(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년09월28일
(11) 등록번호 10-2306861
(24) 등록일자 2021년09월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04W 4/40 (2018.01) *B64C 39/02* (2006.01)
G05D 1/10 (2006.01) *H04W 4/021* (2018.01)
H04W 4/029 (2018.01) *H04W 84/18* (2009.01)
(52) CPC특허분류
H04W 4/40 (2020.05)
B64C 39/024 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-0084288
(22) 출원일자 2020년07월08일
심사청구일자 2020년07월08일
(56) 선행기술조사문헌
KR102023843 B1*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
이화여자대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 이화여대길 52 (대현동, 이화여자대학교)
(72) 발명자
이형준
서울특별시 강남구 선릉로69길 19, 103동 101호 (역삼동, 역삼래미안아파트)
윤진이
인천광역시 남동구 호구포로 803, 2411동 2101호 (구월동 롯데캐슬골드2단지아파트)
이아현
서울특별시 동대문구 이문로1길 21, 3동 304호(회기동, 청량리신현대아파트)
(74) 대리인
특허법인(유한)아이시스

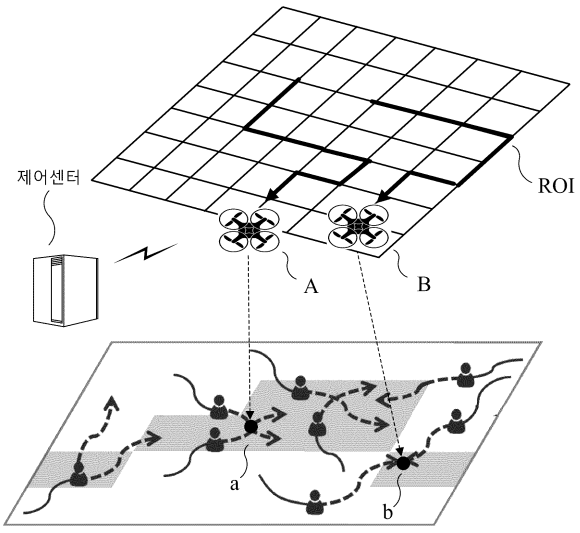
전체 청구항 수 : 총 6 항 심사관 : 성인구

(54) 발명의 명칭 **이동 노드 경로 예측에 기반한 무인 비행체의 데이터 전달 방법**

(57) 요 약

이동 노드 경로 예측에 기반한 무인 비행체의 데이터 전달 방법은 무인 비행체가 관심 지역에서 이동 노드의 이동 패턴 정보를 기준으로 이동하는 복수의 타깃 노드의 미래 경로를 예측하는 단계, 상기 무인 비행체가 복수의 셀로 구분되는 상기 관심 지역에서, 특정 셀에서의 상기 복수의 타깃 노드 전체에 대한 검출 확률을 기준으로 상기 무인 비행체의 이동 경로를 결정하는 단계 및 상기 무인 비행체가 결정된 이동 경로에서 상기 복수의 타깃 노드 중 적어도 하나의 타깃 노드에 대한 특정 제한 시간 내에 상기 적어도 하나의 타깃 노드에 데이터를 전달하는 단계를 포함한다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
G05D 1/101 (2021.01)
H04W 4/021 (2020.05)
H04W 4/029 (2020.05)
H04W 84/18 (2013.01)
B64C 2201/122 (2013.01)
B64C 2201/141 (2013.01)

공지예외적용 : 있음

명 세 서

청구범위

청구항 1

무인 비행체가 관심 지역에서 이동 노드의 이동 패턴 정보를 기준으로 이동하는 복수의 타깃 노드의 미래 경로를 예측하는 단계;

상기 무인 비행체가 복수의 셀로 구분되는 상기 관심 지역에서, 특정 셀에서의 상기 복수의 타깃 노드 전체에 대한 검출 확률을 기준으로 상기 무인 비행체의 이동 경로를 결정하는 단계; 및

상기 무인 비행체가 결정된 이동 경로에서 상기 복수의 타깃 노드 중 적어도 하나의 타깃 노드에 대한 특정 제한 시간 내에 상기 적어도 하나의 타깃 노드에 데이터를 전달하는 단계를 포함하되,

상기 무인 비행체는 시간 t에서 상기 복수의 타깃 노드 모두에 대하여 각 셀에서 검출 확률을 합산하고, 합산한 값이 가장 큰 셀을 상기 시간 t에서의 무인 비행체의 경로로 결정하여 상기 무인 비행체의 이동 경로를 결정하는 이동 노드 경로 예측에 기반한 무인 비행체의 데이터 전달 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 이동 패턴 정보는 상기 관심 지역에서 실제 이동했던 노드들의 이동 정보를 이용하여, 상기 관심 지역에서 특정 출발지에서 특정 목적지까지의 유일한 경로를 포함하는 이동 노드 경로 예측에 기반한 무인 비행체의 데이터 전달 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 이동 패턴 정보는 이동 경로 상에 근접한 셀들로 구성되는 그룹 셀 단위 기준으로 특정 출발지에서 특정 목적지까지의 유일한 경로를 갖고,

상기 그룹 셀은 무인 비행체의 통신 반경을 기준으로 셀 사이의 최대 거리가 통신 반경 내에 위치하면 동일한 그룹 셀로 구성되는 이동 노드 경로 예측에 기반한 무인 비행체의 데이터 전달 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 무인 비행체는 상기 이동 패턴 정보와 상기 타깃 노드의 과거 경로를 비교하여 상기 타깃 노드의 미래 경로를 예측하되,

상기 타깃 노드의 미래 경로를 예측하는 단계는

상기 이동 패턴 정보를 이동 경로 상에 근접한 셀들로 구성되는 그룹 셀 단위 기준으로 클러스터링하고, 클러스터링에 속한 공통된 이동 경로와 상기 타깃 노드의 과거 경로가 가장 유사한 상위 K개 클러스터를 결정하는 단계; 및

현재 시점 이후 미래 타임 슬롯별로, 상기 K 개 클러스터에 속한 원본 이동 경로와 상기 타깃 노드의 과거 경로를 비교하여 가장 유사한 하나의 셀을 결정하여 전체 미래 경로를 예측하는 단계를 포함하되,

상기 그룹 셀은 무인 비행체의 통신 반경을 기준으로 셀 사이의 최대 거리가 통신 반경 내에 위치하면 셀들이 동일한 그룹 셀로 분류되는 이동 노드 경로 예측에 기반한 무인 비행체의 데이터 전달 방법.

청구항 5

삭제

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 무인 비행체가 복수인 경우, 복수의 무인 비행체 중 2개 이상의 무인 비행체가 통신 반경에서 만나는 경우, 각 무인 비행체가 보유한 타깃 노드에 대한 데이터 전달 정보 및 타깃 노드에 대한 셀 단위 검출 확률을 교환하는 단계를 더 포함하는 이동 노드 경로 예측에 기반한 무인 비행체의 데이터 전달 방법.

청구항 7

컴퓨터에서 제1항 내지 제4항 및 제6항 중 어느 하나의 항에 기재된 이동 노드 경로 예측에 기반한 무인 비행체의 데이터 전달 방법을 실행하기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록 매체.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 이하 설명하는 기술은 무인 비행체를 이용하여 이동 노드에 데이터를 전달하는 기법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 모바일 장치가 증가하면서, 신뢰성 높은 모바일 애드혹 네트워크(mobile ad-hoc networks, MANETs) 구축이 주목받고 있다. 예컨대, MANET은 통신 인프라가 부족한 환경에서 모바일 노드 간의 데이터 전달에 사용될 수 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0003] (특허문헌 0001) 한국공개특허 제10-2019-0120972호 (2019.10.25)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] MANET은 모바일 노드로 구성되어 네트워크 연결 상태가 동적으로 변경될 수 있다. 따라서, MANET은 목적지까지 데이터 전송을 하지 못하는 상황이 발생할 수 있다.

[0005] 이하 설명하는 기술은 무인 비행체(Unmanned Aerial Vehicles, UAV)를 이용하여 모바일 노드에 데이터를 전달하는 기법을 제공하고자 한다. 이하 설명하는 기술은 무인 비행체를 이용하여 데이터를 제한 시간 내에 모바일 노드에 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0006] 이동 노드 경로 예측에 기반한 무인 비행체의 데이터 전달 방법은 무인 비행체가 관심 지역에서 이동 노드의 이동 패턴 정보를 기준으로 이동하는 복수의 타깃 노드의 미래 경로를 예측하는 단계, 상기 무인 비행체가 복수의 셀로 구분되는 상기 관심 지역에서, 특정 셀에서의 상기 복수의 타깃 노드 전체에 대한 검출 확률을 기준으로 상기 무인 비행체의 이동 경로를 결정하는 단계 및 상기 무인 비행체가 결정된 이동 경로에서 상기 복수의 타깃 노드 중 적어도 하나의 타깃 노드에 대한 특정 제한 시간 내에 상기 적어도 하나의 타깃 노드에 데이터를 전달하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

[0007] 이하 설명하는 기술은 이동 노드의 경로를 예측하고, 무인 비행체가 최적의 경로를 설정하여 효과적으로 이동 노드에 데이터를 전달한다.

