



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0162306
(43) 공개일자 2022년12월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B64C 39/02 (2006.01) B64D 45/00 (2006.01)
B64D 47/00 (2006.01) G05D 1/10 (2006.01)
(52) CPC특허분류
B64C 39/024 (2013.01)
B64D 45/00 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-0070618
(22) 출원일자 2021년06월01일
심사청구일자 2021년06월01일

(71) 출원인
경희대학교 산학협력단
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 경희대학교 국제캠퍼스내)
(72) 발명자
최선호
경기도 수원시 영통구 효원로 363, 103동 903호(매탄동, 매탄 위브 하늘채)
권도현
서울특별시 강동구 고덕로80길 134, 103동 2102호(상일동, 고덕숲아이파크)
(74) 대리인
두호특허법인

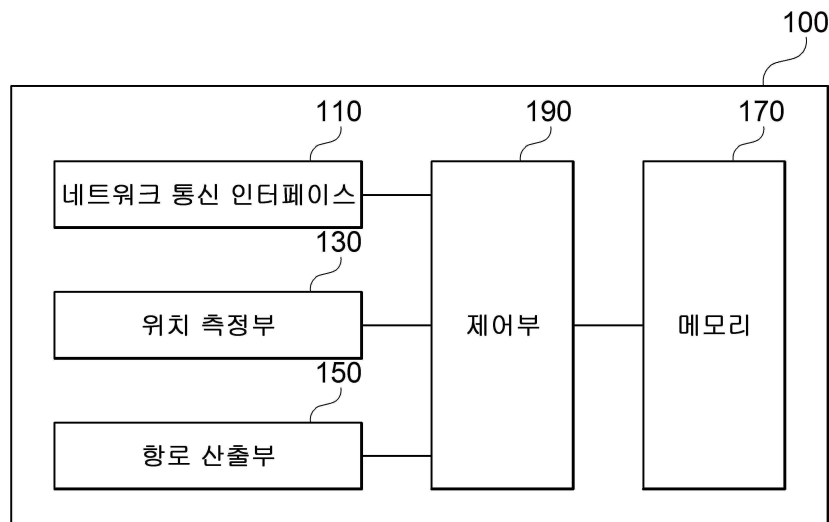
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 무인 비행체 및 그것의 제어방법과 비행 관리 시스템

(57) 요약

무인 비행체 및 그것의 제어방법과 비행 관리 시스템이 개시된다. 본 발명의 실시예에 따른 무인 비행체 및 그것의 제어방법과 비행 관리 시스템은 본체; 무선 통신망을 통해 복수의 타 무인 비행체를 비롯한 외부 구성과 통신을 수행하기 위한 네트워크 통신 인터페이스; 본체의 위치 및 속도를 파악하고, 파악된 본체의 위치 및 속도를 복수의 타 무인 비행체로 제공하는 위치 측정부; 복수의 타 무인 비행체의 위치 및 속도를 수신하고, 수신된 복수의 타 무인 비행체의 위치와 속도 및 본체의 위치와 속도를 이용하여 본체의 이동 방향 및 속도를 포함하는 자동항로를 산출하는 항로 산출부; 및 자동항로에 따라 본체의 비행 제어를 비롯하여 무인 비행체의 전체 동작을 제어하는 제어부를 포함한다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

B64D 47/00 (2013.01)

G05D 1/104 (2013.01)

B64C 2201/143 (2013.01)

(72) 발명자

서효원

경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732, 응용과학대
학 응용수학과(서천동)

김의준

경기도 안산시 상록구 예술광장1로 131, 2동 801
호(성포동, 선경아파트)

이재호

서울특별시 양천구 목동서로 400, 1029동 804호(신
정동, 목동신시가지아파트10단지)

명세서

청구범위

청구항 1

본체;

무선 통신망을 통해 복수의 타 무인 비행체를 비롯한 외부 구성과 통신을 수행하기 위한 네트워크 통신 인터페이스;

상기 본체의 위치 및 속도를 파악하고, 파악된 상기 본체의 위치 및 속도를 상기 복수의 타 무인 비행체로 제공하는 위치 측정부;

상기 복수의 타 무인 비행체의 위치 및 속도를 수신하고, 수신된 상기 복수의 타 무인 비행체의 위치와 속도 및 상기 본체의 위치와 속도를 이용하여 상기 본체의 이동 방향 및 속도를 포함하는 자동항로를 산출하는 항로 산출부; 및

상기 자동항로에 따라 상기 본체의 비행 제어를 비롯하여 무인 비행체의 전체 동작을 제어하는 제어부를 포함하는 무인 비행체.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 항로 산출부는,

상기 본체가 구면으로부터 기 설정된 이격 거리를 유지할 수 있도록 하는 구심력 알고리즘, 상기 본체의 속력을 기 설정된 값으로 유지할 수 있도록 하는 부스트 알고리즘, 상기 복수의 타 무인 비행체와의 상대 속도를 파악하여 상기 본체를 포함하는 전체 무인 비행체의 비행 대형을 유지할 수 있도록 하는 플로킹(flocking) 알고리즘 및 상기 복수의 타 무인 비행체와의 인력 및 척력을 상호 제어하여 비행 대형을 결정할 수 있도록 하는 협조 제어 알고리즘을 포함한 자동항로 산출 기준에 상기 복수의 타 무인 비행체의 위치와 속도 및 상기 본체의 위치와 속도를 적용하여 상기 자동항로를 산출하는 무인 비행체.

청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 플로킹 알고리즘은, 구면 상에서 상기 본체를 인접한 타 무인 비행체의 제1 위치에서 제2 위치로 상기 구면을 따라 회전 변환 한 후, 상기 본체의 제2 위치에서 파악된 상기 인접한 타 무인 비행체와의 상대 속도 및 전체 무인 비행체간의 통신율을 고려한 것인 무인 비행체.

청구항 4

청구항 2에 있어서,

상기 부스트 알고리즘은, 상기 본체의 속력과 기 설정된 속도 기준에 관한 함수를 기초로 결정되는 무인 비행체.

청구항 5

청구항 2에 있어서,

상기 항로 산출부는, 상기 자동항로를 수학적 식 1을 기초로 산출하고,

상기 수학적 식 1은,

$$f_i(x_1, \dots, x_N, v_1, \dots, v_N) = -\frac{\|v_i\|^2}{\|x_i\|^2} x_i + a_i v_i + \sum_{j=1}^N \frac{\psi_{ij}}{N} (R_{x_j \rightarrow x_i}(v_j) - v_i) + \sum_{j=1, j \neq i}^N \frac{\sigma_{ij}}{N} (\|x_i\|^2 x_j - \langle x_i, x_j \rangle x_i)$$

이며,

상기 i 는 상기 본체를 나타내는 인덱스, 상기 j 는 상기 복수의 타 무인 비행체 중 어느 하나를 나타내는 인덱스, 상기 $f_i(x_1, \dots, x_N, v_1, \dots, v_N)$ 는 상기 본체의 자동항로, 상기 x 는 위치, 상기 v 는 속도, 상기 a 는 해당 무인 비행체의 속력을 기 설정된 값으로 유지하기 위한 파라미터, 상기 ψ 는 전체 무인 비행체들 간의 통신율, 상기 N 은 전체 무인 비행체의 수, 상기 R 은 회전 연산자 및 상기 σ 는 협조 제어 매개변수인 무인 비행체.

청구항 6

청구항 5에 있어서,

상기 $-\frac{\|v_i\|^2}{\|x_i\|^2} x_i$ 은 상기 구심력 알고리즘이 적용된 항, 상기 $a_i v_i$ 은 상기 부스트 알고리즘이 적용된 항, 상기 $\sum_{j=1}^N \frac{\psi_{ij}}{N} (R_{x_j \rightarrow x_i}(v_j) - v_i)$ 는 상기 플로킹 알고리즘이 적용된 항 및 상기 $\sum_{j=1, j \neq i}^N \frac{\sigma_{ij}}{N} (\|x_i\|^2 x_j - \langle x_i, x_j \rangle x_i)$ 는 상기 협력 제어 알고리즘이 적용된 항인 무인 비행체.

청구항 7

청구항 5에 있어서,

상기 항로 산출부는, 상기 전체 무인 비행체들 간의 통신율을 기초로 상기 전체 무인 비행체들 간의 그룹 단위를 결정하는 무인 비행체.

청구항 8

청구항 5에 있어서,

상기 항로 산출부는, 상기 본체와 상기 타 무인 비행체의 위치(x_i, x_j) 간의 인력(σ_a^{ij}) 및 척력(σ_r^{ij})을 상호 제어하는 상기 협력 제어 알고리즘을 통해 상기 본체 및 상기 복수의 타 무인 비행체를 포함하는 상기 전체 무인 비행체들의 편대 구성을 결정하는 무인 비행체.

청구항 9

청구항 8에 있어서,

상기 항로 산출부는, 상기 인력 및 상기 척력을 조절하여 상기 전체 무인 비행체들을 편대 구성으로 배치하고, 상기 부스트 알고리즘이 적용된 항을 통해 편대 비행의 속력을 결정하는 무인 비행체.

청구항 10

청구항 9에 있어서,

상기 항로 산출부는, 상기 인력(σ_a^{ij}) 및 상기 척력(σ_r^{ij})을 양의 상수로 설정하고 상기 a_i 를 $|v_i|$ 에 관한 함수로 설정하여 상기 전체 무인 비행체들이 구면 상에서 균일하게 배치되도록 하는 무인 비행체.

청구항 11

청구항 5에 있어서,

상기 σ_{ij} 는, 수학식 2를 기초로 산출하고,

상기 수학식 2는,

$$\sigma_{ij} = \sigma_a^{ij} - \frac{\sigma_r^{ij}}{\|x_i - x_j\|^2} \text{이며,}$$

상기 σ_a^{ij} 는 상기 본체와 상기 타 무인 비행체 간의 인력이고, 상기 σ_r^{ij} 은 상기 본체와 상기 타 무인 비행체 간의 척력인 무인 비행체.

