



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년11월13일
(11) 등록번호 10-1795935
(24) 등록일자 2017년11월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G05D 1/02 (2006.01)

(52) CPC특허분류

G05D 1/0202 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2016-0066631

(22) 출원일자 2016년05월30일

심사청구일자 2016년05월30일

(56) 선행기술조사문헌

KR1020110061213 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

인하대학교 산학협력단

인천광역시 남구 인하로 100, 인하대학교 (용현동)

(72) 발명자

유상조

서울특별시 강남구 선릉로 221, 212동 302호 (도곡동, 도곡렉슬아파트)

박재현

서울특별시 관악구 당곡6나길 20 201호 (봉천동, 대도빌라)

(74) 대리인

양성보

전체 청구항 수 : 총 4 항

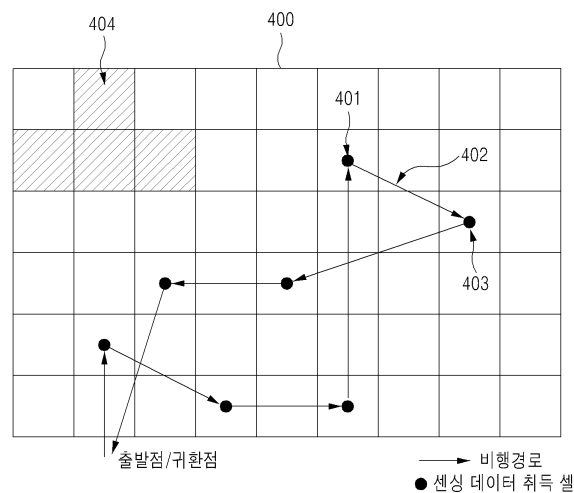
심사관 : 김동성

(54) 발명의 명칭 센서를 사용한 무인 자율 비행체에서 최적 경로를 탐색하는 방법 및 시스템

(57) 요약

센서를 사용한 무인 자율 비행체에서 최적 경로를 탐색하는 방법 및 시스템이 개시된다. 센서 네트워크에서 무인 자율 비행체(UAV)의 최적 경로를 탐색하는 방법에 있어서, 상기 센서 네트워크가 형성된 지역을 복수의 셀(cell)들로 구분하는 단계, 구분된 복수의 셀들을 대상으로 각 셀의 셀 정보에 기초하여 복수의 센싱 셀 집합을 생성하는 단계, 상기 복수의 센싱 셀 집합에 포함된 센싱 셀들을 연결하여 각 센싱 셀 집합 별로 비행 경로를 생성하는 단계, 상기 센싱 셀 집합 별로 생성된 비행 경로의 유틸리티(utility)를 계산하는 단계, 및 상기 유틸리티에 기초하여 상기 센싱 집합 별로 생성된 비행 경로 중에서 상기 무인 자율 비행체의 최단 비행 경로를 결정하는 단계를 포함할 수 있다.

대표도 - 도4



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711035210

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 정보통신기술진흥센터

연구사업명 정보통신기술인력양성

연구과제명 스마트한 주파수 이용을 위한 스펙트럼 및 전파기술

기 여 율 1/1

주관기관 인하대학교 산학협력단

연구기간 2016.01.01 ~ 2016.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

센서 네트워크에서 무인 자율 비행체(UAV)의 최적 경로를 탐색하는 방법에 있어서,

상기 센서 네트워크가 형성된 지역을 복수의 셀(cell)들로 구분하는 단계;

구분된 복수의 셀들을 대상으로 각 셀의 셀 정보에 기초하여 복수의 센싱 셀 집합을 생성하는 단계;

상기 복수의 센싱 셀 집합에 포함된 센싱 셀들을 연결하여 각 센싱 셀 집합 별로 비행 경로를 생성하는 단계;

상기 센싱 셀 집합 별로 생성된 비행 경로의 유틸리티(Utility)를 계산하는 단계; 및

상기 유틸리티에 기초하여 상기 센싱 셀 집합 별로 생성된 비행 경로 중에서 상기 무인 자율 비행체의 최단 비행 경로를 결정하는 단계

를 포함하고,

상기 복수의 센싱 셀 집합을 생성하는 단계는,

상기 복수의 셀들을 대상으로, 유전자 알고리즘에 기초하여 비행 금지 셀을 제외한 셀들 중에서 센싱 셀을 결정하는 것을 제1 제약조건으로 하여 센싱 셀 집합을 생성하고,

상기 유틸리티를 계산하는 단계는,

상기 비행 금지 셀을 제외하고 생성된 상기 센싱 셀 집합 별 비행 경로를 대상으로, 각 비행 경로의 에너지 유틸리티(U^E), 시간 유틸리티(U^T) 및 위험 유틸리티(U^R)가 기정의된 기준값을 초과하지 않도록 하는 것을 제2 제약조건으로 하여 해당 제약 조건을 만족하지 않는 비행 경로를 제외시키는 단계; 및

상기 센싱 셀 집합 별 비행 경로 중 상기 제2 제약 조건에 따라 상기 비행 경로를 제외한 비행 경로를 대상으로, 유틸리티를 계산하는 단계

를 포함하고,

상기 에너지 유틸리티(U^E)는, 비행 경로를 이동하는 데 소모되는 에너지를 나타내는 비행 에너지 유틸리티(U^{FE}), 센싱 셀에서 센서로부터 센싱데이터를 획득하기 위해 정지하여 머무르는데 소모되는 에너지를 나타내는 정지 에너지 유틸리티(U^{SE}), 상기 센싱 셀에서 상기 센싱데이터 획득을 위해 센서와의 통신을 위해 사용되는 에너지를 나타내는 통신 에너지 유틸리티(U^{CE})의 합으로서 계산되고,

상기 정지 에너지 유틸리티(U^{SE})는, 미리 정의된 단위 시간당 기본 정지 에너지(e^s), 해당 셀에 존재하는 센서의 개수 (n_i^j) , 단일 센서와 한 개의 센싱데이터를 수신하는 데 소요되는 시간(t_e), 및 상기 센싱데이터를 성공적으로

수신하기 위해 요구되는 평균 정보 전송 회수 (N_i^p) 에 기초하여 계산되는 것

을 특징으로 하는 무인 자율 비행체의 최적 경로 탐색 방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 유틸리티를 계산하는 단계는,

상기 센싱 셀 집합의 출발점에 해당하는 센싱 셀에서 무인 자율 비행체가 출발하여 상기 센싱 셀 집합을 구성하는 센싱 셀들을 비행한 후 귀환하는 비행 경로에 대한 유틸리티(Utility)를 계산하는 것

을 특징으로 하는 무인 자율 비행체의 최적 경로 탐색 방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 유틸리티는,

상기 비행 경로의 센싱데이터 유틸리티(U^S), 에너지 유틸리티(U^E), 시간 유틸리티(U^T), 위험 유틸리티(U^R)와 센싱데이터 유틸리티(U^S), 에너지 유틸리티(U^E), 시간 유틸리티(U^E), 위험 유틸리티(U^R) 각각의 가중치에 기초하여 계산되는 것

을 특징으로 하는 무인 자율 비행체의 최적 경로 탐색 방법.

