



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0076010
(43) 공개일자 2023년05월31일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G05D 1/12 (2006.01) G01P 5/18 (2006.01)
G05D 1/10 (2006.01) H04W 4/029 (2018.01)
(52) CPC특허분류
G05D 1/12 (2021.01)
G01P 5/18 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-0162802
(22) 출원일자 2021년11월23일
심사청구일자 2021년11월23일

(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

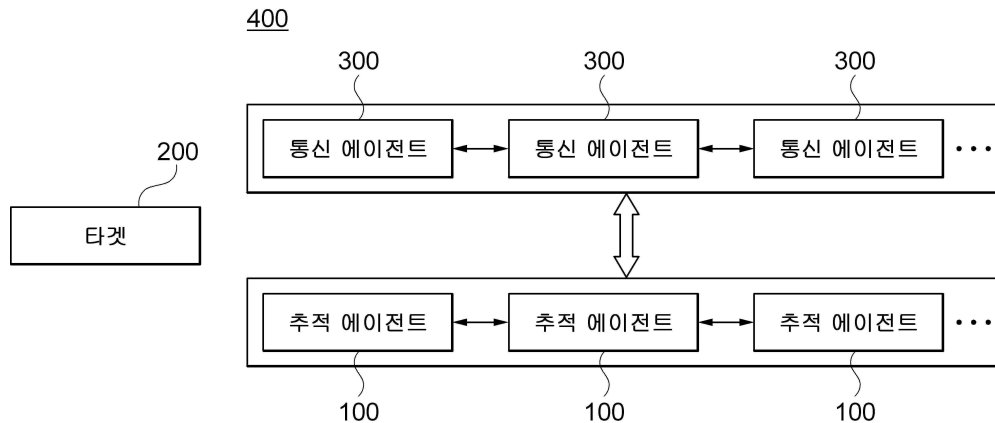
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 구면 상에서 타겟 추적을 위한 비행 관리 시스템 및 방법과, 이를 위한 추적 에이전트

(57) 요약

구면 상에서 타겟 추적을 위한 비행 관리 시스템 및 방법과, 이를 위한 추적 에이전트가 개시된다. 본 발명의 일 실시예에 따른 구면 상에서 타겟 추적을 위한 비행 관리 시스템은 구면 상에 기 설정된 위치에 배치되고 복수의 추적 에이전트와 통신 연결되어, 타겟의 위치, 타겟의 속도 및 타겟의 각속도 중 적어도 둘 이상을 포함하는 타겟의 정보를 획득하여 복수의 추적 에이전트로 전송하는 적어도 하나 이상의 통신 에이전트; 및 구면 상에서 비행하면서 서로 간 또는 적어도 하나 이상의 통신 에이전트와 통신을 수행하여 정보를 공유하되, 통신 에이전트로 부터 전달되는 타겟의 정보를 이용하여 추적 알고리즘을 생성하고, 생성된 추적 알고리즘에 따라 서로 간에 편대를 유지하면서 타겟을 추적하는 복수의 추적 에이전트를 포함한다.

대표도



(52) CPC특허분류

G05D 1/104 (2013.01)

H04W 4/029 (2020.05)

(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

구면 상에 기 설정된 위치에 배치되고 복수의 추적 에이전트와 통신 연결되어, 타겟의 위치, 타겟의 속도 및 타겟의 각속도 중 적어도 둘 이상을 포함하는 타겟의 정보를 획득하여 상기 복수의 추적 에이전트로 전송하는 적어도 하나 이상의 통신 에이전트; 및

구면 상에서 비행하면서 서로 간 또는 상기 적어도 하나 이상의 통신 에이전트와 통신을 수행하여 정보를 공유하되, 상기 통신 에이전트로부터 전달되는 상기 타겟의 정보를 이용하여 추적 알고리즘을 생성하고, 생성된 상기 추적 알고리즘에 따라 서로 간에 편대를 유지하면서 상기 타겟을 추적하는 복수의 추적 에이전트를 포함하는 구면 상에서 타겟 추적을 위한 비행 관리 시스템.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 추적 에이전트는,

인력과 척력으로 구성된 협력 통제, 타겟 추적 계수 및 구면 상에서의 정규화된 플로킹 작용소를 포함하여 상기 추적 알고리즘을 생성하는 구면 상에서 타겟 추적을 위한 비행 관리 시스템.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 추적 에이전트는,

상기 타겟의 위치 및 상기 타겟의 속도를 포함하는 상기 타겟의 정보 및 상기 복수의 추적 에이전트 정보를 이용하여 상기 타겟에 인접하는 패턴의 제1 추적 알고리즘을 생성하는 구면 상에서 타겟 추적을 위한 비행 관리 시스템.

청구항 4

청구항 3에 있어서,

상기 추적 에이전트는, 상기 제1 추적 알고리즘을 생성할 때, 수학식 1을 기초로 자신의 속도를 산출하고,

상기 수학식 1은 $\frac{dq_i}{dt} = p_i$ 이며,

상기 q_i 는 i번째 추적 에이전트의 위치 및 상기 p_i 는 i번째 추적 에이전트의 속도인 구면 상에서 타겟 추적을 위한 비행 관리 시스템.

청구항 5

청구항 4에 있어서,

상기 추적 에이전트는, 수학식 2를 기초로 자신의 가속도를 산출하여 각 추적 에이전트들의 비행 방향 및 속도를 결정하고,

상기 수학적식 2는,

$$\frac{dp_i}{dt} = -\frac{\|p_i\|^2}{\|q_i\|^2} q_i + \sum_{j=1}^N \frac{\sigma_{ij}}{N} (\|q_i\|^2 q_j - \langle q_i, q_j \rangle q_i) + c_q (\|q_i\|^2 q_r - \langle q_i, q_r \rangle q_i) + c_p (P_{q_r \rightarrow q_i}(p_r) - p_i) + U^i$$

이며,

상기 $-\frac{\|p_i\|^2}{\|q_i\|^2} q_i$ 는 추적 에이전트의 구심력을 나타내는 항, 상기 $\sum_{j=1}^N \frac{\sigma_{ij}}{N} (\|q_i\|^2 q_j - \langle q_i, q_j \rangle q_i)$ 는 복수의 추적 에이전트들의 대형을 결정하는 항, 상기 $c_q (\|q_i\|^2 q_r - \langle q_i, q_r \rangle q_i)$ 는 추적 에이전트가 타겟을 추적하는 방향을 결정하는 항, 상기 $c_p (P_{q_r \rightarrow q_i}(p_r) - p_i)$ 는 복수의 추적 에이전트의 대형을 유지시키는 플로킹항 및 상기 U^i 는 추적 에이전트의 추가 제어항을 의미하고,

상기 σ_{ij} 는 협력 제어 매개변수, 상기 q_j 는 j번째 추적 에이전트의 위치, 상기 q_r 는 타겟의 위치, 상기 p_r 는 타겟의 속도, 상기 c_q 는 추적 에이전트의 위치에 대한 타겟 추적 계수, 상기 c_p 는 추적 에이전트의 속도에 대한 타겟 추적 계수 및 상기 P 는 회전 연산자(rotation operator)인 구면 상에서 타겟 추적을 위한 비행 관리 시스템.

청구항 6

청구항 5에 있어서,

상기 협력 제어 매개변수는, 서로 다른 추적 에이전트들 간의 인력계수, 서로 다른 추적 에이전트들 간의 척력 계수 및 서로 다른 추적 에이전트들 각각의 위치를 포함하는 구면 상에서 타겟 추적을 위한 비행 관리 시스템.

청구항 7

청구항 5에 있어서,

상기 추적 에이전트는,

상기 추적 에이전트의 추가 제어항(U^i)을 0으로 설정하는 구면 상에서 타겟 추적을 위한 비행 관리 시스템.

청구항 8

청구항 5에 있어서,

상기 추적 에이전트는,

상기 타겟의 위치, 상기 타겟의 속도 및 상기 타겟의 각속도를 포함하는 상기 타겟의 정보 및 상기 복수의 추적 에이전트 정보를 이용하여 상기 제1 추적 알고리즘에 상기 타겟의 각속도를 반영한 상기 타겟에 접촉하는 패턴의 제2 추적 알고리즘을 생성하는 구면 상에서 타겟 추적을 위한 비행 관리 시스템.