청구항 12

청구항 5에 있어서,

상기 x 는 구면 상에서 3차원 좌표 형태로 이루어진 무인 비행체.

청구항 13

청구항 1에 있어서,

상기 본체의 위치와 속도, 상기 복수의 타 무인 비행체의 위치와 속도 및 상기 자동항로를 비롯하여 무인 비행체와 관련된 정보를 저장하기 위한 메모리를 더 포함하는 무인 비행체.

청구항 14

본체의 위치 및 속도를 파악하는 단계;

복수의 타 무인 비행체로부터 각각의 위치 및 속도를 수신하는 단계;

상기 본체의 위치와 속도, 상기 복수의 타 무인 비행체의 위치와 속도 및 자동항로 산출 기준을 기초로 상기 본체의 자동항로를 파악하는 단계; 및

파악된 상기 자동항로에 따라 상기 본체의 비행을 제어하는 단계를 포함하고,

상기 자동항로 산출 기준은 상기 본체가 구면으로부터 기 설정된 이격 거리를 유지할 수 있도록 하는 구심력 알고리즘, 상기 본체의 속력을 기 설정된 값으로 유지할 수 있도록 하는 부스트 알고리즘, 상기 복수의 타 무인 비행체와의 상대 속도를 파악하여 상기 본체를 포함하는 전체 무인 비행체의 비행 대형을 유지할 수 있도록 하는 플로킹(flocking) 알고리즘 및 상기 복수의 타 무인 비행체와의 인력 및 척력을 상호 제어하여 비행 대형을 결정할 수 있도록 하는 협조 제어 알고리즘을 포함한 무인 비행체의 제어방법.

청구항 15

청구항 14에 있어서,

상기 각각의 위치 및 속도를 수신하는 단계 이후, 상기 본체의 자동항로를 파악하는 단계 이전에,

상기 본체와 상기 복수의 타 무인 비행체 간에 통신이 가능한지 여부를 확인하는 단계를 더 포함하고,

확인 결과, 통신이 가능한 경우 상기 본체의 자동항로를 파악하는 단계를 수행하는 무인 비행체의 제어방법.

청구항 16

청구항 14에 있어서,

상기 플로킹 알고리즘은, 구면 상에서 상기 본체를 인접한 타 무인 비행체의 제1 위치에서 제2 위치로 상기 구면을 따라 회전 변환 한 후, 상기 본체의 제2 위치에서 파악된 상기 인접한 타 무인 비행체와의 상대 속도 및 전체 무인 비행체들간의 통신율을 고려한 것인 무인 비행체의 제어방법.

청구항 17

청구항 14에 있어서,

상기 본체의 자동항로를 파악하는 단계에서, 상기 자동항로를 수학식 1을 기초로 산출하고,

상기 수학식 1은,

$$f_i(x_1, \dots, x_N, v_1, \dots, v_N) = -\frac{\|v_i\|^2}{\|x_i\|^2} x_i + a_i v_i + \sum_{j=1}^N \frac{\psi_{ij}}{N} (R_{x_j \rightarrow x_i}(v_j) - v_i) +$$

$$\sum_{j=1, j \neq i}^N \frac{\sigma_{ij}}{N} (\|x_i\|^2 x_j - \langle x_i, x_j \rangle x_i)$$

이며,

상기 i 는 상기 본체를 나타내는 인덱스, 상기 j 는 상기 복수의 타 무인 비행체 중 어느 하나를 나타내는 인덱스, 상기 $f_i(x_1, \dots, x_N, v_1, \dots, v_N)$ 는 상기 본체의 자동항로, 상기 x 는 위치, 상기 v 는 속도, 상기 a 는 해당 무인 비행체의 속력을 기 설정된 값으로 유지하기 위한 파라미터, 상기 ψ 는 전체 무인 비행체들 간의 통신율, 상기 N 은 전체 무인 비행체의 수, 상기 R 은 회전 연산자 및 상기 σ 는 협조 제어 매개변수인 무인 비행체의 제어방법.

청구항 18

청구항 17에 있어서,

상기 본체의 자동항로를 파악하는 단계에서, 상기 본체와 상기 타 무인 비행체의 위치(x_i , x_j) 간의 인력(σ_a^{ij}) 및 척력(σ_r^{ij})을 상호 제어하는 상기 협력 제어 알고리즘을 통해 상기 본체 및 상기 복수의 타 무인 비행체를 포함하는 전체 무인 비행체들의 편대 구성을 결정하는 무인 비행체의 제어방법.

청구항 19

각각이 제1 자동항로에 따라 구면 상에서 비행하는 복수의 임무 에이전트; 및

기 설정된 위치에 배치되어 상기 복수의 임무 에이전트 간의 통신 연결을 중계하되, 제2 자동항로에 따라 구면 상에서 비행하는 적어도 하나 이상의 통신 에이전트를 포함하는 비행 관리 시스템.

청구항 20

청구항 19에 있어서,

상기 복수의 임무 에이전트 각각은,

본체;

무선 통신망을 통해 복수의 타 임무 에이전트 및 상기 적어도 하나 이상의 통신 에이전트를 비롯한 외부 구성과 통신을 수행하기 위한 네트워크 통신 인터페이스;

상기 본체의 위치 및 속도를 파악하고, 파악된 상기 본체의 위치 및 속도를 상기 복수의 타 임무 에이전트 및 상기 적어도 하나 이상의 통신 에이전트로 제공하는 위치 측정부;

상기 복수의 타 임무 에이전트의 위치와 속도 및 상기 적어도 하나 이상의 통신 에이전트의 위치와 속도를 수신하고, 수신된 상기 복수의 타 임무 에이전트의 위치와 속도, 상기 적어도 하나 이상의 통신 에이전트의 위치와 속도 및 상기 본체의 위치와 속도를 이용하여 상기 본체의 이동 방향 및 속도를 포함하는 상기 제1 자동항로를 산출하는 항로 산출부; 및

상기 제1 자동항로에 따라 상기 본체의 비행 제어를 비롯하여 임무 에이전트의 전체 동작을 제어하는 제어부를 포함하는 비행 관리 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명의 실시예들은 무인 비행체 및 그것의 제어방법과 비행 관리 시스템과 관련된다.

배경 기술

[0003] 현재, 다수의 무인 비행체를 제어하는 기술은 다양한 분야에서 활용되고 있어, 이에 따른 연구도 활발히 진행되고 있는 실정이다. 예를 들어, 드론과 같은 다수의 무인 비행체들은 광범위한 지역에 대한 감시, 편대 비행을 통한 특정 물체의 위치 추적 및 다양한 지점에서의 광학장비를 활용한 지형에 대한 분석 등을 위해 활용되고 있다. 이에 더해, 무인 전투기들과 같은 무인 비행체들은 원격 제어를 통한 전투임무 수행과 같은 군사적인 분야에서도 이용되고 있다.

[0004] 최근에는 하드웨어 기술이 발달하면서 무인 비행체의 비행시간이 늘어나고 있으며, 태양광을 활용한 무인 비행체나 소형 위성과 같이 국지적인 비행이 아닌 전 지구를 활동영역으로 하는 무인 비행체들이 등장하여 이들을 동시에 제어하는 기술이 요구되고 있는 실정이다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허공보 제10-2020-0031817호 (2020. 03. 25.)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명의 실시예들은 구면 상에서 편대 비행(formation flight)이 가능한 무인 비행체 및 그것의 제어방법과 비행 관리 시스템을 제공하기 위한 것이다.

[0008] 또한, 본 발명의 실시예들은 구면 상에서 일정한 편대를 구성 및 해체 가능하도록 하는 무인 비행체 및 그것의

제어방법과 비행 관리 시스템을 제공하기 위한 것이다.

과제의 해결 수단

[0010] 본 발명의 예시적인 실시예에 따르면, 본체; 무선 통신망을 통해 복수의 타 무인 비행체를 비롯한 외부 구성과 통신을 수행하기 위한 네트워크 통신 인터페이스; 상기 본체의 위치 및 속도를 파악하고, 파악된 상기 본체의 위치 및 속도를 상기 복수의 타 무인 비행체로 제공하는 위치 측정부; 상기 복수의 타 무인 비행체의 위치 및 속도를 수신하고, 수신된 상기 복수의 타 무인 비행체의 위치와 속도 및 상기 본체의 위치와 속도를 이용하여 상기 본체의 이동 방향 및 속도를 포함하는 자동항로를 산출하는 항로 산출부; 및 상기 자동항로에 따라 상기 본체의 비행 제어를 비롯하여 무인 비행체의 전체 동작을 제어하는 제어부를 포함하는 무인 비행체가 제공된다.

[0011] 상기 항로 산출부는, 상기 본체가 구면으로부터 기 설정된 이격 거리를 유지할 수 있도록 하는 구심력 알고리즘, 상기 본체의 속력을 기 설정된 값으로 유지할 수 있도록 하는 부스트 알고리즘, 상기 복수의 타 무인 비행체와의 상대 속도를 파악하여 상기 본체를 포함하는 전체 무인 비행체의 비행 대형을 유지할 수 있도록 하는 플로킹(flocking) 알고리즘 및 상기 복수의 타 무인 비행체와의 인력 및 척력을 상호 제어하여 비행 대형을 결정할 수 있도록 하는 협조 제어 알고리즘을 포함한 자동항로 산출 기준에 상기 복수의 타 무인 비행체의 위치와 속도 및 상기 본체의 위치와 속도를 적용하여 상기 자동항로를 산출할 수 있다.

[0012] 상기 플로킹 알고리즘은, 구면 상에서 상기 본체를 인접한 타 무인 비행체의 제1 위치에서 제2 위치로 상기 구면을 따라 회전 변환 한 후, 상기 본체의 제2 위치에서 파악된 상기 인접한 타 무인 비행체와의 상대 속도 및 전체 무인 비행체간의 통신율을 고려한 것일 수 있다.