청구항 5

센서 네트워크에서 무인 자율 비행체(UAV)의 최적 경로를 탐색하는 시스템에 있어서,

상기 센서 네트워크가 형성된 지역을 복수의 셀(cell)들로 구분하고, 구분된 복수의 셀들을 대상으로 각 셀의 셀 정보에 기초하여 복수의 센싱 셀 집합을 생성하는 센싱 셀 집합 생성부;

상기 복수의 센싱 셀 집합에 포함된 센싱 셀들을 연결하여 각 센싱 셀 집합 별로 비행 경로를 생성하는 비행 경로 생성부;

상기 센싱 셀 집합 별로 생성된 비행 경로의 유틸리티(Utility)를 계산하는 계산부; 및

상기 유틸리티에 기초하여 상기 센싱 셀 집합 별로 생성된 비행 경로 중에서 상기 무인 자율 비행체의 최단 비행 경로를 결정하는 비행 경로 결정부

를 포함하고,

상기 센싱 셀 집합 생성부는,

상기 복수의 셀들을 대상으로, 유전자 알고리즘에 기초하여 비행 금지 셀을 제외한 셀들 중에서 센싱 셀을 결정하는 것을 제1 제약조건으로 하여 센싱 셀 집합을 생성하고,

상기 계산부는,

상기 비행 금지 셀을 제외하고 생성된 상기 센싱 셀 집합 별 비행 경로를 대상으로, 각 비행 경로의 에너지 유틸리티(U^E), 시간 유틸리티(U^T) 및 위험 유틸리티(U^R)가 기정의된 기준값을 초과하지 않도록 하는 것을 제2 제약조건으로 하여 해당 제약 조건을 만족하지 않는 비행 경로를 제외시키고, 상기 센싱 셀 집합 별 비행 경로 중 상기 제2 제약 조건에 따라 상기 비행 경로를 제외한 비행 경로를 대상으로, 유틸리티를 계산하고,

비행 경로를 이동하는 데 소모되는 에너지를 나타내는 비행 에너지 유틸리티(U^{FE}), 센싱 셀에서 센서로부터 센싱 데이터를 획득하기 위해 정지하여 머무르는 데 소모되는 에너지를 나타내는 정지 에너지 유틸리티(U^{SE}), 상기 센싱 셀에서 상기 센싱데이터 획득을 위해 센서와의 통신을 위해 사용되는 에너지를 나타내는 통신 에너지 유틸리티(U^{CE})의 합으로서 상기 에너지 유틸리티(U^E)를 계산하고,

미리 정의된 단위 시간당 기본 정지 에너지(e^s), 해당 셀에 존재하는 센서의 개수 (n_i^j) , 단일 센서와 한 개의 센싱데이터를 수신하는 데 소요되는 시간(t_e), 및 상기 센싱데이터를 성공적으로 수신하기 위해 요구되는 평균 정보 전송 회수 (N_i^p) 에 기초하여 상기 정지 에너지 유틸리티(U^{SE})를 계산하는 것

을 특징으로 하는 무인 자율 비행체의 최적 경로 탐색 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명의 실시예들은 전체 영역 중 특정 지역에 분포된 센서들로부터 센싱 데이터를 취합 또는 수집하기 위한 무인 자율 비행체(Unmanned Aerial Vehicle: UAV)의 최단 비행 경로를 결정하는 기술에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근 환경감시, 재난상황대처, 군사용 정찰 등을 목적으로 센서들의 사용과 센서를 광범위한 지역에 위치시켜 주기적 또는 비주기적으로 센싱데이터를 취합하여 이용하는 응용이 증가하고 있다. 센싱데이터의 취합에 있어 사람이나 차량이 진입하기 어려운 지역이나 시간제약으로 인해 빠른 센싱데이터의 확보가 필요한 경우 등 다양한 이유로 드론을 포함한 무인 자율 비행체(Unmanned Aerial Vehicle: UAV)를 이용하여 센싱데이터를 수집해야 하는 경우가 존재한다. 이때 특정 지역에는 무선 송수신 장치가 장착된 다양한 종류의 센서들이 분포하고 있으며, 무인 자율 비행체는 원하는 지역의 센싱 정보를 획득하기 위한 최적의 비행 경로를 기반으로 비행하여 다시 출발지로 귀환하게 된다.

[0003] 만약, 무인 자율 비행체가 모든 지역을 비행하여 센싱데이터를 수집 또는 취합하게 된다면, 에너지의 과다한 소비, 센싱데이터 획득시간의 지연, 비행위험 노출 등 많은 문제점을 가지게 된다. 따라서, 지역 별 센서의 분포, 환경 특성 등을 고려하여 최적의 비행 및 센싱데이터 취합지역에 대한 도출이 필요하다. 그리고 도출된 최적의 비행경로는 시스템 운용자의 요구조건을 반영할 수 있어야 한다. 한국공개특허 제10-2009-0089048호는 기준 경로점과 목표 경로점을 잇는 직선 경로 상에 항공기의 통과가 불가능한 위험지형이 존재하는 경우에 위험지형을 고려하여 항공기의 비행경로를 자동으로 생성하는 기술을 개시하고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 본 발명은 센서 네트워크를 형성한 전체 영역들 중 다양한 센서들이 분포된 특정 지역에서, 무인 자율 비행체(UAV)를 이용하여 센싱 데이터를 효과적으로 수집하기 위한 최적의 비행 경로 및 센싱 정보 획득 지점을 결정하는 기술에 관한 것이다.

[0005] 또한, 무인 자율 비행체를 이용하여 센싱 데이터를 수집하기 위한 최적의 비행 경로를 설정하는 최적 경로 탐색 시스템 운용자의 요구조건(예컨대, 시간, 에너지, 비행위험도 등)을 만족하는 최적의 센싱 지점을 결정하고, 결정된 센싱 지점을 거쳐 다시 원래의 위치(즉, 출발지)로 돌아오는 최적 비행 경로(예컨대, 최단 비행 경로)를 결정하는 기술에 관한 것이다.

[0006] 또한, 비행 경로 및 센싱 정보 획득 지점(예컨대, 센싱 지점)을 결정함에 있어서, 미리 정의된 비행 금지 구역 등의 다양한 정보를 활용하여 무인 자율 비행체(UAV)를 이용한 신뢰성 있고, 효율적으로 센싱 정보를 획득하도록 하는 기술에 관한 것이다.

과제의 해결 수단

[0007] 센서 네트워크에서 무인 자율 비행체(UAV)의 최적 경로를 탐색하는 방법에 있어서, 상기 센서 네트워크가 형성된 지역을 복수의 셀(cell)들로 구분하는 단계, 구분된 복수의 셀들을 대상으로 각 셀의 셀 정보에 기초하여 복수의 센싱 셀 집합을 생성하는 단계, 상기 복수의 센싱 셀 집합에 포함된 센싱 셀들을 연결하여 각 센싱 셀 집합 별로 비행 경로를 생성하는 단계, 상기 센싱 셀 집합 별로 생성된 비행 경로의 유틸리티(Utility)를 계산하는 단계, 및 상기 유틸리티에 기초하여 상기 센싱 집합 별로 생성된 비행 경로 중에서 상기 무인 자율 비행체의 최단 비행 경로를 결정하는 단계를 포함할 수 있다.

[0008] 일측면에 따르면, 상기 복수의 센싱 셀 집합을 생성하는 단계는, 상기 복수의 셀들을 대상으로, 유전자 알고리즘에 기초하여 비행 금지 셀을 제외한 셀들 중에서 센싱 셀을 결정하는 것을 제약조건으로 하여 센싱 셀 집합을 생성할 수 있다.

[0009] 다른 측면에 따르면, 상기 유틸리티를 계산하는 단계는, 상기 센싱 셀 집합의 출발점에 해당하는 센싱 셀에서 무인 자율 비행체가 출발하여 상기 센싱 셀 집합을 구성하는 센싱 셀들을 비행한 후 귀환하는 경로에 대한 유틸리티(Utility)를 계산할 수 있다.

[0010] 또 다른 측면에 따르면, 상기 유틸리티는, 상기 비행 경로의 센싱데이터 유틸리티(U^S), 에너지 유틸리티(U^E), 시간 유틸리티(U^T), 위험 유틸리티(U^R)와 센싱데이터 유틸리티(U^S), 에너지 유틸리티(U^E), 시간 유틸리티(U^T), 위험 유틸리티(U^R) 각각의 가중치에 기초하여 계산될 수 있다.

[0011] 센서 네트워크에서 무인 자율 비행체(UAV)의 최적 경로를 탐색하는 시스템에 있어서, 상기 센서 네트워크가 형성된 지역을 복수의 셀(Cell)들로 구분하고, 구분된 복수의 셀들을 대상으로 각 셀의 셀 정보에 기초하여 복수의 센싱 셀 집합을 생성하는 센싱 셀 집합 생성부, 상기 복수의 센싱 셀 집합에 포함된 센싱 셀들을 연결하여 각 센싱 셀 집합 별로 비행 경로를 생성하는 비행 경로 생성부, 상기 센싱 셀 집합 별로 생성된 비행 경로의 유틸리티(Utility)를 계산하는 계산부, 및 상기 유틸리티에 기초하여 상기 센싱 셀 집합 별로 생성된 비행 경로 중에서 상기 무인 자율 비행체의 최단 비행 경로를 결정하는 비행 경로 결정부를 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0012] 본원발명은, 센서네트워크를 형성하는 전체 영역을 복수의 셀(Cell)들로 구분하고, 구분된 각각의 셀에 필요한 정보를 테이블(table)에 저장함으로써, 각 셀마다의 특징을 반영하여 최적의 비행 경로와 센싱 지점을 결정할 수 있다.

