의 연결된 구조(그래프)를 마련할 수 있다. 도 6(b)는 도 6(a)의 세그먼트를 결합하여 연결된 구조에 해당한다. 세그먼트를 결합하여 생성된 구조를 하나의 서브 네트워크 토폴로지라고 명명한다.

[0067] 다만 전술한 바와 같이 관심 지역의 통신 노드는 모두 연결되지 않을 수 있다. 예컨대, 특정 노드에 장애가 발생하는 경우 전체 노드가 서로 연결되지 않을 수 있다. 이 경우 세그먼트를 결합하여도 서로 연결되지 않은 복수의 서브 네트워크 토폴로지가 생성된다.

[0069] 이제 통신 노드에 대한 세그먼트 내지 토폴로지를 기준으로 릴레이 노드 기능을 하는 무인 비행체를 배치하는 과정을 설명한다.

[0071] **무인 비행체의 배치**

[0073] 무인 비행체의 위치를 결정하는 과정은 크게 두 가지 과정으로 구성된다. (1) 하나는 연결된 복수의 통신 노드를 하나의 클러스터로 보고 각 클러스터에 대한 클러스터 헤드를 결정하는 과정이다. 여기서 하나의 클러스터는 도 6에서 설명한 하나의 서브 네트워크 토폴로지일 수 있다. 또는 경우에 따라서 하나의 클러스터는 도 6(a)에서 설명한 하나의 세그먼트일 수도 있다. (2) 나머지 하나는 클러스터 헤드와 관심 지역의 정점을 기준으로 클러스터 헤드를 일정한 기준에 연결할 수 있는 정점을 결정하는 과정이다.

[0074] 도 7은 통신 노드들에 대한 제1 클러스터 헤드를 결정하는 예이다. 도 7(a)는 두 개의 클러스터에 대한 예이다. 클러스터 S1은 노드 1, 노드 2, 노드 3, 노드 4, 노드 5 및 노드 6으로 구성된다. 클러스터 S2는 노드 7, 노드 8, 노드 9 및 노드 10으로 구성된다. 무인 비행체(50)나 제어 장치(80)는 각 클러스터에서 일정한 홉 거리를 기준으로 도달 가능한 노드의 개수를 확인한다. 여기서 일정한 홉 거리를 2라고 가정한다. 도 7(b)는 도 7(a)의 클러스터를 구성하는 각 통신 노드에서 2홉 거리 기준으로 도달 가능한 노드의 개수를 표시하였다. 무인 비행체(50)나 제어 장치(80)는 각 클러스터에서 2홉 거리 기준으로 도달 가능한 노드의 개수가 가장 많은 노드를 클러스터 헤드로 결정한다. 클러스터 S1에서 2홉 거리 기준으로 도달 가능한 노드의 개수가 가장 많은 노드는 노드

2 및 노드 4이다. 이 경우 무인 비행체(50)나 제어 장치(80)는 임의로 노드 2 및 노드 4 중 어느 하나를 클러스터 헤드로 결정할 수 있다. 도 7(b)는 노드 4를 클러스터 헤드 CH로 선택한 예이다. 클러스터 S2는 2홉 거리 기준으로 도달 가능한 노드의 개수가 모두 동일하다. 도 7(b)는 노드 8을 클러스터 S2에 대한 클러스터 헤드 CH로 선택한 에이다. 도 7(a)는 클러스터 헤드로 선택된 노드를 검은색으로 표시하였다. 개별 클러스터에 대하여 결정된 클러스터 헤드를 제1 클러스터 헤드라고 명명한다.

[0076] 무인 비행체(50)나 제어 장치(80)는 모든 클러스터에 대하여 제1 클러스터 헤드를 결정하는 과정을 반복한다. 무인 비행체(50)나 제어 장치(80)는 제1 클러스터 헤드와 정점을 기준으로 제2 클러스터 헤드를 결정한다.