도면의 간단한 설명

[0008] 도 1은 무인 비행체를 이용하여 모바일 노드에 데이터를 전달하는 시스템의 예이다.

도 2는 이동 노드의 이동 경로에 대한 예이다.

도 3은 두 개의 이동 경로에 대한 유사도를 연산한 테이블의 예이다.

도 4는 클러스터링을 위한 계층적 셀 구조를 구축하는 과정에 대한 예이다.

도 5는 클러스터 시그니처를 생성하는 과정에 대한 예이다.

도 6은 이동 노드의 미래 경로를 예측하는 과정의 예이다.

도 7은 무인 비행체가 타깃 노드에 데이터를 전송하는 과정에 대한 순서도의 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 설명된 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] 이하 설명하는 기술은 무인 비행체를 이용하여 이동 노드에 정보를 전달하는 기술이다.

[0016] 이동 노드는 무선 통신이 가능하면서 이동하는 다양한 객체를 포함한다. 예컨대, 이동 노드는 사용자가 소지하는 모바일 단말, 자율 주행 차량, 로봇 등을 포함하는 의미이다.

[0018] 도 1은 무인 비행체를 이용하여 모바일 노드에 데이터를 전달하는 시스템의 예이다.

[0019] 도 1은 예시적으로 2개의 무인 비행체 A 및 B를 도시하였다. 도 1은 이동 노드로 사용자(휴대 단말)를 예로 도시하였다. 이동 노드는 일정한 경로에 따라 이동하면서 MANET을 구성한다. 이동 노드 간 및 무인 비행체와 이동 노드 간은 무선 네트워크를 통하여 데이터를 교환한다.

[0020] 무선 네트워크는 무선으로 통신을 수행하는 네트워크를 말한다. 무선 네트워크는 사용하는 통신 방식에 따라 다양한 네트워크가 존재한다. 예컨대, 3G/LTE와 같은 이동통신 네트워크, IEEE 802.11, IEEE 802.15.4 등과 같은 다양한 기술이 존재한다.

[0021] 무인 비행체는 사전에 관심지역에 대한 위치 정보를 알고 있다고 가정한다. 무인 비행체는 GPS와 같은 위성항법 시스템을 이용하여 좌표로 정의되는 관심지역(Region of Interest, ROI)을 탐색할 수 있다. 또는 무인 비행체는 특정 지점을 기준으로 이동하는 위치 및 거리를 파악할 수 있는 센서 장치(지자기 센서, 가속도 센서 등)를 이

용하여 비행을 시작하는 지점을 기준으로 정의되는 관심지역을 탐색할 수도 있다. 무인 비행체는 일정한 통신 반경을 갖고, 무선 통신으로 이동 노드와 데이터를 교환할 수 있다.

[0022] 설명의 편이를 위하여 관심 지역은 사각형 형태이고, 사각 그리드로 구분된다고 가정한다. 그리드는 셀(cell)을 구성한다. 이동 노드의 이동 경로는 셀을 기준으로 결정된다. 한편, 무인 비행체는 인접한 그리드가 구성하는 정점을 따라 이동한다고 가정한다.

[0023] 무인 비행체가 수집한 정보를 이용하여 자신의 이동 경로를 결정하고, 특정 이동 노드에 데이터를 전달할 수 있다. 나아가, 도 1에 도시한 바와 같이 무인 비행체는 제어하는 별도의 제어 센터가 무인 비행체의 경로를 결정하고, 특정 이동 노드에 데이터를 전달하도록 무인 비행체를 제어할 수도 있다.

[0024] 이동 노드들은 서로 다른 이동 경로로 이동하고, 이동 경로가 특정 셀에서 중복될 수 있다. 예컨대, 무인 비행체가 2개 이상의 이동 노드에 동일한 데이터를 전달하는 경우라면, 이동 노드들이 중첩되는 영역에서 데이터를 전달하는 것이 유리할 수도 있다. 도 1은 무인 비행체 A가 셀 a로 이동하여 이동 노드들에 데이터를 전달하고, 무인 비행체 B가 셀 b로 이동하여 이동 노드들에 데이터를 전달하는 경우를 도시하였다.

[0026] 무인 비행체가 이동 노드에 데이터를 전달하기 위해서 이동 노드의 이동 경로를 예측해야 한다. 이후 무인 비행체는 예측된 이동 경로를 기준으로 가장 효율적인 비행 경로를 결정하여 이동 노드(들)에 데이터를 전달해야 한다. 이하, 이동 노드의 경로는 '이동 경로'라고 하고, 무인 비행체의 경로는 '비행 경로'라고 구분하여 표현한다.

[0027] 이하 설명하는 기술은 크게 3가지 과정으로 구분될 수 있다. (1) 첫 번째 과정은 이동 패턴 모델링이다. 이동 패턴 모델링은 이동 노드의 이동 경로 예측을 위하여 이동 노드의 이동 경향을 일정하게 모델링하는 과정이다. (2) 두 번째 과정은 이동 패턴을 이용한 이동 노드(들)의 이동 경로 예측이다. (3) 세 번째 과정은 이동 노드의 예측 경로를 기준으로 무인 비행체의 비행 경로를 결정하여 데이터를 전달하는 과정이다. 각 과정의 수행 주체는 무인 비행체, 제어 센터 또는 별도의 컴퓨터 장치 중 적어도 하나가 될 수 있다. 이하 각 과정을 상세하게 설명한다.

[0029] **이동 패턴 모델링**

[0030] 이동 노드는 GPS와 같은 항법 장치를 탑재하여 이동 위치를 검출할 수 있다고 가정한다. 이동 패턴 모델링을 위하여 복수의 이동 노드들이 실제 이동한 학습 데이터가 필요하다. 학습 데이터는 이동 노드 식별자, 관심 지역의 지리적 특성(예컨대, 건물 지역 또는 도로)와 같은 정보가 필요하지 않다. 학습 데이터는 관심 지역에서 이동 노드가 일정한 시간 동안 연속적으로 이동한 위치 정보를 포함한다. 학습 데이터는 각 이동 노드에 대하여 일정한 시간 동안 출발점에서 도착점까지의 이동 경로를 포함한다.

[0031] 도 2는 이동 노드의 이동 경로에 대한 예이다.

[0032] 관심 지역은 전술한 바와 같이 복수의 그리드로 구분되어 복수의 셀을 포함하게 된다. 도 2(A)는 복수의 셀로 구분된 관심 지역에서 이동 경로를 표시한 예이다. 셀의 크기는 관심 지역의 크기, 이동 노드의 개수, 이동 노드의 속도, 이동 패턴 등에 따라 달라질 수 있다. 도 2(A)는 한 변의 길이가 5m인 셀을 예로 도시한다.

[0033] 관심 지역을 구성하는 각 셀은 식별자(ID)로 구분할 수 있다. 이동 노드의 경로를 셀을 기준으로 결정된다. 실제 이동 노드의 위치가 (18m, 19m)인 경우, 해당 이동 노드의 위치는 셀 16이라고 정의한다. 따라서, 이동 경로는 연속된 셀 식별자 순서로 정의될 수 있다.

[0034] 도 2(B)는 이동 노드의 이동 경로를 표현하는 방식에 대한 예이다. 이동 경로는 두 가지 방식으로 표현될 수 있다. 하나는 기본 이동 경로이다. 기본 이동 경로는 일정한 시간 간격으로 이동 노드의 위치를 결정한 결과이다. 도 2(B) 기준으로 설명하면, 이동 노드의 기본 이동 경로는 {16, 15, 15, 11, 7, 6, 2, 1}가 된다. 다른 하나는 특이적 이동 경로이다. 특이적 이동 경로는 위치의 변경을 기준으로 이동 경로를 결정한다. 도 2(B)의 이동 경로는 {16, 15, 11, 7, 6, 2, 1}라고 표현된다. 즉, 이동 노드가 동일한 위치에 계속 있다면 시간 경과에 관계없이 이동 경로는 갱신되지 않는다.