청구항 9

청구항 8에 있어서,

상기 추적 에이전트는,

상기 제2 추적 알고리즘을 생성할 때, 상기 수학적식 2를 기초로 자신의 가속도를 산출하여 각 추적 에이전트들의

비행 방향 및 속도를 결정하되, 상기 추적 에이전트의 추가 제어항(U^i)을 수학식 3으로 설정하고,

상기 수학식 3은, $U^i = \langle w_y, q_i \rangle^2 q_i - \langle w_y, q_i \rangle w_y + 2\langle w_y, q_i \rangle (q_i \times p_i) + \dot{w}_y \times q_i$ 이며,

상기 w_y 은 시간 t 에서의 타겟의 각속도를 의미하고 $w_y = q_y \times p_y$ 인 구면 상에서 타겟 추적을 위한 비행 관리 시스템.

청구항 10

청구항 1에 있어서,

상기 추적 에이전트는,

추적 에이전트의 속도에 대한 타겟 추적 계수, 회전 연산자, 타겟의 속도 및 추적 에이전트의 속도를 포함하는 복수의 추적 에이전트의 대형을 유지시키는 플로킹항 및 추적 에이전트의 추가 제어항을 포함하여 상기 추적 알고리즘을 생성하는 구면 상에서 타겟 추적을 위한 비행 관리 시스템.

청구항 11

청구항 1에 있어서,

상기 복수의 추적 에이전트 및 상기 통신 에이전트 각각은, 구면 상에서 초기 비행 조건인 수학식 4에 따라 비행을 수행하고,

상기 수학식 4는, $\langle q_i(0), q_i(0) \rangle = 1$, $\langle q_i(0), p_i(0) \rangle = 0$ 이며,

상기 q_i 는 i 번째 추적 에이전트의 위치 및 상기 p_i 는 i 번째 추적 에이전트의 속도인 구면 상에서 타겟 추적을 위한 비행 관리 시스템.

청구항 12

본체;

무선 통신망을 통해 복수의 타 추적 에이전트 및 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 추적 에이전트로 제공하는 위치 측정부;

상기 통신 에이전트로부터 전달되는 타겟의 위치, 타겟의 속도 및 타겟의 각속도 중 적어도 둘 이상을 포함하는 타겟의 정보를 이용하여 타겟을 추적하기 위한 추적 알고리즘을 생성하는 추적 알고리즘 산출부; 및

생성된 상기 추적 알고리즘에 따라 복수의 타 추적 에이전트들과 편대를 유지하면서 상기 타겟을 추적하는 제어부를 포함하는 구면 상에서 타겟 추적을 위한 추적 에이전트.

청구항 13

청구항 12에 있어서,

상기 추적 알고리즘 산출부는,

상기 타겟의 위치 및 상기 타겟의 속도를 포함하는 상기 타겟의 정보 및 복수의 추적 에이전트 정보를 이용하여 상기 타겟에 인접하는 패턴의 제1 추적 알고리즘을 생성하는 구면 상에서 타겟 추적을 위한 추적 에이전트.

청구항 14

청구항 13에 있어서,

상기 추적 알고리즘 산출부는, 상기 제1 추적 알고리즘을 생성할 때, 수학식 1을 기초로 자신의 속도를 산출하고,

상기 수학식 1은 $\frac{dq_i}{dt} = p_i$ 이며,

상기 q_i 는 i번째 추적 에이전트의 위치 및 상기 p_i 는 i번째 추적 에이전트의 속도인 구면 상에서 타겟 추적을 위한 추적 에이전트.

청구항 15

청구항 14에 있어서,

상기 추적 알고리즘 산출부는, 수학식 2를 기초로 자신의 가속도를 산출하여 각 추적 에이전트들의 비행 방향 및 속도를 결정하고,

상기 수학식 2는,

$$\frac{dp_i}{dt} = -\frac{\|p_i\|^2}{\|q_i\|^2} q_i + \sum_{j=1}^N \frac{\sigma_{ij}}{N} (\|q_i\|^2 q_j - \langle q_i, q_j \rangle q_i) + c_q (\|q_i\|^2 q_y - \langle q_i, q_y \rangle q_i) + c_p (P_{q_y \rightarrow q_i}(p_y) - p_i) + U^i \quad \text{이며,}$$

상기 $-\frac{\|p_i\|^2}{\|q_i\|^2} q_i$ 는 추적 에이전트의 구심력을 나타내는 항, 상기 $\sum_{j=1}^N \frac{\sigma_{ij}}{N} (\|q_i\|^2 q_j - \langle q_i, q_j \rangle q_i)$ 는 복수의 추적 에이전트들의 대형을 결정하는 항, 상기 $c_q (\|q_i\|^2 q_y - \langle q_i, q_y \rangle q_i)$ 는 추적 에이전트가 타겟을 추적하는 방향을 결정하는 항, 상기 $c_p (P_{q_y \rightarrow q_i}(p_y) - p_i)$ 는 복수의 추적 에이전트의 대형을 유지시키는 플로킹항 및 상기 U^i 는 추적 에이전트의 추가 제어항을 의미하고,

상기 σ_{ij} 는 협력 제어 매개변수, 상기 q_j 는 j번째 추적 에이전트의 위치, 상기 q_y 는 타겟의 위치, 상기 p_y 는 타겟의 속도, 상기 c_q 는 추적 에이전트의 위치에 대한 타겟 추적 계수, 상기 c_p 는 추적 에이전트의 속도에 대한 타겟 추적 계수 및 상기 P 는 회전 연산자(rotation operator)인 구면 상에서 타겟 추적을 위한 추적 에이전트.

청구항 16

청구항 15에 있어서,

상기 추적 알고리즘 산출부는,

상기 타겟의 위치, 상기 타겟의 속도 및 상기 타겟의 각속도를 포함하는 상기 타겟의 정보 및 상기 복수의 추적 에이전트 정보를 이용하여 상기 제1 추적 알고리즘에 상기 타겟의 각속도를 반영한 상기 타겟에 접촉하는 패턴의 제2 추적 알고리즘을 생성하는 구면 상에서 타겟 추적을 위한 추적 에이전트.

청구항 17

구면 상에서 복수의 추적 에이전트 및 적어도 하나 이상의 통신 에이전트가 비행을 수행하는 단계;

상기 복수의 추적 에이전트 간에 자신의 위치를 포함하는 정보를 공유하는 단계;

상기 복수의 추적 에이전트가 상기 통신 에이전트로부터 전송되는 타겟의 위치, 타겟의 속도 및 타겟의 각속도 중 적어도 둘 이상을 포함하는 타겟의 정보를 수신하는 단계;

상기 복수의 추적 에이전트가 상기 타겟의 정보를 이용하여 추적 알고리즘을 생성하는 단계; 및

상기 복수의 추적 에이전트가 상기 추적 알고리즘에 따라 서로 간에 편대를 유지하면서 타겟을 추적하는 단계를 포함하는 구면 상에서 타겟 추적을 위한 비행 관리 방법.

청구항 18

청구항 17에 있어서,

상기 추적 알고리즘을 생성하는 단계에서,

상기 추적 에이전트가 인력과 척력으로 구성된 협력 통제, 타겟 추적 계수 및 구면 상에서의 정규화된 플로킹 작용소를 포함하여 상기 추적 알고리즘을 생성하는 구면 상에서 타겟 추적을 위한 비행 관리 방법.

청구항 19

청구항 17에 있어서,

상기 추적 알고리즘을 생성하는 단계에서,

상기 타겟의 위치 및 상기 타겟의 속도를 포함하는 상기 타겟의 정보 및 상기 복수의 추적 에이전트 정보를 이용하여 상기 타겟에 인접하는 패턴의 제1 추적 알고리즘을 생성하거나, 또는

상기 타겟의 위치, 상기 타겟의 속도 및 상기 타겟의 각속도를 포함하는 상기 타겟의 정보 및 상기 복수의 추적 에이전트 정보를 이용하여 상기 제1 추적 알고리즘에 상기 타겟의 각속도를 반영한 상기 타겟에 접촉하는 패턴의 제2 추적 알고리즘을 생성하는 구면 상에서 타겟 추적을 위한 비행 관리 방법.

청구항 20

청구항 17에 있어서,

상기 구면 상에서 복수의 추적 에이전트 및 적어도 하나 이상의 통신 에이전트가 비행을 수행하는 단계에서,

상기 복수의 추적 에이전트 및 상기 통신 에이전트 각각은 상기 구면 상에서 초기 비행 조건인 수학식 1에 따라 비행을 수행하고,

상기 수학식 1은, $\langle q_i(0), q_i(0) \rangle = 1$, $\langle q_i(0), p_i(0) \rangle = 0$ 이며,

상기 q_i 는 i 번째 추적 에이전트의 위치 및 상기 p_i 는 i 번째 추적 에이전트의 속도인 구면 상에서 타겟 추적을 위한 비행 관리 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명의 실시예들은 구면 상에서 타겟 추적을 위한 비행 관리 시스템 및 방법과, 이를 위한 추적 에이전트와 관련된다.