[0013] 또한 본원발명에서 유틸리티 함수는 시스템 운영자의 시간적 긴급 정도, 에너지 효율, 지역별 무인 자율 비행체(UAV)의 비행 위험요소, 가치 높은 센싱 정보의 획득 등 다양한 조건을 반영할 수 있도록 설계되어 환경에서 상기 운용자의 요구조건에 맞는 최적의 해를 도출할 수 있다.

[0014] 또한, 상기 요구조건을 만족하면서, 비행 금지 구역을 포함하지 않는 최적의 센싱 셀 집합과 센싱 셀 집합을 구성하는 센싱 셀들을 경유하여 출발지로 돌아오는 최적의 비행 경로를 유전알고리즘을 통해 구하는 방법을 제공함으로써, 실제 무인 자율 비행체(UAV)를 이용한 응용에서 비행 전에 비행 경로를 입력 받아 안전하면서도 최대의 이득을 얻을 수 있는 시스템 운용을 가능하도록 할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0015] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 무인 자율 비행체를 이용한 센서 네트워크 환경의 예를 도시한 도면이다.

도 2는 본 발명의 일실시예에 있어서, 유전자 알고리즘을 이용하여 무인 자율 비행체의 최적 비행 경로를 결정하는 방법을 설명하는 흐름도이다.

도 3은 본 발명의 일실시예에 있어서, 무인 자율 비행체의 최적 비행 경로를 탐색하는 시스템의 내부 구성을 도시한 블록도이다.

도 4는 본 발명의 일실시예에 있어서, 비행 금지 구역을 제외한 영역에서 무인 자율 비행체(UAV)가 센싱데이터의 획득을 수행하는 센싱 셀과 센싱 셀 사이를 이동하는 비행 경로를 도시한 도면이다.

도 5는 본 발명의 일실시예에 있어서, 최적 경로 탐색 시스템에서 미리 확보된 센서네트워크의 각 셀 별 셀 정보를 테이블 형태로 저장하고 있는 다차원 지도(map)를 도시한 도면이다.

도 6은 두 개의 연속하는 센싱 셀들 간의 이동 경로를 설정하기 위해 제공되는 도면이다.

도 7은 본 발명의 일실시예에 있어서, 두 셀간의 무인 자율 비행체(UAV)의 이동 방향을 고려하여 이동 시간을 계산하는 동작을 설명하기 위해 제공되는 도면이다.

도 8은 본 발명의 일실시예에 있어서, 진화 알고리즘을 이용하여 최적 비행 경로를 결정하는 동작을 도시한 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0016] 본 실시예들은 센서 네트워크를 형성하고 있는 전체 영역들 중 특정 지역에 분포된 센서들로부터 센싱 데이터를 수집 및 취합하기 위해 무인 자율 비행체를 이용하는 응용에 있어서, 무인 자율 비행체(UAV)의 최적 비행 경로

를 결정하는 기술에 관한 것이다.

- [0017] 본 실시예들에서, '무인 자율 비행체(UAV)'는 미리 인지된 센서네트워크의 영역 별로 센서들이 분포한 정도를 나타내는 센서의 분포 정보, 비행에 필요한 에너지 소비 정보를 나타내는 에너지 유틸리티, 미리 획득된 비행 금지 구역 정보, 비행 위험도 정보 등을 고려하여 영역 별로 분포하는 센서들로부터 센싱 데이터(즉, 센싱 정보)를 효과적으로 취합하기 위해 이용되며, 본 실시예들은 상기 무인 자율 비행체(UAV)가 상기 센싱 데이터를 효과적으로 취합하기 위한 최적의 비행 경로와 센싱 지점(즉, 센싱 정보 취합 영역)을 결정하는 기술에 관한 것이다. 이때, 최적의 비행 경로와 센싱 지점을 결정하기 위해 진화 알고리즘이 이용될 수 있다. 특히, 진화 알고리즘을 이용하여 중요 성능 지표를 수치화한 유틸리티(utility) 함수가 정의되며, 유틸리티 함수를 이용하여 계산된 유틸리티의 값을 최대화하는 값에 기초하여 최적의 비행 경로 및 센싱 지점이 결정될 수 있다.
- [0018] 본 실시예들에서, 유틸리티 함수는 취합된 센싱데이터의 전체 가치, 예상 소요 에너지, 예상 소요 시간, 비행의 예상 위험도 등과 같은 시스템 운용자의 응용(즉, 요구조건)을 고려하여 정의될 수 있으며, 유틸리티 함수에 기초하여 시스템 운용자의 요구조건에 맞는 최적의 비행 경로 및 센싱 셀들의 집합이 결정될 수 있다. 예컨대, 진화 알고리즘의 하나인 유틸리티 함수를 기반으로 하는 유전자 알고리즘(Genetic Algorithm)을 이용하여 센싱 셀 집합을 구성하는 센싱 셀들을 연결하는 복수의 비행경로들 중에서 가장 유틸리티가 높은 비행 경로가 최적의 비행 경로, 즉, 최단 비행 경로로 결정될 수 있다.
- [0019] 또한, 본 실시예들에서, '센서 네트워크'를 형성하고 있는 전체 영역은 미리 정의된 수의 정사각형 셀(cell)들로 구분될 수 있으며, 정사각형 셀들로 구분되는 각 영역에 대한 데이터(즉, 셀 정보)가 미리 확보되어 수치화되어 저장될 수 있다. 이때, 셀 정보는 주기적 또는 비주기적으로 수집되어 취합될 수 있으며, 취합과정에서 부수적으로 획득된 셀 정보는 동적으로 갱신될 수 있다. 여기서, 각 셀의 셀 정보는 셀 내에 분포된 센서 종류별 센서의 수, 해당 셀의 영역을 비행하기 위해 소요되는 에너지의 레벨(level), 무선 채널 환경 정보, 비행 위험도 레벨 등을 포함할 수 있다. 이때, 셀 정보는 비행 금지 구역에 해당하는 셀을 나타내는 정보를 포함할 수도 있다. 예를 들어, 비행 금지 구역에 해당하는 셀을 나타내는 정보가 플래그(flag) 등의 형태로 셀 정보에 포함될 수 있다(예컨대, 비행 금지 구역인 경우 플래그=1로 설정, 비행 금지 구역이 아닌 경우 플래그=0으로 설정되어 셀 정보에 포함될 수 있다).
- [0020] 본 발명은 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에서 상세히 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.
- [0021] 이하, 본 발명의 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.
- [0023] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 무인 자율 비행체를 이용한 센서 네트워크 환경의 예를 도시한 도면이다.
- [0024] 도 1의 네트워크 환경은 최적 경로 탐색 시스템(110), 무인 자율 비행체(130) 및 네트워크(120)를 포함하는 예를 나타내고 있다. 이러한 도 1은 발명의 설명을 위한 일례로 무인 자율 비행체(UAV)의 수가 도 1과 같이 한정되는 것은 아니다. 예컨대, 센서네트워크를 형성한 전체 영역에서 센서가 분포된 적어도 하나의 특정 지역들을 대상으로, 센서들로부터 센싱데이터를 획득하기 위해 복수개의 무인 자율 비행체가 이용될 수도 있다.
- [0025] 최적 경로 탐색 시스템(110)은 컴퓨터 장치로 구현되는 고정형 단말이거나 이동형 단말일 수도 있고, 서버일 수도 있다. 최적 경로 탐색 시스템(110)의 예를 들면, 스마트폰(smart phone), 휴대폰, 네비게이션, 컴퓨터, 노트북, 디지털방송용 단말, PDA(Personal Digital Assistants), PMP(Portable Multimedia Player), 태블릿 PC 등이 있다. 본 발명의 실시예들에서 최적 경로 탐색 시스템(110)은 실질적으로 무선 또는 유선 통신 방식을 이용하여 네트워크(120)를 통해 무인 자율 비행체(130)와 통신할 수 있는 다양한 기기들 중 하나를 의미할 수 있다.
- [0026] 통신 방식은 제한되지 않으며, 네트워크(120)가 포함할 수 있는 통신망(일례로, 이동통신망, 유선 인터넷, 무선 인터넷, 방송망)을 활용하는 통신 방식뿐만 아니라 기기들간의 근거리 무선 통신 역시 포함될 수 있다. 예를 들어, 네트워크(120)는, PAN(personal area network), LAN(local area network), CAN(campus area network), MAN(metropolitan area network), WAN(wide area network), BBN(broadband network), 인터넷 등의 네트워크 중 하나 이상의 임의의 네트워크를 포함할 수 있다. 또한, 네트워크(120)는 버스 네트워크, 스타 네트워크, 링 네트워크, 메쉬 네트워크, 스타-버스 네트워크, 트리 또는 계층적(hierarchical) 네트워크 등을 포함하는 네트워크 토폴로지 중 임의의 하나 이상을 포함할 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.
- [0028] 도 2는 본 발명의 일실시예에 있어서, 유전자 알고리즘을 이용하여 무인 자율 비행체의 최적 비행 경로를 결정하는 방법을 설명하는 흐름도이고, 도 3은 본 발명의 일실시예에 있어서, 무인 자율 비행체의 최적 비행 경로를