[0077] 도 8은 제1 클러스터 헤드와 정점을 기준으로 제2 클러스터 헤드를 결정하는 예이다. 도 8에서 숫자로 표기된 검은색 원은 제1 클러스터 헤드이다. 무인 비행체(50)나 제어 장치(80)는 관심 지역의 모든 정점에 대하여 일정한 홉 거리에서 연결 가능한 제1 클러스터 헤드의 개수가 가장 많은 정점을 결정한다. 제1 클러스터 헤드의 위치는 프로브 패킷을 수신한 정점의 위치를 기준으로 추정될 수 있다. 제1 클러스터 헤드가 도 8과 같이 특정 영역에 분포한다면 일정한 홉 거리를 기준으로 제1 클러스터 헤드와 정점이 일정하게 클러스터링될 수 있다. 무인 비행체(50)나 제어 장치(80)는 특정 클러스터의 정점에서 일정한 홉 거리 기준으로 가장 많은 제1 클러스터 헤드에 연결되는 정점을 제2 클러스터 헤드로 선택한다. 도 8은 사각형 점선으로 서로 구분되는 클러스터를 표시하였다. 도 8에서 제2 클러스터 헤드는 검은색으로 표시하였다.

[0079] 제2 클러스터 헤드의 위치는 릴레이 노드가 배치될 후보 위치에 해당한다. 다양한 기준으로 릴레이 노드(무인 비행체)가 배치될 위치를 결정할 수 있다. 무인 비행체(50)나 제어 장치(80)는 제2 클러스터 헤드 중에서 (1) 두 개의 제1 클러스터 헤드를 1홉 거리에 연결 가능한 위치, (2) 두 개의 제1 클러스터 헤드를 2홉 거리에서 연결 가능한 위치, 또는 (3) 두 개의 제1 클러스터 헤드를 3 홉 거리에서 연결 가능한 위치를 릴레이 노드의 위치로 결정할 수 있다. 이때 연결 가능성은 관심 지역에 있는 모든 통신 노드를 기준으로 결정한다.

[0080] 도 9는 무인 비행체가 배치되는 위치에 대한 예이다. 도 9는 두 개의 제1 클러스터 헤드를 2홉 거리에서 연결 가능한 위치를 릴레이 노드의 위치로 결정하는 예이다. 도 9에서 검은색 원은 제1 클러스터 헤드, 흰색 원은 클러스터 헤드가 아닌 통신 노드, 삼각형은 릴레이 노드를 의미한다. 도 9(a)는 제2 클러스터 헤드 중 어느 하나가 2홉 거리에 있는 제1 클러스터 헤드를 연결하는 경우이다. 이때 제2 클러스터 헤드의 위치를 릴레이 노드의 배치 위치로 결정할 수 있다. 도 9(b)는 두 개의 제2 클러스터 헤드를 릴레이 노드의 배치 위치로 결정한 예이다. 릴레이 노드 R1은 2홉 거리에 있는 제1 클러스터 헤드와 연결 가능하지만, 우측에 있는 제1 클러스터 헤드와는 연결될 수 없다. 해당 영역에 통신 노드가 없어서 1홉 통신이 가능하지 않기 때문이다. 이 경우 도 9(b)와 같이 하나의 릴레이 노드를 더 배치하여야 한다. 도 9(c)는 2 홉 거리에서 릴레이 노드와 제1 클러스터 헤드와 연결되는 위치이지만, 이미 다른 통신 노드를 통해 2개의 제1 클러스터 헤드가 연결된 상태이다. 따라서 이 경우 릴레이 노드를 배치할 필요가 없다.

[0082] 한편 관심 지역에 배치 가능한 무인 비행체는 한정된 개수일 수 있다. 따라서 무인 비행체(50)나 제어 장치(80)는 일정한 우선순위에 따라 무인 비행체를 배치할 수 있다. 결정한 릴레이 노드의 위치보다 무인 비행체의 개수가 적다면, 무인 비행체(50)나 제어 장치(80)는 결정한 위치 중 가장 많은 제1 클러스터 헤드와 연결 가능한 순서로 무인 비행체를 배치할 수 있다.

[0084] 아래 표 3은 릴레이 노드에 해당하는 무인 비행체의 배치 위치를 결정하는 알고리즘에 대한 수도 코드의 예이다.