배경 기술

[0002] 상공을 비행하는 타겟을 추적하는 방법은 군사 및 상업 등의 분야에서 주요 이슈로 대두되고 있다. 최근 다수의 에이전트(agent)를 통해 타겟을 추적하는 기술은 다양한 분야에서 활용되고 있다. 예를 들어, 특정 공간에 침입

으로 간주되는 무인 항공기(UAVs)를 감시하고 추적하는 경우가 종종 발생하고 있다.

[0003] 한편, 국소적인 공간에서 다수의 에이전트들이 타겟을 추적하는 알고리즘은 2차원 평면 또는 한정된 3차원 공간에서 에이전트들이 자유롭게 비행하는 상황을 가정하여 도출할 수 있다.

[0004] 최근 무인 항공기는 비약적인 성능 발전으로 인해 국소적인 공간에서만 임무를 수행하는 것이 아닌 전지구를 활동영역으로 하는 경우가 증가하고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

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

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명의 실시예들은 구면 상에서 추적 에이전트들이 편대를 형성하며 타겟을 추적하기 위한 구면 상에서 타겟 추적을 위한 비행 관리 시스템 및 방법과, 이를 위한 추적 에이전트를 제공하기 위한 것이다.

과제의 해결 수단

[0009] 본 발명의 예시적인 실시예에 따르면, 구면 상에서 타겟 추적을 위한 비행 관리 시스템은, 구면 상에 기 설정된 위치에 배치되고 복수의 추적 에이전트와 통신 연결되어, 타겟의 위치, 타겟의 속도 및 타겟의 각속도 중 적어도 둘 이상을 포함하는 타겟의 정보를 획득하여 상기 복수의 추적 에이전트로 전송하는 적어도 하나 이상의 통신 에이전트; 및 구면 상에서 비행하면서 서로 간 또는 상기 적어도 하나 이상의 통신 에이전트와 통신을 수행하여 정보를 공유되, 상기 통신 에이전트로부터 전달되는 상기 타겟의 정보를 이용하여 추적 알고리즘을 생성하고, 생성된 상기 추적 알고리즘에 따라 서로 간에 편대를 유지하면서 상기 타겟을 추적하는 복수의 추적 에이전트를 포함한다.

[0010] 상기 추적 에이전트는, 입력과 척력으로 구성된 협력 통제, 타겟 추적 계수 및 구면 상에서의 정규화된 플로킹 작용소를 포함하여 상기 추적 알고리즘을 생성할 수 있다.

[0011] 상기 추적 에이전트는, 상기 타겟의 위치 및 상기 타겟의 속도를 포함하는 상기 타겟의 정보 및 상기 복수의 추적 에이전트 정보를 이용하여 상기 타겟에 인접하는 패턴의 제1 추적 알고리즘을 생성할 수 있다.

[0012] 상기 추적 에이전트는, 상기 제1 추적 알고리즘을 생성할 때, 수학식 1을 기초로 자신의 속도를 산출하고, 상기 수학식 1은 $\frac{dq_i}{dt} = p_i$ 이며, 상기 q_i 는 i번째 추적 에이전트의 위치 및 상기 p_i 는 i번째 추적 에이전트의 속도일 수 있다.

[0013] 상기 추적 에이전트는, 수학식 2를 기초로 자신의 가속도를 산출하여 각 추적 에이전트들의 비행 방향 및 속도를 결정하고, 상기 수학식 2는,

$$\frac{dp_i}{dt} = -\frac{\|p_i\|^2}{\|q_i\|^3} q_i + \sum_{j=1}^N \frac{\sigma_{ij}}{N} (\|q_i\|^2 q_j - \langle q_i, q_j \rangle q_i) + c_q (\|q_i\|^2 q_y - \langle q_i, q_y \rangle q_i) + c_p (P_{q_y \rightarrow q_i}(p_y) - p_i) + U^i$$

이며, 상기 $-\frac{\|p_i\|^2}{\|q_i\|^3} q_i$ 는 추적 에이전트의 구심력을 나타내는 항, 상기 $\sum_{j=1}^N \frac{\sigma_{ij}}{N} (\|q_i\|^2 q_j - \langle q_i, q_j \rangle q_i)$ 는 복수의 추적 에이전트들의 대형을 결정하는 항, 상기 $c_q (\|q_i\|^2 q_y - \langle q_i, q_y \rangle q_i)$ 는 추적 에이전트가 타겟을 추적하는 방향을 결정하는 항, 상기 $c_p (P_{q_y \rightarrow q_i}(p_y) - p_i)$ 는 복수의 추적 에이전트의 대형을 유지시키는 플로킹항 및 상기 U^i 는 추적

에이전트의 추가 제어항을 의미하고, 상기 σ_{ij} 는 협력 제어 매개변수, 상기 q_j 는 j번째 추적 에이전트의 위치, 상기 q_r 는 타겟의 위치, 상기 p_r 는 타겟의 속도, 상기 c_q 는 추적 에이전트의 위치에 대한 타겟 추적 계수, 상기 c_p 는 추적 에이전트의 속도에 대한 타겟 추적 계수 및 상기 P 는 회전 연산자(rotation operator)일 수 있다.

[0014] 상기 협력 제어 매개변수는, 서로 다른 추적 에이전트들 간의 인력계수, 서로 다른 추적 에이전트들 간의 척력 계수 및 서로 다른 추적 에이전트들 각각의 위치를 포함할 수 있다.

[0015] 상기 추적 에이전트는, 상기 추적 에이전트의 추가 제어항(U^i)을 0으로 설정할 수 있다.

[0016] 상기 추적 에이전트는, 상기 타겟의 위치, 상기 타겟의 속도 및 상기 타겟의 각속도를 포함하는 상기 타겟의 정보 및 상기 복수의 추적 에이전트 정보를 이용하여 상기 제1 추적 알고리즘에 상기 타겟의 각속도를 반영한 상기 타겟에 접촉하는 패턴의 제2 추적 알고리즘을 생성할 수 있다.

[0017] 상기 추적 에이전트는, 상기 제2 추적 알고리즘을 생성할 때, 상기 수학적 2를 기초로 자신의 가속도를 산출하여 각 추적 에이전트들의 비행 방향 및 속도를 결정하되, 상기 추적 에이전트의 추가 제어항(U^i)을 수학적 3으로 설정하고, 상기 수학적 3은, $U^i = \langle w_r, q_i \rangle^2 q_i - \langle w_r, q_i \rangle w_r + 2 \langle w_r, q_i \rangle (q_i \times p_i) + \dot{w}_r \times q_i$ 이며, 상기 w_r 은 시간 t 에서의 타겟의 각속도를 의미하고 $w_r = q_r \times p_r$ 일 수 있다.

[0018] 상기 추적 에이전트는, 추적 에이전트의 속도에 대한 타겟 추적 계수, 회전 연산자, 타겟의 속도 및 추적 에이전트의 속도를 포함하는 복수의 추적 에이전트의 대형을 유지시키는 플로킹항 및 추적 에이전트의 추가 제어항을 포함하여 상기 추적 알고리즘을 생성할 수 있다.

[0019] 상기 복수의 추적 에이전트 및 상기 통신 에이전트 각각은, 구면 상에서 초기 비행 조건인 수학적 4에 따라 비행을 수행하고, 상기 수학적 4는, $\langle q_i(0), q_i(0) \rangle = 1$, $\langle q_i(0), p_i(0) \rangle = 0$ 이며, 상기 q_i 는 i번째 추적 에이전트의 위치 및 상기 p_i 는 i번째 추적 에이전트의 속도일 수 있다.

[0020] 본 발명의 다른 예시적인 실시예에 따르면, 구면 상에서 타겟 추적을 위한 추적 에이전트는, 본체; 무선 통신망을 통해 복수의 타 추적 에이전트 및 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 추적 에이전트로 제공하는 위치 측정부; 상기 통신 에이전트로부터 전달되는 타겟의 위치, 타겟의 속도 및 타겟의 각속도 중 적어도 둘 이상을 포함하는 타겟의 정보를 이용하여 타겟을 추적하기 위한 추적 알고리즘을 생성하는 추적 알고리즘 산출부; 및 생성된 상기 추적 알고리즘에 따라 복수의 타 추적 에이전트들과 편대를 유지하면서 상기 타겟을 추적하는 제어부를 포함할 수 있다.

