



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년09월09일

(11) 등록번호 10-2300324

(24) 등록일자 2021년09월03일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G05D 1/00 (2006.01) B64C 39/02 (2006.01)

B64D 45/00 (2006.01) G08G 5/04 (2006.01)

(52) CPC특허분류

G05D 1/0027 (2013.01)

B64C 39/024 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2021-0056741

(22) 출원일자 2021년04월30일

심사청구일자 2021년04월30일

(56) 선행기술조사문헌

KR1020180128703 A*

KR102115294 B1*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

세종대학교산학협력단

서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)

(72) 발명자

홍성경

서울특별시 서초구 동광로33길 15, 101호(반포동, 반포 이안애 1차)

안 텅 웅옌

서울특별시 광진구 능동로21길 52, B01호(군자동)

정한솔

서울특별시 광진구 동일로30길 32-7, 504호(화양동)

(74) 대리인

김연경

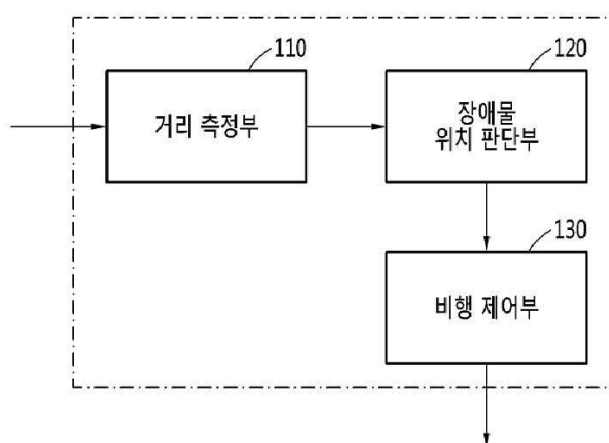
전체 청구항 수 : 총 6 항

심사관 : 박지은

(54) 발명의 명칭 충돌 방지 알고리즘에 기반한 군집 비행 제어 시스템 및 그 방법

(57) 요약

본 발명은 드론의 군집 비행 제어 시스템 및 그 방법에 관한 것으로서, 일실시예에 따른 드론의 군집 비행 제어 시스템은 드론과 드론에 인접한 적어도 하나의 장애물 사이의 거리를 측정하는 거리 측정부와, 측정된 거리와 기 설정된 충돌 감지영역에 기초하여 장애물의 위치를 판단하는 장애물 위치 판단부 및 장애물의 위치 판단 결과에 따라, 충돌 방지를 위한 포텐셜 함수 및 군집 비행 제어 알고리즘 중 적어도 하나에 기초하여 드론의 비행을 제어하는 비행 제어부를 포함한다.

대표도 - 도1100

(52) CPC특허분류

B64D 45/00 (2013.01)

G01S 17/933 (2013.01)

G08G 5/04 (2013.01)

B64C 2201/143 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711116145
과제번호	2018-0-01423-004
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	정보통신기획평가원
연구사업명	대학ICT연구센터지원사업
연구과제명	지능형 비행로봇 융합기술 연구
기 여 율	1/2
과제수행기관명	세종대학교 산학협력단
연구기간	2021.01.01 ~ 2021.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1345321135
과제번호	2020R1A6A1A03038540
부처명	교육부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	이공학학술연구기반구축(R&D)
연구과제명	자율지능무인비행체연구소
기 여 율	1/2
과제수행기관명	세종대학교 산학협력단
연구기간	2021.03.01 ~ 2022.02.28

공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

드론과 상기 드론에 인접한 적어도 하나의 장애물 사이의 거리를 측정하는 거리 측정부;

상기 측정된 거리와 기설정된 충돌 감지영역에 기초하여 상기 장애물의 위치를 판단하는 장애물 위치 판단부 및 상기 장애물의 위치 판단 결과에 따라, 충돌 방지를 위한 포텐셜 함수 및 군집 비행 제어 알고리즘 중 적어도 하나에 기초하여 상기 드론의 비행을 제어하는 비행 제어부

를 포함하고,

상기 충돌 감지영역은,

상기 드론을 기준으로 기설정된 제1 반경에 대응되는 위험 영역(risky zone)과, 상기 제1 반경 보다 긴 제2 반경에 대응되는 주의 영역(cautionary zone)을 포함하며,

상기 비행 제어부는,

상기 포텐셜 함수를 미분하고, 상기 장애물이 상기 위험 영역에 위치한 것으로 판단되면 상기 미분된 포텐셜 함수에 기초하여 상기 드론의 비행을 제어하며, 상기 장애물이 상기 주의 영역에 위치한 것으로 판단되면 상기 미분된 포텐셜 함수와 상기 군집 비행 제어 알고리즘에 기초하여 상기 드론의 비행을 제어하는

드론의 군집 비행 제어 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 거리 측정부는,

라이다(LIDAR) 센서 및 레이저 센서 중 적어도 하나를 이용하여 상기 장애물 사이의 거리를 측정하는

드론의 군집 비행 제어 시스템.

청구항 3

삭제

청구항 4

드론과 상기 드론에 인접한 적어도 하나의 장애물 사이의 거리를 측정하는 거리 측정부;

상기 측정된 거리와 기설정된 충돌 감지영역에 기초하여 상기 장애물의 위치를 판단하는 장애물 위치 판단부 및 상기 장애물의 위치 판단 결과에 따라, 충돌 방지를 위한 포텐셜 함수 및 군집 비행 제어 알고리즘 중 적어도 하나에 기초하여 상기 드론의 비행을 제어하는 비행 제어부

를 포함하고,

상기 충돌 감지영역은,

상기 드론을 기준으로 기설정된 제1 반경에 대응되는 위험 영역(risky zone)과, 상기 제1 반경 보다 긴 제2 반경에 대응되는 주의 영역(cautionary zone)을 포함하며,

상기 포텐셜 함수는,

상기 제1 반경 및 상기 측정된 거리에 기초하는 상기 드론의 반발력 함수와 상기 제1 반경, 상기 제2 반경 및 상기 측정된 거리에 기초하는 시변 스텝 함수(step fuction)의 선형적인 결합을 통해 형성되는 함수인

드론의 군집 비행 제어 시스템.

청구항 5

드론과 상기 드론에 인접한 적어도 하나의 장애물 사이의 거리를 측정하는 거리 측정부;

상기 측정된 거리와 기설정된 충돌 감지영역에 기초하여 상기 장애물의 위치를 판단하는 장애물 위치 판단부 및
상기 장애물의 위치 판단 결과에 따라, 충돌 방지를 위한 포텐셜 함수 및 군집 비행 제어 알고리즘 중 적어도 하나에 기초하여 상기 드론의 비행을 제어하는 비행 제어부

를 포함하고,

상기 충돌 감지영역은,

상기 드론을 기준점으로 기설정된 제1 반경에 대응되는 위험 영역(risky zone)과, 상기 제1 반경 보다 긴 제2 반경에 대응되는 주의 영역(cautionary zone)을 포함하며,

상기 군집 비행 제어 알고리즘은,

그래프 이론에 기초하여 산출되는 상기 드론의 위치 정보 추적 오류와 속도 정보 추적 오류 및 상기 드론을 포함하는 드론 군집의 위치정보로부터 산출되는 라플라시안 행렬에 기초한 연산을 통해 형성되는 알고리즘인

드론의 군집 비행 제어 시스템.

청구항 6

삭제

청구항 7

거리 측정부에서, 드론과 상기 드론에 인접한 적어도 하나의 장애물 사이의 거리를 측정하는 단계;

장애물 위치 판단부에서, 상기 측정된 거리와 기설정된 충돌 감지영역에 기초하여 상기 장애물의 위치를 판단하는 단계 및

비행 제어부에서, 상기 장애물의 위치 판단 결과에 따라, 충돌 방지를 위한 포텐셜 함수 및 군집 비행 제어 알고리즘 중 적어도 하나에 기초하여 상기 드론의 비행을 제어하는 단계

를 포함하고,

상기 충돌 감지영역은,

상기 드론을 기준점으로 기설정된 제1 반경에 대응되는 위험 영역(risky zone)과, 상기 제1 반경 보다 긴 제2 반경에 대응되는 주의 영역(cautionary zone)을 포함하며,

상기 드론의 비행을 제어하는 단계는,

상기 포텐셜 함수를 미분하고, 상기 장애물이 상기 위험 영역에 위치한 것으로 판단되면 상기 미분된 포텐셜 함수에 기초하여 상기 드론의 비행을 제어하며, 상기 장애물이 상기 주의 영역에 위치한 것으로 판단되면 상기 미분된 포텐셜 함수와 상기 군집 비행 제어 알고리즘에 기초하여 상기 드론의 비행을 제어하는

드론의 군집 비행 제어 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 거리를 측정하는 단계는,

라이다(LIDAR) 센서 및 레이저 센서 중 적어도 하나를 이용하여 상기 장애물 사이의 거리를 측정하는

드론의 군집 비행 제어 방법.