[0035] 복수의 이동 노드들에 대한 이동 경로가 수집되면, 이동 경로들로 구성되는 이동 경로 세트가 마련된다. 이동 경로 세트에 포함되는 이동 경로들에 대하여 계층적 클러스터링(hierarchical clustering)을 수행하여 유사한 이동 경로를 동일 그룹으로 구분한다. 계층적 클러스터링은 특이적 이동 경로를 기준으로 수행할 수 있다. 두 개의 이동 경로 $X = \{x_1, x_2, \ldots, x_m\}$ 및 $Y = \{y_1, y_2, \ldots, y_n\}$에 대한 유사도 S는 아래 수학식 1로 표현될

수 있다.

수학식 1

[0037]
$$S_{X,Y}(i,j) = \begin{cases} 0 & \text{if } i=0 \text{ or } j=0 \\ \max \begin{cases} 0 \\ S_{X,Y}(i-1,j)+d \\ S_{X,Y}(i,j-1)+d \\ S_{X,Y}(i-1,j-1)+t(x_i,y_j) \end{cases} & \text{otherwise} \end{cases}$$

[0038] 수학식 1과 같이 경로 쌍의 유사도는 동적 프로그래밍 알고리즘으로 결정될 수 있다. 두 개의 셀 x_i 및 y_j가 동일하거나, 통신 반경 내에 위치하는 경우 $t(x_i, y_j) = 1$의 값을 갖는다. 그 외의 경우에는 $t(x_i, y_j) = 0$의 값을 갖는다. 셀 사이의 거리는 셀 사이의 가장 먼 거리를 기준으로 하였다.

[0040] 도 2(A)의 관심 지역을 가정하여, 두 개의 이동 경로 $X = \{x_1, x_2, \ldots, x_m\}$ 및 $Y = \{y_1, y_2, \ldots, y_n\}$를 가정하여 설명한다. 이동 노드의 통신 반경은 10m라고 가정한다. 이 경우 두 개의 이동 경로 X와 Y의 유사도는 도 3과 같다. 도 3은 두 개의 이동 경로에 대한 유사도를 연산한 테이블의 예이다. 예컨대, 최초 X와 Y가 x_1 및 y_1에 있는 경우 통신 반경 내에 위치한 $S_{X,Y}(1,1) = 1$이다. 또한, $S_{X,Y}(7,6) = 5$이다.

[0041] 거리가 긴 이동 경로는 짧은 이동 경로에 비하여 전체적으로 유사도가 높아질 수 있다. 따라서, 이동 경로의 길이에 따라 일정하게 정규화할 필요가 있다. 아래의 수학식 2를 이용하여 전술한 유사도 S를 정규화할 수 있다. $S_{norm}()$은 정규화된 유사도를 나타낸다.

수학식 2

[0043]
$$S_{norm}(X,Y) = \frac{S_{X,Y}(m,n)}{\min(m,n)}$$

[0044] m은 이동 경로 X의 길이이고, n은 이동 경로 Y의 길이이다.

[0045] 예컨대, $S_{X,Y}(7,6) = 5$의 경우, $|X| = 7$ 이고 $|Y| = 6$이고, $(|X|,|Y|)$ 중 최소 길이를 이용하여 정규화하면 $S_{norm}(X,Y) = 5/6$이다. 정규화한 값은 항상 1 이하의 값이 된다.

[0047] 두 개의 이동 경로로부터 구성되는 각 셀 쌍에 대하여 정규화된 유사도가 연산된다. 클러스터링 알고리즘은 다양한 알고리즘 중 어느 하나를 사용할 수 있다. 연구자는 클러스터링 기법 중 평균 연결법(average linkage)을 사용하였다. 예컨대, 두 개의 클러스터 $Clst_A = \{A_1, A_2, \ldots, A_k\}$ 및 $Clst_B = \{B_1, B_2, \ldots, B_l\}$를 가정하면, $Clst_A$ 및 $Clst_B$의 평균 연결값은 아래의 수학식 3과 같이 표현될 수 있다.

수학식 3

[0049]
$$\overline{S(Clst_A, Clst_B)} = \frac{1}{k \cdot l} \sum_{i=1}^{k} \sum_{j=1}^{l} S_{norm}(A_i, B_j)$$

[0050] 클러스터 내의 유사도는 아래 수학식 4와 같이 표현될 수 있다.

수학식 4

[0052] $$\overline{S(Clst_A)} = \frac{2}{k(k+1)} \sum_{i=1}^{k-1} \sum_{j=i+1}^{k} S_{norm}(A_i, A_j)$$

[0053] 최적의 클러스터 개수 N_{clst}가 사용될 수 있다. 클러스터 내의 유사도가 최대로 되는 클러스터 개수를 사용할 수 있다.

[0055] 이동 패턴 모델링은 관심 지역에서 하나의 출발지에서 어느 하나의 목적지까지 이르는 경로를 하나의 경로로 대표 표현한다. 이동 노드의 이동 경로에 대하여 마련된 모델 정보를 훈련 이동 경로라고 명명할 수 있다.

[0056] 이동 노드는 현재 이동 경로와 구축된 이동 패턴을 비교하여 미래 이동 경로를 예측될 수 있다. 다만, 모든 클러스터에 대하여 하나의 시컨스(셀)를 개별적으로 비교하면 연산속도 등에 문제가 있을 수 있다.

[0057] 따라서, 연구자는 각 경로마다 훈련 이동 경로의 주요 특징을 함축적으로 표현한 클러스터 시그니처(cluster signature)를 마련하였다. 클러스터 시그니처를 사용하면 클러스터 레벨에서 경로 예측이 용이하다. 구축된 훈련 경로를 이용하여 클러스터 시그니처를 생성하는 과정을 설명한다.

[0058] 먼저, 클러스터는 해당 클러스터를 대표하는 표현으로 식별할 수 있다. 예컨대, 널리 알려진 LCS(longest common subsequence)라는 방식으로 클러스터를 표현할 수 있다. 먼저, 클러스터에 속한 모든 시퀀스에 대하여 공통된 LCS를 추출한다. 이동 시간이라는 요소를 고려하여, 앞서 설명한 기본 이동 경로가 사용된다. 이하, 클러스터 $Clst_A$ = {A_1,A_2, ..., A_k}에 대한 시그니처는 $sign_A(k)$라고 표현한다.

[0060] 클러스터 내의 훈련 경로의 길이는 서로 다를 수 있다. 따라서, 가장 긴 공통 서열만을 기준으로 하면 각 경로의 앞과 뒤에서 상당한 정보가 유실될 수 있다. 예컨대, 동일 클러스터에 속한 4개의 경로 {1, 3, 7, 9}, {3, 5, 7}, {3, 7, 11} 및 {3, 7, 9, 11}이 있다면, 이들의 LCS는 {3,7}이 된다. 이와 같은 문제를 해결하고자, 연구자는 완화된(relaxed) LCS를 개발하였다. 완화된 LCS는 경로의 앞과 뒤의 경로를 포함할 수 있다. 완화된 LCS는 아래 수학식 5와 같이 표현될 수 있다.

수학식 5

[0062] $$sign_A(i) = relaxedLCS(sign_A(i-1),\ A_i)$$

[0063] 전술한 4개의 경로에 대하여 완화된 LCS를 적용하면, $sign_A(2)$ = {1,3,7,9}, $sign_A(3)$ = {1,3,7}이고, $sign_A(4)$ = {1,3,7,9,11}이다. 상기 수학식 5의 완화된 LCS로 결정되는 클러스터 시그니처를 적응적 클러스터 시그니처라고 명명한다.

[0065] 마지막으로, 인접한 셀 중 통신 반경 내에 위치하는 셀들은 동일한 셀로 간주한다. 무선 통신 커버리지를 고려하여 상위 레벨의 그룹 셀 GC_{gk}를 제안한다. 그룹 셀은 두 개의 셀 사이의 최대 거리가 통신 반경 내이면 동일한 그룹 셀에 속한다. 최초 하나의 셀은 단독 그룹을 형성하고, 다른 셀과 통신 반경 내인 것이 확인되면 병합하는 방식으로 그룹 셀을 결정할 수 있다. 그룹 셀을 기준으로 완화된 LSC를 적용하면 최종적인 클러스터 시그니처를 획득할 수 있다.