탐색하는 시스템의 내부 구성을 도시한 블록도이다.

- [0029] 도 3에서, 최적 경로 탐색 시스템(300)은 센싱 셀 집합 생성부(310), 비행 경로 생성부(320), 계산부(330), 및 비행 경로 결정부(340)를 포함할 수 있다. 그리고, 도 2의 각 단계들(210 내지 250)은 최적 경로 탐색 시스템(300)의 구성 요소들, 즉, 센싱 셀 집합 생성부(310), 비행 경로 생성부(320), 계산부(330), 및 비행 경로 결정부(340)에 의해 수행될 수 있다.
- [0030] 210 단계에서, 센싱 셀 집합 생성부(310)는 센서 네트워크가 형성된 전체 영역을 복수의 셀(cell)들로 구분할 수 있다.
- [0031] 예를 들어, 센싱 셀 집합 생성부(310)는 센서 네트워크의 전체 영역을 미리 정의된 개수의 정사각형 셀들로 구분할 수 있다. 이때, 구분된 정사각형 셀들 각각에 해당하는 영역에 대한 셀 정보는 사전에 미리 확보될 수 있으며, 확보된 셀 정보는 수치화하여 저장될 수 있다. 예컨대, 미리 인지되어 있는 센싱과 관련된 에너지, 셀 별 센서의 위치와 센서의 개수, 평균 무선 채널 상황 정보, 비행 금지 구역 정보, 비행 위험도 정보 레벨 등을 포함하는 셀 정보가 지도 데이터와 연계되어 데이터베이스에 저장될 수 있다.
- [0032] 이때, 센서네트워크의 전체 영역 중 특정 지역에는 무선 송수신 장치가 장착된 다양한 종류의 센서들이 분포하고 있을 수 있으며, 최적 경로 탐색 시스템(300)은 상기 특정 지역에 분포된 센서들로부터 무인 자율 비행체를 이용하여 획득하고자 하는 센싱데이터를 획득하기 위한 최적의 비행경로를 결정할 수 있다.
- [0033] 220 단계에서, 센싱 셀 집합 생성부(310)는 구분된 복수의 셀들을 대상으로 무인 자율 비행체(UAV)의 최적 비행 경로를 결정하기 위해 이용될 센싱 셀 집합을 생성할 수 있다.
- [0034] 예를 들어, 센서네트워크의 전체 영역 중 다양한 종류의 센서들이 분포하고 있는 특정 지역들에 해당하는 복수의 셀들을 대상으로, 센싱 셀 집합을 생성할 수 있다. 이때, 센싱 셀 집합 생성부(310)는 구분된 복수의 셀들을 대상으로, 유전자 알고리즘에 기초하여 비행 금지 셀을 제외한 셀들 중에서 센싱 셀을 결정하는 것을 제약조건으로 하여 센싱 셀 집합을 생성할 수 있다. 즉, 센싱 셀은 비행 금지 셀을 포함하면 안 된다는 제약조건이 적용되어, 비행 금지 셀에 해당하지 않는 센싱 셀들을 포함하도록 센싱 셀 집합이 생성될 수 있다.
- [0035] 230 단계에서, 비행 경로 생성부(320)는 센싱 셀 집합에 포함된 센싱 셀들을 연결하는 복수의 비행 경로들을 생성할 수 있다.
- [0036] 240 단계에서, 복수의 비행 경로 별로 유틸리티(Utility)를 계산할 수 있다. 유틸리티 함수는 각 센싱 셀에서 수집 및 취합된 센싱데이터의 전체 가치, 예상 소요 에너지, 예상 소요 시간, 비행의 예상 위험도 등과 같은 시스템 운용자의 응용(즉, 요구조건)을 고려하여 정의될 수 있으며, 유틸리티 함수에 기초하여 비행 경로 별로 유틸리티가 계산될 수 있다. 비행 경로 별로 유틸리티를 계산하는 구성은 수학적 식 1 내지 수학적 식 12를 참고하여 후술하기로 한다.
- [0037] 250 단계에서, 비행 경로 결정부(340)는 비행 경로 별로 계산된 유틸리티에 기초하여 최단 비행 경로를 결정할 수 있다.
- [0038] 예컨대, 비행 경로 결정부(340)는 유틸리티가 가장 높은 경로를 최단 비행 경로로 결정할 수 있다. 센싱 셀 집합 별로 결정된 비행 경로를 대상으로 최단 비행 경로를 결정하는 자세한 설명은 도 8을 참고하여 후술하기로 한다.
- [0040] 도 4는 본 발명의 일실시예에 있어서, 비행 금지 구역을 제외한 영역에서 무인 자율 비행체(UAV)가 센싱데이터의 획득을 수행하는 센싱 셀과 센싱 셀 사이를 이동하는 비행 경로를 도시한 도면이다.
- [0041] 도 4를 참고하면, 센서네트워크의 전체 영역(400)은 단위 정사각형 영역의 셀(cell) 들로 구분될 수 있다. 도 4에서는 센싱 셀 집합에 7개의 센싱 셀들(도 4의 셀 중심부분에 도시된 원형모양의 점)을 포함하는 경우를 도시하였으나, 이는 실시예에 해당되며, 센싱 셀 집합은 7개 미만의 센싱 셀들, 7개 이상의 센싱 셀들을 포함할 수도 있다.
- [0042] 도 4에서 셀들 중 셀 401은 무인 자율 비행체(UAV)가 해당 셀의 상공에 머물며 해당 셀에 설치된 센서들로부터 센싱데이터를 전달받는 센싱 셀을 나타낼 수 있다. 화살표 402는 센싱 셀 집합에 포함된 센싱 셀들 간 이동 경로를 나타낼 수 있다. 예컨대, 402는 제1 센싱 셀(401)에서 제2 센싱 셀(403) 간 이동 경로를 나타낼 수 있다. 셀 403은 전체 영역(400) 중 비행이 금지된 적어도 하나의 셀을 나타낼 수 있다. 즉, 셀 403은 비행 금지 구역에 해당하는 적어도 하나의 셀을 포함할 수 있다.