청구항 9

삭제

청구항 10

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 군집 비행 제어 시스템 및 그 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 군집 비행 중인 드론에 장애물 인접 시 군집 형상을 유지하면서 장애물을 회피하는 기술적 사상에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 무인비행체는 조종사가 탑승하지 않고 무선통신에 기반한 원격 조정 또는 자동 조종을 통해 비행이 제어되는 무인 항공기로서 통상적으로 드론이라 불리고 있으며, 최근 이러한 무인비행체의 기술이 급속하게 발전함에 따라 수요가 전 세계적으로 증가하고 있다.

[0003] 구체적으로, 드론은 군사용으로 시작되었지만, 최근에는 고공 촬영과 상품 배송은 물론, 농약 살포, 공기질 측정, 산불감시 및 진화, 통신, 재난환경 대처, 연구개발 등 다양한 목적으로 광범위하게 활용되고 있으며, 값싼 제품으로 양산되어 개인도 부담 없이 구매할 수 있는 시대를 맞이하게 되었다.

[0004] 이러한 상황에서 최근에는 단순히 단일 드론의 비행이 아닌 복수의 드론이 군집 형상(formation)을 형성하여 재난구호, 경찰, 공연 등을 포함하는 특수하고 복잡한 임무를 수행하는 군집비행에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다.

[0005] 그러나, 기존의 군집비행 과정에서는 복수의 드론들이 군집 형성 과정에서 각 드론간의 위치를 인식하지 못해 충돌할 서로 충돌할 위험이 존재하며, 군집 비행 과정에서 장애물과 충돌할 위험도 존재한다.

[0006] 또한, 군집비행 과정에서는 군집을 형성하는 복수의 드론 중 하나의 드론에서만 장애물을 인식하여 회피 기동을 하게 되면, 전체적인 군집 형상이 깨지는 문제가 발생할 수 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) 한국등록특허 제10-2086701호, "군집 비행 시나리오 생성 방법 및 이를 수행하는 장치"
(특허문헌 0002) 한국등록특허 제10-2096377호, "다수의 비행체들의 군집 비행을 위한 비행경로 결정 방법"

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명은 충돌 방지를 위한 포텐셜 함수와 군집 비행 제어 알고리즘을 이용하여 군집 형상을 유지하면서 장애물을 회피할 수 있는 드론의 군집 비행 제어 시스템 및 그 방법을 제공하고자 한다.

[0009] 또한, 본 발명은 기설정된 위험 영역과 주의 영역을 고려하여 보다 효율적으로 장애물을 회피할 수 있는 드론의 군집 비행 제어 시스템 및 그 방법을 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0010] 본 발명의 일실시예에 따른 드론의 군집 비행 제어 시스템은 드론과 드론에 인접한 적어도 하나의 장애물 사이의 거리를 측정하는 거리 측정부와, 측정된 거리와 기설정된 충돌 감지영역에 기초하여 장애물의 위치를 판단하는 장애물 위치 판단부 및 장애물의 위치 판단 결과에 따라, 충돌 방지를 위한 포텐셜 함수 및 군집 비행 제어 알고리즘 중 적어도 하나에 기초하여 드론의 비행을 제어하는 비행 제어부를 포함할 수 있다.

[0011] 일측에 따르면, 거리 측정부는 라이다(LIDAR) 센서 및 레이저 센서 중 적어도 하나를 이용하여 장애물 사이의

거리를 측정할 수 있다.

- [0012] 일측에 따르면, 충돌 감지영역은 드론을 기준점으로 기설정된 제1 반경에 대응되는 위험 영역(risky zone)과, 제1 반경 보다 긴 제2 반경에 대응되는 주의 영역(cautionary zone)을 포함할 수 있다.
- [0013] 일측에 따르면, 포텐셜 함수는 제1 반경 및 측정된 거리에 기초하는 드론의 반발력 함수와 제1 반경, 제2 반경 및 측정된 거리에 기초하는 시변 스텝 함수(step fuction)의 선형적인 결합을 통해 형성되는 함수일 수 있다.
- [0014] 일측에 따르면, 군집 비행 제어 알고리즘은 그래프 이론에 기초하여 산출되는 드론의 위치 정보 추적 오류와 속도 정보 추적 오류 및 드론을 포함하는 드론 군집의 위치정보로부터 산출되는 라플라시안 행렬에 기초한 연산을 통해 형성되는 알고리즘일 수 있다.
- [0015] 일측에 따르면, 비행 제어부는 포텐셜 함수를 미분하고, 장애물이 위험 영역에 위치한 것으로 판단되면 미분된 포텐셜 함수에 기초하여 드론의 비행을 제어하며, 장애물이 주의 영역에 위치한 것으로 판단되면 미분된 포텐셜 함수와 군집 비행 제어 알고리즘에 기초하여 드론의 비행을 제어할 수 있다.
- [0016] 본 발명의 일실시예에 따른 드론의 군집 비행 제어 방법은 거리 측정부에서 드론과 드론에 인접한 적어도 하나의 장애물 사이의 거리를 측정하는 단계와, 장애물 위치 판단부에서 측정된 거리와 기설정된 충돌 감지영역에 기초하여 장애물의 위치를 판단하는 단계 및 비행 제어부에서 장애물의 위치 판단 결과에 따라, 충돌 방지를 위한 포텐셜 함수 및 군집 비행 제어 알고리즘 중 적어도 하나에 기초하여 드론의 비행을 제어하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0017] 일측에 따르면, 거리를 측정하는 단계는 라이다(LIDAR) 센서 및 레이저 센서 중 적어도 하나를 이용하여 장애물 사이의 거리를 측정할 수 있다.
- [0018] 일측에 따르면, 충돌 감지영역은 드론을 기준점으로 기설정된 제1 반경에 대응되는 위험 영역(risky zone)과, 제1 반경 보다 긴 제2 반경에 대응되는 주의 영역(cautionary zone)을 포함할 수 있다.
- [0019] 일측에 따르면, 드론의 비행을 제어하는 단계는 포텐셜 함수를 미분하고, 장애물이 위험 영역에 위치한 것으로 판단되면 미분된 포텐셜 함수에 기초하여 드론의 비행을 제어하며, 장애물이 주의 영역에 위치한 것으로 판단되면 미분된 포텐셜 함수와 군집 비행 제어 알고리즘에 기초하여 드론의 비행을 제어할 수 있다.

발명의 효과

- [0020] 일실시예에 따르면, 본 발명은 충돌 방지를 위한 포텐셜 함수와 군집 비행 제어 알고리즘을 이용하여 군집 형상을 유지하면서 장애물을 회피할 수 있다.
- [0021] 일실시예에 따르면, 본 발명은 기설정된 위험 영역과 주의 영역을 고려하여 보다 효율적으로 장애물을 회피할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0022] 도 1은 일실시예에 따른 드론의 군집 비행 제어 시스템을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 2는 일실시예에 따른 드론의 군집 비행 제어 시스템에서 군집 비행을 제어하는 예시를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 3은 일실시예에 따른 드론의 군집 비행 제어 시스템에서 충돌 감지영역을 형성하는 예시를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 4는 일실시예에 따른 드론의 군집 비행 제어 시스템에서 4방향 레이저 센서를 이용하여 드론과 장애물 사이의 거리를 측정하는 예시를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 5는 일실시예에 따른 드론의 군집 비행 제어 시스템에서 장애물을 회피하는 예시를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 6은 일실시예에 따른 드론의 군집 비행 제어 시스템에 대한 시뮬레이션 결과를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 7은 일실시예에 따른 드론의 군집 비행 제어 방법을 설명하기 위한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0023] 본 명세서에 개시되어 있는 본 발명의 개념에 따른 실시예들에 대해서 특정한 구조적 또는 기능적 설명들은 단

지 본 발명의 개념에 따른 실시예들을 설명하기 위한 목적으로 예시된 것으로서, 본 발명의 개념에 따른 실시예들은 다양한 형태로 실시될 수 있으며 본 명세서에 설명된 실시예들에 한정되지 않는다.