[0067] 도 4는 클러스터링을 위한 계층적 셀 구조를 구축하는 과정에 대한 예이다. 도 4는 64개의 셀로 구분되는 관심 지역을 예로 설명한다. 도 4는 무인 비행체와 같은 객체를 이동 노드 a와 b를 표시하였다. 도 4(A)는 초기 X = {61, 62, 54, 55, 47, 39, 38, 30, 29, 20, 12, 11, 3} 및 Y = {54, 46, 38, 37, 29, 28, 27, 26, 18, 17, 9}라는 경로를 도시한다. 최초 X의 셀 61 및 Y의 54는 통산 반경 내에 위치하기에 동일한 그룹 셀로 설정한다. 그룹 셀 구축은 그룹 셀 ID에 참여하는 셀 ID를 추가하는 방식일 수 있다. 현재 셀 61과 셀 54가 속한 셀 그룹은 GC1이라고 명명한다. 도 4에서 셀 그룹은 굵은 실선으로 표시하였다.

[0068] 도 4(B)는 이동 노드 a가 셀 62로 이동한 상태를 도시한다. 셀 62는 셀 61 및 셀 54를 각각 기준으로 하여도 통신 반경에 속하기 때문에, 셀 62는 셀 그룹 GC1에 속하게 된다. 도 4(D)는 이동 노드 a가 셀 55로 이동한 상태

이다. 그러나, GC1에는 셀 55가 병합될 수는 없다. 그룹 셀의 내부 셀인 61과 55가 최대 거리를 기준으로 통신 반경에 있지 않기 때문이다. 따라서, 셀 55는 하나의 독립적인 셀 그룹 CG2를 형성한다. 도 4(E)는 이동 노드 a가 셀 47로 이동한 상태이다. 셀 47은 CG 2에 속하게 된다. 도 4(F)는 이동 노드 a가 셀 39를 경유한 상태이고, 이동 노드 b가 46를 경유한 상태이다. 셀 39와 셀 46은 CG2에 속하게 된다.

[0070] 도 5는 클러스터 시그니처를 생성하는 과정에 대한 예이다. 도 5(A)는 도 4의 경로에 대하여 일반적인 LCS를 적용한 결과로 생성되는 클러스터 시그니처의 예이다. 도 5(A)에서 LCS는 {54, 38, 29}이다. 도 5(B)는 도 4의 경로에 대하여 수학식 5의 완화된 LCS를 적용한 결과로 생성되는 클러스터 시그니처의 예이다. 도 5(B)에서 LCS는 $\{GC_{54},GC_{39},GC_{29},GC_{12},GC_{9},GC_{3}\}$이다.

[0072] 이하 완화된 LCS를 적용한 그룹 셀 단위의 이동 패턴 모델이 사용된다고 가정한다. 전술한 이동 패턴 모델 생성 과정은 제어 센터, 무인 비행체 또는 별도의 컴퓨터 장치가 수행할 수 있다. 관심 지역에서 수집되는 모든 이동 노드의 이동 경로를 분석하면, 사실상 이동 패턴 모델은 이동 노드의 가능한 모든 경로를 포함하게 된다. 이와 같은 이동 패턴 모델은 복수의 출발지와 목적지 쌍에 대한 이동 경로를 포함한다. 따라서, 이동 패턴 모델은 이동 패턴 DB라고 명명할 수도 있다. 관심 지역의 이동 패턴 DB가 구축되면, 무인 비행체로 데이터를 전달하는 과정이 수행될 수 있다.

[0074] 관심 지역에서 무인 비행체는 특정 이동 노드에 데이터를 전송한다. 데이터를 수신하는 대상인 이동 노드를 타깃 노드라고 명명한다. 타깃 노드는 특정 데이터를 수신해야 하는 제한 시간을 갖는다. 또한, 동일한 데이터가 복수의 타깃 노드에 전송될 수 있다. 예컨대, 50개의 타깃 노드에 대하여 3분 내에 데이터가 전송되어야 하는 경우가 생길 수 있다. 이 경우, 무인 비행체가 특정 지점에서 복수의 타깃 노드에 대하여 데이터를 전송하면 유리하다. 따라서, 이와 같은 환경을 고려하여 무인 비행체 경로를 설정하게 된다.

[0075] 이하 설명하는 이동 노드 경로 예측 및 무인 비행체 경로 설정은 제어 센터 또는 무인 비행체가 할 수 있다. 설명의 편의를 위하여 무인 비행체가 해당 과정을 수행한다고 가정한다.

[0077] **미래 경로 예측**

[0078] 무인 비행차가 통신 반경 밖에 있는 타깃 노드에 대하여 데이터를 전달하기 위해서, 먼저 타깃 노드의 미래 경로를 예측해야 한다. 무인 비행체는 타깃 노드의 현재까지의 경로와 사전에 구축한 이동 패턴 DB를 비교하여 타깃 노드의 미래 경로를 예측할 수 있다.

[0080] 타깃 노드의 이전 방문 위치가 길이 L이라고 하면, 무인 비행체는 각 위치를 관심 지역의 셀 시퀀스 X_{test}로 변환한다. 검증 대상이라는 의미에서 test로 표현하였다. 타깃 노드의 과거 경로를 테스트 경로라고 명명한다.

[0081] 무인 비행체는 X_{test_i}와 각 클러스터 시그니처 $sign_A(n_A)$ (=$\{GC_1,GC_2,..\ ,\ GCn_A\}$)의 유사도를 비교한다. $S_{norm}(X_{test_i}, sign_A(n_A))$로 연산할 수 있다.

[0082] $t(x_i,GC_j)$를 연산하기 위하여, x_i가 CG_j에 속한 모들 셀과 통신 가능 반경에 있다면 $t(x_i,GC_j) = 1$로 설정된다.

[0083] 모든 N_{clst} 클러스터에 대하여 유사도를 연산한 후, 무인 비행체는 유사도가 높은 순서를 기준으로 K개의 클러스터를 선정한다. K의 값은 경로 예측하는 장치의 성능이나 서비스의 긴급성을 고려하여 결정될 수 있다.

[0084] 무인 비행체는 K개의 클러스터 각각에 대하여 클러스터의 원본 이동 경로와 예측 대상인 타깃 노드의 테스트 경로를 비교한다. 원본 이동 경로는 셀 그룹 단위가 아닌 셀 단위의 경로를 의미한다. 무인 비행체는 전술한 수학식 1의 동적 프로그래밍 기반의 유사도를 기준으로 원본 이동 경로를 비교할 수 있다. 무인 비행체는 비교 대상 중 가장 유사도가 높은 클러스터를 결정하여 해당 클러스터의 경로를 타깃 노드의 경로로 예측한다.

[0086] 도 6은 이동 노드의 미래 경로를 예측하는 과정의 예이다. 도 6에서 타깃 노드의 테스트 경로는 {12,11,10}이다. 도 6(A)는 타깃 노드의 과거 경로와 유사도가 가장 높은 3개의 클러스터 clst#2, clst#24 및 clst#25를 결정한 예이다.

[0087] 무인 비행체는 3개의 클러스터에 대한 원본 이동 경로와 타깃 노드의 테스트 경로를 정렬하여 비교한다. 무인 비행체는 현재 시점 기준으로 다음 6개 타임 슬롯에서의 타깃 노드의 위치(경로)를 파악하고자 한다.

[0088] 무인 비행체는 타깃 노드의 미래 경로를 예측하기 위하여 미래 각 타임 슬롯에 대한 검출 확률을 연산할 수 있

다.

[0089] 시간 t에 대한 미래 경로(위치)를 예측한다고 가정한다. 무인 비행체는 매칭된 클러스터 K에 대하여 1/K의 가중치를 적용하여 확률을 연산할 수 있다. 만약 시간 t에 클러스터 K에서 예측되는 셀이 없다면, 무인 비행체는 조정된 가중치 $1/K_t$를 부여하여 K_t개의 클러스터만 고려한다.

[0090] 타깃 노드 U의 위치가 클러스터 i로부터 예측되는 경로 X에서 시간 t의 셀 C가 될 확률 $P_{X_t}(U,C)$은 $1/(K_t \cdot N_{clstTraj_{i,t}})$이다. 여기서 $N_{clstTraj_{i,t}}$는 클러스터 i에서 시간 t에 예측되는 셀을 포함하는 경로의 유효 개수이다. 도 6(A)에서 6번째 타임 슬롯에서 유효한 클러스터는 #2 및 #25이고, 유효한 셀은 1, 2 및 5이다. 셀 1, 2 및 5에 대하여 각각 검출 확률을 연산하면, 1/(2·2), 1/(2·2) 및 1/(2·1)이다. 무인 비행체가 예측되는 경로들에 대하여 시간 t에서 검출 확률을 누적하면 아래의 수학식 6과 같이 표현될 수 있다.