표 3

```
1: Input: Route topology & # of available UAVs for relay deployment
2: Output: selectedVertexesForUAVs
3: selectedVertexesForUAVs = ∅;
   // Deployment case 1 to 3: multi-level clustering & deployment
4: deploymentCase = 1;
5: while (deploymentCase <= 3)
      // 1st-tier clustering for all stationary nodes using k hops
      // return stationary cluster heads
6:    sClusterHeads = connectivity-clustering(stationaryNodes);
      // 2nd-tier clustering for stationary cluster heads and all vertexes
      // using deploymentCase hops
      // return vertex cluster heads
7:    vClusterHeads = connectivity-clustering(sClusterHeads ∪ vertexes,
                                              deploymentCase hops);
8:    Find parts of vClusterHeads connecting two sClusterHeads through;
9:    Exclude ones with any existing route within deploymentCase hops;
10:   Prioritize all possible vertex candidates in terms of route effectiveness;
11:   Deploy all possible UAVs to the prioritized vertexes;
12:   Update selectedVertexsForUAVs with them;
13:   vertexes ← vertexes – selectedVertexesForUAVs;
14:   stationaryNodes ← stationaryNodes ∪ selectedVertexesForUAVs;
15:   deploymentCase++;
16: endwhile
17: if (any UAVs still left) then
18:   Deploy remaining UAVs to vertexes with the highest # of neighbors
         within k hops;
19:   Update selectedVertexesForUAVs with them;
20: end if
```

[0085]

[0086] vertex는 관심 지역의 정점 집합이고, 최초에는 모든 정점을 포함한다. selectedVertexesForUAV는 무인 비행체가 배치될 위치의 집합이다. sClusterHeads는 제1 클러스터 헤드의 집합이다. vClusterHeads는 제2 클러스터 헤드의 집합이다. stationaryNodes는 데이터를 전송하는 노드의 집합으로, 초기에는 지상의 통신 노드만을 포함하나, 릴레이 노드의 위치가 결정되면 해당 정점의 위치도 포함된다. deploymentCase는 릴레이 노드의 위치를 결정하는 과정을 반복적으로 수행하기 위한 변수이다. 다만 while문은 결정한 배치 위치보다 무인 비행체의 개수가 적다면 그 전에 종료될 수도 있다.