[0013] 상기 부스트 알고리즘은, 상기 본체의 속력과 기 설정된 속도 기준에 관한 함수를 기초로 결정될 수 있다.

[0014] 상기 항로 산출부는, 상기 자동항로를 수학적 1을 기초로 산출하고,

[0015] 상기 수학적 1은,

$$f_i(x_1, \dots, x_N, v_1, \dots, v_N) = -\frac{\|v_i\|^2}{\|x_i\|^2} x_i + a_i v_i + \sum_{j=1}^N \frac{\psi_{ij}}{N} (R_{x_j \rightarrow x_i}(v_j) - v_i) + \sum_{j=1, j \neq i}^N \frac{\sigma_{ij}}{N} (\|x_i\|^2 x_j - \langle x_i, x_j \rangle x_i)$$

[0016]

[0017] 이며, 상기 i 는 상기 본체를 나타내는 인덱스, 상기 j 는 상기 복수의 타 무인 비행체 중 어느 하나를 나타내는 인덱스, 상기 $f_i(x_1, \dots, x_N, v_1, \dots, v_N)$ 는 상기 본체의 자동항로, 상기 x 는 위치, 상기 v 는 속도, 상기 a 는 해당 무인 비행체의 속력을 기 설정된 값으로 유지하기 위한 파라미터, 상기 ψ 는 전체 무인 비행체들 간의 통신율, 상기 N 은 전체 무인 비행체의 수, 상기 R 은 회전 연산자 및 상기 σ 는 협조 제어 매개변수일 수 있다.

[0018] 상기 $-\frac{\|v_i\|^2}{\|x_i\|^2} x_i$ 은 상기 구심력 알고리즘이 적용된 항, 상기 $a_i v_i$ 은 상기 부스트 알고리즘이 적용된 항, 상기 $\sum_{j=1}^N \frac{\psi_{ij}}{N} (R_{x_j \rightarrow x_i}(v_j) - v_i)$ 는 상기 플로킹 알고리즘이 적용된 항 및 상기 $\sum_{j=1, j \neq i}^N \frac{\sigma_{ij}}{N} (\|x_i\|^2 x_j - \langle x_i, x_j \rangle x_i)$ 는 상기 협력 제어 알고리즘이 적용된 항일 수 있다.

[0019] 상기 항로 산출부는, 상기 전체 무인 비행체들 간의 통신율을 기초로 상기 전체 무인 비행체들 간의 그룹 단위를 결정할 수 있다.

[0020] 상기 항로 산출부는, 상기 본체와 상기 타 무인 비행체의 위치($\vec{x}_i, \vec{x}_j$) 간의 인력(σ_a^{ij}) 및 척력(σ_r^{ij})을 상호 제어하는 상기 협력 제어 알고리즘을 통해 상기 본체 및 상기 복수의 타 무인 비행체를 포함하는 상기 전체 무인 비행체들의 편대 구성을 결정할 수 있다.

[0021] 상기 항로 산출부는, 상기 인력 및 상기 척력을 조절하여 상기 전체 무인 비행체들을 편대 구성으로 배치하고, 상기 부스트 알고리즘이 적용된 항을 통해 편대 비행의 속력을 결정할 수 있다.

[0022] 상기 항로 산출부는, 상기 인력(σ_a^{ij}) 및 상기 척력(σ_r^{ij})을 양의 상수로 설정하고 상기 a_i 를 $|v_i|$ 에 관한 함수로 설정하여 상기 전체 무인 비행체들이 구면 상에서 균일하게 배치되도록 할 수 있다.

[0023] 상기 σ_{ij} 는, 수학식 2를 기초로 산출하고,

[0024] 상기 수학식 2는,

$$\sigma_{ij} = \sigma_a^{ij} - \frac{\sigma_r^{ij}}{\|x_i - x_j\|^2} \quad \text{이며,}$$

[0026] 상기 σ_a^{ij} 는 상기 본체와 상기 타 무인 비행체 간의 인력이고, 상기 σ_r^{ij} 은 상기 본체와 상기 타 무인 비행체 간의 척력일 수 있다.

[0027] 상기 x 는 구면 상에서 3차원 좌표 형태로 이루어질 수 있다.

[0028] 상기 무인 비행체는, 본체의 위치와 속도, 상기 복수의 타 무인 비행체의 위치와 속도 및 상기 자동항로를 비롯하여 무인 비행체와 관련된 정보를 저장하기 위한 메모리를 더 포함할 수 있다.

[0029] 본 발명의 다른 예시적인 실시예에 따르면, 본체의 위치 및 속도를 파악하는 단계; 복수의 타 무인 비행체로부터 각각의 위치 및 속도를 수신하는 단계; 상기 본체의 위치와 속도, 상기 복수의 타 무인 비행체의 위치와 속도 및 자동항로 산출 기준을 기초로 상기 본체의 자동항로를 파악하는 단계; 및 파악된 상기 자동항로에 따라 상기 본체의 비행을 제어하는 단계를 포함하고, 상기 자동항로 산출 기준은 상기 본체가 구면으로부터 기 설정된 이격 거리를 유지할 수 있도록 하는 구심력 알고리즘, 상기 본체의 속력을 기 설정된 값으로 유지할 수 있도록 하는 부스트 알고리즘, 상기 복수의 타 무인 비행체와의 상대 속도를 파악하여 상기 본체를 포함하는 전체 무인 비행체의 비행 대형을 유지할 수 있도록 하는 플로킹(flocking) 알고리즘 및 상기 복수의 타 무인 비행체와의 인력 및 척력을 상호 제어하여 비행 대형을 결정할 수 있도록 하는 협조 제어 알고리즘을 포함한 무인 비행체의 제어방법이 제공된다.

[0030] 상기 무인 비행체의 제어방법은, 상기 각각의 위치 및 속도를 수신하는 단계 이후, 상기 본체의 자동항로를 파악하는 단계 이전에, 상기 본체와 상기 복수의 타 무인 비행체 간에 통신이 가능한지 여부를 확인하는 단계를 더 포함하고, 확인 결과, 통신이 가능한 경우 상기 본체의 자동항로를 파악하는 단계를 수행할 수 있다.

[0031] 상기 플로킹 알고리즘은, 구면 상에서 상기 본체를 인접한 타 무인 비행체의 제1 위치에서 제2 위치로 상기 구면을 따라 회전 변환 한 후, 상기 본체의 제2 위치에서 파악된 상기 인접한 타 무인 비행체와의 상대 속도 및 전체 무인 비행체들간의 통신율을 고려한 것일 수 있다.

[0032] 상기 무인 비행체의 제어방법은, 상기 본체의 자동항로를 파악하는 단계에서 상기 자동항로를 수학식 1을 기초로 산출하고,

[0033] 상기 수학식 1은,

$$f_i(x_1, \dots, x_N, v_1, \dots, v_N) = -\frac{\|v_i\|^2}{\|x_i\|^2}x_i + a_i v_i + \sum_{j=1}^N \frac{\psi_{ij}}{N} (R_{x_j \rightarrow x_i}(v_j) - v_i) + \sum_{j=1, j \neq i}^N \frac{\sigma_{ij}}{N} (\|x_i\|^2 x_j - \langle x_i, x_j \rangle x_i)$$

[0034] i 이며, 상기

i 는 상기 본체를 나타내는 인덱스, 상기 j 는 상기 복수의 타 무인 비행체 중 어느 하나를 나타내는 인덱스, 상기 $f_i(x_1, \dots, x_N, v_1, \dots, v_N)$ 는 상기 본체의 자동항로, 상기 x 는 위치, 상기 v 는 속도, 상기 a 는 해당 무인 비행체의 속력을 기 설정된 값으로 유지하기 위한 파라미터, 상기 ψ 는 전체 무인 비행체들 간의 통신율, 상기 N 은

전체 무인 비행체의 수, 상기 R 은 회전 연산자 및 상기 σ 는 협조 제어 매개변수일 수 있다.

[0035] 상기 무인 비행체의 제어방법은, 상기 본체의 자동항로를 파악하는 단계에서, 상기 본체와 상기 타 무인 비행체의 위치(x_i , y_i) 간의 인력(σ_a^{ij}) 및 척력(σ_r^{ij})을 상호 제어하는 상기 협력 제어 알고리즘을 통해 상기 본체 및 상기 복수의 타 무인 비행체를 포함하는 전체 무인 비행체들의 편대 구성을 결정할 수 있다.

[0036] 본 발명의 다른 예시적인 실시예에 따르면, 각각이 제1 자동항로에 따라 구면 상에서 비행하는 복수의 임무 에이전트; 및 기 설정된 위치에 배치되어 상기 복수의 임무 에이전트 간의 통신 연결을 중계하되, 제2 자동항로에 따라 구면 상에서 비행하는 적어도 하나 이상의 통신 에이전트를 포함하는 비행 관리 시스템이 제공된다.