수학식 6

[0092] $$P_t(U,C) = \Sigma_{xid \in predictedTrajs} P_{xid_t}(U,C)$$

[0093] 통신 반경 내에 위치하는 서로 다른 2개의 셀은 정량적으로는 동일한 셀로 고려한다. 수학식 6을 아래의 수학식 7과 같은 연장 버전(extended version)으로 다시 쓸 수 있다.

수학식 7

[0095] $$\overline{P}_t(U,C) = \Sigma_{cid \in nearby(C)} P_t(U,cid)$$

[0096] nearby(C)는 셀 C의 통신 반경 내에 위치하는 인접 셀들을 의미한다.

[0098] 도 6(B)는 도 6(A)에서 두 번째 타임 슬롯에 대하여 예측되는 경로에 대하여 수학식 6을 이용하여 검출 확률을 누적한 결과이다. 도 6(C)는 도 6(A)에서 두 번째 타임 슬롯에 대하여 예측되는 경로에 대하여 수학식 7을 이용하여 검출 확률을 누적한 결과이다.

[0100] **무인 비행체의 비행 경로 결정**

[0101] 타깃 노드의 미래 경로가 결정되면, 하나 이상의 무인 비행체를 이용하여 시간 제한 내에 데이터를 전달하기 위한 경로를 결정한다. 설명의 편의를 위하여 무인 비행체가 비행 경로를 결정한다고 가정한다.

[0102] 먼저, 하나의 무인 비행체를 기준으로 경로를 설정하는 과정을 설명한다.

[0103] 최대한 많은 타깃 노드에 데이터를 전달하기 위하여, 무인 비행체는 아래 수학식 8과 같이 시간 t에서 각 셀에서 가능한 모든 타깃 노드에 대하여 확장된 검출 가능성을 합산한다.

수학식 8

[0105] $$\overline{P}_t(C) = \Sigma_{uid \in targetUsers} \overline{P}_t(uid,C)$$

[0106] 무인 비행체는 $\overline{P}_t(C) > 0$를 만족하는 후보 셀 중에서 가장 가능성이 높은 셀로 이동한다.

[0107] 그러나, 무인 비행체가 현재 시간 기준으로 이동 가능한 다음 지점만을 고려한다면, 한정된 지역에서만 효과적인 방법이 된다. 따라서, 일정한 거리에 있는 셀도 고려하는 것이 바람직하다. 무인 비행체는 셀 중에서 탐색 윈도우 R_E를 설정하여 $\overline{P}_t(C) > 0$인 셀 중에서 일정한 셀이 포함되게 한다. 만약 무인 비행체가 다음 타임 슬롯에 선택한 셀이 도달할 수 없다면 상기 다음 타임 슬롯에도 계속 비행하여 선택한 셀로 이동한다.

[0108] 만약 동일한 최대 확률을 갖는 다수의 셀이 있다면, 무인 비행체는 다음 타임 슬롯의 목적지로 가장 가까운 셀

을 선택할 수 있다.

[0109] 만약 검출 확률이 0이 아닌 셀이 없는 경우, 무인 비행체는 다음 타임 슬롯에 현재 위치에 대기한다.

[0111] 무인 비행체가 목적한 다음 셀에 도착하면, 통신 가능한 모든 타깃 노드들에 데이터를 송신한다. 타깃 노드가 제한 시간 내에 데이터를 수신하면, ACK 메시지를 무인 비행체에 보낼 수 있다. 무인 비행체는 ACK 메시지를 수신하면 자신이 관리하는 타깃 노드 리스트를 갱신할 수 있다. 만약, 무인 비행체가 제한 시간 내에 타깃 노드에 데이터를 전달하지 못해도, 타깃 노드 리스트에서 해당 타깃 노드를 삭제한다.

[0112] 무인 비행체가 가장 검출 확률이 높은 셀로 이동하였는데도 제한 시간 내에 데이터 전송에 실패하면, 이후 타임 슬롯 t=T+1, T+2... 등에 아래 수학식 9와 같이 타깃 노드 U에 대한 예측 경로 X로부터 대응되는 셀에 패널티(penalty)를 부여할 수 있다.

수학식 9

[0114] $$P_{X_t}(U,C) \leftarrow P_{X_t}(U,C) \times W_{penalty}$$

[0116] 무인 비행체의 경로 설정에 대한 수도코드는 아래 표 1의 알고리즘 1에 표현하였다.

[0118] 나아가, 제한 시간 내에 데이터 전달 가능성을 높이기 위하여 복수의 무인 비행체가 협력하여 데이터를 전송할 수도 있다. 복수의 무인 비행체가 사용되면 시간에 따라 중복된 경로를 배제하는 것이 바람직하다. 이하, 복수의 무인 비행체가 데이터 전송이란 태스크를 분배하는 과정을 설명한다.

[0119] 복수의 무인 비행체가 관심 지역에서 통신 반경 내에서 만나면, 각 무인 비행체의 데이터 전송 정보(타깃 노드 및 제한 시간) 및 다음 타임 슬롯에서 잔여 타깃 노드의 최신의 확률 정보 $P_{X_t}(U,C)$를 교환할 수 있다.

[0120] 각 무인 비행체는 수신한 정보를 자신이 보유한 정보와 합하여 이후 경로 결정에 활용할 수 있다. 연구자는 태스크 분배를 위하여 변형된 K 평균 클러스터링 알고리즘을 고안하였다. 초기 단계에서, 무인 비행체들 중 통신 반경 내에 가장 많은 다른 무인 비행체와 접촉하는 무인 비행체를 마스터 무인 비행체로 선정한다. 접촉 가능한 무인 비행체가 동일한 다수의 무인 비행체가 있거나, 2개의 무인 비행체가 접촉하는 경우 임의의 무인 비행체가 마스터 무인 비행체로 선정될 수 있다.

[0121] 마스터 무인 비행체는 기본적인 K 평균 클러스터링을 수행하여 지리적으로 근접한 셀들을 동일 클러스터로 분류한다. 이후 마스터 무인 비행체는 클러스터별로 미래 타임 슬롯들 및 셀 멤버들 전체에 대하여 아래 수학식 10과 같이 검출 확률을 합산한다.

수학식 10

[0123] $$\overline{P}(clst) = \Sigma_{C \in clst} \Sigma_{\forall t} \overline{P}_t(C)$$

[0124] 마스터 무인 비행체는 가장 높은 합산된 검출 확률을 갖는 클러스터 하나를 선택한다. 선택한 클러스터는 다른 클러스터에 비하여 상대적으로 중요한 태스크를 수행할 것으로 예상되는 것이다.

[0125] 마스터 무인 비행체는 특정 클러스터(들)에 집중을 완화하기 위하여, 선택된 클러스터에서 경계 영역에 위치하는 셀들을 조절할 수 있다. 경계 영역의 셀들 중 다른 클러스터에 속한 인접 셀에 인접하면서 가장 낮은 확률을 갖는 어느 하나의 셀을 선택된 클러스터에서 가장 가까운 클러스터로 소속을 변경할 수 있다. 마스터 무인 비행체는 이와 같은 과정을 클러스터의 확률 편차가 더 이상 줄어들지 않을 때까지 반복할 수 있다. 클러스터 재편성이 완료되면, 마스터 무인 비행체는 헝가리안 알고리즘(Hungarian method)을 사용하여 각 클러스터를 클러스터 중심을 기준으로 가장 가까운 무인 비행체에 할당할 수 있다.

[0126] 복수의 무인 비행체 사이의 태스크 분배 과정은 아래 표 2의 알고리즘 2에 표현하였다.

[0127] 도 7은 무인 비행체가 타깃 노드에 데이터를 전송하는 과정에(100) 대한 순서도의 예이다.

[0128] 먼저, 제어 센터 또는 무인 비행체가 관심 지역의 이동 노드들의 이동 패턴을 모델링한다(110). 이동 노드들이

이동하는 정보를 이용하여 이동 패턴에 대한 DB를 생성한다. 이동 패턴 DB는 관심 지역에서 특정 출발지에서 특정 목적지까지의 경로에 대하여 유일한 특정 경로를 포함하게 된다.

[0129] 무인 비행체는 데이터 전송 대상인 타깃 노드에 대한 정보를 획득한다(120). 타깃 노드 정보는 타깃 노드 식별자, 타깃 노드에 전달할 데이터, 데이터 제한 시간 및 타깃 노드의 현재 시점까지의 이동 경로 등을 포함할 수 있다.

[0130] 무인 비행체는 전술한 과정을 통하여 타깃 노드의 과거 이동 경로와 이동 패턴 DB를 비교하면서 타깃 노드의 미래 경로를 예측한다(130).

[0131] 무인 비행체는 미래 시점인 타임 슬롯들에 대하여 타깃 노드를 특정 셀에서의 검출할 확률을 기준으로 비행 경로를 설정한다(140).