[0021] 상기 추적 알고리즘 산출부는, 상기 타겟의 위치 및 상기 타겟의 속도를 포함하는 상기 타겟의 정보 및 복수의 추적 에이전트 정보를 이용하여 상기 타겟에 인접하는 패턴의 제1 추적 알고리즘을 생성할 수 있다.

[0022] 상기 추적 알고리즘 산출부는, 상기 제1 추적 알고리즘을 생성할 때, 수학적 1을 기초로 자신의 속도를 산출하고, 상기 수학적 1은 $\frac{dq_i}{dt} = p_i$ 이며, 상기 q_i 는 i번째 추적 에이전트의 위치 및 상기 p_i 는 i번째 추적 에이전트의 속도일 수 있다.

[0023] 상기 추적 알고리즘 산출부는, 수학적 2를 기초로 자신의 가속도를 산출하여 각 추적 에이전트들의 비행 방향 및 속도를 결정하고, 상기 수학적 2는,

$$\frac{dp_i}{dt} = -\frac{\|p_i\|^2}{\|q_i\|^2} q_i + \sum_{j=1}^N \frac{\sigma_{ij}}{N} (\|q_i\|^2 q_j - \langle q_i, q_j \rangle q_i) + c_q (\|q_i\|^2 q_r - \langle q_i, q_r \rangle q_i) + c_p (P_{q_r \rightarrow q_i}(p_r) - p_i) + U^i$$

이며, 상기 $-\frac{\|p_i\|^2}{\|q_i\|^2} q_i$ 는 추적 에이전트의 구심력을 나타내는 항, 상기 $\sum_{j=1}^N \frac{\sigma_{ij}}{N} (\|q_i\|^2 q_j - \langle q_i, q_j \rangle q_i)$ 는 복수의 추적 에이전

트들의 대형을 결정하는 항, 상기 $c_q (\|q_i\|^2 q_y - \langle q_i, q_y \rangle q_i)$ 는 추적 에이전트가 타겟을 추적하는 방향을 결정하는 항, 상기 $c_p (P_{q_y \rightarrow q_i}(p_y) - p_i)$ 는 복수의 추적 에이전트의 대형을 유지시키는 플로킹항 및 상기 U^i 는 추적 에이전트의 추가 제어항을 의미하고, 상기 σ_{ij} 는 협력 제어 매개변수, 상기 q_j 는 j번째 추적 에이전트의 위치, 상기 q_y 는 타겟의 위치, 상기 p_y 는 타겟의 속도, 상기 c_q 는 추적 에이전트의 위치에 대한 타겟 추적 계수, 상기 c_p 는 추적 에이전트의 속도에 대한 타겟 추적 계수 및 상기 P 는 회전 연산자(rotation operator)일 수 있다.

[0024] 상기 추적 알고리즘 산출부는, 상기 타겟의 위치, 상기 타겟의 속도 및 상기 타겟의 각속도를 포함하는 상기 타겟의 정보 및 상기 복수의 추적 에이전트 정보를 이용하여 상기 제1 추적 알고리즘에 상기 타겟의 각속도를 반영한 상기 타겟에 접촉하는 패턴의 제2 추적 알고리즘을 생성할 수 있다.

[0025] 본 발명의 다른 예시적인 실시예에 따르면, 구면 상에서 타겟 추적을 위한 비행 관리 방법은, 구면 상에서 복수의 추적 에이전트 및 적어도 하나 이상의 통신 에이전트가 비행을 수행하는 단계; 상기 복수의 추적 에이전트 간에 자신의 위치를 포함하는 정보를 공유하는 단계; 상기 복수의 추적 에이전트가 상기 통신 에이전트로부터 전송되는 타겟의 위치, 타겟의 속도 및 타겟의 각속도 중 적어도 둘 이상을 포함하는 타겟의 정보를 수신하는 단계; 상기 복수의 추적 에이전트가 상기 타겟의 정보를 이용하여 추적 알고리즘을 생성하는 단계; 및 상기 복수의 추적 에이전트가 상기 추적 알고리즘에 따라 서로 간에 편대를 유지하면서 타겟을 추적하는 단계를 포함한다.

[0026] 또한, 상기 비행 관리 방법은 상기 추적 알고리즘을 생성하는 단계에서, 상기 추적 에이전트가 인력과 척력으로 구성된 협력 통제, 타겟 추적 계수 및 구면 상에서의 정규화된 플로킹 작용소를 포함하여 상기 추적 알고리즘을 생성할 수 있다.

[0027] 또한, 상기 비행 관리 방법은 상기 추적 알고리즘을 생성하는 단계에서, 상기 타겟의 위치 및 상기 타겟의 속도를 포함하는 상기 타겟의 정보 및 상기 복수의 추적 에이전트 정보를 이용하여 상기 타겟에 인접하는 패턴의 제1 추적 알고리즘을 생성하거나, 또는 상기 타겟의 위치, 상기 타겟의 속도 및 상기 타겟의 각속도를 포함하는 상기 타겟의 정보 및 상기 복수의 추적 에이전트 정보를 이용하여 상기 제1 추적 알고리즘에 상기 타겟의 각속도를 반영한 상기 타겟에 접촉하는 패턴의 제2 추적 알고리즘을 생성할 수 있다.

[0028] 또한, 상기 비행 관리 방법은 상기 구면 상에서 복수의 추적 에이전트 및 적어도 하나 이상의 통신 에이전트가 비행을 수행하는 단계에서, 상기 복수의 추적 에이전트 및 상기 통신 에이전트 각각은 상기 구면 상에서 초기 비행 조건인 수학식 1에 따라 비행을 수행하고, 상기 수학식 1은, $\langle q_i(0), q_i(0) \rangle = 1$, $\langle q_i(0), p_i(0) \rangle = 0$ 이며, 상기 q_i 는 i번째 추적 에이전트의 위치 및 상기 p_i 는 i번째 추적 에이전트의 속도일 수 있다.

발명의 효과

[0030] 본 발명의 실시예들에 따르면, 지구와 같은 구면의 광범위한 영역을 비행 하는 타겟을 다수의 에이전트들이 편대 대열을 유지하면서 추적할 수 있다는 효과를 기대할 수 있다.

[0031] 또한, 본 발명의 실시예들에 따르면, 타겟으로부터 측정된 정보량과 추적하는 에이전트의 성능에 따라, 타겟을 추적하는 정확도를 조절할 수 있고, 이를 기초로 타겟을 호위하는 임무를 수행하거나, 또는 격추하는 임무를 수행할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0033] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 구면 상에서 타겟 추적을 위한 비행 관리 시스템을 설명하기 위한 블록도
도 2a 및 도 2b는 본 발명의 일 실시예에 따른 추적 에이전트들이 타겟을 추적하는 방법을 설명하기 위한 예시도

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 추적 에이전트를 설명하기 위한 블록도

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 구면 상에서 타겟 추적을 위한 비행 관리 방법을 설명하기 위한 흐름도

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 컴퓨팅 장치를 포함하는 컴퓨팅 환경을 예시하여 설명하기 위한 블록도

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0034] 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.
- [0035] 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 가능성을 배제하도록 해석되어서는 안 된다.
- [0036] 후술하는 본 발명의 실시예들에서는 지구와 같은 구면에서 자유 비행하는 특정물체(타겟)에 대하여 복수의 추적 에이전트들이 편대를 형성하여 추적하는 알고리즘을 제안하고자 한다. 타겟의 시간에 따른 위치, 속도와 가속도는 관측을 통해서 획득할 수 있다. 이때, 발생하는 노이즈와 시간지연에 대한 오차는 알고리즘에 관계된 물체들의 물리량들에 비해 상대적으로 규모가 적어서 영향이 미미하므로 고려하지 않을 수 있다.
- [0037] 후술하는 추적 에이전트, 통신 에이전트 및 타겟은 완벽한 구면 상에서 비행한다고 가정할 수 있다. 또한, 타겟은 사전에 설정된 알고리즘에 따라 독자적으로 비행한다고 가정할 수 있다.
- [0038] 후술하는 타겟, 추적 에이전트 및 통신 에이전트는 상공을 비행할 수 있는 구성으로서, 예를 들어, 무인 항공기, 순항 미사일 및 드론일 수 있으며, 이에 한정되지 않고 상공을 비행하는 것이 가능하고 하기 추적 알고리즘이 적용될 수 있는 구성이라면 모두 가능할 수 있다.
- [0039] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 구면 상에서 타겟 추적을 위한 비행 관리 시스템을 설명하기 위한 블록도이고, 도 2a 및 도 2b는 본 발명의 일 실시예에 따른 추적 에이전트들이 타겟을 추적하는 방법을 설명하기 위한 예시도이다.
- [0040] 본 실시예들에서 개시하는 구면(예를 들어, 지구면)을 단순화하여 단위구로 표현하고, 알고리즘 내의 모든 위치, 속도, 가속도는 열벡터로 표현할 수 있다. 즉, 본 실시예들에서 개시하는 구면은 예를 들어, 지구일 수 있으며, 이는 단위구로 간주할 수 있다.
- [0041] 시간 t 에서의 타겟(200)의 위치는 $\mathbf{q}_r(t)$, 속도는 $\mathbf{p}_r(t)$, 가속도는 $\mathbf{u}_r(t)$ 일 수 있다. 여기에서, 타겟(200)의 제어 알고리즘은 다음과 같은 연립 상미분방정식으로 나타낼 수 있다. 타겟(200)는 후술하는 제어 알고리즘에 따라 독자적으로 비행할 수 있다.
- [0042] (수학식 1)
- [0043]
$$\frac{d\mathbf{q}_r}{dt} = \mathbf{p}_r$$
- [0044] (수학식 2)
- [0045]
$$\frac{d\mathbf{p}_r}{dt} = -\frac{\|\mathbf{p}_r\|^2}{\|\mathbf{q}_r\|^2}\mathbf{q}_r + \mathbf{u}_r(t)$$
- [0046] 상술한 수학식 1은 타겟(200)의 속도에 대한 뉴턴의 운동법칙을 나타낸다.