[0037] 상기 복수의 임무 에이전트 각각은, 본체; 무선 통신망을 통해 복수의 타 임무 에이전트 및 상기 적어도 하나 이상의 통신 에이전트를 비롯한 외부 구성과 통신을 수행하기 위한 네트워크 통신 인터페이스; 상기 본체의 위치 및 속도를 파악하고, 파악된 상기 본체의 위치 및 속도를 상기 복수의 타 임무 에이전트 및 상기 적어도 하나 이상의 통신 에이전트로 제공하는 위치 측정부; 상기 복수의 타 임무 에이전트의 위치와 속도 및 상기 적어도 하나 이상의 통신 에이전트의 위치와 속도를 수신하고, 수신된 상기 복수의 타 임무 에이전트의 위치와 속도, 상기 적어도 하나 이상의 통신 에이전트의 위치와 속도 및 상기 본체의 위치와 속도를 이용하여 상기 본체의 이동 방향 및 속도를 포함하는 상기 제1 자동항로를 산출하는 항로 산출부; 및 상기 제1 자동항로에 따라 상기 본체의 비행 제어를 비롯하여 임무 에이전트의 전체 동작을 제어하는 제어부를 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0039] 본 발명의 실시예들에 따르면, 무인 비행체 자신의 위치와 속도 및 타 무인 비행체들의 위치와 속도를 자동항로 산출 알고리즘에 반영하여 획득된 자동항로에 따라 무인 비행체들 각각이 비행함에 따라, 무인 비행체들이 서로 일정한 간격 및 속도를 유지하며 구면을 따라 편대 비행을 할 수 있다는 효과를 기대할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0041] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 무인 비행체들의 비행 상태를 설명하기 위한 예시도

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 무인 비행체를 설명하기 위한 블록도

도 3a 내지 도 3c는 본 발명의 일 실시예에 따른 무인 비행체의 자동항로를 산출하는 방법을 설명하기 위한 예시도

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 무인 비행체의 제어방법을 설명하기 위한 흐름도

도 5는 도 4의 자동항로를 산출하는 방법을 보다 상세히 설명하기 위한 흐름도

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 비행 관리 시스템

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0042] 이하, 도면을 참조하여 본 발명의 구체적인 실시형태를 설명하기로 한다. 이하의 상세한 설명은 본 명세서에서 기술된 방법, 장치 및/또는 시스템에 대한 포괄적인 이해를 돕기 위해 제공된다. 그러나 이는 예시에 불과하며 본 발명은 이에 제한되지 않는다.

[0043] 본 발명의 실시예들을 설명함에 있어서, 본 발명과 관련된 공지기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략하기로 한다. 그리고, 후술되는 용어들은 본 발명에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 그 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다. 상세한 설명에서 사용되는 용어는 단지 본 발명의 실시예들을 기술하기 위한 것이며, 결코 제한적이어서는 안 된다. 명확하게 달리 사용되지 않는 한, 단수 형태의 표현은 복수 형태의 의미를 포함한다. 본 설명에서, "포함" 또는 "구비"와 같은 표현은 어떤 특성들, 숫자들, 단계들, 동작들, 요소들, 이들의 일부 또는 조합을 가리키기 위한 것이며, 기술된 것 이외에 하나 또는 그 이상의 다른 특성, 숫자, 단계, 동작, 요소, 이들의 일부 또는 조합의 존재 또는 가능

성을 배제하도록 해석되어서는 안 된다.

- [0044] 이하에서는 개시하는 무인 비행체들 각각은 지구면과 같은 구면을 따라 비행한다고 간주하여 설명하기로 한다. 이때, 구면은 완벽한 구면을 의미하는 것으로 정의할 수 있다.
- [0045] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 무인 비행체들의 비행 상태를 설명하기 위한 예시도이다.
- [0046] 도 1에서 도시하는 바와 같이, 무인 비행체들(100a, 100b, 100c, 100d, 100e, 100f) 각각은 자동항로에 따라 전 지구적 영역인 구면에서 비행이 가능한 구성으로서, 자동항로를 산출하는 상세 설명은 후술하기로 한다. 도 1에서 도시한 무인 비행체의 개수는 일 예로, 사용자의 필요에 따라 변경할 수 있음은 당연하다 할 것이다.
- [0047] 예를 들어, 상술한 무인 비행체들(100a, 100b, 100c, 100d, 100e, 100f)은 드론 및 소형 위성 등의 형태로 구현될 수 있으며, 이에 한정되지 않는다.
- [0048] 일반적으로 다수의 무인 비행체들을 동시에 제어하고 편대 비행을 구성하는 알고리즘은 국지적인 공간을 배경으로 실행되었다. 예를 들면, 다수의 드론들을 인간의 가시거리 내에서 제어하는 경우, 중력이 있는 3차원 공간에 대하여 제어 알고리즘을 구성할 수 있었다. 따라서, 각각의 무인 비행체들이 3차원 공간을 자유롭게 비행하는 상황을 가정하여 알고리즘이 제안되었다. 이때, 지면을 배경으로 무인 비행체의 움직임을 제어한다면, 2차원 평면을 배경으로 알고리즘을 구성할 수 있었다.
- [0049] 한편, 하드웨어기술이 발달하면서 전 지구를 활동영역으로 하는 무인 비행체들이 등장하여 이들을 동시에 제어하는 기술이 요구되었다. 이에, 본 발명의 실시예에서 개시하는 무인 비행체들(100a, 100b, 100c, 100d, 100e, 100f)은 전 지구를 활동영역으로 비행하기 위해, 후술하는 알고리즘들을 통해 구면에서 편대 비행이 가능하도록 할 수 있는 것이다.
- [0050] 이때, 무인 비행체들(100a, 100b, 100c, 100d, 100e, 100f)을 동시 제어하기 위한 알고리즘은 무인 비행체들(100a, 100b, 100c, 100d, 100e, 100f) 간의 인력, 척력 및 각 무인 비행체들(100a, 100b, 100c, 100d, 100e, 100f)의 속도 정렬을 위한 요소들을 포함할 수 있다. 상기 인력은 무인 비행체들의 간격이 기준치 이상으로 멀어지는 것을 방지하기 위한 것일 수 있다. 만일, 무인 비행체들(100a, 100b, 100c, 100d, 100e, 100f)의 거리가 통신 가능 거리를 벗어나거나, 또는 제어 가능한 거리를 벗어나는 경우, 무인 비행체들(100a, 100b, 100c, 100d, 100e, 100f)의 제어가 불가능할 수 있기 때문이다. 상기 척력은 무인 비행체들(100a, 100b, 100c, 100d, 100e, 100f) 간의 거리가 기준치 이하로 너무 가까워지는 것을 방지하기 위한 것일 수 있다. 무인 비행체들(100a, 100b, 100c, 100d, 100e, 100f) 간에 거리가 너무 가까우면 충돌이 발생할 수 있기 때문이다. 상기 무인 비행체들(100a, 100b, 100c, 100d, 100e, 100f) 간의 속도 정렬은 무인 비행체들(100a, 100b, 100c, 100d, 100e, 100f)의 비행 패턴을 일정하게 유지하도록 하는 것일 수 있다.
- [0052] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 무인 비행체를 설명하기 위한 블록도이다.
- [0053] 이하에서는, 본 발명의 일 실시예에 따른 무인 비행체의 자동항로를 산출하는 방법을 설명하기 위한 예시도인 도 3a 내지 도 3c를 참고하여 설명하기로 한다.
- [0054] 도 2를 참고하면, 무인 비행체(100)는 네트워크 통신 인터페이스(110), 위치 측정부(130), 항로 산출부(150), 메모리(170) 및 제어부(190)를 포함할 수 있다.
- [0055] 도시하지 않았지만, 무인 비행체(100)는 본체(100a)를 더 포함할 수 있다. 상기 본체(100a)는 무인 비행체(100)를 의미하는 것으로서, 설명의 편의를 위해 타 무인 비행체(100b, 100c, 100d, 100e, 100f)와 구별되는 용도로 적용하기로 한다.
- [0056] 보다 상세히 설명하면, 네트워크 통신 인터페이스(110)는 무선 통신망을 통해 복수의 타 무인 비행체(100b, 100c, 100d, 100e, 100f)를 비롯한 외부 구성과 통신을 수행하기 위한 구성일 수 있다.
- [0057] 위치 측정부(130)는 본체(100a)의 위치 및 속도를 파악하고, 파악된 본체(100a)의 위치 및 속도를 복수의 타 무인 비행체(100b, 100c, 100d, 100e, 100f)로 제공하기 위한 구성일 수 있다.
- [0058] 위치 측정부(130)는 GPS(Global Positioning System) 기능을 구비하여 본체(100a)의 위치 및 속도를 파악할 수 있는 것이다.
- [0059] 항로 산출부(150)는 복수의 타 무인 비행체(100b, 100c, 100d, 100e, 100f)의 위치 및 속도를 수신하고, 수신

된 상기 복수의 타 무인 비행체(100b, 100c, 100d, 100e, 100f)의 위치와 속도 및 상기 본체(100a)의 위치와 속도를 이용하여 상기 본체(100a)의 이동 방향 및 속도를 포함하는 자동항로를 산출하는 구성일 수 있다.

[0060] 구체적으로, 항로 산출부(150)는 구심력 알고리즘, 부스트 알고리즘, 플로킹(flocking) 알고리즘 및 협조 제어(cooperative control) 알고리즘을 포함한 자동항로 산출 기준에 복수의 타 무인 비행체의 위치와 속도 및 본체의 위치와 속도를 적용하여 자동항로를 산출할 수 있다.

[0061] 상기 구심력 알고리즘은 본체(100a)가 구면으로부터 기 설정된 이격 거리를 유지할 수 있도록 하는 알고리즘을 의미할 수 있다. 상기 부스트 알고리즘은 본체(100a)의 속력을 기 설정된 값으로 유지할 수 있도록 하는 알고리즘을 의미할 수 있다. 상기 플로킹(flocking) 알고리즘은 복수의 타 무인 비행체(100b, 100c, 100d, 100e, 100f)와의 상대 속도를 파악하여 본체(100a)를 포함하는 전체 무인 비행체(100, 100a, 100b, 100c, 100d, 100e, 100f)의 비행 대형을 유지할 수 있도록 하는 알고리즘을 의미할 수 있다. 상기 협조 제어 알고리즘은 복수의 타 무인 비행체(100b, 100c, 100d, 100e, 100f)와의 인력 및 척력을 상호 제어하여 비행 대형을 결정할 수 있도록 하는 알고리즘을 의미할 수 있다.

[0062] 이하에서는, 지구 면을 단순화하여 단위구로 표현하고, 위치와 속력은 정규화하여 단위 없이 열 벡터로 표현한 경우를 예로 들어 설명하기로 한다.

[0063] 또한, 무인 비행체(100b, 100c, 100d, 100e, 100f)들 각각이 사전에 입력된 알고리즘을 통해 비행하는 경우를 예로 들어 설명하기로 한다. 예를 들어, 경찰 경로 등이 입력된 주어진 제어 함수 f 에 대해 각 무인 비행체(100a, 100b, 100c, 100d, 100e, 100f)들은 수학식 1과 같은 미분방정식으로 표현된 제어 알고리즘에 따를 수 있다.