[0088] 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

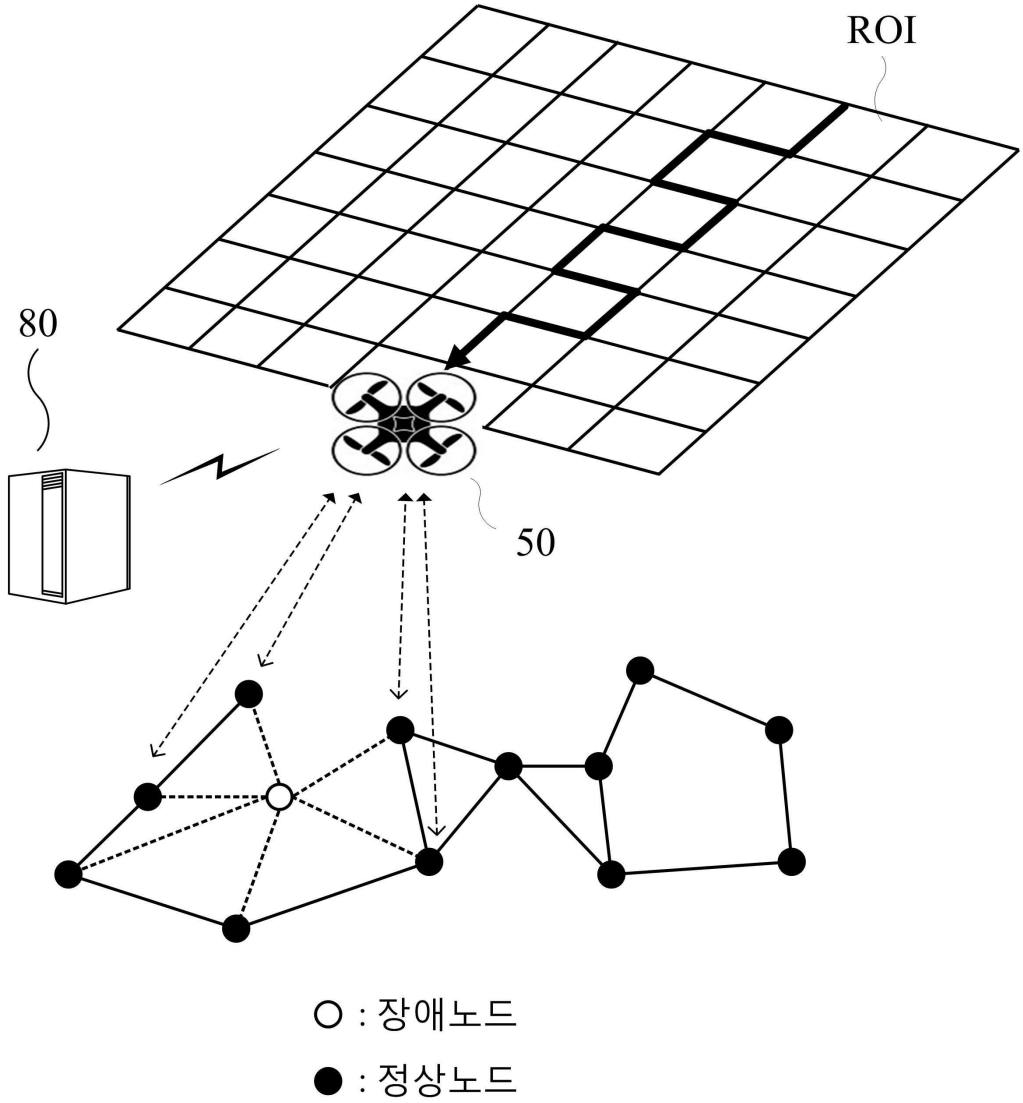
[0089] 50 : 무인 비행체

50A, 50B : 무인 비행체