- [0044] 도 5는 본 발명의 일실시예에 있어서, 최적 경로 탐색 시스템에서 미리 확보된 센서네트워크의 각 셀 별 셀 정보를 테이블 형태로 저장하고 있는 다차원 지도(map)를 도시한 도면이다.
- [0045] 센서네트워크의 전체 영역에 대한 정보 지도는 비행 금지 구역과 관련된 비행 금지 구역 지도(501), 센서 분포 관련 지도(502), 비행 위험도 레벨 지도(503), 비행 에너지 레벨 지도(504) 및 무선 통신 환경 지도(505)로 구성될 수 있으며, 각 셀에 대한 셀 정보는 수치화되어 저장될 수 있다.
- [0046] 예컨대, 해당 셀의 식별자 정보와 함께 해당 셀의 비행 위험도 레벨(비행의 예상 위험도를 나타내는 레벨임), 해당 셀 내에 분포된 종류 별 센서의 수, 센서의 위치, 해당 셀이 비행 금지 구역에 해당하는지 여부를 나타내는 정보, 해당 셀의 영역을 비행하기 위해 소요되는 비행 에너지 레벨(즉, 예상 소요 에너지), 해당 셀의 영역을 비행하기 위해 소요되는 비행 시간 레벨(즉, 예상 소요 시간), 해당 셀의 무선 통신 환경 정보 등이 각 셀 별로 매칭되어, 각각 수치화되어 테이블 형태로 저장 및 유지될 수 있다.
- [0048] 도 6은 두 개의 연속하는 센싱 셀들 간의 이동 경로를 설정하기 위해 제공되는 도면이다.
- [0049] 도 6에서, 센싱 셀 601과 센싱 셀 602는 연속하는 센싱 셀을 나타낼 수 있다. 예컨대, 현재 센싱 셀이 601인 경우, 현재 센싱 셀에서 이동하려는 다음 센싱 셀 602이 연속하는 센싱 셀을 의미할 수 있다.
- [0050] 도 6에 따르면, 센싱 셀 601에서 다음 센싱 셀 602로 무인 자율 비행체(UAV)가 이동하는 경로는 최단 비행 경로(603)로 표현될 수 있다. 이때, 본 발명에서 정의하는 유틸리티 함수의 계산을 위해 실제 최적 센싱 셀 집합 및 비행 경로 결정을 위해 인접 셀의 중심을 통과하는 모델 기반의 최단 비행 경로(604)가 설정될 수 있다. 그리고, 설정된 최단 비행 경로(604) 상에 존재하는 셀들(605)은 비행 경로 셀로 정의될 수 있다. 이때, 두 센싱 셀(601, 602) 간의 최단 비행 경로 상에 비행 금지 구역에 해당하는 셀이 존재하는지 여부에 기초하여 비행 금지 구역에 해당하는 셀을 회피하는 최단 비행 경로가 결정될 수 있다. 즉, 최단 비행 경로(605)는 비행 경로 셀의 셀 정보에 기초하여 비행 금지 구역이 아닌 것으로 확인된 셀에 해당할 수 있다.
- [0051] 이하에서는 수학적 1 내지 수학적 12를 참고하여 최단 비행 경로를 결정하는 동작에 대해 상세히 설명하기로 한다.
- [0052] 하나의 후보 경로는 아래의 수학적 1과 같이 표현될 수 있다.

수학적 1

[0053]
$$path_p = \{C_0, C_1^f, C_2^f, \dots, C_m^f, C_1^s, C_{m+1}^f, C_{m+2}^f, \dots, C_2^s, \dots, C_0\}$$

- [0054] 수학적 1에서, C_0 는 출발지점이자 귀환지점이며, C_k^s 는 k번째 센싱 셀을 나타내고, C_m^f 는 연속하는 두 센싱 셀을 연결하는 최적 비행 경로 셀들 중 m번째 비행 경로 셀을 나타낼 수 있다.
- [0055] 수학적 1에서, 무인 자율 비행체(UAV)가 출발지점에서 출발하여 임의의 센싱 셀 집합을 순서적(즉, 순차적)으로 비행한 후 귀환하는 경로에 대한 유틸리티(Utility)는 아래의 수학적 2에 기초하여 센싱데이터 유틸리티(U^s), 에너지 유틸리티(U^E), 시간 유틸리티(U^T), 위험 유틸리티(U^R)의 가중치 합을 통해 계산될 수 있다.

수학적 2

[0056]
$$F = \omega_1 U^s - \omega_2 U^E - \omega_3 U^T - \omega_4 U^R, (\omega_1 + \omega_2 + \omega_3 + \omega_4 = 1)$$

- [0057] 수학적 2에서, 센싱데이터 유틸리티(U^s)는 경로 상의 각 셀에 분포된 센서들로부터 획득될 정보의 가치에 의해 결정될 수 있다. 위의 수학적 1에서 각 센싱 셀 C_i^s 은 각 센서 종류 j의 셀 내 센서 수 (n_i^j)가 셀 정보로서 저장되어 있고, 각 센서 종류 j는 센싱데이터가 획득되었을 때의 가치인 v^j 가 미리 알려져 있음을 가정할 수

있다. 이때, 센싱데이터를 수치화한 값의 합은 수학식 3에 기초하여 계산될 수 있다.

수학식 3

$$U^s = \sum_{i=1}^{N_s} U_i^s$$

$$U_i^s = \sum_{j=1}^J n_i^j v^j$$

[0058]

수학식 3에서, N_s 는 무인 자율 비행체(UAV)가 출발지를 출발하여 센싱 셀들을 경유하여 다시 귀환할 때까지 센싱데이터를 획득하는 센싱 셀의 수를 나타낼 수 있다.

[0059]

다시 수학식 2의 에너지 유틸리티(U^E)는 아래의 수학식 4에 기초하여 계산될 수 있다. 즉, 에너지 유틸리티(U^E)는 미리 정해진 경로를 이동하는 비행 에너지 유틸리티(U^{FE}), 센싱 셀에서 센싱데이터 획득을 위해 정지하는데 소요되는 정지 에너지 유틸리티(U^{SE}), 센싱 셀에서 센서들로부터 센싱데이터를 획득하기 위한 통신 에너지 유틸리티(U^{CE})의 합으로서 계산될 수 있다.

수학식 4

$$U^E = U^{FE} + U^{SE} + U^{CE}$$

[0061]

각 셀은 위치에 따라 소요되는 비행 에너지가 모두 상이할 수 있으므로 비행 에너지 가중치를 가질 수 있다.

즉, 셀 i 의 비행 에너지 가중치는 w_i^f 로 정의될 수 있다. 이때, 셀 i 에서 셀 j 로 이동할 때의 비행 에너지(e_{ij}^f)는 아래의 수학식 5와 같이, 두 셀의 평균 가중치와 단위 셀 당 비행 에너지 e^f , 그리고 두 인접 셀을 이동하는 시간의 곱으로 표현될 수 있다.

수학식 5

$$e_{ij}^f = \left(\frac{1}{2} w_i^f + \frac{1}{2} w_j^f \right) e^f \frac{d_c}{v} \quad - (1) \text{ 수평 또는 수직방향 이동}$$

$$e_{ij}^f = \left(\frac{1}{2} w_i^f + \frac{1}{2} w_j^f \right) e^f \frac{\sqrt{2} d_c}{v} \quad - (2) \text{ 대각선 방향 이동}$$

[0063]

수학식 5에서, 단위 셀 길이를 수평 또는 수직 길이를 d_c 라고 하고, 무인 자율 비행체의 평균 예측 이동 속도

를 v 라고 하면, 701과 같이 두 셀의 이동이 수직 또는 수평 방향으로의 이동인 경우, 이동 시간은 $\frac{d_c}{v}$ 로 계산

되고, 두 셀의 이동이 대각 방향(702)인 경우, 이동 시간은 $\frac{\sqrt{2} d_c}{v}$ 로 계산될 수 있다. 이에 따라, 전체 비행 에너지 유틸리티 U^{FE} 는 위의 수학식 1에서 정의된 비행 경로 상의 모든 셀 이동에 대해 위의 수학식 5로 정의되는 인접 셀 i 와 j 간 비행 에너지의 전체 합으로서 계산될 수 있다.

[0065]

정지 에너지 유틸리티(U^{SE})는 센싱 셀 지역에서 센싱데이터 획득을 위해 머무를 때 소모하는 에너지를 나타낼 수

있다. 한 개의 센싱 셀 i 에서 소모되는 정지 에너지 유틸리티(U_i^{SE})는 단위 시간당 기본 정지 에너지(e^s)에 셀 i 에 존재하는 각 센서종류(sensor type) j 의 센서의 개수 (n_i^j) , 단일 센서와 한 개의 센싱데이터를 수신하는 데 걸리는 시간(t_e), 성공적으로 센싱데이터를 수신하기 위해 필요한 평균 정보 전송 회수 (N_i^p) 의 함수로서 아래의 수학적 식 6과 같이 정의될 수 있다.