[0024] 본 발명의 개념에 따른 실시예들은 다양한 변경들을 가할 수 있고 여러 가지 형태들을 가질 수 있으므로 실시예들을 도면에 예시하고 본 명세서에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명의 개념에 따른 실시예들을 특정한 개시형태들에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 변경, 균등물, 또는 대체물을 포함한다.

[0025] 제1 또는 제2 등의 용어를 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만, 예를 들어 본 발명의 개념에 따른 권리 범위로부터 이탈되지 않은 채, 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소는 제1 구성요소로도 명명될 수 있다.

[0026] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "직접 연결되어" 있다거나 "직접 접속되어" 있다고 언급된 때에는, 중간에 다른 구성요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다. 구성요소들 간의 관계를 설명하는 표현들, 예를 들어 "~사이에"와 "바로~사이에" 또는 "~에 직접 이웃하는" 등도 마찬가지로 해석되어야 한다.

[0027] 본 명세서에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예들을 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 실시된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함으로 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0028] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가진다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미를 갖는 것으로 해석되어야 하며, 본 명세서에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

[0030] 이하, 실시예들을 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다. 그러나, 특허출원의 범위가 이러한 실시예들에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다. 각 도면에 제시된 동일한 참조 부호는 동일한 부재를 나타낸다.

[0032] 도 1은 일실시예에 따른 드론의 군집 비행 제어 시스템을 설명하기 위한 도면이다.

[0033] 도 1을 참조하면, 일실시예에 따른 군집 비행 제어 시스템(100)은 충돌 방지를 위한 포텐셜 함수와 군집 비행 제어 알고리즘을 이용하여 군집 형상을 유지하면서 장애물을 회피할 수 있다.

[0034] 또한, 군집 비행 제어 시스템(100)은 기설정된 위험 영역과 주의 영역을 고려하여 보다 효율적으로 장애물을 회피할 수 있다.

[0035] 이를 위해, 군집 비행 제어 시스템(100)은 거리 측정부(110), 장애물 위치 판단부(120) 및 비행 제어부(130)를 포함할 수 있다.

[0036] 이하에서 설명하는 군집 비행 제어 시스템(100)은 군집을 형성하는 복수의 드론(즉, 드론 군집) 및 복수의 드론의 군집 비행을 제어하는 지상국 중 적어도 하나에 적용될 수 있다.

[0037] 예를 들면, 거리 측정부(110), 장애물 위치 판단부(120) 및 비행 제어부(130)는 복수의 드론 각각에 적용될 수 있다. 또한, 거리 측정부(110) 및 장애물 위치 판단부(120)는 복수의 드론 각각에 적용되고 비행 제어부(130)는 지상국에 적용될 수도 있다.

[0038] 일실시예에 따른 거리 측정부(110)는 드론과 드론에 인접한 적어도 하나의 장애물 사이의 거리(d_i)를 측정할 수 있다.

[0039] 이하에서 설명하는, 드론은 군집 비행을 수행하는 복수의 드론 중 적어도 하나의 드론을 의미하고, 장애물은 일반적인 사물 또는 건축 구조물 뿐만 아니라 비행 중인 다른 드론을 의미할 수 있다. 예를 들면, 복수의 드론 각

각은 쿼드콥터일 수 있다.

- [0040] 일측에 따르면, 거리 측정부(110)는 라이다(LIDAR) 센서 및 레이저 센서를 이용하여 적어도 하나의 장애물 사이의 거리(d_i)를 측정할 수 있다. 바람직하게는, 거리 측정부(110)는 4방향 레이저 센서를 이용하여 거리(d_i)를 측정할 수 있다.
- [0041] 예를 들면, 거리 측정부(110)는 라이다 센서를 통해 드론을 중심으로 기설정된 감지 반경에 대응되는 감지 영역 내에서 장애물이 감지되면 드론과 장애물 사이의 거리(d_i)를 측정할 수 있다.
- [0042] 또한, 거리 측정부(110)는 드론의 이륙 지점으로부터 현 위치까지의 거리를 추정하기 위해 옵티컬 플로우 센서를 더 포함할 수도 있다.
- [0043] 일실시예에 따른 장애물 위치 판단부(120)는 거리 측정부(110)를 통해 측정된 거리와 기설정된 충돌 감지영역에 기초하여 장애물의 위치를 판단할 수 있다.
- [0044] 일측에 따르면, 충돌 감지영역은 드론을 기준점으로 기설정된 제1 반경(d_{ir})에 대응되는 위험 영역(risky zone)과, 제1 반경(d_{ir}) 보다 긴 제2 반경(d_{ic})(즉, $d_{ic} > d_{ir}$)에 대응되는 주의 영역(cautionary zone)을 포함할 수 있다. 예를 들면 제2 반경(d_{ic})은 감지 반경보다 짧게 설정될 수 있다.
- [0045] 일실시예에 따른 비행 제어부(130)는 장애물의 위치 판단 결과에 따라, 충돌 방지를 위한 포텐셜 함수 및 군집 비행 제어 알고리즘 중 적어도 하나에 기초하여 드론의 비행을 제어할 수 있다.
- [0046] 일측에 따르면, 비행 제어부(130)는 장애물이 주의영역 외부에 위치한 것으로 판단되면 드론에 대해 군집 비행에 따른 제어만을 수행하고, 장애물이 주의영역에 위치한 것으로 판단되면 포텐셜 함수가 자동으로 활성화되어 군집비행과 포텐셜 함수로부터의 반발/유인력의 균형을 맞춰 드론을 제어하며, 장애물이 위험영역에 위치한 것으로 판단되면 반발/유인력을 통해 드론의 이동을 제어하여 장애물이 주의영역 외부로 위치하도록 할 수 있다.
- [0047] 구체적으로, 비행 제어부(130)는 포텐셜 함수($\Psi_i(d_i)$)를 미분하고, 장애물이 위험 영역에 위치한 것으로 판단되면 미분된 포텐셜 함수($\Delta\Psi_i(d_i)$)에 기초하여 드론의 비행을 제어할 수 있다.
- [0048] 또한, 비행 제어부(130)는 장애물이 주의 영역에 위치한 것으로 판단되면, 미분된 포텐셜 함수($\Delta\Psi_i(d_i)$)와 군집 비행 제어 알고리즘에 기초하여 드론의 비행을 제어할 수 있다.
- [0049] 일측에 따르면, 포텐셜 함수($\Psi_i(d_i)$)는 하기 수학식1과 같이 제1 반경(d_{ir}) 및 측정된 거리(d_i)에 기초하는 드론의 반발력 함수($g_{d_{ir},\mu_i}(d_i)$)와, 제1 반경(d_{ir}), 제2 반경(d_{ic}) 및 측정된 거리(d_i)에 기초하는 시변 스텝 함수(step fuction)($h_{d_{ir},d_{ic}}(d_i)$)의 선형적인 결합을 통해 형성되는 함수일 수 있다.
- [0050] [수학식1]
- [0051]
$$\Psi_i(d_i) = g_{d_{ir},\mu_i}(d_i) + \lambda_i h_{d_{ir},d_{ic}}(d_i)$$
- [0052] 여기서, λ_i , μ_i , 제1 반경(d_{ir}) 및 제2 반경(d_{ic})은 $\max\left\{1, \frac{6}{(d_{ic}-d_{ir})^2}\right\} \lambda_i < \mu_i$ 조건을 만족하는 양의 상수일 수 있다.
- [0053] 또한, 시변 스텝 함수 $h_{a,b}(x)$ 와 반발력 함수 $g_{a,\mu}(x)$ 각각은 하기 수학식2 및 수학식3과 같이 정의될 수 있다.