[0132] 무인 비행체가 이동 중에 통신 반경에서 다른 무인 비행체를 만나면(150의 YES), 접촉하는 무인 비행체들은 서로 타깃 노드 정보 및 검출 확률을 교환한다(160).

[0133] 무인 비행체는 이동 경로를 이동하면서 타깃 노드에 데이터를 전송한다(170).

[0134] 잔여 타깃 노드가 존재한다면(180의 YES), 무인 비행체는 자신이 관리하는 타깃 노드 정보를 갱신한다(190). 이후 다시 정해진 다음 이동 경로로 이동하거나, 다시 비행 경로를 설정하여 경로를 갱신할 수도 있다.

표 1

Algorithm 1: Probabilistic Path Planning by UAVs.

Input: current time: T, current cell: $cell_T$, $targetUserList$, $RoICellList$, $\overline{P}_t(U,C)$, exploration range: R_E, $W_{penalty}$, $finalFlag_T$
Output: next cell ID to move: $cell_{T+1}$, $finalFlag_{T+1}$
// I. Deliver data at current cell and assign a penalty to the mismatched trajectories of users who were expected, but are actually not detected at this cell
Deliver data to target users at $cell_T$;
if $finalFlag_T == TRUE$ **then**
  for user $U \in targetUserList$ not at $cell_T$ && $P_{X_T}(U, cell_T) > 0$ **do**
    for time $t = T+1, T+2, \ldots$ **do**
      $P_{X_t}(U,C) = P_{X_t}(U,C) \times W_{penalty}$;
    end for
  end for
  Re-calculate $\overline{P}_t(U,C)$;
end if
// II. Calculating the accumulated probability for each cell
for cell $C \in RoICellList$ && C in R_E **do**
  $\overline{P}_{T+1}(C) = 0$;
  for user $U \in targetUserList$ **do**
    $\overline{P}_{T+1}(C)$ += $\overline{P}_{T+1}(U,C)$;
  end for
end for
// III. Task balancing among encountered UAVs
if there are communicable UAVs **then**
  Exchange the delivery history and update $targetUserList$;
  Select $masterUAV$;
  Call *task-balancing*($\overline{P}_t(C)$) for $t = T+1, T+2, \ldots$;
end if
// IV. Finding the most probable cell
$maxCell = arg\,max_{cid \in RoICellList}(\overline{P}_{T+1}(cid))$;
if $maxCell$ can be arrived in $(T+1)$ **then**
  $cell_{T+1} = maxCell$;
  $finalFlag_{T+1} = TRUE$;
else
  $cell_{T+1}$ = the farthest cell reachable at $t = T$+1 toward $maxCell$;
  $finalFlag_{T+1} = FALSE$;
end if

[0136]

표 2

Algorithm 2: Task Balancing among Encountered UAVs.

1: **Function** *task-balancing* (encountered UAV IDs, current locations of encountered UAVs, $accumProb$)
2: **if** $isMasterUAV == TRUE$ **then**
3: K-$meansClustering$(# of encountered UAVs);
4: Calculate $sumProb(clst)$;
5: $stdSumProbClst = std(sumProb(clst))$;
6: **while** $endFlag == TRUE$ **do**
7: $maxClst = max(sumProb(clst))$;
8: **for** cell $C \in maxClst$ **do**
9: **if** $isBoundaryCell == TRUE$ $\&\&min_{C \in maxClst}(accumProb(C))$ **then**
10: Assign cell C to its nearest cluster;
11: **end if**
12: **end for**
13: Re-calculate $sumProb(clst)$;
14: $stdSumProbClst = std(sumProb(clst))$;
15: **if** $stdSumProbClst$ decreased **then**
16: $endFlag = FALSE$;
17: **else**
18: $endFlag = TRUE$;
19: **end if**
20: **end while**
21: Assign each cluster to the closest UAV;
22: **else**
23: Receive task balancing result from $MasterUAV$;
24: **end if**
25: **end Function**

[0137]

[0139] 또한, 상술한 바와 같은 이동 노드들의 이동 패턴 모델링 방법, 이동 노드의 미래 경로 예측, 무인 비행체의 경로 결정 및 무인 비행체를 이용한 데이터 전달 방법은 컴퓨터에서 실행될 수 있는 실행가능한 알고리즘을 포함하는 프로그램(또는 어플리케이션)으로 구현될 수 있다. 상기 프로그램은 일시적 또는 비일시적 판독 가능 매체(non-transitory computer readable medium)에 저장되어 제공될 수 있다.

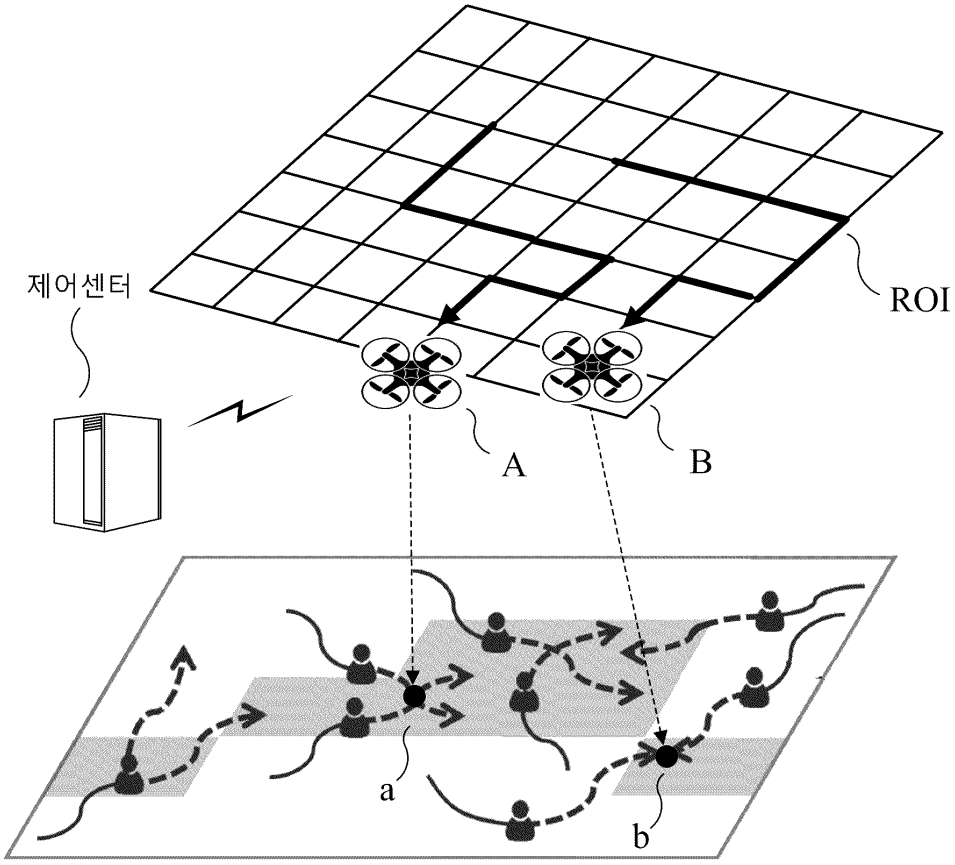
[0140] 비일시적 판독 가능 매체란 레지스터, 캐쉬, 메모리 등과 같이 짧은 순간 동안 데이터를 저장하는 매체가 아니라 반영구적으로 데이터를 저장하며, 기기에 의해 판독(reading)이 가능한 매체를 의미한다. 구체적으로는, 상술한 다양한 어플리케이션 또는 프로그램들은 CD, DVD, 하드 디스크, 블루레이 디스크, USB, 메모리카드, ROM(read-only memory), PROM (programmable read only memory), EPROM(Erasable PROM, EPROM) 또는 EEPROM(Electrically EPROM) 또는 플래시 메모리 등과 같은 비일시적 판독 가능 매체에 저장되어 제공될 수 있다.

[0141] 일시적 판독 가능 매체는 스태틱 램(Static RAM, SRAM), 다이내믹 램(Dynamic RAM, DRAM), 싱크로너스 디램(Synchronous DRAM, SDRAM), 2배속 SDRAM(Double Data Rate SDRAM, DDR SDRAM), 증강형 SDRAM(Enhanced SDRAM, ESDRAM), 동기화 DRAM(Synclink DRAM, SLDRAM) 및 직접 램버스 램(Direct Rambus RAM, DRRAM) 과 같은 다양한 RAM을 의미한다.