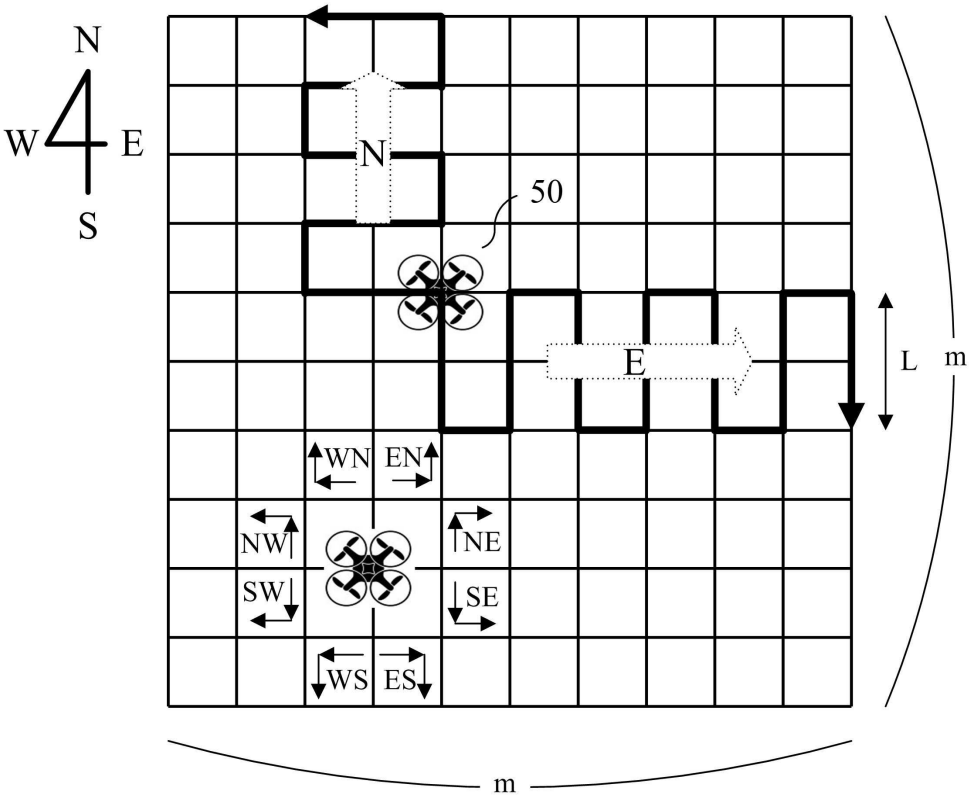
80 : 제어 장치

도면

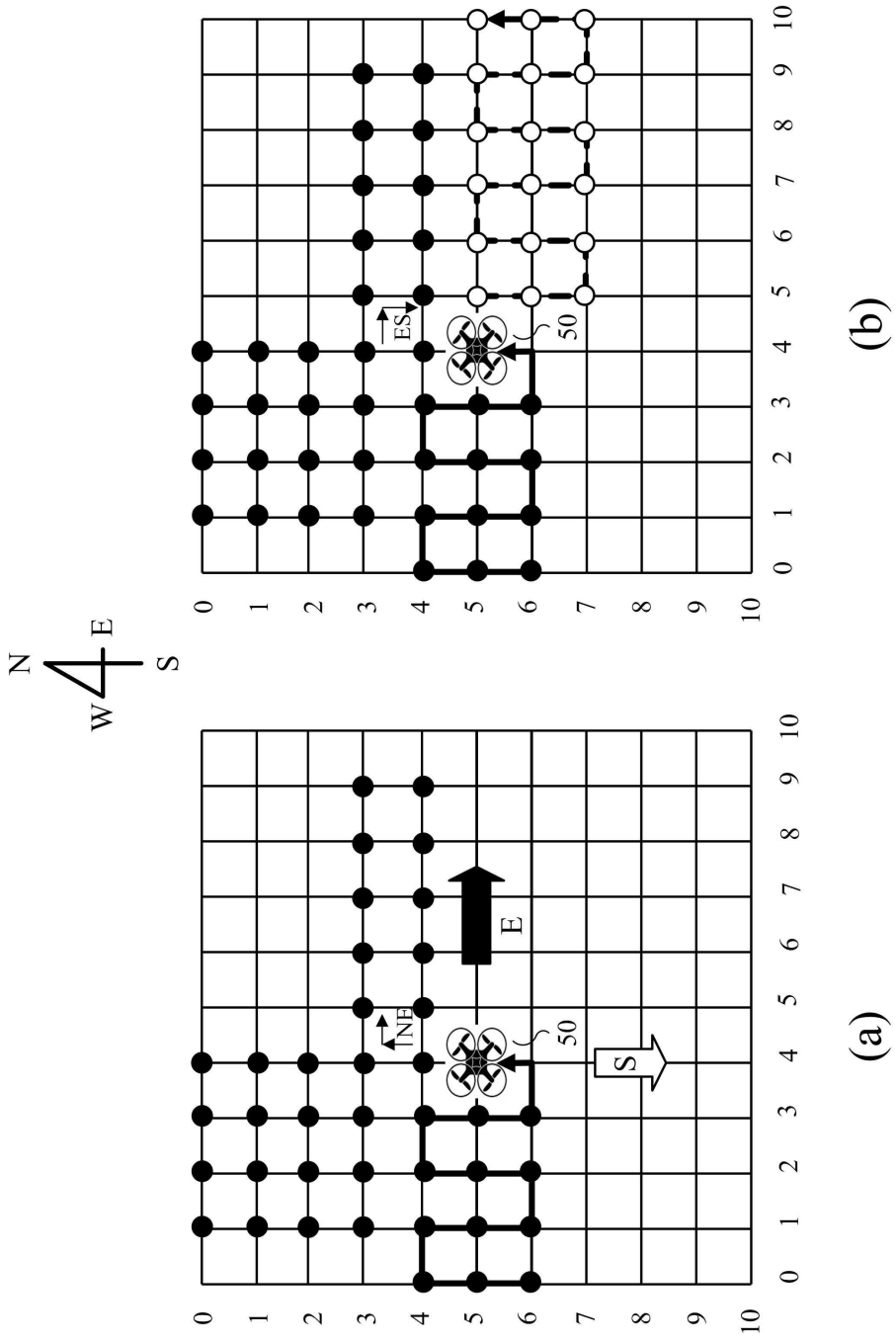
도면1



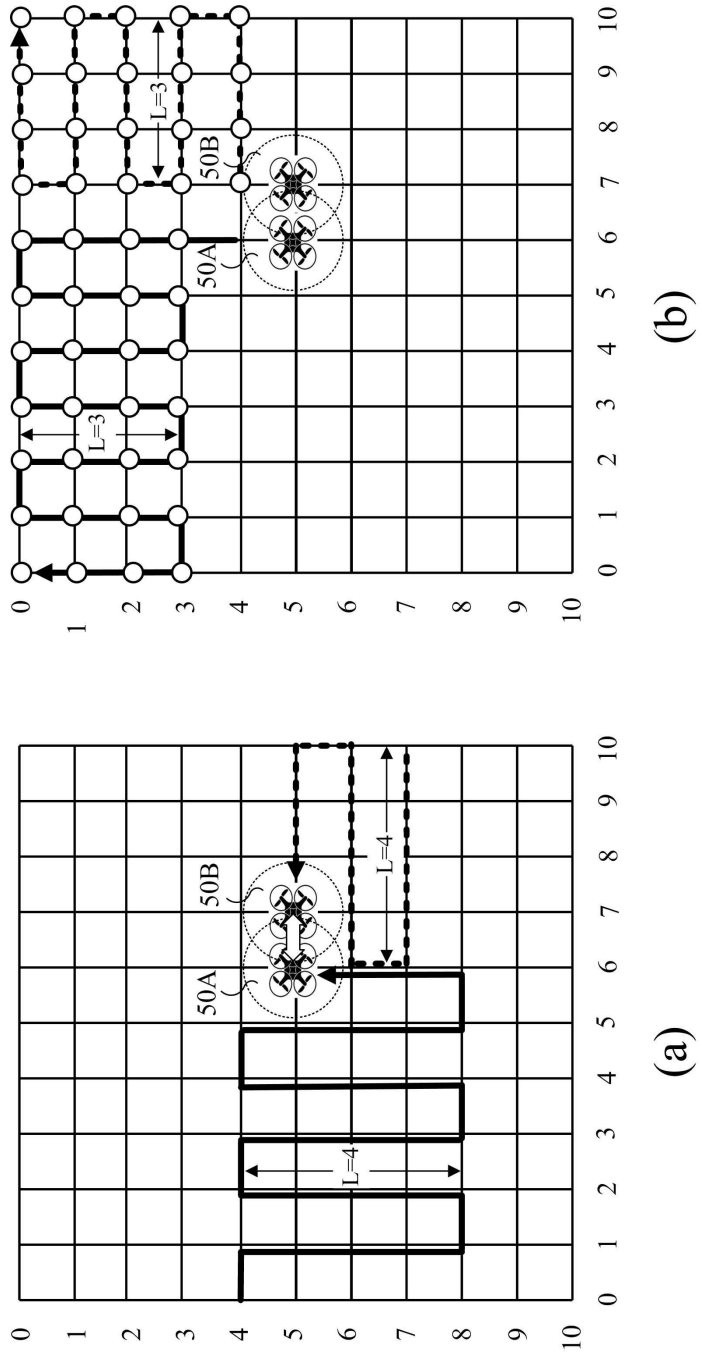
도면2