[0054] [수학식2]

$$h_{a,b}(x) = \begin{cases} 0 & \text{if } x \in (\infty, a], \\ \left(\frac{x-a}{b-a}\right)^{n+1} \sum_{k=0}^n \binom{n+k}{k} \binom{2n+1}{n-k} \left(\frac{a-x}{b-a}\right)^k & \text{if } x \in (a, b), \\ 1 & \text{otherwise.} \end{cases}$$

[0055]

[0056] [수학식3]

$$g_{a,\mu}(x) = \begin{cases} \frac{(a-x)^{n+1}}{x+a^{n+1}\mu^{-1}} & \text{if } x \in [0, a], \\ 0 & \text{if } x \in (a, \infty), \end{cases}$$

[0057]

[0058] 여기서, n는 2 이상의 상수로 설정될 수 있다.

[0059] 즉, 포텐셜 함수($\Psi_i(d_i)$)는 상술한 정의를 통해 도출된 반발력 함수($g_{d_{ir}, \mu_i}(d_i)$)와, 어트랙티브 파트(attractive part)를 나타내는 시변 스텝 함수($h_{d_{ir}, d_{ic}}(d_i)$)의 선형적인 결합으로 구성되며, 어트랙티브 파트를 상수 λ_i 및 μ_i 로 독립적으로 조정할 수 있다.

[0060] 일측에 따르면, 군집 비행 제어 알고리즘은 그래프 이론에 기초하여 산출되는 드론의 위치 정보 추적 오류($e_{p,i}(t)$)와 속도 정보 추적 오류($e_{v,i}(t)$) 및 드론 군집의 위치정보로부터 산출되는 라플라시안 행렬(\mathcal{L})에 기초한 연산을 통해 형성되는 알고리즘일 수 있다.

[0061] 이하에서는, 일실시예에 따른 비행 제어부(130)에서 미분된 포텐셜 함수($\Delta\Psi_i(d_i)$)와 군집 비행 제어 알고리즘을 이용하여 주의 영역 및 위험 영역 각각에서 드론의 비행을 제어하는 방법을 보다 구체적으로 설명하기로 한다.

[0062] 상술한 수학식1 내지 수학식3을 조합하면 미분된 포텐셜 함수를 하기 수학식4와 같이 정의할 수 있다.

[0063] [수학식4]

$$\frac{\partial\Psi_i(d_i)}{\partial d_i} = \begin{cases} \frac{-(d_{ir}-d_i)^2(2d_i+3d_{ir}^3\mu_i^{-1}+d_{ir})}{(d_i+d_{ir}^3\mu_i^{-1})^2} & \text{if } d_i \in (0, d_{ir}), \\ \lambda_i \frac{\partial h_{d_{ir}, d_{ic}}(d_i)}{\partial d_i} & \text{if } d_i \in [d_{ir}, d_{ic}), \\ 0 & \text{if } d_i \in [d_{ic}, \infty). \end{cases}$$

[0064]

[0065] 한편, 군집 비행 제어 시스템(100)은 4방향 레이저 센서를 이용하여 거리(d_i)를 측정할 수 있으며, 이 경우 4방향 레이저 센서를 통해 측정된 거리 정보는 드론의 전방 및 후방에 대응되는 거리 정보($d_{i,x+}$, $d_{i,x-}$)와 드론의 좌측과 우측 방향에 대응되는 거리 정보($d_{i,y+}$, $d_{i,y-}$)를 포함할 수 있다.

[0066] 즉, 군집 비행 제어 시스템(100)이 4방향 레이저 센서를 이용하는 경우, 수학식4를 통해 설명한 미분된 포텐셜 함수는 하기 수학식5와 같이 재정의될 수 있다.

[0067] [수학식5]

$$\Delta \Psi_i(d_i) = \begin{bmatrix} -\frac{\partial \Psi_{i,x^+}(d_{i,x^+})}{\partial d} + \frac{\partial \Psi_{i,x^-}(d_{i,x^-})}{\partial d} \\ -\frac{\partial \Psi_{i,y^+}(d_{i,y^+})}{\partial d} + \frac{\partial \Psi_{i,y^-}(d_{i,y^-})}{\partial d} \\ 0 \end{bmatrix}$$

[0068]

[0069] 일측에 따르면, 군집 비행 제어 시스템(100)을 통해 제어되는 군집 비행은 그래프 이론(algebraic graph theory)을 통해 수행될 수 있다.

[0070]

다시 말해, 군집 비행 제어 시스템(100)은 그래프 이론에서 $\mathcal{G} = (\mathcal{V}, \mathcal{E}, \mathcal{A})$ 를 기반으로 하여 드론 군집에 대한 군집 비행을 제어할 수 있으며, 여기서 $\mathcal{V} = \{1, 2, \dots, N\}$ 는 드론 군집을 구성하는 N개의 드론의 위치 정보, $(i, j) \in \mathcal{E}$ 는 N개의 드론간의 연결선 정보로 이는 i번째 드론과 j번째 드론이 동시에 상태정보를 송수신할 수 있음을 의미한다. 또한, $\mathcal{A} = [a_{ij}]$ 는 i번째 드론과 j번째 드론에 대한 가중 인접 행렬을 의미한다.

[0071]

예를 들면, 비행 제어부(130)는 4개의 드론을 이용하여 드론 군집을 형성하되, 드론 군집을 형성하는 4개의 드론이 사각형의 군집 형상을 구성하도록 제어할 수 있다.

[0072]

일측에 따르면, 비행 제어부(130)는 그래프 이론을 이용하여 드론 군집이 형성하는 군집 형상 내에서 어느 하나의 위치에 대응되는 중심 위치($r(t) : \mathbb{R}_+ \rightarrow \mathbb{R}^3$) 및 중심 위치($r(t)$)와 드론 군집을 형성하는 복수의 드론(i개의 드론) 각각에 대응되는 복수의 군집 형성 벡터($f_{p,i}(t) : \mathbb{R}_+ \rightarrow \mathbb{R}^3$)를 산출할 수 있으며, 여기서 \mathbb{R}_+ 는 0 보다 큰 실수의 집합을 의미하고, \mathbb{R}^3 는 3차원 실수의 집합을 의미할 수 있다.

[0073]

일측에 따르면, 비행 제어부(130)는 산출된 중심 위치($r(t)$)와 군집 형성 벡터($f_{p,i}(t)$)를 이용하여 시간 t에서 드론 군집을 형성하는 i번째 드론의 위치 정보($p_i(t)$)와 i번째 드론의 속도 정보($v_i(t)$)를 산출할 수 있으며, 산출된 i번째 드론의 위치 정보($p_i(t)$)와 i번째 드론의 속도 정보($v_i(t)$)를 이용하여 하기 수학식6과 같이 i번째 드론의 위치 정보 추적 오류($e_{p,i}(t)$)와 i번째 드론의 속도 정보 추적 오류($e_{v,i}(t)$)를 산출할 수 있다(여기서, $e_{p,i}(t), e_{v,i}(t) : \mathbb{R}_+ \rightarrow \mathbb{R}^3$).

[0074]

[수학식6]

$$e_{p,i}(t) = p_i(t) - r(t)$$

[0075]

$$e_{v,i}(t) = v_i(t)$$

[0076]

또한, 비행 제어부(130)는 산출된 속도 정보($v_i(t)$)와 산출된 위치 정보 추적 오류($e_{p,i}(t)$) 및 속도 정보 추적 오류($e_{v,i}(t)$)를 이용하여 군집 비행 제어 알고리즘($\bar{h}(d_i)(-\gamma_p e_{p,i}(t) - \gamma_v e_{v,i}(t))$)을 산출할 수 있다. 여기서 γ_p 및 γ_v 는 드론 군집을 형성하는 드론간 위치와 속도의 균형을 맞추기 위한 계수이고, $\bar{h}(d_i)$ 는 하기 수학식7과 같이 정의될 수 있다.