[0047] 상술한 수학적식 2에서 $-\frac{\|p_y\|^2}{\|q_y\|^2} q_y$ 항은 타겟(200)이 구면에만 위치할 수 있도록 하는 구심력을 나타내는 항일 수 있다. 상기 $U_y(t)$ 은 타겟(200)의 제어항 또는 표면가속도를 나타내는 항으로 타겟(200)의 위치를 구면에서 유지하기 위해 위치 q_y 와 가속도 u_y 로 구성된 수학적식 3과 같이 표현할 수 있다.

[0048] (수학적식 3)

[0049]
$$U_y = \|q_y\|^2 u_y - \langle u_y, q_y \rangle q_y$$

[0050] 도 1을 참고하면, 구면 상에서 타겟 추적을 위한 비행 관리 시스템(이하에서는 '비행 관리 시스템'이라 하기로 함)은 추적 에이전트(100) 및 통신 에이전트(300)를 포함한다.

[0051] 통신 에이전트(300)는 구면 상에 기 설정된 위치에 배치되고 복수의 추적 에이전트와 통신 연결되어, 타겟의 위치, 타겟의 속도 및 타겟의 각속도 중 적어도 둘 이상을 포함하는 타겟의 정보를 획득하여 복수의 추적 에이전트(100)로 전송할 수 있다. 도 1에서 도시하는 바와 같이, 통신 에이전트(300)는 적어도 하나 이상일 수 있다. 통신 에이전트(300)는 추적 에이전트(100)로 타겟의 정보를 효율적으로 전달하기 위해 활동영역 내에서 고르게 배치될 수 있다. 도시하지 않았지만, 통신 에이전트(300)는 운용자의 필요에 따라 타겟(200)의 정보를 획득하여 추적 에이전트(100)들에게 무선 통신을 통해 전달하는 지상의 관측소 형태로 구현될 수 있다.

[0052] 상기 타겟의 위치, 타겟의 속도 및 타겟의 각속도(angular velocity of the target)는 각각 절대값일 수 있다. 즉, 각각은 타겟의 절대 위치, 타겟의 절대 속도 및 타겟의 절대 각속도를 의미하는 것일 수 있다.

[0053] 추적 에이전트(100)는 구면 상에서 비행하면서 서로 간 또는 상기 적어도 하나 이상의 통신 에이전트(300)와 통신을 수행하여 정보를 공유하되, 통신 에이전트(300)로부터 전달되는 타겟(200)의 정보를 이용하여 추적 알고리즘을 생성하고, 생성된 추적 알고리즘에 따라 서로 간에 편대를 유지하면서 타겟(200)을 추적할 수 있다. 이때, 도 1에서 도시하는 바와 같이, 추적 에이전트(100)는 복수 개일 수 있다.

[0054] 추적 에이전트(100)는 인력과 척력으로 구성된 협력 통제, 타겟 추적 계수 및 구면 상에서의 정규화된 플로킹 작용소를 포함하여 추적 알고리즘을 생성할 수 있다.

[0055] 일 예로, 추적 에이전트(100)는 타겟의 위치 및 타겟의 속도를 포함하는 타겟의 정보 및 복수의 추적 에이전트 정보를 이용하여 타겟(200)에 인접하는 패턴의 제1 추적 알고리즘을 생성할 수 있다. 즉, 제1 추적 알고리즘은 추적 에이전트(100)가 타겟(200)에 접촉하는 완비적 수렴 패턴을 포함할 수 있다.

[0056] 추적 에이전트(100)는 제1 추적 알고리즘을 생성할 때, 수학적식 4를 기초로 자신의 속도를 산출하고,

[0057] (수학적식 4)

[0058]
$$\frac{dq_i}{dt} = p_i$$

[0059] 상기 q_i 는 i번째 추적 에이전트의 위치 및 상기 p_i 는 i번째 추적 에이전트의 속도일 수 있다. 수학적식 4는 추적 에이전트(100)의 속도를 뉴턴의 운동법칙으로 나타낸 것일 수 있다.

[0060] 추적 에이전트(100)는 수학적식 5를 기초로 자신의 가속도를 산출하여 각 추적 에이전트들의 비행 방향 및 속도를 결정할 수 있다.

[0061] (수학적식 5)

[0062]
$$\begin{aligned} \frac{dp_i}{dt} = & -\frac{\|p_i\|^2}{\|q_i\|^2} q_i + \sum_{j=1}^N \frac{\sigma_{ij}}{N} (\|q_i\|^2 q_j - \langle q_i, q_j \rangle q_i) + c_q (\|q_i\|^2 q_y - \langle q_i, q_y \rangle q_i) + \\ & c_p (P_{q_y \rightarrow q_i}(p_y) - p_i) + U^i \end{aligned}$$

[0063] 상기 $-\frac{\|p_i\|^2}{\|q_i\|^2} q_i$ 는 추적 에이전트(100)의 구심력을 나타내는 항으로, 추적 에이전트(100)가 구면 상에서 위치할 수 있도록 하는 것일 수 있다.

- [0064] 또한, 상기 $\sum_{j=1}^N \frac{\sigma_{ij}}{N} (\|q_i\|^2 q_j - \langle q_i, q_j \rangle q_i)$ 는 복수의 추적 에이전트들(100)의 대형을 결정하는 항으로, 복수의 추적 에이전트들(100)이 어떤 대형을 형성할지 결정하는 항일 수 있다.
- [0065] 상기 σ_{ij} 는 협력 제어 매개변수, 상기 q_j 는 j번째 추적 에이전트의 위치일 수 있다.
- [0066] 상술한 협력 제어 매개변수(σ_{ij})는 서로 다른 추적 에이전트들 간의 인력계수(σ_a^{ij}), 서로 다른 추적 에이전트들 간의 척력계수(σ_r^{ij}) 및 서로 다른 추적 에이전트들 각각의 위치(q_i, q_j)를 포함할 수 있다. 이를 수학식으로 나타내면 수학식 6 및 7과 같을 수 있다.
- [0067] (수학식 6)
- [0068] $\sigma_{ij} = \sigma (\|q_i - q_j\|^2)$
- [0069] (수학식 7)
- [0070] $\sigma(q) = \sigma_a^{ij} - \frac{\sigma_r^{ij}}{q}$
- [0071] 이때, 주어진 i 와 j 에 대하여 인력 계수가 커지면 서로 당기는 힘이 커지고, 척력 계수가 커지면 서로 미는 힘이 커지게 될 수 있다.
- [0072] 상술한 $c_q (\|q_i\|^2 q_r - \langle q_i, q_r \rangle q_i)$ 는 추적 에이전트(100)가 타겟(200)을 추적하는 방향을 결정하는 항으로, 통신 에이전트(300)로부터 수신한 타겟의 위치, 타겟의 속도 및 타 추적 에이전트들(100)의 위치로 구성될 수 있다.
- [0073] 상기 c_q 는 추적 에이전트의 위치에 대한 타겟 추적 계수, 상기 q_r 는 타겟의 위치를 의미할 수 있다.
- [0074] 상술한 $c_p (p_{q_r \rightarrow q_i}(p_r) - p_i)$ 는 복수의 추적 에이전트(100)의 대형을 유지시키는 플로킹항일 수 있다. 이러한 플로킹항에 의해 복수의 추적 에이전트(100)의 대형이 유지되고 안정될 수 있는 것이다.
- [0075] 상기 c_p 는 추적 에이전트의 속도에 대한 타겟 추적 계수, 상기 p_r 는 타겟의 속도를 의미할 수 있다. 운용자에 의해서 상술한 c_q 및 c_p 인 타겟 추적 계수 값을 임의로 크게 설정하면 추적 에이전트들(100)과 타겟(200) 간의 위치 및 속도 차이를 요구되는 만큼 적게 유지할 수 있다.
- [0076] 상술한 P 는 회전 연산자(rotation operator)일 수 있다. 두 물체의 상대 속도를 측정하는 수학적인 장치로 수학식 8 및 9와 같이 정의될 수 있다.
- [0077] (수학식 8)
- [0078] $P_{q_1 \rightarrow q_2}(r) = P(q_1, q_2) \cdot r$
- [0080] (수학식 9)
- [0081] $P(q_1, q_2) = \langle q_1, q_2 \rangle I + q_2 q_1^T - q_1 q_2^T$
- [0083] 여기에서, 상기 I 는 3×3 단위 행렬이고, 상기 q_1^T 는 벡터 q_1 의 전치 벡터일 수 있다. 구면의 경우, 3차원 공간에서 주로 사용된 평행이동으로 연산을 하게 되면 수학적인 오류가 발생하므로 새로운 회전 연산자가 필요하다. 상술한 회전 연산을 이용하면 다른 추적 에이전트(100)의 속도벡터를 자신의 위치로 평행이동 시킴으로써 서로 다른 두 추적 에이전트(100) 사이의 상대속도를 측정할 수 있게 된다.