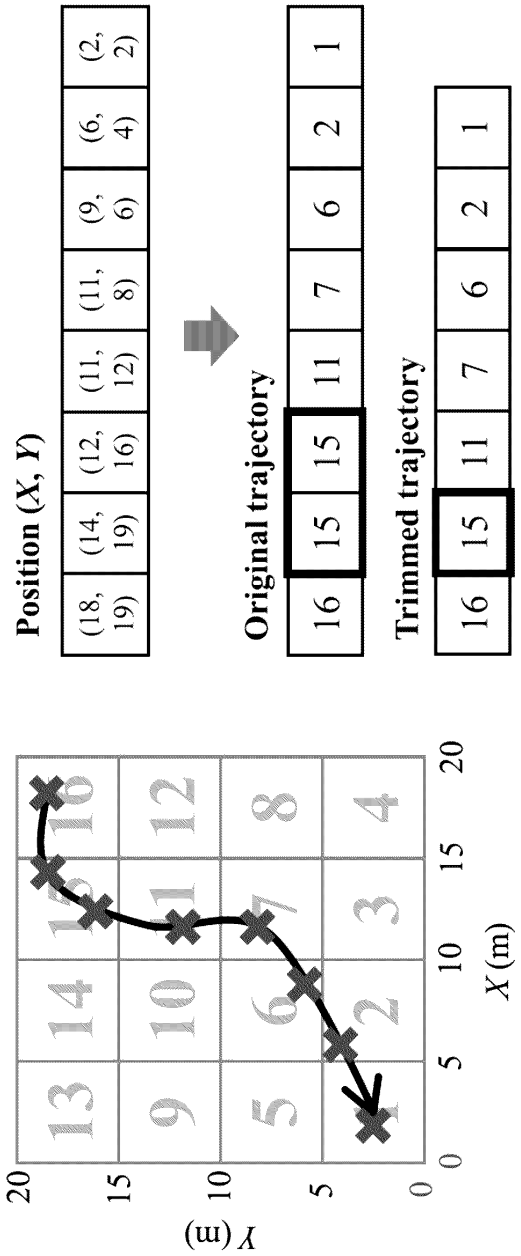
[0142] 본 실시례 및 본 명세서에 첨부된 도면은 전술한 기술에 포함되는 기술적 사상의 일부를 명확하게 나타내고 있는 것에 불과하며, 전술한 기술의 명세서 및 도면에 포함된 기술적 사상의 범위 내에서 당업자가 용이하게 유추할 수 있는 변형 예와 구체적인 실시례는 모두 전술한 기술의 권리범위에 포함되는 것이 자명하다고 할 것이다.

도면

도면1



도면2

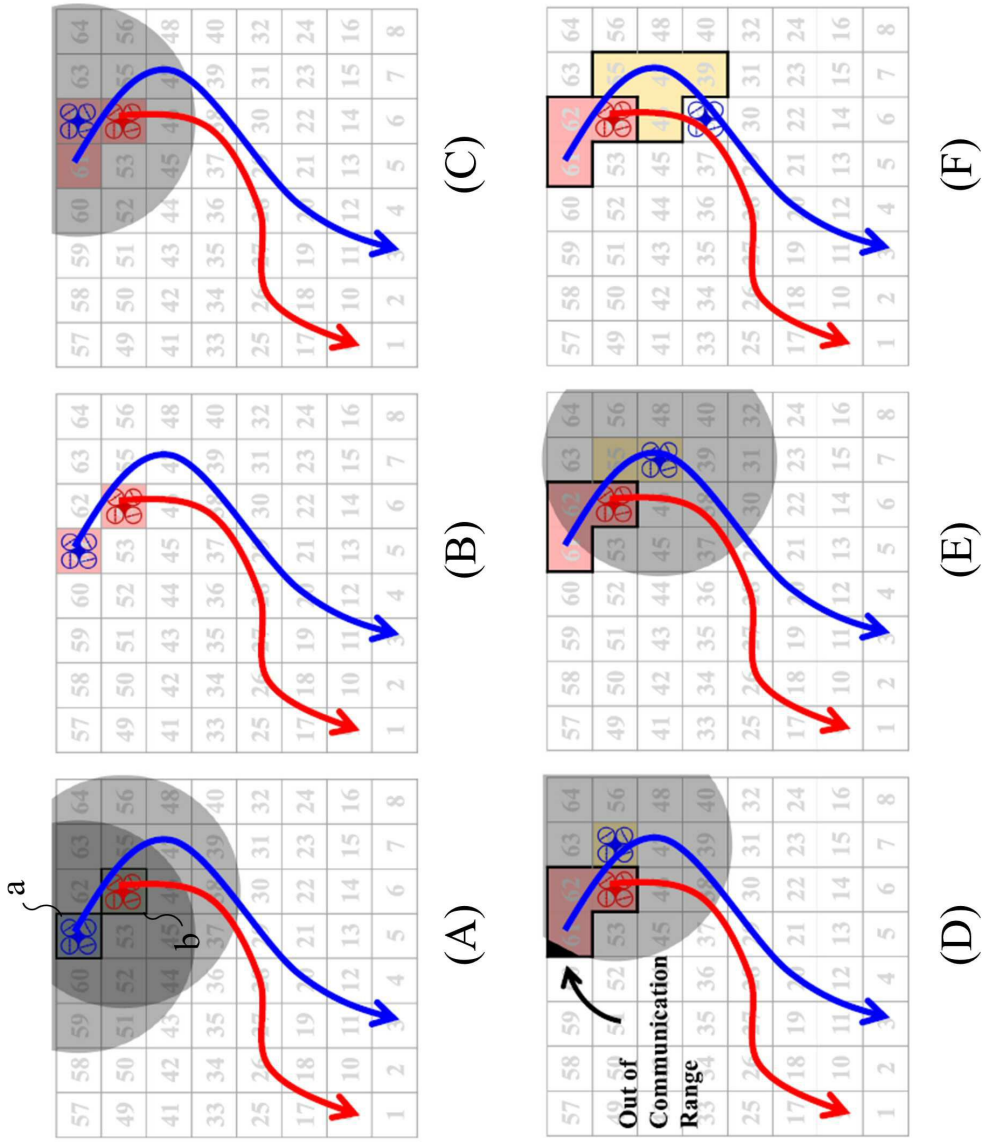

Position (X, Y)
(18, 19)
(14, 19)
(12, 16)
(11, 12)
(11, 8)
(9, 6)
(6, 4)
(2, 2)
Original trajectory
16
15
15
11
7
6
2
1
Trimmed trajectory
16
15
11
7
6
2
1
Y (m)
X (m)
0
5
10
15
20
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16

(A) (B)

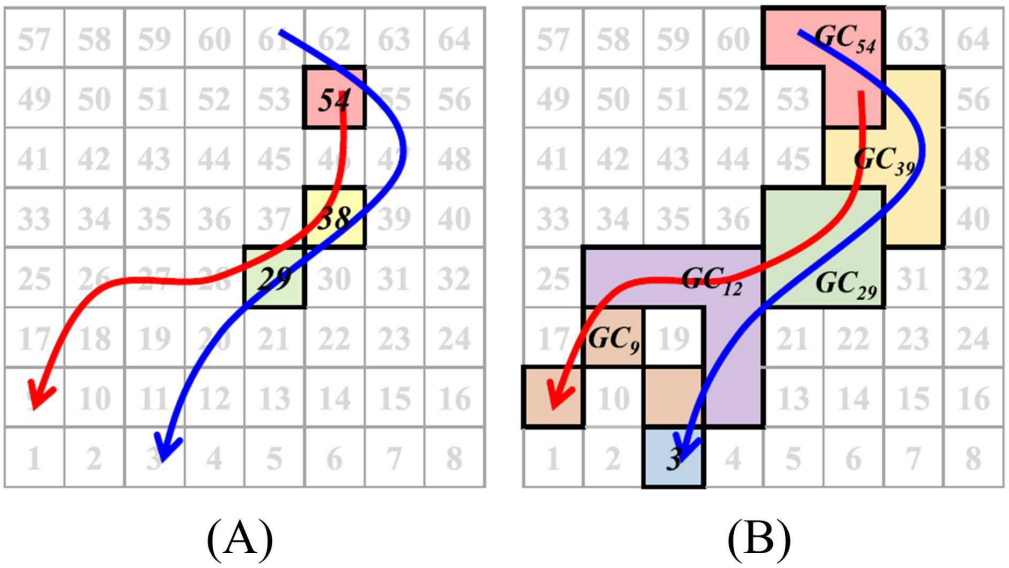
도면3

	X		16	15	11	7	6	2	1
Y	j \ i	0	1	2	3	4	5	6	7
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	1	0	1	1	1	1	1	1	1
11	2	0	1	2	2	2	2	2	2
10	3	0	1	2	3	3	3	3	3
6	4	0	1	2	3	4	4	4	4
5	5	0	1	2	3	4	5	5	5
9	6	0	1	2	3	4	5	5	5