[0077]

[수학식7]

$$\bar{h}(d_i) = \text{diag} \left(\begin{bmatrix} [1 - h_{d_{i,r}, d_{i,c}}(d_{i,x^+})][1 - h_{d_{i,r}, d_{i,c}}(d_{i,x^-})] \\ [1 - h_{d_{i,r}, d_{i,c}}(d_{i,y^+})][1 - h_{d_{i,r}, d_{i,c}}(d_{i,y^-})] \\ 1 \end{bmatrix} \right)$$

[0078]

[0079] 또한, 비행 제어부(130)는 하기 수학식8과 같이, 미분된 포텐셜 함수($\Delta\Psi_i(d_i)$)와 산출된 군집 비행 제어 알고리즘($\bar{h}(d_i)(-\gamma_p e_{p,i}(t) - \gamma_v e_{v,i}(t))$)을 결합하여 드론의 비행을 제어하기 위한 제어 법칙($u_i(t)$)을 산출할 수 있다.

[0080] [수학식8]

$$u_i(t) = \Delta\Psi_i(d_i) + \bar{h}(d_i)(-\gamma_p e_{p,i}(t) - \gamma_v e_{v,i}(t))$$

[0081]

[0082] 즉, 비행 제어부(130)는 수학식8을 이용하여 드론의 비행을 제어하되, 장애물이 위험 영역 내에 위치한 것으로 판단되면 수학식8의 제어 법칙($u_i(t)$)에서 미분된 포텐셜 함수($\Delta\Psi_i(d_i)$)만을 적용하여 드론의 비행을 제어하고, 장애물이 주의 영역 내에 위치한 것으로 판단되면 수학식8의 제어 법칙($u_i(t)$) 전체를 적용하여 드론의 비행을 제어하며, 장애물이 감지되지 않거나 주의 영역 외부에 위치한 것으로 판단되면 수학식8의 제어 법칙($u_i(t)$)에서 $\bar{h}(d_i)$ 만을 적용하여 드론의 비행을 제어할 수 있으며, 이를 통해 추적 오류를 '0'으로 수렴하게 할 수 있다.

[0083] 한편, 비행 제어부(130)는 수학식6를 이용하여, 하기 수학식9와 같이 목표위치에 대한 설정값과 충돌방지를 위한 설정값을 합하여 나타낸 추적 오류를 산출할 수 있다.

[0084] [수학식9]

$$e_{p,i}(t) = p_i(t) - f_{p,i}(t) - r(t)$$

$$e_{v,i}(t) = v_i(t) - f_{v,i}(t)$$

[0085]

[0086] 여기서, $f_{p,i}(t)$ 는 드론 군집 형성을 위한 기준 위치 벡터를 의미하고, $f_{v,i}(t)$ 는 드론 군집 형성을 위한 기준 속도 벡터를 의미할 수 있다.

[0087] 예를 들면, 제1 내지 제4 드론이 군집을 형성할 때 제1 드론의 위치가 (1, 1)이면, $r(t)$ 가 (0, 0)일 때 $f_{p,1}(t)$ 은 (1, 1)이고 $r(t)$ 가 (1, 1)일 때 $f_{p,1}(t)$ 은 (0, 0)이 될 수 있다. 또한, $f_{p,i}(t)$ 값이 고정되면 $r(t)$ 의 위치 변화에 따라 대응되는 드론의 위치도 변화할 수 있다.

[0088] 또한, 비행 제어부(130)는 드론 군집의 위치정보, 즉 드론 군집을 구성하는 복수의 드론 각각에서 서로 다른 드론의 위치를 아는지 여부에 대한 정보를 하기 수학식10과 같이 라플라시안 행렬(\mathcal{L})로 표현할 수 있다.

[0089] [수학식10]

$$\mathcal{L} = \begin{bmatrix} 2 & -1 & 0 & -1 \\ -1 & 2 & -1 & 0 \\ 0 & -1 & 2 & -1 \\ -1 & 0 & -1 & 2 \end{bmatrix}$$

[0090]

[0091] 수학식10의 라플라시안 행렬(\mathcal{L})은 드론의 군집 형상이 사각형 형상일 때를 예시하는 것으로, 여기서 대각행렬의 '2' 부분은 연결되어 있는 드론의 개수를 나타내고, 그 외의 부분은 어떤 드론과 연결되어 있는지를 나타낼 수 있다.

[0092] 구체적으로, 수학식10에서 군집을 형성하는 모든 드론은 2개의 기체와 연결되어 있으며, (1, 2), (1, 4) 항목이 '-1'을 나타내기 때문에 1번 기체는 2번, 4번 기체와 연결되어 있음을 확인할 수 있다.

[0093] 이를 통해, 비행 제어부(130)는 하기 수학식11과 같은 제어 법칙을 산출할 수 있으며, 수학식8의 제어법칙과 수학식11의 제어법칙 및 수학식9의 추적 오류를 이용하여 하기 수학식12와 같은 제어법칙($u_i(t)$)을 산출할 수 있

다.

[수학식11]

$$\begin{bmatrix} u_{1,a}(t) \\ u_{2,a}(t) \\ \vdots \\ u_{N,a}(t) \end{bmatrix} = \gamma_p(\mathcal{L} \otimes I_3) \begin{bmatrix} p_1(t) \\ p_2(t) \\ \vdots \\ p_N(t) \end{bmatrix} + \gamma_v(\mathcal{L} \otimes I_3) \begin{bmatrix} v_1(t) \\ v_2(t) \\ \vdots \\ v_N(t) \end{bmatrix}$$

여기서, 드론 군집을 구성하는 복수의 드론 중 N번째 드론, $p_N(t)$ 는 N번째 드론의 위치 정보, $v_N(t)$ 는 N번째 드론의 속도 정보, I_3 는 드론 군집에 대응되는 3차 단위 행렬(three-order identity matrix)을 나타낸다.

[수학식12]

$$u_i(t) = \Delta \Psi_i(d_i) + \bar{h}(d_i) \left[-\gamma_p \delta_i e_{p,i}(t) - \gamma_v \delta_i e_{v,i}(t) + \gamma_p \sum_{j \in \mathcal{N}_i} \ell_{ij} (e_{p,i}(t) - e_{p,j}(t)) + \gamma_v \sum_{j \in \mathcal{N}_i} \ell_{ij} (e_{v,i}(t) - e_{v,j}(t)) \right]$$

여기서, ℓ_{ij} 는 라플라시안 행렬의 항을 나타낸다.

즉, 비행 제어부(130)는 수학식12를 이용하여 드론의 비행을 제어하되, 장애물이 위험 영역 내에 위치한 것으로 판단되면 수학식8의 제어 법칙($u_i(t)$)에서 미분된 포텐셜 함수($\Delta \Psi_i(d_i)$)만을 적용하여 드론의 비행을 제어하고, 장애물이 주의 영역 내에 위치한 것으로 판단되면 수학식12의 제어 법칙($u_i(t)$) 전체를 적용하여 드론의 비행을 제어하며, 장애물이 감지되지 않거나 주의 영역 외부에 위치한 것으로 판단되면 수학식12의 제어 법칙($u_i(t)$)에서 $\bar{h}(d_i)$ 만을 적용하여 드론의 비행을 제어할 수 있다.

도 2는 일실시예에 따른 드론의 군집 비행 제어 시스템에서 군집 비행을 제어하는 예시를 설명하기 위한 도면이다.

도 2를 참조하면, 참조부호 200은 그래프 이론에 기초하여 복수의 드론(Q1 내지 Q4)에 대한 군집 비행을 제어하는 예시를 도시 한다.

참조부호 200에 따르면, 일실시예에 따른 군집 비행 제어 시스템은 그래프 이론을 이용하여 드론 군집이 형성하는 군집 형상 내에서 어느 하나의 위치에 대응되는 중심 위치($r(t)$)와 드론 군집을 형성하는 복수의 드론(Q1 내지 Q4) 각각에 대응되는 군집 형성 벡터($f_{p,1}(t)$ 내지 $f_{p,4}(t)$)를 산출할 수 있다.

또한, 군집 비행 제어 시스템은 산출된 중심 위치($r(t)$)와 군집 형성 벡터($f_{p,1}(t)$ 내지 $f_{p,4}(t)$)에 기초하여 복수의 드론(Q1 내지 Q4) 각각에 대응되는 위치 정보 추적 오류 및 속도 정보 추적 오류를 산출할 수 있으며, 산출된 위치 정보 추적 오류 및 속도 정보 추적 오류에 기초하여 복수의 드론(Q1 내지 Q4)의 군집 비행을 제어하는 군집 비행 제어 알고리즘을 도출할 수 있다.