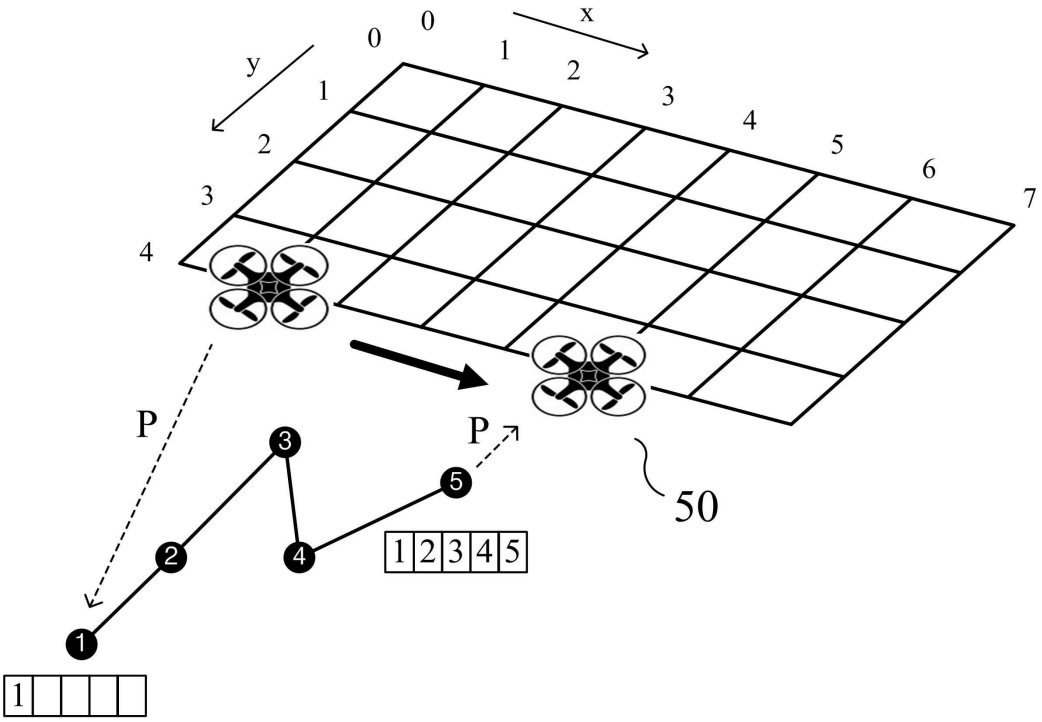
도면3



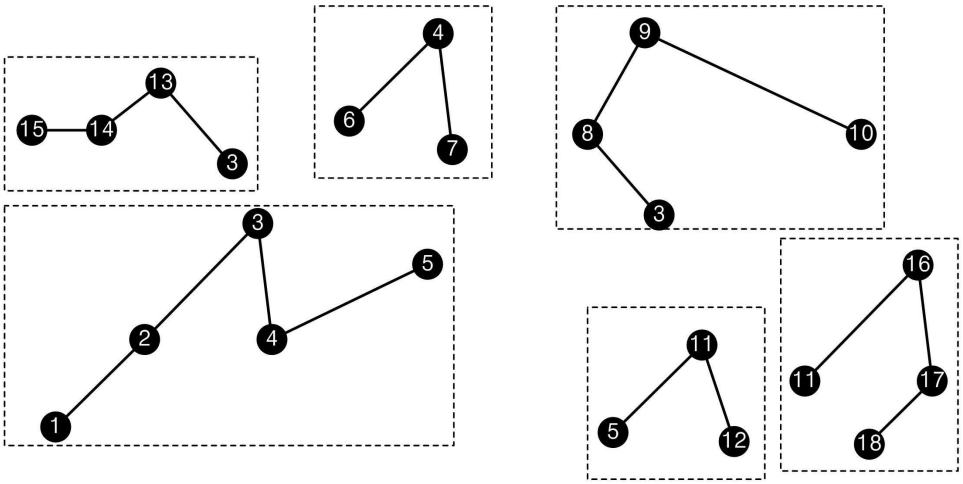
도면4



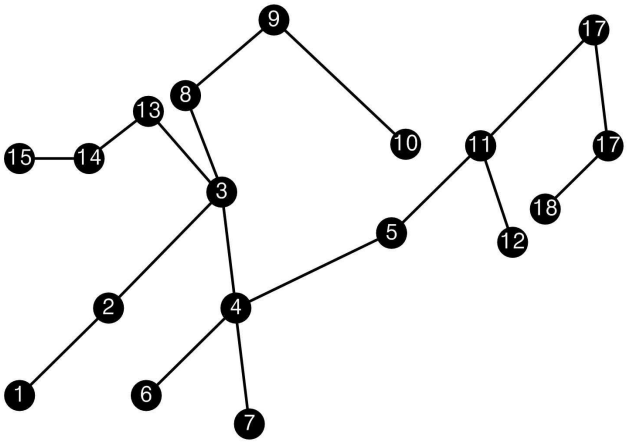
도면5



도면6