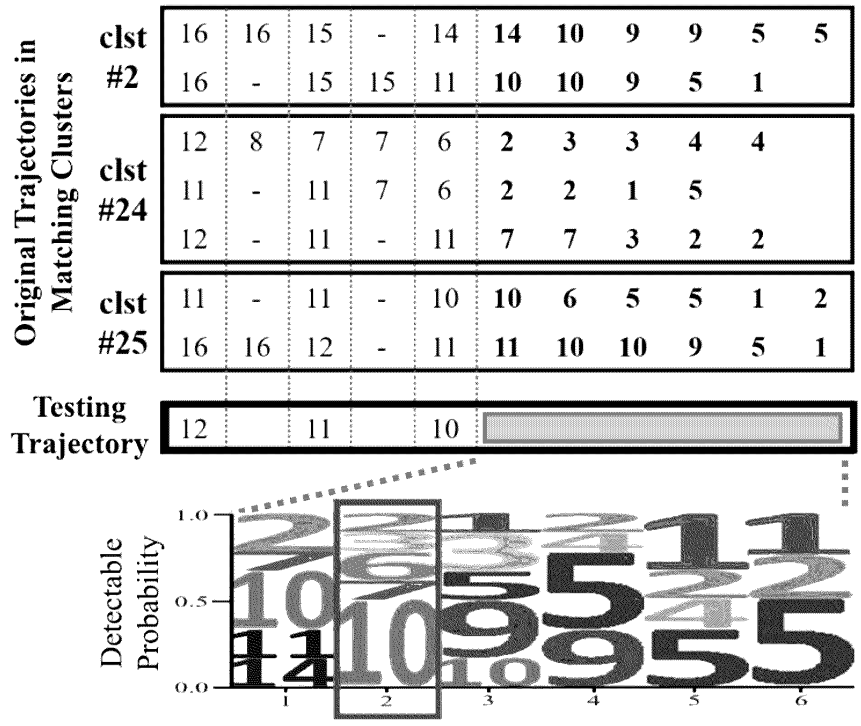
도면4



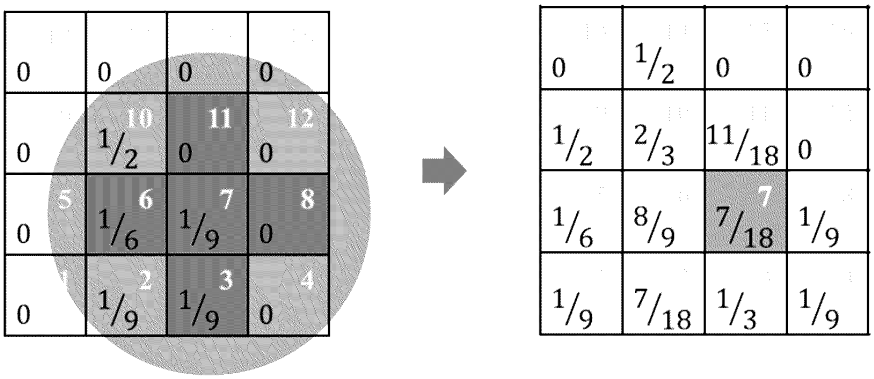
도면5


57 58 59 60 61 62 63 64
49 50 51 52 53 54 55 56
41 42 43 44 45 46 47 48
33 34 35 36 37 38 39 40
25 26 27 28 29 30 31 32
17 18 19 20 21 22 23 24
9 10 11 12 13 14 15 16
1 2 3 4 5 6 7 8
(A)
57 58 59 60 GC54 63 64
49 50 51 52 53 56
41 42 43 44 45 GC39 48
33 34 35 36 40
25 GC12 GC29 31 32
17 GC9 19 21 22 23 24
10 13 14 15 16
1 2 3 4 5 6 7 8
(B)

도면6

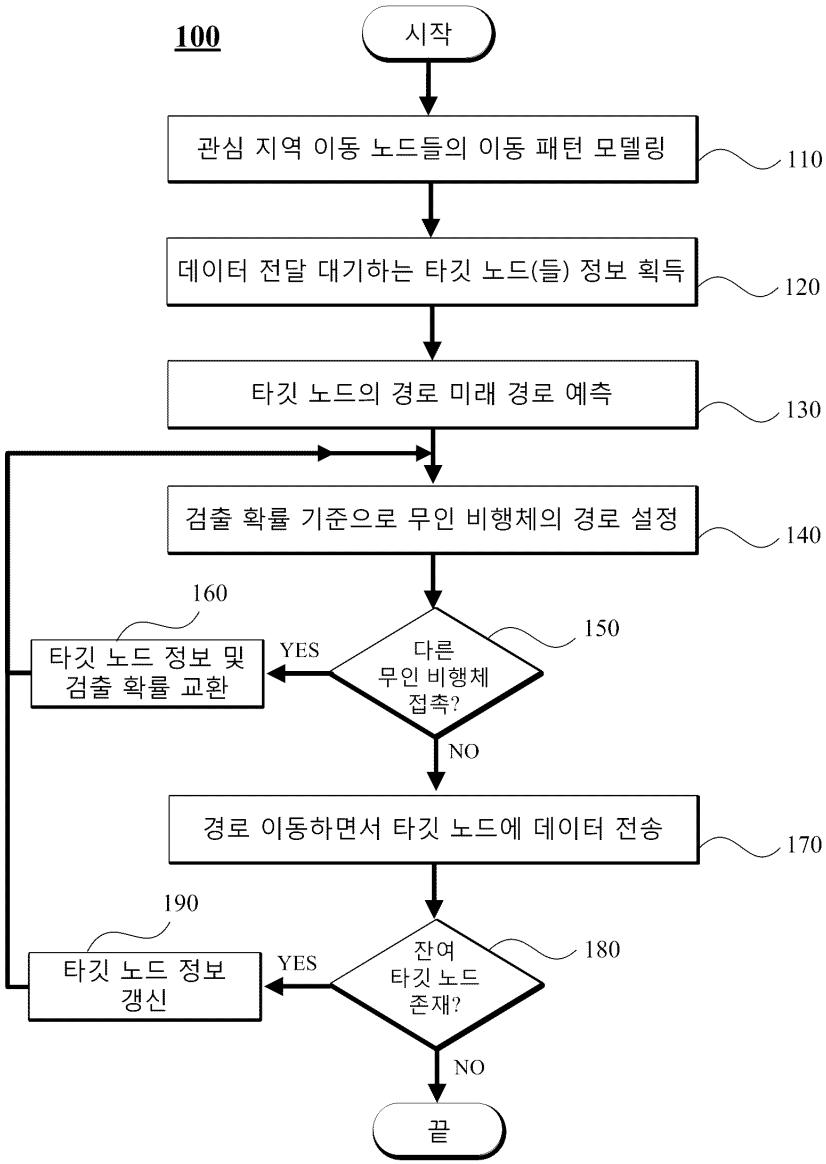

Original Trajectories in Matching Clusters
clst #2
16 16 15 - 14 14 10 9 9 5 5
16 - 15 15 11 10 10 9 5 1
clst #24
12 8 7 7 6 2 3 3 4 4
11 - 11 7 6 2 2 1 5
12 - 11 - 11 7 7 3 2 2
clst #25
11 - 11 - 10 10 6 5 5 1 2
16 16 12 - 11 11 10 10 9 5 1
Testing Trajectory
12 11 10
Detectable Probability
1.0
0.5
0.0
1 2 3 4 5 6

(A)


0 0 0 0
0 10 1/2 11 0 12 0
0 5 6 1/6 7 1/9 8 0
0 2 1/9 3 1/9 4 0
0 1/2 0 0
1/2 2/3 11/18 0
1/6 8/9 7 7/18 1/9
1/9 7/18 1/3 1/9

(B) (C)

도면7


100
시작
관심 지역 이동 노드들의 이동 패턴 모델링
110
데이터 전달 대기하는 타깃 노드(들) 정보 획득
120
타깃 노드의 경로 미래 경로 예측
130
검출 확률 기준으로 무인 비행체의 경로 설정
140
160
타깃 노드 정보 및 검출 확률 교환
YES
다른 무인 비행체 접촉?
150
NO
경로 이동하면서 타깃 노드에 데이터 전송
170
190
타깃 노드 정보 갱신
YES
잔여 타깃 노드 존재?
180
NO
끝