도 3은 일실시예에 따른 드론의 군집 비행 제어 시스템에서 충돌 감지영역을 형성하는 예시를 설명하기 위한 도면이다.

도 3을 참조하면, 참조부호 300은 군집 비행을 수행하는 드론을 기준으로 하여 형성되는 충돌 감지영역인 위험 영역(risky zone)과 주의 영역(cautionary zone)을 도시한다.

참조부호 300에 따르면, 일실시예에 따른 군집 비행 제어 시스템은 군집 비행을 수행하는 복수의 드론 각각을 기준점으로 기설정된 제1 반경(d_{ir})에 대응되는 위험 영역과, 제1 반경(d_{ir}) 보다 긴 제2 반경(d_{ic})(즉, $d_{ic} <$

d_{ir})에 대응되는 주의 영역을 설정할 수 있다.

- [0110] 또한, 군집 비행 제어 시스템은 군집 비행 중인 복수의 드론 중 적어도 하나에 드론에 장애물이 인접하면 장애물의 위치를 판단하고, 판단 결과에 기초하여 드론의 비행을 제어할 수 있다.
- [0111] 구체적으로, 군집 비행 제어 시스템은 장애물이 주의영역 외부에 위치한 것으로 판단되면 드론에 대해 군집 비행에 따른 제어만을 수행하고, 장애물이 주의영역에 위치한 것으로 판단되면 포텐셜 함수가 자동으로 활성화되어 군집비행과 포텐셜 함수로부터의 반발/유인력의 균형을 맞춰 드론을 제어하며, 장애물이 위험영역에 위치한 것으로 판단되면 반발/유인력을 통해 드론의 이동을 제어하여 장애물이 주의영역 외부로 위치하도록 할 수 있다.
- [0113] 도 4는 일실시예에 따른 드론의 군집 비행 제어 시스템에서 4방향 레이저 센서를 이용하여 드론과 장애물 사이의 거리를 측정하는 예시를 설명하기 위한 도면이다.
- [0114] 도 4를 참조하면, 참조부호 400은 4방향 레이저 센서를 이용하여 군집 비행 중인 드론(쿼드콥터)으로부터 장애물까지의 거리(d_{ix^+})를 측정하는 예시를 도시한다.
- [0115] 참조부호 400에 따르면, 일실시예에 따른 군집 비행 제어 시스템은 4방향 레이저 센서를 이용하여 장애물까지의 거리 정보를 측정할 수 있으며, 이 경우 4방향 레이저 센서를 통해 측정된 거리 정보는 드론의 전방 및 후방에 대응되는 거리 정보(d_{i,x^+} , d_{i,x^-})와 드론의 좌측과 우측 방향에 대응되는 거리 정보(d_{i,y^+} , d_{i,y^-})를 포함할 수 있다.
- [0116] 예를 들면, 군집 비행 제어 시스템은 4방향 레이저 센서와, 제1 반경(d_{ir})에 대응되는 위험 영역(risky zone) 및 제2 반경(d_{ic})에 대응되는 주의 영역(cautionary zone)에 기초하여 드론의 전방(x축 방향)에 위치한 장애물까지의 거리(d_{ix^+})를 측정할 수 있다.
- [0118] 도 5는 일실시예에 따른 드론의 군집 비행 제어 시스템에서 장애물을 회피하는 예시를 설명하기 위한 도면이다.
- [0119] 도 5를 참조하면, 참조부호 500은 일실시예에 따른 군집 비행 제어 시스템을 통해 군집 비행이 제어되고 있는 복수의 드론(Q1 내지 Q4)에 다른 드론, 즉 장애물(0)이 근접하였을 때 장애물(0)을 회피하는 예시를 도시한다.
- [0120] 참조부호 500에 따르면, 일실시예에 따른 군집 비행 제어 시스템은 복수의 드론(Q1 내지 Q4)에 대한 군집 비행을 제어하는 과정에서 장애물(0)이 제2 드론(Q2)에 인접하면, 충돌 방지를 위한 포텐셜 함수 및 군집 비행 제어 알고리즘 중 적어도 하나에 기초하여 제2 드론(Q2) 뿐만 아니라 복수의 드론(Q1 내지 Q4)의 비행을 제어할 수 있으며, 이를 통해 군집 형상(일레로, 사각 형상)을 유지하면서 장애물(0)을 용이하게 회피할 수 있다.
- [0121] 한편, 군집 비행 제어 시스템은 최초 군집 형성 시에도 복수의 드론(Q1 내지 Q4) 각각이 주변에 있는 다수의 장애물을 회피하면서 기설정된 군집 형상을 이루도록 제어할 수 있다.
- [0123] 도 6은 일실시예에 따른 드론의 군집 비행 제어 시스템에 대한 시뮬레이션 결과를 설명하기 위한 도면이다.
- [0124] 도 6을 참조하면, 도 6의 (a) 내지 (i)는 일실시예에 따른 군집 비행 제어 시스템을 통해 군집 비행이 제어되고 있는 복수의 드론(도 6의 'X' 표시)과 복수의 장애물(0b.1 내지 0b.4)을 이용하여 56s 내지 72s 동안 수행한 시뮬레이션 결과를 도시한다.
- [0125] 도 6의 (a) 내지 (i)에 따르면, 56s 내지 62s의 시간 구간에서 복수의 드론에 제3 장애물(0b.3)이 접근하는 것을 확인할 수 있으며, 이에 일실시예에 따른 군집 비행 제어 시스템은 충돌 방지를 위한 포텐셜 함수와 군집 비행 제어 알고리즘을 이용하여 복수의 드론을 제어함으로써, 64s 내지 72s 시간 구간동안 복수의 드론이 군집 형상을 유지하면서 제3 장애물(0b.3)과의 거리를 이격하여 제3 장애물(0b.3)과의 충돌을 회피하는 것을 확인할 수 있다.
- [0127] 도 7은 일실시예에 따른 드론의 군집 비행 제어 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- [0128] 다시 말해, 도 7은 도 1 내지 도 6을 통해 설명한 일실시예에 따른 드론의 군집 비행 제어 시스템의 동작방법을 설명하는 도면으로, 이후 도 7을 통해 설명하는 내용 중 도 1 내지 도 6을 통해 설명한 내용과 중복되는 설명은 생략하기로 한다.