- [0084] 일반적으로 사용되는 로드리게스 형식의 회전 연산자 R 은 복잡한 식들로 구성되어 있어 분석이 어렵고 연산의 기하학적인 특징에 의해 특이점이 존재할 수 있다. 본 실시예와 같이, 정규화 된 회전 연산자 P 를 사용하게 되면 구면 위에서 회전 변환할 때 주로 사용되던 회전 연산자 R 의 자연스럽고 좋은 성질은 공유하면서 특이점이 없어 이전의 문제점을 해결할 수 있다는 효과를 기대할 수 있다.
- [0085] 상술한 U^i 는 추적 에이전트의 추가 제어항을 의미할 수 있다.
- [0086] 추적 에이전트(100)는 타겟의 정보로 타겟의 위치 및 타겟의 속도 만을 적용하는 경우, 추적 에이전트의 추가 제어항(U^i)을 0으로 설정할 수 있다.
- [0088] 다른 예로, 추적 에이전트(100)는 타겟의 위치, 타겟의 속도 및 타겟의 각속도를 포함하는 타겟의 정보 및 복수의 추적 에이전트 정보를 이용하여 제1 추적 알고리즘에 타겟의 각속도를 반영한 타겟(200)에 접촉하는 패턴의 제2 추적 알고리즘을 생성할 수 있다. 즉, 제2 추적 알고리즘은 타겟의 정보로 타겟의 각속도를 추가로 포함하여 생성한 것일 수 있다.
- [0089] 추적 에이전트(100)는 제2 추적 알고리즘을 생성할 때, 상술한 수학적 식 5를 기초로 자신의 가속도를 산출하여 각 추적 에이전트들의 비행 방향 및 속도를 결정하되, 추적 에이전트(100)의 추가 제어항(U^i)을 수학적 식 10으로 설정할 수 있다.
- [0090] (수학적 식 10)
- [0091]
$$U^i = \langle w_y, q_i \rangle^2 q_i - \langle w_y, q_i \rangle w_y + 2 \langle w_y, q_i \rangle (q_i \times p_i) + \dot{w}_y \times q_i$$
- [0092] 상기 w_y 은 시간 t 에서의 타겟의 각속도를 의미하고 $w_y = q_y \times p_y$ 일 수 있다.
- [0093] 즉, 본 실시예들에서, 수학적 식 5에서 U^i 는 추적 에이전트(100)의 추가적인 제어 항으로 타겟의 각속도의 측정 유무에 따라서 0이거나, 또는 수학적 식 10일 수 있는 것이다. 이때, U^i 가 0인 경우, 추적 에이전트들(100)이 타겟(200)에 대해 실질적 수렴 패턴의 추적 알고리즘에 따라 비행하고, U^i 가 수학적 식 10인 경우, 추적 에이전트들(100)이 타겟(200)에 대해 완비적 수렴 패턴의 추적 알고리즘에 따라 비행할 수 있는 것이다.
- [0094] 추적 에이전트(100)는 추적 에이전트의 속도에 대한 타겟 추적 계수, 회전 연산자, 타겟의 속도 및 추적 에이전트의 속도를 포함하는 복수의 추적 에이전트의 대형을 유지시키는 플로킹항 및 추적 에이전트의 추가 제어항을 포함하여 추적 알고리즘을 생성할 수 있다. 이는, 구체적으로 수학적 식 5의 $c_p (P_{q_y \rightarrow q_i}(p_y) - p_i) + U^i$ 일 수 있다.
- [0095] 복수의 추적 에이전트(100) 및 통신 에이전트(300) 각각은 구면 상에서 초기 비행 조건인 수학적 식 11에 따라 비행을 수행할 수 있다.
- [0096] (수학적 식 11)
- [0097]
$$\langle q_i(0), q_i(0) \rangle = 1, \quad \langle q_i(0), p_i(0) \rangle = 0$$
- [0098] 상기 q_i 는 i 번째 추적 에이전트의 위치 및 상기 p_i 는 i 번째 추적 에이전트의 속도일 수 있다.
- [0099] 본 실시예들에서 개시하는 추적 알고리즘은 평면이나 3차원 전체 공간이 아닌 구면 위에서 추적 에이전트들(100)이 효율적으로 타겟(200)을 추적할 수 있다. 이러한 추적 알고리즘을 이용하면 구면 위에서 플로킹항이 잘 정의되고, 여러 제어항들의 상호작용으로 인해 추적 에이전트들(100)이 타겟(200)을 추적하면서 안정된 상태의 대열도 유지할 수 있다.