수학적 식 6

$$U_i^{SE} = e^s t_e N_i^p \sum_{j=1}^J n_i^j$$

수학적 식 6에서, N_i^p 는 성공적인 패킷 전송까지 시행한 패킷 전송 횟수가 기하분포를 따르는 경우, 평균 정보 전송 회수 (N_i^p) 는 아래의 수학적 식 7과 같이 계산될 수 있다.

수학적 식 7

$$N_i^p = \frac{1}{1-p_i^e}$$

즉, 정지 에너지 유틸리티(U^{SE})는 위의 수학적 식 1에서 정의된 비행 경로 상의 모든 센싱 셀에 대한 정지 에너지 유틸리티의 합인 $U^{SE} = \sum_{i=1}^{N_s} U_i^{SE}$ 로 정의될 수 있다.

그리고, 통신 에너지 유틸리티(U^{CE})는 센싱 셀에 해당하는 영역에서 센싱데이터 획득을 위해 무인 자율 비행체(UAV)와 센서들 간의 통신을 위해 사용하는 에너지를 나타낼 수 있으며, 아래의 수학적 식 8에 기초하여 계산될 수 있다.

수학적 식 8

$$U_i^{CE} = e^c t_e N_i^p \sum_{j=1}^J n_i^j$$

위의 수학적 식 8에서, e^c 는 단위 시간 당 센서와의 기본 통신 에너지를 나타내고, t_e 는 단일 센서와 한 개의 센싱데이터를 수신하는데 걸리는 시간을 나타내고, N_i^p 는 성공적으로 센싱데이터를 수신하기 위해 필요한 평균 정보 전송 회수를 나타낼 수 있다. 즉, 수학적 식 8에서, U_i^{CE} 는 e^c , t_e , N_i^p 가 결정되었을 때 센싱 셀 i 에서의 통신 에너지 유틸리티를 의미할 수 있다.

그러면, 전체 통신 에너지 유틸리티 U^{CE} 는 위의 수학적 식 1로 정의된 비행 경로 상의 모든 센싱 셀에 대한 통신 에너지 유틸리티의 합인 $U^{CE} = \sum_{i=1}^{N_s} U_i^{CE}$ 로 정의될 수 있다.

그리고, 위의 수학적 식 2에서, 시간 유틸리티 U^T 는 위의 수학적 식 1의 경로를 거치는 전체 시간으로 정의되며, 비행

시간 유틸리티 U^{FT} 와 정지시간 유틸리티 U^{ST} 의 합인 $U^T = U^{FT} + U^{ST}$ 에 기초하여 결정될 수 있다. 여기서, 비행 시간 유틸리티 U^{FT} 는 위의 수학적 식 1에서, 모든 셀들을 이동하는데 소요되는 시간으로 도 7에서와 같이, 수평 또는 수직 방향 셀 이동과 대각선 방향 셀 이동의 경우에 따라 아래의 수학적 식 9와 같이 경로의 인접 셀 i 와 j 간의 비행 시간 t_{ij}^f 이 계산될 수 있다.

[0075] 즉, 전체 비행 시간 유틸리티 U^{FT} 는 위의 수학적 식 1에서 정의된 비행 경로 상의 모든 셀 이동에 대해 아래의 수학적 식 9와 같이 정의되는 인접셀 i 와 j 간 비행 시간의 전체 합에 기초하여 계산될 수 있다.

수학적 식 9

$$t_{i,i+1}^f = \begin{cases} \frac{d_c}{v} & \text{-(1)수평또는수직방향이동} \\ \frac{\sqrt{2}d_c}{v} & \text{-(2)대각선방향이동} \end{cases}$$

[0076]

[0077] 정지 시간 유틸리티 U^{ST} 는 센싱 셀에 해당하는 영역에 무인 자율 비행체(UAV)가 머무르면서 걸리는 시간으로 정의될 수 있다. 센싱 셀 i 에서 센싱데이터를 획득하기 위해, 센싱 셀 i 에 머무르는 시간 U_i^{ST} 는 아래의 수학적

$$U^{ST} = \sum_{i=1}^{N_s} U_i^{ST}$$

10과 같이 표현될 수 있으므로, 전체 정지 시간 유틸리티는 로 정의될 수 있다.

수학적 식 10

$$U_i^{ST} = t_s N_i^p \sum_{j=1}^J n_i^j$$

[0078]

[0079] 다시 위의 수학적 식 2를 참고하면, 수학적 식 2의 위험 유틸리티 U^R 은 셀 간 이동 또는 센싱 셀에 체류 시에 무인 자율 비행체(UAV)의 장애 위험도를 나타낼 수 있다. 위험 유틸리티 U^R 은 위의 수학적 식 1의 경로에 대해 셀 간 이동을 위한 비행 위험 유틸리티 U^{FR} 과 센싱 셀 체류 시 정지 위험 유틸리티 U^{SR} 의 합인 $U^R = U^{FR} + U^{SR}$ 로 정의될 수 있다. 수학적 식 1에서, 비행 경로 상의 인접 셀 i 와 j 로의 비행 시 비행 위험도 $r_{i,j}$ 는 아래의 수학적 식 11에 기초하여 계산될 수 있다.

수학적 식 11

$$r_{i,j} = t_{i,j}^f \left(\frac{1}{2} r_i + \frac{1}{2} r_j \right)$$

[0080]

[0081] 수학적 식 11에서, r_i 는 셀 i 에서의 비행 위험도, r_j 는 셀 j 에서의 비행 위험도를 나타낼 수 있다. 그리고, 전체 비행 위험 유틸리티 U^{FR} 은 위의 수학적 식 1에서 정의된 비행 경로 상의 모든 셀 이동에 대해 위의 수학적 식 11에서 정의되는 인접 셀 i 와 j 간 비행 위험도의 전체 합에 기초하여 계산될 수 있다.

[0082] 그리고, 센싱 셀 i 에서 센싱데이터 획득을 위해 머무를 때의 위험도를 나타내는 센싱 셀 i 정지 위험 유틸리티

U_i^{SR} 는 아래의 수학적식 12에 기초하여 계산될 수 있으며, 전체 정지 위험 유틸리티 U^{SR} 은 $U^{SR} = \sum_{i=1}^{N_s} U_i^{SR}$ 로 정의될 수 있다.

수학적식 12

$$U_i^{SR} = r_i t_s N_i^p \sum_{j=1}^J n_i^j$$

[0083]

[0084]

본 발명의 최적 경로 탐색 시스템(300)은 위의 수학적식 1에 기초하여 비행 경로 및 센싱 셀 집합으로 이루어지는 무인 자율 비행체(UAV)의 최단 비행 경로를 도출하기 위하여 진화 알고리즘을 이용하여 최적 해를 결정할 수 있다. 진화 알고리즘은 유전자 알고리즘(Genetic Algorithm) 또는 PSO(Particle Swarm Optimization) 등의 방법을 이용하여 위의 수학적식 2와 같이 정의되는 유틸리티 함수(Utility Function)를 사용한 반복(iterative) 평가 구조를 가질 수 있다.

[0085]

이하에서는 도 8을 참고하여, 진화 알고리즘을 이용하여 최적 비행 경로(즉, 최단 비행 경로)를 결정하는 구체적인 구성에 대해 설명하기로 한다.

[0086]

도 8은 본 발명의 일실시예에 있어서, 진화 알고리즘을 이용하여 최적 비행 경로를 결정하는 동작을 도시한 흐름도이다.

[0087]

810 단계에서, 셀 집합 생성부(310)는 비행 금지 셀이 센싱 셀로 포함되면 안된다는 제약조건을 적용하여 초기 N개의 센싱 셀 집합을 생성할 수 있다. 이때, N개의 센싱 셀 집합은 중복되어 선택되지 않은 센싱 셀들을 포함할 수 있다.