수학식 1

[0064]
$$\frac{dx_i}{dt} = v_i, \quad \frac{dv_i}{dt} = f_i(x_1, \dots, x_N, v_1, \dots, v_N)$$

[0065] 상술한 $f_i(x_1, \dots, x_N, v_1, \dots, v_N)$ 는 본체(100a)의 자동항로를 의미할 수 있다. 이는, 위치를 미분하면 속도($\dot{x}_i = v_i$)고, 속도를 미분하면 가속도($\dot{v}_i = f_i(x_1, \dots, x_N, v_1, \dots, v_N)$)인 원리를 적용한 경우이다.

[0066] i 번째 무인 비행체의 시간 t 에서의 위치를 $x_i(t)$, 속도가 $v_i(t)$ 인 경우, 전체 무인 비행체(100, 100a, 100b, 100c, 100d, 100e, 100f) N 개는 비행의 편대를 구성하고, 이를 유지하기 위해 후술하는 알고리즘을 적용할 수 있다. 이때, 편대를 구성하는 알고리즘은 후술하는 수학식들과 같이 연립의 상미분 방정식들(ordinary differential equations)로 나타낼 수 있다. 상기 i 번째 무인 비행체는 본체(100a)를 의미할 수 있다.

[0067] 항로 산출부(150)는 자동항로를 수학식 2를 기초로 산출할 수 있다.

수학식 2

[0069]
$$f_i(x_1, \dots, x_N, v_1, \dots, v_N) = -\frac{\|v_i\|^2}{\|x_i\|^2}x_i + a_i v_i + \sum_{j=1}^N \frac{\psi_{ij}}{N} (R_{x_j \rightarrow x_i}(v_j) - v_i) + \sum_{j=1, j \neq i}^N \frac{\sigma_{ij}}{N} (\|x_i\|^2 x_j - \langle x_i, x_j \rangle x_i)$$

[0071] 본 발명의 일 실시예에서는 전체 무인 비행체 각각의 가속, 감속 및 방향을 포함하는 가속도를 제어할 수 있도

록 하는 $f_i(x_1, \dots, x_N, v_1, \dots, v_N)$ 를 제안하는 것이다.

[0072] 상술한 수학식 2에서, i 는 본체(100a)를 나타내는 인덱스, 상기 j 는 복수의 타 무인 비행체(100b, 100c, 100d, 100e, 100f) 중 어느 하나를 나타내는 인덱스, 상기 $f_i(x_1, \dots, x_N, v_1, \dots, v_N)$ 는 상기 본체(100a)의 자동항로, 상기 x 는 위치, 상기 v 는 속도, 상기 a 는 해당 무인 비행체의 속력을 기 설정된 값으로 유지하기 위한 파라미터, 상기 ψ 는 전체 무인 비행체들 간의 통신율, 상기 N 은 전체 무인 비행체의 수, 상기 R 은 회전 연산자(rotation operator) 및 상기 σ 는 협조 제어 매개변수일 수 있다. 여기에서, x 는 구면 상에서 3차원 좌표 형태로 이루어질 수 있다.

[0073] 상기 수학식 2에서, $-\frac{\|v_i\|^2}{\|x_i\|^2}x_i$ 은 구심력 알고리즘이 적용된 항을 의미할 수 있다. 이때, 구심력 알고리즘은 본체(100a)가 수학적인 공간인 구면에 위치하는 것을 유지하도록 하기 위한 구심력을 표현하기 위한 항인 것이다.

[0074] 상기 $a_i v_i$ 는 추진력을 제공하기 위한 부스트 알고리즘이 적용된 항을 의미할 수 있다. 이때, 부스트 알고리즘은 본체(100a)의 속력과 기 설정된 속도 기준에 관한 함수를 기초로 결정될 수 있다. 예를 들어, a_i 는 i 번째 무인 비행체, 즉, 본체(100a)의 속도 $\|v_i\|$ 과 유지하고자 하는 속력에 관한 함수로 정할 수 있는 것이다. 부스트 파라미터를 $a_i = 1 - \|v_i\|^2$ 로 설정하면, 전체 무인 비행체들(100a, 100b, 100c, 100d, 100e, 100f)의 대형을 유지하며 각각의 속력은 1에 가깝게 수렴하도록 할 수 있는 것이다.

[0075] 상기 $\sum_{j=1}^N \frac{\psi_{ij}}{N} (R_{x_j \rightarrow x_i}(v_j) - v_i)$ 는 플로킹 알고리즘이 적용된 항을 의미할 수 있다. 여기에서, $R_{x_j \rightarrow x_i}(v_j) - v_i$ 는 $a_i v_i$ 의 추진력을 안정화시킬 수 있는 역할을 할 수 있다.

[0076] 상기 플로킹 알고리즘은 구면 상에서 상기 본체(100a)를 인접한 타 무인 비행체의 제1 위치에서 제2 위치로 구면을 따라 회전 변환 한 후, 상기 본체(100a)의 제2 위치에서 파악된 상기 인접한 타 무인 비행체와의 상대 속도 및 전체 무인 비행체간의 통신율(communication rate)을 고려한 것일 수 있다.

[0077] 도 3a 내지 도 3c를 참고하면, x_j 의 위치에서 x_i 의 위치로 구면(예를 들어, 지구면)을 따라 로테이션 했을 때(도 3a의 ①), x_i 의 위치에서 v_j 에서 v_i 를 감하여(도 3b의 ②, 도 3c의 ③) 타 무인 비행체와의 상대 속도를 파악하는 것이다.

[0078] 상술한 ψ_{ij} 은 전체 무인 비행체간의 통신율을 의미하고, $\psi_{ij} = \psi(\|x_i - x_j\|)$ 의 형태로 구성될 수 있다. 이때, 함수 ψ 는 $\psi(2) = 0$, $\psi'(2) < 0$ 을 만족하는 $[0, 2]$ 에서 정의된 음이 아닌 감소하는 부드러운 함수로 사용자가 목적에 따라 임의로 정할 수 있다. 상기 $\psi(2) = 0$ 에서, 2는 본체(100a)와 타 무인 비행체가 서로 지구 반대편에 있을 때를 정규화한 값으로 정의할 수 있다.

[0079] 항로 산출부(150)는 전체 무인 비행체들 간의 통신율을 기초로 전체 무인 비행체들 간의 그룹 단위를 결정할 수 있는 것이다.

[0080] 예를 들어, 지구의 지름이 2라고 가정할 때, 서로 지구 반대편에 위치하는 본체(100a)와 타 무인 비행체는 각각의 위치에서 속도를 측정하는 방식 등에 있어서 다양한 변수가 발생할 수 있기 때문에, 편대를 구성하는데 영향을 초래할 수 있다. 이에, 사용자의 필요에 따라 항로 산출부(150)는 사전에 무인 비행체들(100a, 100b, 100c, 100d, 100e, 100f) 간에 통신 가능한 통신율 기준을 설정하여, 전체 무인 비행체들(100a, 100b, 100c, 100d, 100e, 100f)간에 그룹이 결정될 수 있도록 하는 것이다. 즉, 전체 무인 비행체들(100a, 100b, 100c, 100d, 100e, 100f)이 서로 그룹 단위로 구분되어 통신을 수행할 수 있도록 하고자 하는 경우, ψ_{ij} 통신율을 짧게 설정

하고, 전체 무인 비행체들(100a, 100b, 100c, 100d, 100e, 100f)이 다같이 통신을 수행할 수 있도록 하고자 하는 경우, ψ_{ij} 통신율을 길게 설정하는 것이다.

[0081] 예를 들어, 지구의 지름이 2이고, 모든 $x \geq 1/2$ 에서 $\psi(x) = 0$ 으로 설정한 경우, 본체를 중심으로 반지름이 1/2의 영역 내에 위치하는 무인 비행체들 간에만 통신이 가능한 것이다.

[0082] 상기 통신율(ψ_{ij})은 $\psi_{ij} = \psi(\|x_i - x_j\|)$ 일 수 있다. 이는, 무인 비행체들 간에 서로 인접하게 위치하면 빨리 모여서 일렬로 정렬하고, 서로 멀리 위치하면 상대적으로 늦게 일렬로 정렬하도록 하는 인터랙션(interaction)의 정도를 조절할 수 있도록 하는 것일 수 있다.

[0083] 상술한 R 은 회전 연산자로, 본체(100a)와 타 무인 비행체의 상대 속도를 측정하는 수학적인 규칙으로 수학식 3 및 수학식 4와 같이 정의될 수 있다.

수학식 3

[0085] $R_{x_1 \rightarrow x_2}(y) = R(x_1, x_2) \cdot y$

수학식 4

[0087]
$$R(x_1, x_2) = \begin{cases} \langle x_1, x_2 \rangle I - x_1 x_2^T + x_2 x_1^T + (1 - \langle x_1, x_2 \rangle) \left(\frac{x_1 \times x_2}{\|x_1 \times x_2\|} \right) \left(\frac{x_1 \times x_2}{\|x_1 \times x_2\|} \right)^T, & x_1 \neq x_2 \\ I, & x_1 = x_2 \end{cases}$$

[0089] 이때, I 는 3×3 단위행렬이고, x_1^T 는 벡터 x_1 의 전치벡터일 수 있다. 즉, 회전 연산자는 위치가 x_i 이고 속도 v_j 인 무인 비행체를 위치 x_i 로 회전 시킴으로써 x_i 위치에서 속도 v_i 를 갖는 무인 비행체와의 상대속도를 측정할 수 있도록 하는 것이다.

[0090] 항로 산출부(150)는 본체(100a)와 타 무인 비행체의 위치(x_i , x_j) 간의 인력(σ_a^{ij}) 및 척력(σ_r^{ij})을 상호 제어하는 협력 제어 알고리즘을 통해 본체(100a) 및 복수의 타 무인 비행체(100b, 100c, 100d, 100e, 100f)를 포함하는 전체 무인 비행체들(100a, 100b, 100c, 100d, 100e, 100f)의 편대 구성을 결정할 수 있다.