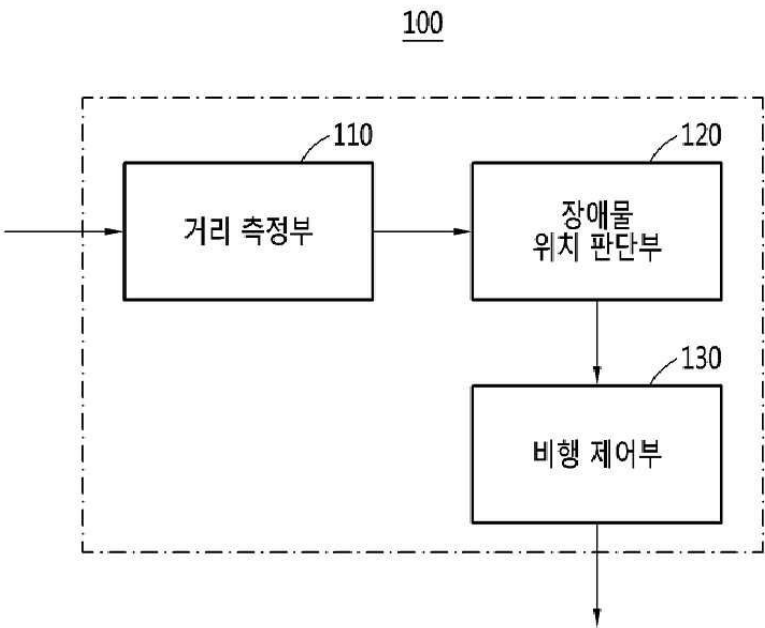
- [0129] 도 7을 참조하면, 710 단계에서 일실시예에 따른 군집 비행 제어 방법은 거리 측정부에서 드론과 드론에 인접한 적어도 하나의 장애물 사이의 거리를 측정할 수 있다.
- [0130] 일측에 따르면, 710 단계에서 일실시예에 따른 군집 비행 제어 방법은 라이다(LIDAR) 센서 및 레이더 센서 중 적어도 하나를 이용하여 장애물 사이의 거리를 측정할 수 있다.
- [0131] 다음으로, 720 단계에서 일실시예에 따른 군집 비행 제어 방법은 장애물 위치 판단부에서 측정된 거리와 기설정된 충돌 감지영역에 기초하여 장애물의 위치를 판단할 수 있다.
- [0132] 일측에 따르면, 충돌 감지영역은 드론을 기준점으로 기설정된 제1 반경에 대응되는 위험 영역(risky zone)과, 제1 반경 보다 긴 제2 반경에 대응되는 주의 영역(cautionary zone)을 포함할 수 있다.
- [0133] 다음으로, 730 단계에서 일실시예에 따른 군집 비행 제어 방법은 비행 제어부에서 장애물의 위치 판단 결과에 따라, 충돌 방지를 위한 포텐셜 함수 및 군집 비행 제어 알고리즘 중 적어도 하나에 기초하여 드론의 비행을 제어할 수 있다.
- [0134] 일측에 따르면, 730 단계에서 일실시예에 따른 군집 비행 제어 방법은 포텐셜 함수를 미분하고, 장애물이 위험 영역에 위치한 것으로 판단되면 미분된 포텐셜 함수에 기초하여 드론의 비행을 제어하며, 장애물이 주의 영역에 위치한 것으로 판단되면 미분된 포텐셜 함수와 군집 비행 제어 알고리즘에 기초하여 드론의 비행을 제어할 수 있다.
- [0136] 결국, 본 발명을 이용하면, 충돌 방지를 위한 포텐셜 함수와 군집 비행 제어 알고리즘을 이용하여 군집 형상을 유지하면서 장애물을 회피할 수 있다.
- [0137] 또한, 기설정된 위험 영역과 주의 영역을 고려하여 보다 효율적으로 장애물을 회피할 수 있다.
- [0138] 또한, 옵티컬 플로우 센서와 레이저 거리 센서와 같이 비교적 저렴한 센서를 이용하여 시스템을 구축할 수 있다.
- [0140] 이상에서 설명된 장치는 하드웨어 구성요소, 소프트웨어 구성요소, 및/또는 하드웨어 구성요소 및 소프트웨어 구성요소의 조합으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 실시예들에서 설명된 장치 및 구성요소는, 예를 들어, 프로세서, 콘트롤러, ALU(arithmetic logic unit), 디지털 신호 프로세서(digital signal processor), 마이크로컴퓨터, FPGA(field programmable gate array), PLU(programmable logic unit), 마이크로프로세서, 또는 명령(instruction)을 실행하고 응답할 수 있는 다른 어떠한 장치와 같이, 하나 이상의 범용 컴퓨터 또는 특수 목적 컴퓨터를 이용하여 구현될 수 있다. 처리 장치는 운영 체제(OS) 및 운영 체제 상에서 수행되는 하나 이상의 소프트웨어 애플리케이션을 수행할 수 있다. 또한, 처리 장치는 소프트웨어의 실행에 응답하여, 데이터를 접근, 저장, 조작, 처리 및 생성할 수도 있다. 이해의 편의를 위하여, 처리 장치는 하나가 사용되는 것으로 설명된 경우도 있지만, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는, 처리 장치가 복수 개의 처리 요소(processing element) 및/또는 복수 유형의 처리 요소를 포함할 수 있음을 알 수 있다. 예를 들어, 처리 장치는 복수 개의 프로세서 또는 하나의 프로세서 및 하나의 콘트롤러를 포함할 수 있다. 또한, 병렬 프로세서(parallel processor)와 같은, 다른 처리 구성(processing configuration)도 가능하다.
- [0141] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 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.
- [0142] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

부호의 설명

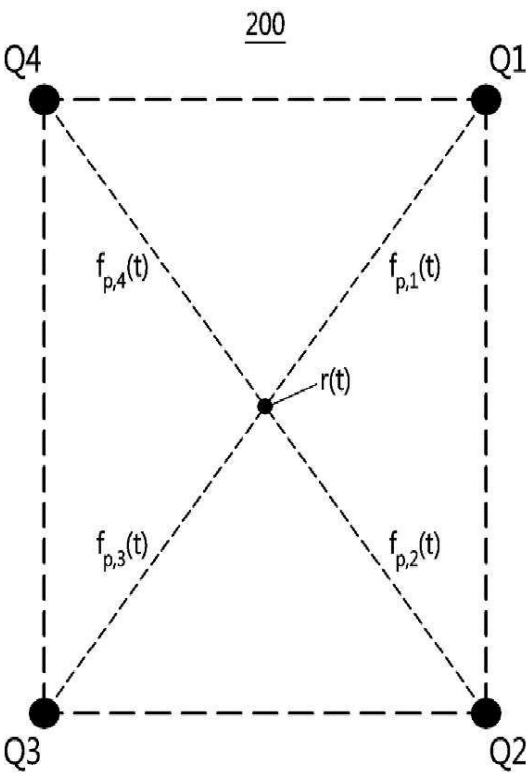
- [0144] 100: 군집 비행 제어 시스템 110: 거리 측정부
120: 장애물 위치 판단부 130: 비행 제어부