[0088]

820 단계에서, 비행 경로 생성부(320)는 센싱 셀 집합을 구성하는 센싱 셀들을 연결하는 비행 경로를 생성할 수 있다. 즉, N개의 센싱 셀 집합 각각에 해당하는 N개의 비행 경로가 생성될 수 있다. 이때, 비행 경로 생성부(320)는 센싱 셀 집합으로 이루어진 각 경로에서 센싱 셀 간 이동을 위한 비행 경로 셀을 추가함으로써, 비행 경로를 생성할 수 있다.

[0089]

예컨대, 연속하는 센싱 셀을 대상으로 현재 센싱 셀의 중심에서 다음 센싱 셀의 중심을 잇는 직선(즉, 최단거리 비행경로)이 위치하는 셀들을 비행 경로 셀로 결정함으로써, 비행 경로를 생성할 수 있다. 이때, 비행 경로 생성부(320)는 센싱 셀 간 이동 시 최단거리 비행경로가 비행금지 셀을 포함하지 않는다는 제약조건을 적용하여 비행경로를 생성할 수 있다. 즉, 센싱 셀 집합을 구성하는 센싱 셀들 및 비행 경로 셀 모두 비행 금지 셀이 아닌 것으로 구성되도록 하여, 무인 자율 비행체가 비행 시 비행 금지 구역을 비행하지 않고 회피하도록 비행 경로가 생성될 수 있다.

[0090]

이처럼, N개의 센싱 셀 집합을 대상으로 비행 경로가 생성됨에 따라, N개의 비행경로가 생성될 수 있다.

[0091]

830 단계에서, 계산부(330)는 위의 수학적식 2에 기초하여 각 경로에 해당하는 유틸리티를 계산할 수 있다.

[0092]

예컨대, 계산부(330)는 각 비행 경로의 에너지 유틸리티(U^E), 시간 유틸리티(U^T), 위험 유틸리티(U^R)를 계산할 수 있으며, 계산된 에너지 유틸리티(U^E), 시간 유틸리티(U^T), 위험 유틸리티(U^R)는 미리 정의된 각각의 제약조건을 만족할 수 있다. 즉, 비행 경로의 에너지, 시간, 위험도 값이 미리 정의된 기준값을 초과하지 않도록 하는 제약조건이 미리 정의될 수 있다. 이에 따라, N개의 비행 경로들 중에서 상기 기준값을 초과하여 제약조건을 만족하지 않는 비행경로는 제거될 수 있다.

[0093]

그리고, N개의 비행경로들 중 상기 제약조건을 만족하지 않는 비행경로를 제외한 비행경로들을 대상으로, 비행 경로 결정부(340)는 반복 중단 조건을 만족하는지 여부에 기초하여 최단 비행 경로를 결정할 수 있다.

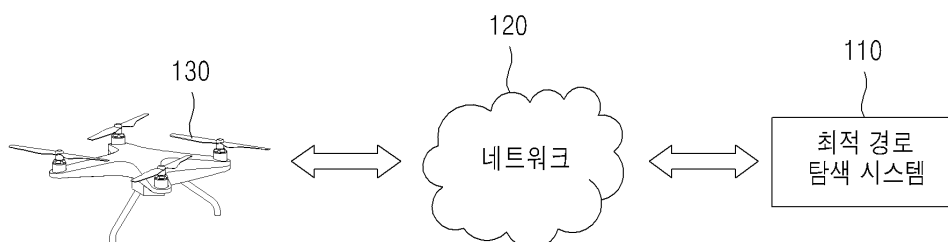
[0094]

반복 중단 조건을 만족하면, 842 단계에서, 비행경로 결정부(340)는 위의 수학적식 2에 기초하여 계산된 비행경로의 유틸리티 값이 최대가 되는 비행경로를 최종적으로 최단 비행경로 결정할 수 있다. 반복중단 조건은 도 8에서 최적경로 설정을 위한 반복 수행에서 이전 수행 시 최적경로의 유틸리티 값과 현재 수행의 최적경로 유틸리티 값의 차이가 미리 결정된 임계값보다 작은 조건을 나타낼 수 있다.

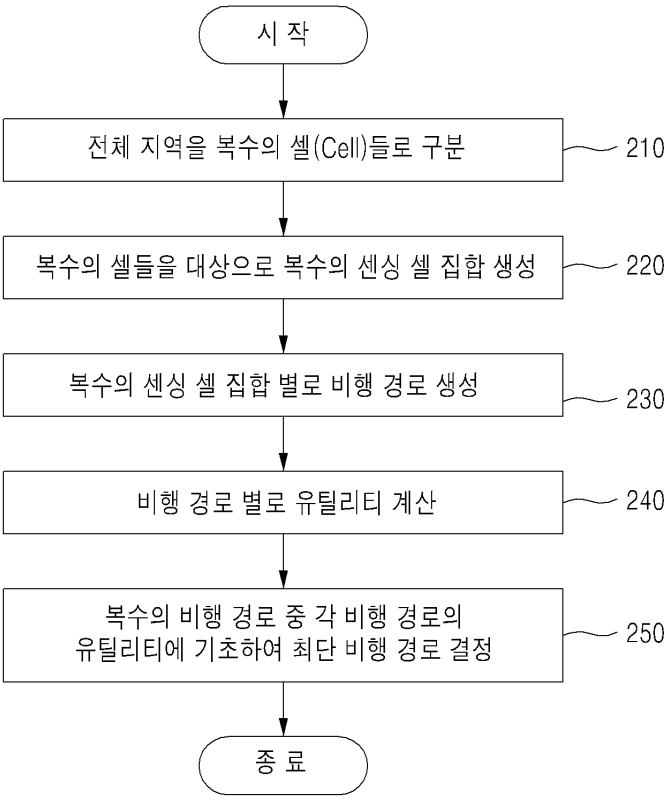
- [0095] 이때, 반복 중단 조건이 만족되지 않으면, 841 단계에서, 비행 경로 결정부(340)는 다음 반복 평가 과정을 위해 유틸리티에 기초하여 일정개수의 상위 유틸리티 값을 갖는 경로들을 이용하여 돌연변이 교배를 통해 다음 반복 수행을 위한 N개의 적합한 변이 경로를 생성할 수 있다.
- [0096] 예를 들어, 비행경로 결정부(340)는 다음 반복수행을 위한 N개의 후보 경로를 선정함에 있어 현재 수행 시 좋은 유틸리티 값을 보인 상위 일정 개수 경로 집합을 이용하여 돌연변이, 교배 등의 방법을 통해 변이 경로를 생성할 수 있으며, 생성된 다수의 변이 경로들에 대해 제약조건을 만족하지 못하는 (즉, 경로의 에너지, 시간, 위험도가 미리 정의된 임계치를 넘거나 비행금지구역을 포함하는 경우) 경로를 제거하고, N개의 후보 경로(즉, N개의 비행 경로)를 다시 선택할 수 있다. 그리고, 다시 선택된 N개의 후보 경로(즉, N개의 비행 경로)가 반복중단조건을 만족하면, 유틸리티 값이 최대가 되는 비행 경로가 최단 비행 경로로 선택될 수 있다. 이때, 비행경로 결정부(340)는 반복 중단 조건이 만족될 때까지 N개의 후보 경로를 다시 선택하는 과정을 반복 수행할 수 있다.
- [0097] 즉, 840 단계에서, 반복 중단 조건을 만족하는 경우(842 단계), 비행 경로 결정부(340)는 최단 비행 경로를 결정하고 프로세스를 종료할 수 있으며, 반복 중단 조건을 만족하지 않는 경우(841 단계), 돌연변이, 교배를 이용하여 변이 경로를 생성하고, 다시 820 단계로 되돌아가 최단 비행 경로가 결정될 때까지 820 내지 840 단계를 반복 수행할 수 있다.
- [0098] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다. 상기된 하드웨어 장치는 실시예의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.
- [0099] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.
- [0100] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