[0091] 상술한 $\sum_{j=1, j \neq i}^N \frac{\sigma_{ij}}{N} (\|x_i\|^2 x_j - \langle x_i, x_j \rangle x_i)$ 는 협력 제어 알고리즘이 적용된 항을 의미할 수 있다. 이때, 협력 제어 알고리즘은 전체 무인 비행체들(100a, 100b, 100c, 100d, 100e, 100f)이 형성할 대형을 결정하는 알고리즘일 수 있다. 인력(attractive force)과 척력(repulsive force)을 포함하는 협조 제어 매개변수 σ_{ij} 는 서로 다른 두 무인 비행체, 즉, 본체(100a)와 타 무인 비행체의 위치 x_i 와 x_j 에 의존하는 함수일 수 있다. 예를 들어, 항로 산출부(150)는 수학식 5를 통한 인력과 척력의 결합을 통해 원하는 대형을 구성할 수 있다. 즉, σ_{ij} 로 편대의 형태를 결정할 수 있는 것이다. 이때, σ_{ij} 는 수학식 5를 기초로 산출할 수 있다.

수학식 5

$$\sigma_{ij} = \sigma_a^{ij} - \frac{\sigma_r^{ij}}{\|x_i - x_j\|^2}$$

[0093]

[0095]

수학식 5에서, 인덱스 i 와 j 에 대하여 σ_a^{ij} 과 σ_r^{ij} 은 실수로, 각각 인력과 척력을 나타내는 상수일 수 있다. 예를 들어, σ_a^{ij} 는 본체(100a)와 타 무인 비행체 간의 인력이고, σ_r^{ij} 은 본체(100a)와 타 무인 비행체 간의 척력일 수 있는 것이다.

[0096]

협력 제어 알고리즘은 인력(σ_a^{ij})의 값이 커지면, i 번째 무인 비행체인 본체(100a)와 j 번째 타 무인 비행체가 당기는 힘이 커지도록 설계될 수 있는 것이다. 또한, 협력 제어 알고리즘은 척력(σ_r^{ij})의 값이 커지면 i 번째 무인 비행체인 본체(100a)와 j 번째 타 무인 비행체가 미는 힘이 커지도록 설계될 수 있는 것이다.

[0097]

즉, 항로 산출부(150)는 인력 및 척력을 조절하여 전체 무인 비행체들(100a, 100b, 100c, 100d, 100e, 100f)을 편대 구성으로 배치하고, 부스트 알고리즘이 적용된 항을 통해 편대 비행의 속력을 결정할 수 있는 것이다.

[0098]

항로 산출부(150)는 인력(σ_a^{ij}) 및 척력(σ_r^{ij})을 양의 상수로 설정하고 a_i 를 $|v_i|$ 에 관한 함수로 설정하여 전체 무인 비행체들(100a, 100b, 100c, 100d, 100e, 100f)이 구면 상에서 균일하게 배치되도록 할 수 있다.

[0099]

한편, 본 발명의 일 실시예에서 각 무인 비행체들 각각은 구면 위에 위치하는 상태를 유지하기 위해서 $\langle x_i(0), x_i(0) \rangle = 1$, $\langle x_i(0), v_i(0) \rangle = 0$ 의 허용 초기 조건(admissible initial conditions)을 만족할 수 있다.

[0100]

본 발명의 실시예에서 개시하는 플로킹 알고리즘을 비롯한 알고리즘들을 적용하는 경우, 편대는 일정한 속력을 유지하면서 이를 구성하는 무인 비행체들(100a, 100b, 100c, 100d, 100e, 100f)의 대열도 안정시킬 수 있다는 효과를 기대할 수 있다. 구체적으로, 본 발명의 실시예는 $\sigma_r^{ij} = 0$ 이고 $\sigma_a^{ij} > 0$ 인 경우, 전체 무인 비행체들(100a, 100b, 100c, 100d, 100e, 100f)은 한 점으로 모여 a_i 항에서 결정된 속력으로 특정 궤도를 회전하는 한점 수렴 효과를 기대할 수 있다. 이때, 항로 산출부(150)는 무인 비행체들(100a, 100b, 100c, 100d, 100e, 100f) 간의 충돌 방지를 고려하여 σ_r^{ij} 값을 설정할 수 있다. 또한, 본 발명의 실시예는 σ_a^{ij} 와 σ_r^{ij} 의 조합으로 원하는 편대 배치를 구현할 수 있다. 또한, 본 발명의 실시예는 $\sigma_a^{ij} = 0$, a_i 와 σ_r^{ij} 을 음의 상수로 설정하여 모든 무인 비행체들(100a, 100b, 100c, 100d, 100e, 100f)을 전 지구표면에 균일하게 배치할 수 있다.

[0101]

메모리(170)는 본체(100a)의 위치와 속도, 복수의 타 무인 비행체(100b, 100c, 100d, 100e, 100f)의 위치와 속도 및 자동항로를 비롯하여 무인 비행체(100)와 관련된 정보를 저장하기 위한 구성일 수 있다.

[0102]

제어부(190)는 자동항로에 따라 본체(100a)의 비행 제어를 비롯하여 무인 비행체(100)의 전체 동작을 제어하는 구성일 수 있다.

[0103]

설명의 편의를 위해, 복수의 무인 비행체(100a, 100b, 100c, 100d, 100e, 100f) 중 본체(100a)만을 예로 들어 설명하였지만, 타 무인 비행체들(100b, 100c, 100d, 100e, 100f) 역시 도 2의 세부 구성을 포함하여 자동항로에 따라 비행하는 것은 당연하다 할 것이다.

[0105]

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 무인 비행체의 제어방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

[0106]

먼저, 무인 비행체(100)는 본체(100a)의 위치 및 속도를 파악할 수 있다(S101).

[0107]

다음, 무인 비행체(100)는 복수의 타 무인 비행체(100b, 100c, 100d, 100e, 100f)로부터 각각의 위치 및 속도

를 수신할 수 있다(S103). 이때, 무인 비행체(100) 역시 본체의 위치 및 속도를 타 무인 비행체(100b, 100c, 100d, 100e, 100f)로 전달할 수 있다.

- [0108] 다음, 무인 비행체(100)는 본체(100a)와 복수의 타 무인 비행체(100b, 100c, 100d, 100e, 100f) 간에 통신이 가능한지 여부를 확인할 수 있다(S105).
- [0109] 단계 S105의 확인 결과, 통신이 가능한 경우, 무인 비행체(100)는 본체(100a)의 위치와 속도, 복수의 타 무인 비행체(100b, 100c, 100d, 100e, 100f)의 위치와 속도 및 자동항로 산출 기준을 기초로 본체(100a)의 자동항로를 파악할 수 있다(S107).
- [0110] 이때, 본체(100a)와 복수의 타 무인 비행체(100b, 100c, 100d, 100e, 100f) 간의 통신 가능 여부는 기 설정된 시간 내에 복수의 타 무인 비행체(100b, 100c, 100d, 100e, 100f)로부터 신호가 수신되는지 여부를 체크하는 방식을 비롯하여 다양한 방식을 통해 파악할 수 있다.
- [0111] 한편, 사용자의 필요에 따라 단계 S105의 통신 가능 여부를 확인하는 절차는 생략 가능하다 할 것이다.
- [0112] 다음, 무인 비행체(100)는 파악된 자동항로에 따라 본체(100a)의 비행을 제어할 수 있다(S109).
- [0113] 한편, 단계 S105의 확인 결과 통신이 불가능한 경우, 통신용 무인 비행체들(미도시)이 기 설정된 위치에 분산 배치될 수 있다(S111).
- [0115] 도 5는 도 4의 자동항로를 산출하는 방법을 보다 상세히 설명하기 위한 흐름도이다.
- [0116] 먼저, 상술한 도 4의 단계 S107에서, 무인 비행체(100)는 수학적 2를 기초로 자동항로를 산출할 수 있다.
- [0117] 수학적 2의 자동항로 산출 기준은 본체(100a)가 구면으로부터 기 설정된 이격 거리를 유지할 수 있도록 하는 구심력 알고리즘, 본체(100a)의 속력을 기 설정된 값으로 유지할 수 있도록 하는 부스트 알고리즘, 복수의 타 무인 비행체(100b, 100c, 100d, 100e, 100f)와의 상대 속도를 파악하여 본체(100a)를 포함하는 전체 무인 비행체(100a, 100b, 100c, 100d, 100e, 100f)의 비행 대형을 유지할 수 있도록 하는 플로킹(flocking) 알고리즘 및 복수의 타 무인 비행체(100b, 100c, 100d, 100e, 100f)와의 인력 및 척력을 상호 제어하여 비행 대형을 결정할 수 있도록 하는 협조 제어 알고리즘이 적용된 항들을 포함할 수 있다.
- [0118] 구체적으로, 무인 비행체(100)는 구심력 알고리즘을 기초로 본체(100a)의 위치를 구면에 고정시키는 자동항로를 산출할 수 있다(S201).
- [0119] 다음, 무인 비행체(100)는 부스트 알고리즘 및 플로킹 알고리즘을 기초로 본체(100a)와 타 무인 비행체들(100b, 100c, 100d, 100e, 100f) 간의 상대 속도 측정 및 본체(100a)의 속도를 조정하기 위한 자동항로를 산출할 수 있다(S203).
- [0120] 상기 플로킹 알고리즘은 구면 상에서 본체(100a)를 인접한 타 무인 비행체의 제1 위치에서 제2 위치로 구면을 따라 회전 변환 한 후, 본체(100b)의 제2 위치에서 파악된 인접한 타 무인 비행체와의 상대 속도 및 전체 무인 비행체들간의 통신율을 고려한 것일 수 있다.
- [0121] 다음, 무인 비행체(100)는 협력 제어 알고리즘을 기초로 본체(100a)를 비롯한 전체 무인 비행체들의 대형을 결정하는 자동항로를 산출할 수 있다(S205).
- [0122] 이때, 무인 비행체(100)는 본체(100a)와 타 무인 비행체(100b, 100c, 100d, 100e, 100f)의 위치($\mathbf{x}_i$, $\mathbf{x}_j$) 간의 인력(σ_a^{ij}) 및 척력(σ_r^{ij})을 상호 제어하는 협력 제어 알고리즘을 통해 본체(100a) 및 복수의 타 무인 비행체(100b, 100c, 100d, 100e, 100f)를 포함하는 전체 무인 비행체들(100a, 100b, 100c, 100d, 100e, 100f)의 편대 구성을 결정할 수 있는 것이다.
- [0124] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 비행 관리 시스템이다.
- [0125] 도 6을 참고하면, 비행 관리 시스템(200)은 복수의 임무 에이전트(210), 적어도 하나 이상의 통신 에이전트(230) 및 비행 관리 서버(250)를 포함할 수 있다.