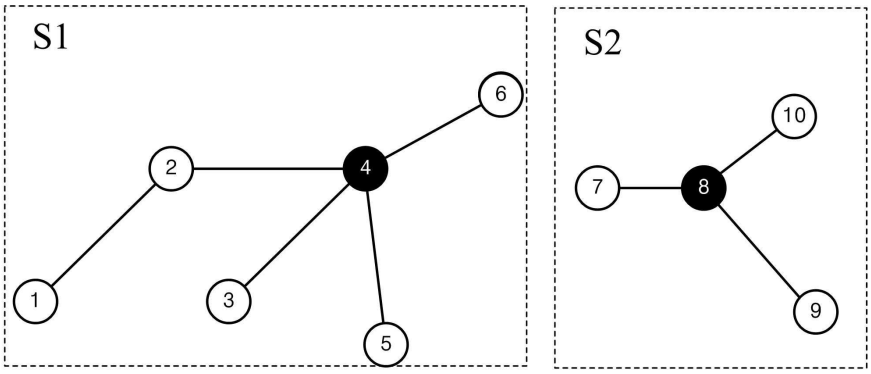

13
15
14
3
4
6
7
9
8
10
3
3
5
2
4
1
11
5
12
16
11
17
18

(A)


9
8
13
15
14
10
3
2
4
1
6
7
5
11
12
17
17
18

(B)