- [0100] $\sigma > 0$, $4c_q = c_p^2$ 및 $U^i = 0$ 이면, 모든 추적 에이전트들(100)의 위치와 타겟(200)의 위치 차이는 상대적으로 작은 차이로 실질적 수렴 패턴을 유지할 수 있다. 여기서 위치의 차이는 σ 와 c_q 의 크기로 결정된다.
- [0101] 또한, $\sigma > 0$, $c_q > \sigma$, $U^i = \langle w_y, q_i \rangle^2 q_i - \langle w_y, q_i \rangle w_y + 2\langle w_y, q_i \rangle (q_i \times p_i) + \dot{w}_y \times q_i$ 이면, 모든 추적 에이전트들(100)의 위치와 속도는 상대적으로 짧은 시간 내에 타겟(200)의 위치와 속도에 일치하게 되는 완비적 수렴 패턴을 유지할 수 있다.
- [0102] 도 2a와 같이, 추적 에이전트들(100)은 기 설정된 편대를 유지하면서 타겟(200)을 추적할 수 있다. 도 2b와 같이, 추적 에이전트들(100)은 타겟(200)에 접근할 수 있는데, 추적 알고리즘에 따라 타겟(200)에 인접하는 실질적 수렴 패턴의 비행을 하거나, 또는 타겟(200)에 접촉(또는 격추)하는 완비적 수렴 패턴의 비행을 할 수 있다.
- [0104] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 추적 에이전트를 설명하기 위한 블록도이다.
- [0105] 도 3을 참고하면, 추적 에이전트(100)는 네트워크 통신 인터페이스(110), 위치 측정부(130), 추적 알고리즘 산출부(150), 메모리(170) 및 제어부(190)를 포함할 수 있다.
- [0106] 이하에서 개시하는 추적 알고리즘 산출부(150)은 도 1 및 도 2에서 개시하는 추적 에이전트(100)에서 추적 알고리즘을 산출하는 구성과 동일한 역할을 수행하는 구성으로서, 설명의 편의를 위해 상세 설명은 생략하기로 한다.
- [0107] 추적 에이전트(100)는 본체, 네트워크 통신 인터페이스(110), 위치 측정부(130), 추적 알고리즘 산출부(150), 메모리(170) 및 제어부(190)를 포함한다.
- [0108] 네트워크 통신 인터페이스(110)는 무선 통신망을 통해 복수의 타 추적 에이전트(100) 및 통신 에이전트(300)를 비롯한 외부 구성과 통신을 수행하기 위한 구성일 수 있다.
- [0109] 위치 측정부(130)는 본체의 위치 및 속도를 파악하고, 파악된 본체의 위치 및 속도를 복수의 타 추적 에이전트(100)로 제공할 수 있다.
- [0110] 추적 알고리즘 산출부(150)는 통신 에이전트(200)로부터 전달되는 타겟의 위치, 타겟의 속도 및 타겟의 각속도 중 적어도 둘 이상을 포함하는 타겟의 정보를 이용하여 타겟을 추적하기 위한 추적 알고리즘을 생성할 수 있다.
- [0111] 추적 알고리즘 산출부(150)는 타겟의 위치 및 타겟의 속도를 포함하는 타겟의 정보 및 복수의 추적 에이전트 정보를 이용하여 타겟(200)에 인접하는 패턴(실질적 수렴 패턴)의 제1 추적 알고리즘을 생성할 수 있다.
- [0112] 추적 알고리즘 산출부(150)는 제1 추적 알고리즘을 생성할 때, 상술한 수학식 1을 기초로 자신의 속도를 산출할 수 있다.
- [0113] 추적 알고리즘 산출부(150)는 상술한 수학식 5를 기초로 자신의 가속도를 산출하여 각 추적 에이전트들(100)의 비행 방향 및 속도를 결정할 수 있다.
- [0114] 추적 알고리즘 산출부(150)는 타겟의 위치, 타겟의 속도 및 타겟의 각속도를 포함하는 타겟의 정보 및 복수의 추적 에이전트 정보를 이용하여 제1 추적 알고리즘에 타겟의 각속도를 반영한 타겟(200)에 접촉하는 패턴의 제2 추적 알고리즘을 생성할 수 있다.
- [0115] 메모리(170)는 추적 알고리즘을 비롯하여 추적 에이전트(100)와 관련된 각종 정보를 모두 포함할 수 있다.
- [0116] 제어부(190)는 생성된 추적 알고리즘에 따라 복수의 타 추적 에이전트들과 편대를 유지하면서 타겟(200)을 추적할 수 있다.
- [0118] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 구면 상에서 타겟 추적을 위한 비행 관리 방법을 설명하기 위한 흐름도이다. 도 4에 도시된 방법은 예를 들어, 전술한 비행 관리 시스템(400) 또는 추적 에이전트(100)에 의해 수행될 수 있다. 도시된 흐름도에서는 상기 방법을 복수 개의 단계로 나누어 기재하였으나, 적어도 일부의 단계들은 순서를 바꾸어 수행되거나, 다른 단계와 결합되어 함께 수행되거나, 생략되거나, 세부 단계들로 나뉘어 수행되거나, 또는 도시되지 않은 하나 이상의 단계가 추가되어 수행될 수 있다.

- [0119] 501 단계에서, 구면 상에서 복수의 추적 에이전트(100) 및 적어도 하나 이상의 통신 에이전트(300)가 비행을 수행할 수 있다.
- [0120] 이때, 복수의 추적 에이전트(100) 및 통신 에이전트(300) 각각은 구면 상에서 초기 비행 조건인 상술한 수학적 11에 따라 비행을 수행할 수 있다.
- [0121] 503 단계에서, 복수의 추적 에이전트(100) 간에 자신의 위치를 포함하는 정보를 공유할 수 있다.
- [0122] 505 단계에서, 복수의 추적 에이전트(100)가 통신 에이전트(300)로부터 전송되는 타겟의 위치, 타겟의 속도 및 타겟의 각속도 중 적어도 둘 이상을 포함하는 타겟의 정보를 수신할 수 있다.
- [0123] 507 단계에서, 복수의 추적 에이전트(100)가 타겟의 정보를 이용하여 추적 알고리즘을 생성할 수 있다.
- [0124] 복수의 추적 에이전트(100)는 추적 에이전트가 인력과 척력으로 구성된 협력 통제, 타겟 추적 계수 및 구면 상에서의 정규화된 플로킹 작용소를 포함하여 추적 알고리즘을 생성할 수 있다.
- [0125] 일 예로, 추적 에이전트(100)는 타겟의 위치 및 타겟의 속도를 포함하는 타겟의 정보 및 복수의 추적 에이전트 정보를 이용하여 타겟(200)에 인접하는 패턴의 제1 추적 알고리즘을 생성할 수 있다.
- [0126] 다른 예로, 추적 에이전트(100)는 타겟의 위치, 타겟의 속도 및 타겟의 각속도를 포함하는 타겟의 정보 및 복수의 추적 에이전트 정보를 이용하여 제1 추적 알고리즘에 타겟의 각속도를 반영한 타겟(200)에 접촉하는 패턴의 제2 추적 알고리즘을 생성할 수 있다.
- [0127] 509 단계에서, 복수의 추적 에이전트(100)가 추적 알고리즘에 따라 서로 간에 편대를 유지하면서 타겟을 추적할 수 있다.
- [0128] 511 단계에서, 복수의 추적 에이전트(100)는 타겟(200)에 접근 또는 접촉하는 패턴을 포함하는 제1 및 제2 추적 알고리즘에 따라 비행을 하고, 타겟(200) 추적에 성공하면 비행을 종료(또는 복귀)할 수 있다.
- [0129] 한편, 복수의 추적 에이전트(100)는 타겟(200) 추적에 실패하는 경우, 503 단계의 복수의 추적 에이전트들(100) 간에 정보를 공유하는 과정에서 재 수행하여 새로운 추적 알고리즘 생성 및 추적 비행을 수행할 수 있다.
- [0131] 도 5는 예시적인 실시예들에서 사용되기에 적합한 컴퓨팅 장치를 포함하는 컴퓨팅 환경(10)을 예시하여 설명하기 위한 블록도이다. 도시된 실시예에서, 각 컴포넌트들은 이하에 기술된 것 이외에 상이한 기능 및 능력을 가질 수 있고, 이하에 기술된 것 이외에도 추가적인 컴포넌트를 포함할 수 있다.
- [0132] 도시된 컴퓨팅 환경(10)은 컴퓨팅 장치(12)를 포함한다. 일 실시예에서, 컴퓨팅 장치(12)는 추적 에이전트(100), 통신 에이전트(300) 또는 비행 관리 시스템(400)일 수 있다.
- [0133] 컴퓨팅 장치(12)는 적어도 하나의 프로세서(14), 컴퓨터 판독 가능 저장 매체(16) 및 통신 버스(18)를 포함한다. 프로세서(14)는 컴퓨팅 장치(12)로 하여금 앞서 언급된 예시적인 실시예에 따라 동작하도록 할 수 있다. 예컨대, 프로세서(14)는 컴퓨터 판독 가능 저장 매체(16)에 저장된 하나 이상의 프로그램들을 실행할 수 있다. 상기 하나 이상의 프로그램들은 하나 이상의 컴퓨터 실행 가능 명령어를 포함할 수 있으며, 상기 컴퓨터 실행 가능 명령어는 프로세서(14)에 의해 실행되는 경우 컴퓨팅 장치(12)로 하여금 예시적인 실시예에 따른 동작들을 수행하도록 구성될 수 있다.
- [0134] 컴퓨터 판독 가능 저장 매체(16)는 컴퓨터 실행 가능 명령어 내지 프로그램 코드, 프로그램 데이터 및/또는 다른 적합한 형태의 정보를 저장하도록 구성된다. 컴퓨터 판독 가능 저장 매체(16)에 저장된 프로그램(20)은 프로세서(14)에 의해 실행 가능한 명령어의 집합을 포함한다. 일 실시예에서, 컴퓨터 판독 가능 저장 매체(16)는 메모리(랜덤 액세스 메모리와 같은 휘발성 메모리, 비휘발성 메모리, 또는 이들의 적절한 조합), 하나 이상의 자기 디스크 저장 디바이스들, 광학 디스크 저장 디바이스들, 플래시 메모리 디바이스들, 그 밖에 컴퓨팅 장치(12)에 의해 액세스되고 원하는 정보를 저장할 수 있는 다른 형태의 저장 매체, 또는 이들의 적합한 조합일 수 있다.
- [0135] 통신 버스(18)는 프로세서(14), 컴퓨터 판독 가능 저장 매체(16)를 포함하여 컴퓨팅 장치(12)의 다른 다양한 컴포넌트들을 상호 연결한다.
- [0136] 컴퓨팅 장치(12)는 또한 하나 이상의 입출력 장치(24)를 위한 인터페이스를 제공하는 하나 이상의 입출력 인터

페이스(22) 및 하나 이상의 네트워크 통신 인터페이스(26)를 포함할 수 있다. 입출력 인터페이스(22) 및 네트워크 통신 인터페이스(26)는 통신 버스(18)에 연결된다. 입출력 장치(24)는 입출력 인터페이스(22)를 통해 컴퓨팅 장치(12)의 다른 컴포넌트들에 연결될 수 있다. 예시적인 입출력 장치(24)는 포인팅 장치(마우스 또는 트랙패드 등), 키보드, 터치 입력 장치(터치패드 또는 터치스크린 등), 음성 또는 소리 입력 장치, 다양한 종류의 센서 장치 및/또는 촬영 장치와 같은 입력 장치, 및/또는 디스플레이 장치, 프린터, 스피커 및/또는 네트워크 카드와 같은 출력 장치를 포함할 수 있다. 예시적인 입출력 장치(24)는 컴퓨팅 장치(12)를 구성하는 일 컴포넌트로서 컴퓨팅 장치(12)의 내부에 포함될 수도 있고, 컴퓨팅 장치(12)와는 구별되는 별개의 장치로 컴퓨팅 장치(12)와 연결될 수도 있다.