- [0126] 후술하는 구성 중 도 2에서 개시하는 구성과 동일한 명칭의 구성은 서로 동일하는 역할을 수행하는 구성으로서, 이에 대한 상세 설명은 생략하기로 한다.
- [0127] 복수의 임무 에이전트(210)는 각각이 제1 자동항로에 따라 구면 상에서 비행하는 구성일 수 있다.
- [0128] 임무 에이전트(210)들 각각은 모두 GPS 기능을 탑재하여 각 임무 에이전트(210)의 위치와 속도를 감지할 수 있으며, 각 임무 에이전트(210)들은 통신기능이 있어서 측정된 위치와 속도 데이터를 타 임무 에이전트들 및 통신 에이전트(230)들과 무선통신을 통하여 공유할 수 있는 것이다. 이는, 후술하는 통신 에이전트(230) 역시 가능하다 할 것이다.
- [0129] 구체적으로, 복수의 임무 에이전트(210) 각각은 네트워크 통신 인터페이스(211), 위치 측정부(213), 항로 산출부(215), 메모리(217) 및 제어부(219)를 포함할 수 있다.
- [0130] 도시하지 않았지만, 임무 에이전트(210)는 본체(미도시)를 더 포함할 수 있다. 상기 본체(미도시)는 임무 에이전트(210)를 의미하는 것으로서, 설명의 편의를 위해 타 임무 에이전트(미도시)와 구별되는 용도로 적용하기로 한다.
- [0131] 네트워크 통신 인터페이스(211)는 무선 통신망을 통해 복수의 타 임무 에이전트 및 적어도 하나 이상의 통신 에이전트(230)를 비롯한 외부 구성과 통신을 수행하기 위한 구성일 수 있다.
- [0132] 위치 측정부(213)는 본체의 위치 및 속도를 파악하고, 파악된 본체의 위치 및 속도를 복수의 타 임무 에이전트 및 적어도 하나 이상의 통신 에이전트(230)로 제공하기 위한 구성일 수 있다.
- [0133] 항로 산출부(215)는 복수의 타 임무 에이전트의 위치와 속도 및 적어도 하나 이상의 통신 에이전트(230)의 위치와 속도를 수신하고, 수신된 상기 복수의 타 임무 에이전트의 위치와 속도, 적어도 하나 이상의 통신 에이전트(230)의 위치와 속도 및 상기 본체의 위치와 속도를 이용하여 본체의 이동 방향 및 속도를 포함하는 제1 자동항로를 산출할 수 있다.
- [0134] 구체적으로, 항로 산출부(215)는 구심력 알고리즘, 부스트 알고리즘, 플로킹(flocking) 알고리즘 및 협조 제어(cooperative control) 알고리즘을 포함한 자동항로 산출 기준에 복수의 타 임무 에이전트의 위치와 속도, 적어도 하나 이상의 통신 에이전트의 위치와 속도 및 본체의 위치와 속도를 적용하여 자동항로를 산출할 수 있다.
- [0135] 메모리(217)는 본체의 위치와 속도, 복수의 타 임무 에이전트의 위치와 속도, 적어도 하나 이상의 통신 에이전트(230)의 위치와 속도 및 자동항로를 비롯하여 임무 에이전트(210)와 관련된 정보를 저장하기 위한 구성일 수 있다.
- [0136] 제어부(219)는 제1 자동항로에 따라 본체의 비행 제어를 비롯하여 임무 에이전트의 전체 동작을 제어하기 위한 구성일 수 있다.
- [0137] 적어도 하나 이상의 통신 에이전트(230)는 기 설정된 위치에 배치되어 복수의 임무 에이전트(210) 간의 통신 연결을 중계하되, 제2 자동항로에 따라 구면 상에서 비행하는 구성일 수 있다.
- [0138] 예를 들어, 지구면이 곡면이므로 지구 반대편에 위치한 임무 에이전트(210)들은 서로 간에 직접통신이 불가능할 수 있다. 이에, 통신 에이전트(230)는 중계를 통해서 각 임무 에이전트(210)들이 위치를 공유할 수 있도록 하는 것이다. 비행 관리 서버(250) 역시 통신 에이전트(230)를 통해 정보를 전달할 수 있다. 즉, 구면의 기하적인 특징으로 인하여 임무 에이전트(210) 간에 정보교환이 불가능한 경우가 발생하므로 통신 에이전트(230)들을 임무 에이전트(210)들이 움직이는 영역에 일정한 간격으로 배치하여 통신을 중계하도록 하는 것이다.
- [0139] 통신 에이전트(230)의 수는 임무 에이전트(210)들의 행동반경을 고려하여 전 구면에 일정한 밀도로 분포될 수 있도록 사용자에 의해서 사전에 결정될 수 있다.
- [0140] 만약, 임무 에이전트(210)들 간에 통신이 가능하다면, 통신 에이전트(230)는 생략 가능하다 할 것이다.
- [0141] 구체적으로, 적어도 하나 이상의 통신 에이전트(230) 각각은 네트워크 통신 인터페이스(231), 위치 측정부(233), 항로 산출부(235), 메모리(237) 및 제어부(239)를 포함할 수 있다.
- [0142] 도시하지 않았지만, 통신 에이전트(230)는 본체(미도시)를 더 포함할 수 있다. 상기 본체(미도시)는 통신 에이전트(230)를 의미하는 것으로서, 설명의 편의를 위해 타 통신 에이전트(미도시)와 구별되는 용도로 적용하기로 한다.

- [0143] 네트워크 통신 인터페이스(231)는 무선 통신망을 통해 타 통신 에이전트 및 복수의 임무 에이전트(210)를 비롯한 외부 구성과 통신을 수행하기 위한 구성일 수 있다.
- [0144] 위치 측정부(233)는 본체의 위치 및 속도를 파악하고, 파악된 본체의 위치 및 속도를 복수의 임무 에이전트(210) 및 타 통신 에이전트로 제공하기 위한 구성일 수 있다.
- [0145] 항로 산출부(235)는 복수의 임무 에이전트(210)의 위치와 속도 및 타 통신 에이전트의 위치와 속도를 수신하고, 수신된 상기 복수의 임무 에이전트의 위치와 속도, 타 통신 에이전트의 위치와 속도 및 상기 본체의 위치와 속도를 이용하여 본체의 이동 방향 및 속도를 포함하는 제2 자동항로를 산출할 수 있다.
- [0146] 구체적으로, 항로 산출부(235)는 구심력 알고리즘, 부스트 알고리즘, 플로킹(flocking) 알고리즘 및 협조 제어(cooperative control) 알고리즘을 포함한 자동항로 산출 기준에 복수의 임무 에이전트의 위치와 속도, 타 통신 에이전트의 위치와 속도 및 본체의 위치와 속도를 적용하여 자동항로를 산출할 수 있다.
- [0147] 메모리(237)는 본체의 위치와 속도, 복수의 임무 에이전트의 위치와 속도, 타 통신 에이전트의 위치와 속도 및 자동항로를 비롯하여 통신 에이전트와 관련된 정보를 저장하기 위한 구성일 수 있다.
- [0148] 제어부(239)는 제2 자동항로에 따라 본체의 비행 제어를 비롯하여 통신 에이전트의 전체 동작을 제어하기 위한 구성일 수 있다.
- [0149] 비행 관리 서버(250)는 상술한 임무 에이전트(210)들의 활동영역 내부에 지상 제어소 역할로 구현되어, 임무 에이전트(210) 및 통신 에이전트(230)의 비행을 제어할 수 있다. 이때, 비행 관리 서버(250)가 임무 에이전트(210) 및 통신 에이전트(230)와 무선통신을 통해 정보를 송수신하는 것을 당연하다 할 것이다.
- [0150] 비행 관리 서버(250)는 임무 에이전트(210) 및 통신 에이전트(230)를 포함하는 모든 에이전트들을 일괄적으로 제어할 수 있다.
- [0151] 한편, 임무 에이전트(210) 및 통신 에이전트(230) 각각이 사전에 입력된 알고리즘을 통해 자동항로에 따라 비행을 수행할 때, 비행 관리 서버(250)는 생략 가능하거나, 또는 임무 에이전트(210) 및 통신 에이전트(230)를 제어하는 범위가 축소 변경될 수 있다 할 것이다.
- [0152] 이상에서 본 발명의 대표적인 실시예들을 상세하게 설명하였으나, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 상술한 실시예에 대하여 본 발명의 범주에서 벗어나지 않는 한도 내에서 다양한 변형이 가능함을 이해할 것이다. 그러므로 본 발명의 권리범위는 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 안 되며, 후술하는 특허 청구범위뿐만 아니라 이 특허청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