도면

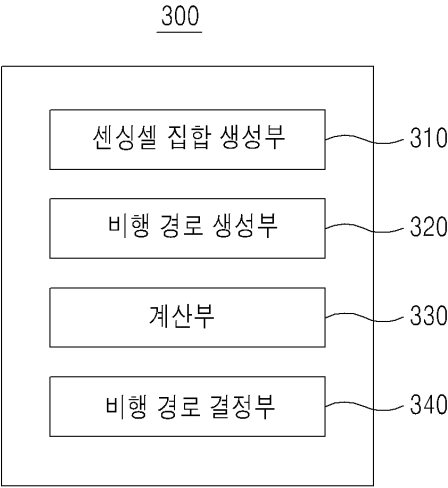
도면1



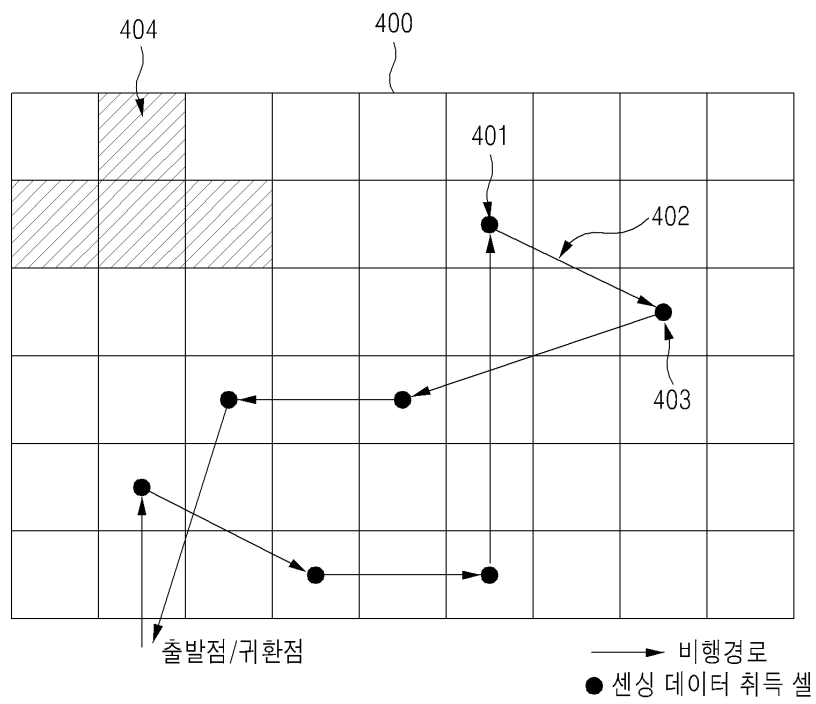
도면2



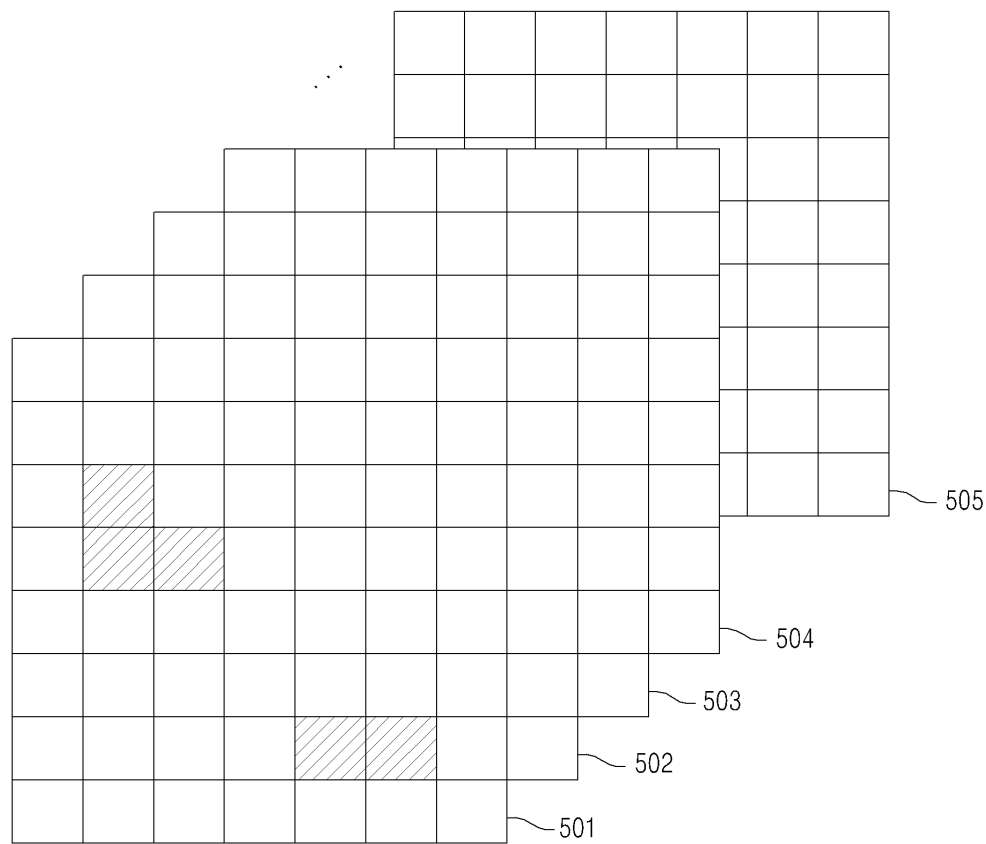
도면3



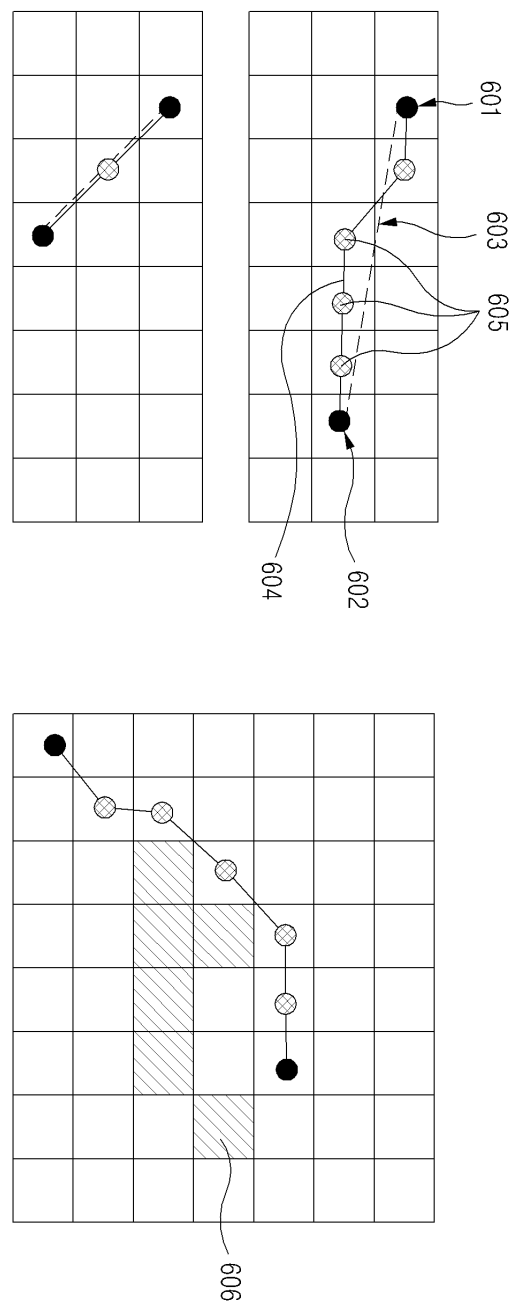
도면4



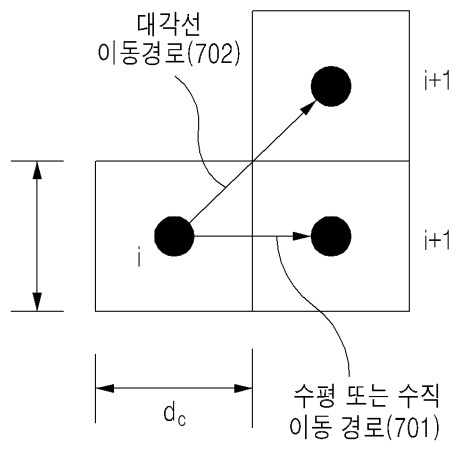
도면5



도면6



도면7



도면8