도면7

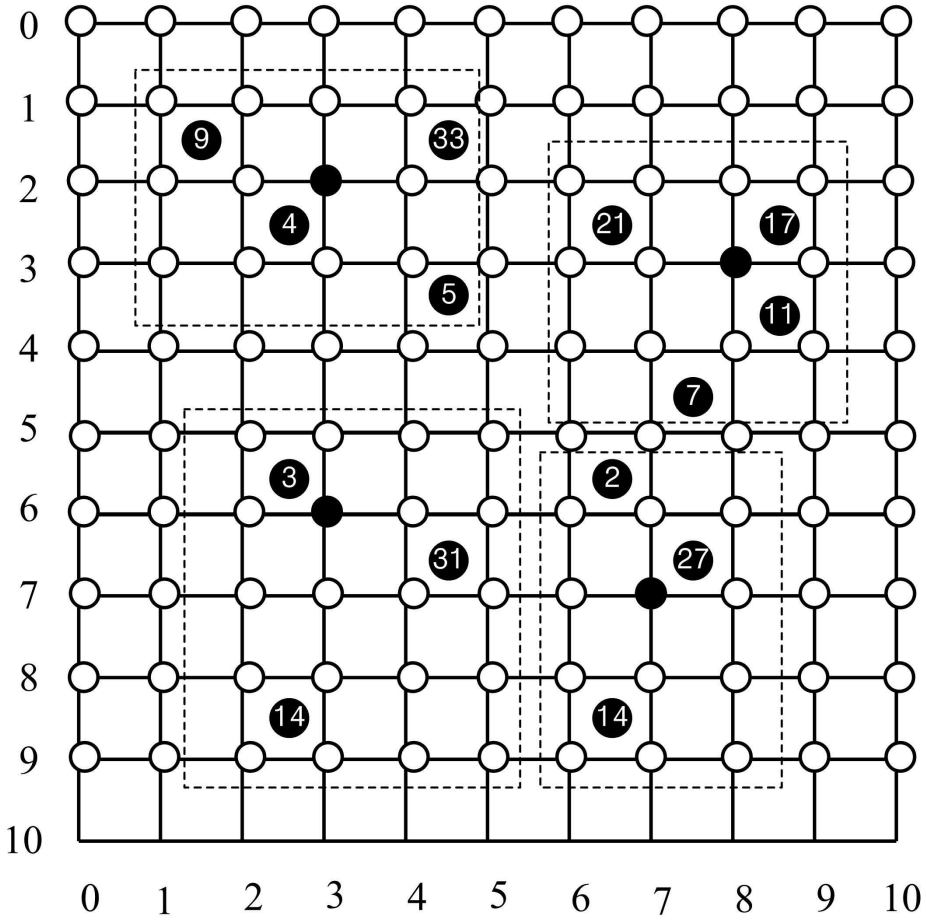


(A)

	노드#	이웃 노드 #
S1	1	2
	2	5
	3	4
	4	5(CH)
	5	4
	6	4
S2	7	3
	8	3(CH)
	9	3
	10	3

(B)

도면8



도면9