부호의 설명

- [0153] 100: 무인 비행체

100a: 본체

100b, 100c, 100d, 100e, 100f: 타 무인 비행체

110, 211, 231: 네트워크 통신 인터페이스

130, 213, 233: 위치 측정부

150, 215, 235: 항로 산출부

170, 217, 237: 메모리

190, 219, 239: 제어부

200: 비행 관리 시스템

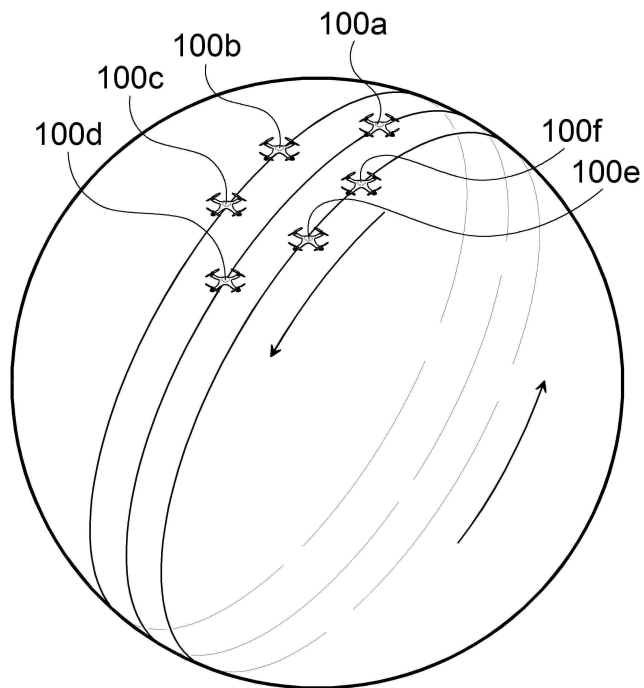
210: 임무 에이전트

230: 통신 에이전트

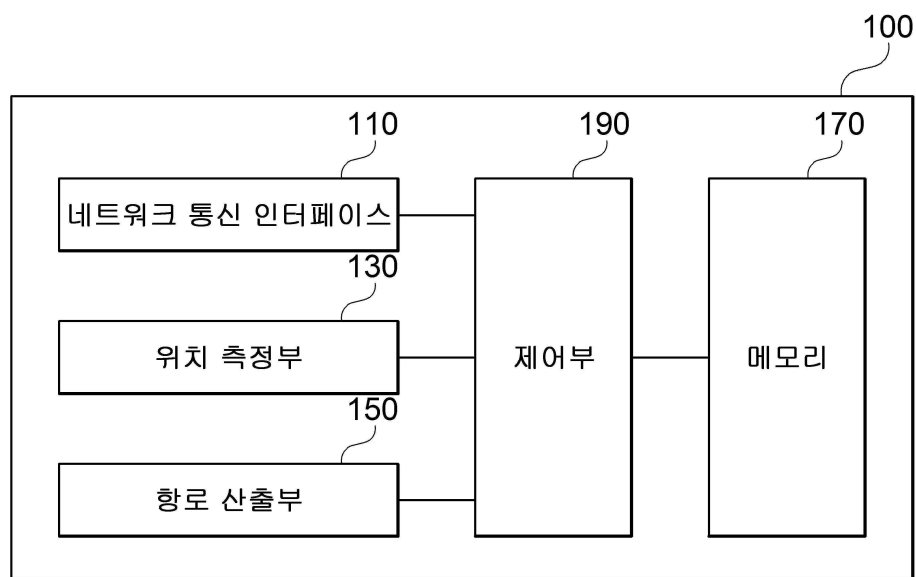
250: 비행 관리 서버

도면

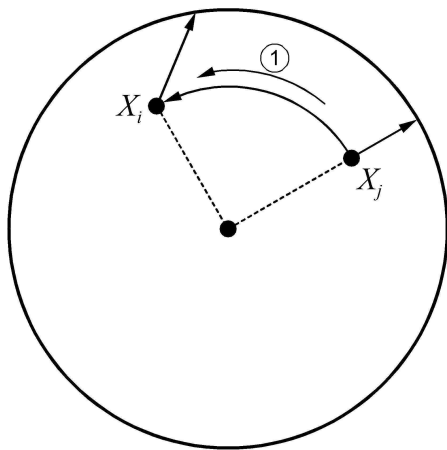
도면1



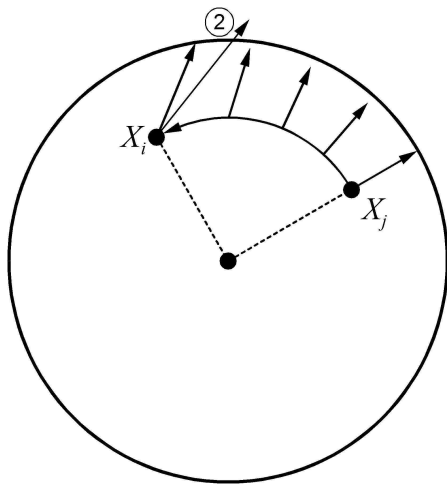
도면2



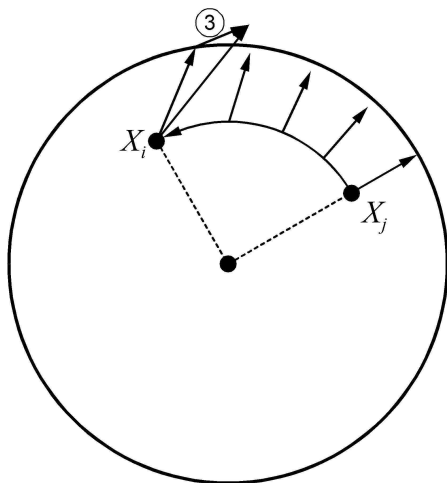
도면3a



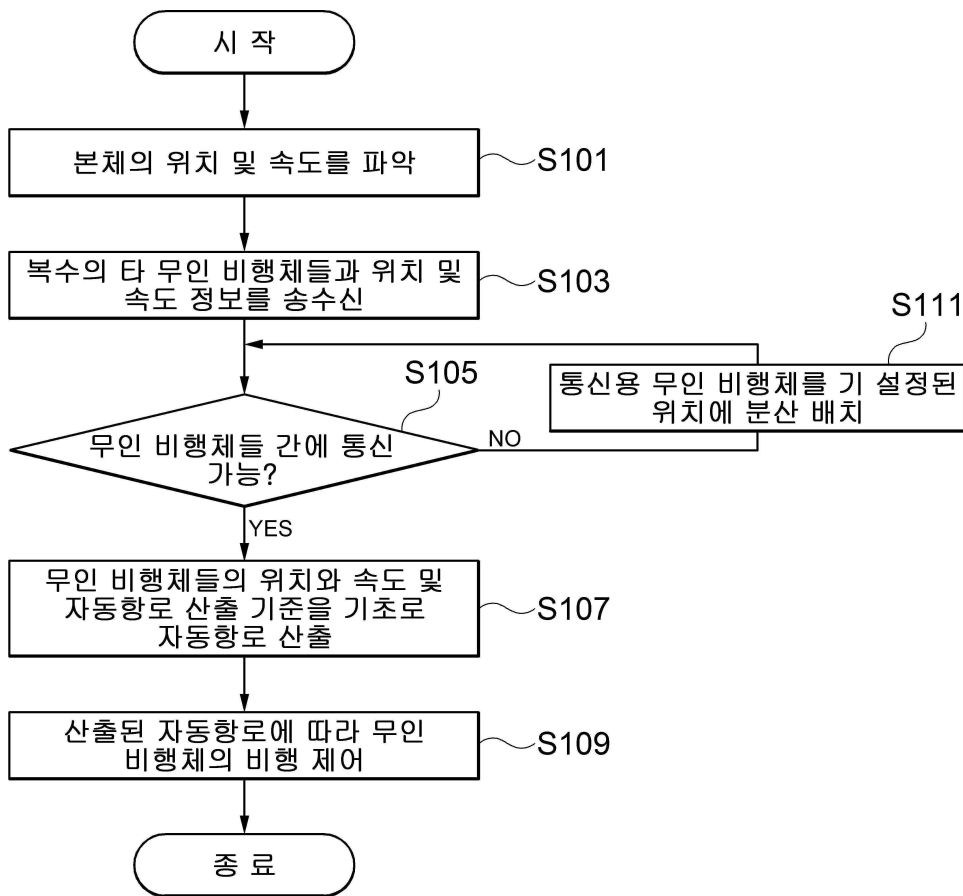
도면3b



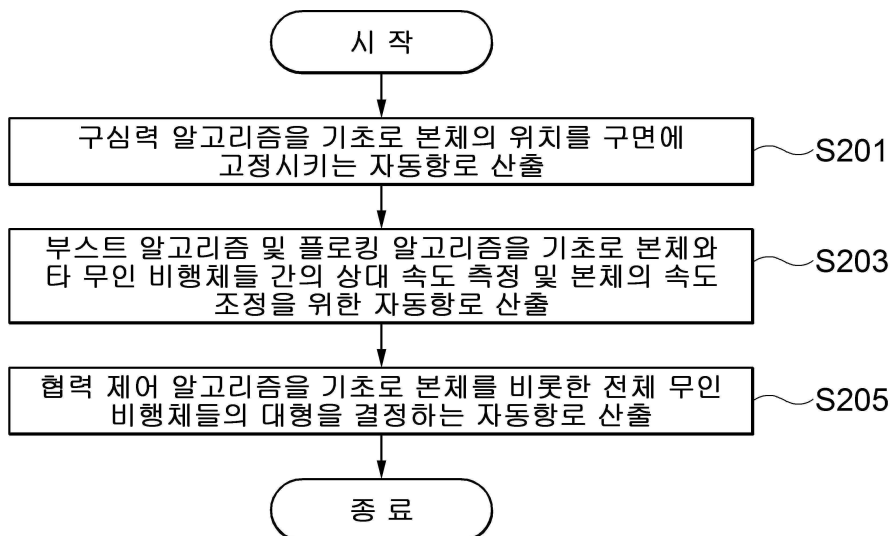
도면3c



도면4



도면5



도면6