도면

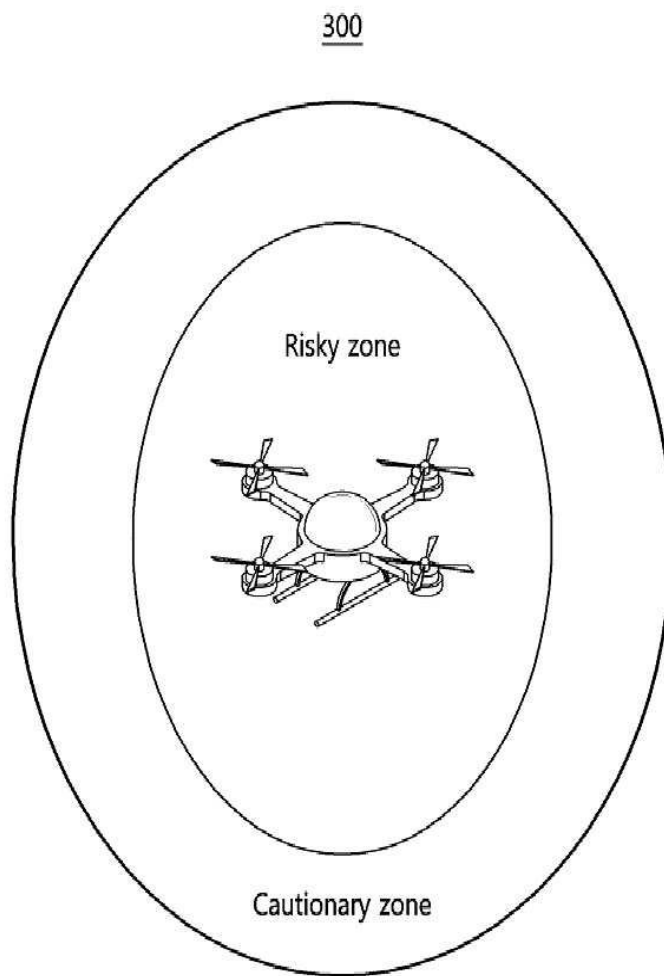
도면1



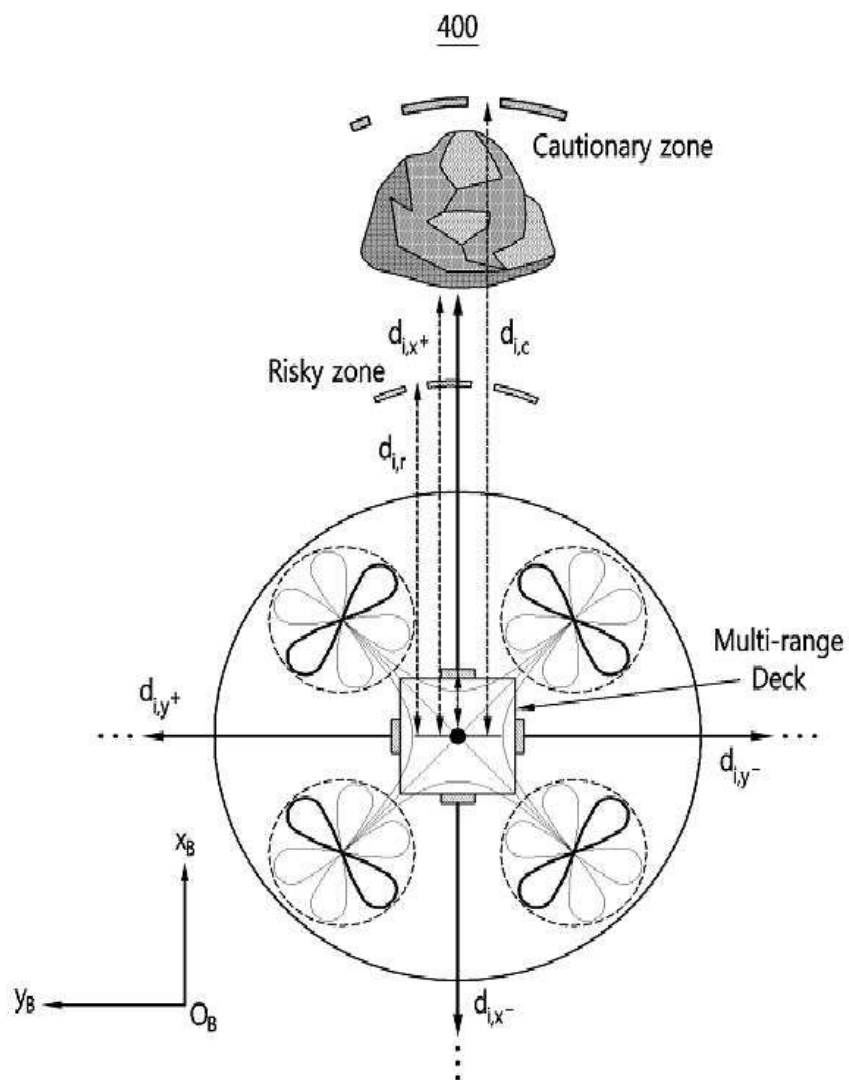
도면2



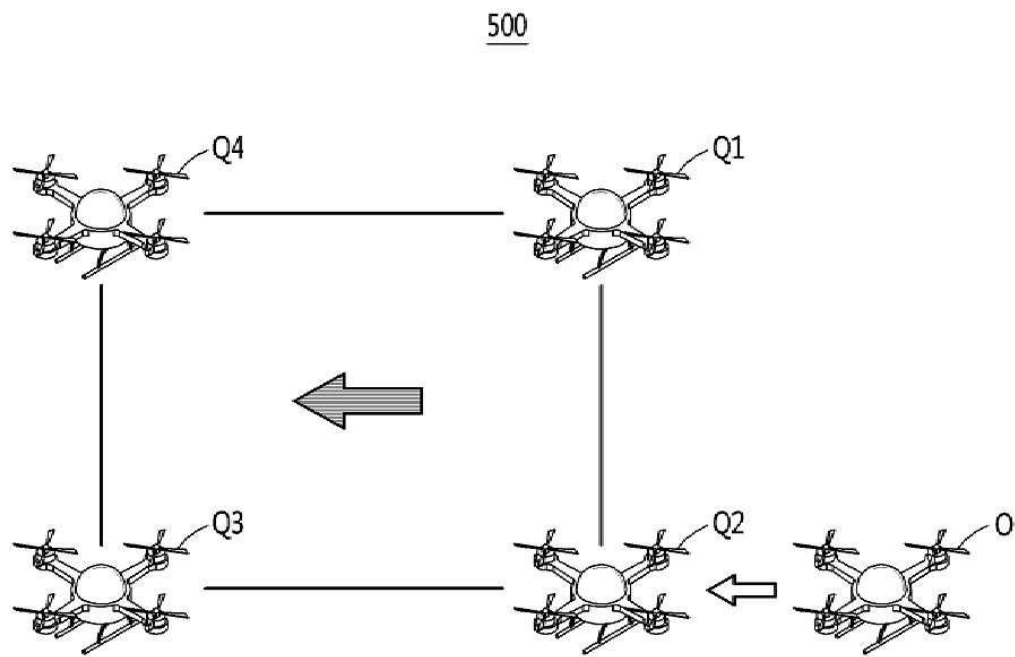
도면3



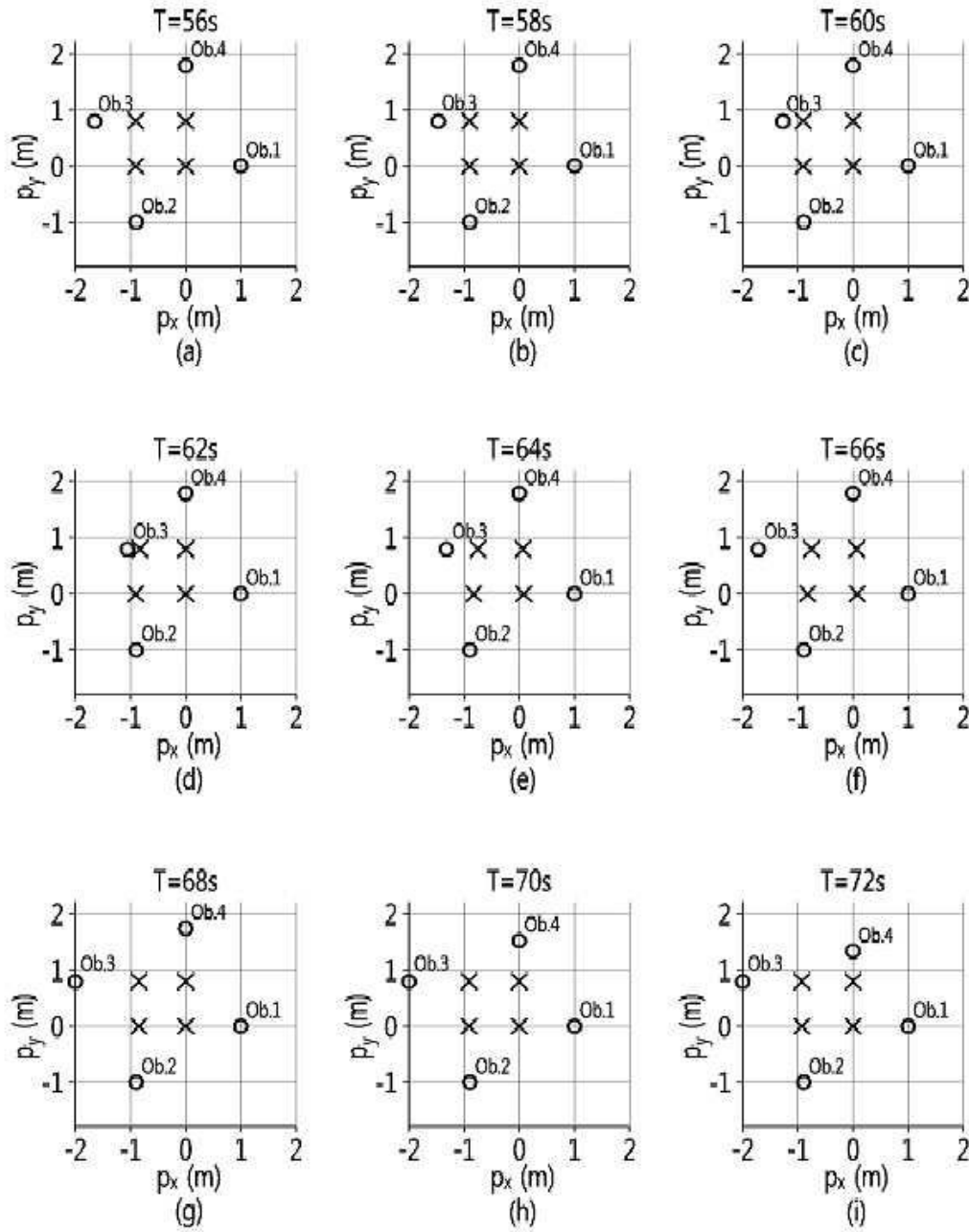
도면4



도면5



도면6



도면7