[0137] 2차원 평면이나 3차원 공간에 대한 타겟의 추적 알고리즘을 지구와 같은 구면의 광범위한 활동영역에서 비행하는 추적 에이전트들에 적용한다면, 구면과 국소적인 3차원 공간의 기하적인 차이로 인하여 추적 에이전트들은 원활하게 임무를 수행하는 것이 어려울 수 있다. 상술한 바와 같이, 본 실시예들에서는 구면 전체를 활동영역으로 하는 추적 에이전트들을 위한 타겟의 추적 알고리즘을 제시하였다. 이로 인해, 다수의 추적 에이전트들이 추적 알고리즘에 따라 구면에서 일정한 속력을 유지하며 편대 비행을 유지하면서 타겟을 추적할 수 있다.

[0138] 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 청구범위뿐만 아니라 이 청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

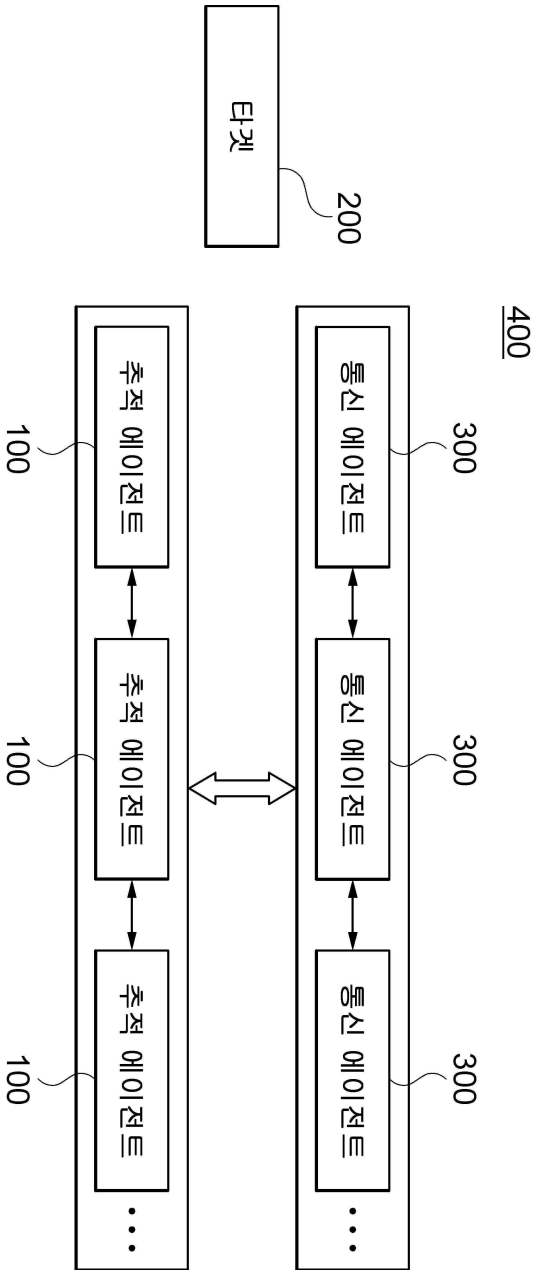
부호의 설명

[0139]

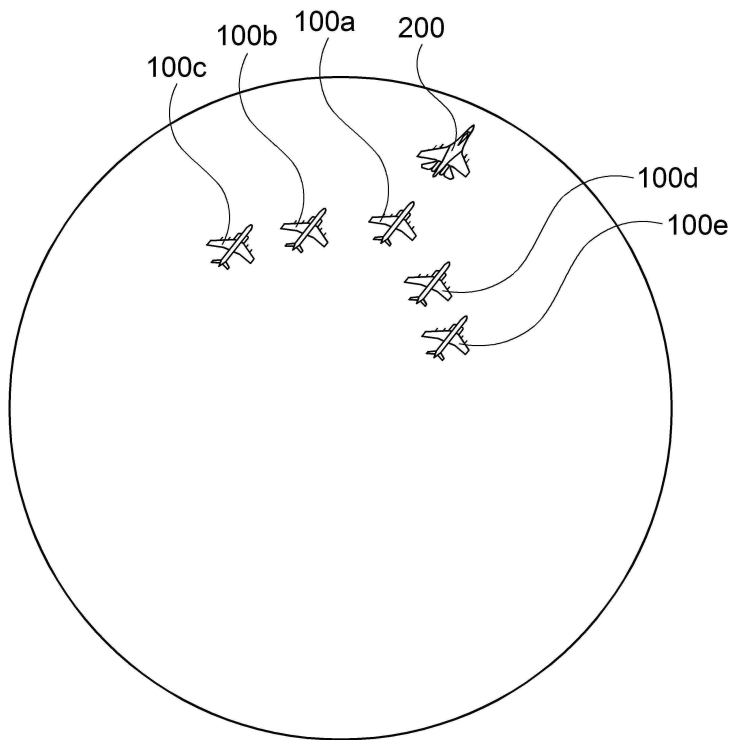
- 10: 컴퓨팅 환경
- 12: 컴퓨팅 장치
- 14: 프로세서
- 16: 컴퓨터 판독 가능 저장 매체
- 18: 통신 버스
- 20: 프로그램
- 22: 입출력 인터페이스
- 24: 입출력 장치
- 26, 110: 네트워크 통신 인터페이스
- 100: 추적 에이전트
- 130: 위치 측정부
- 150: 추적 알고리즘 산출부
- 170: 메모리
- 190: 제어부
- 200: 타겟
- 300: 통신 에이전트
- 400: 비행 관리 시스템

도면

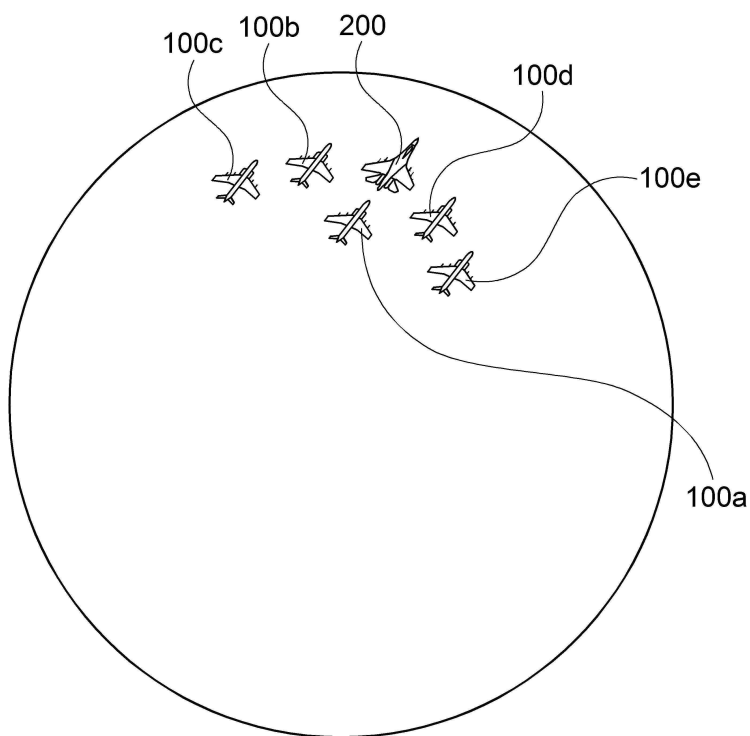
도면1



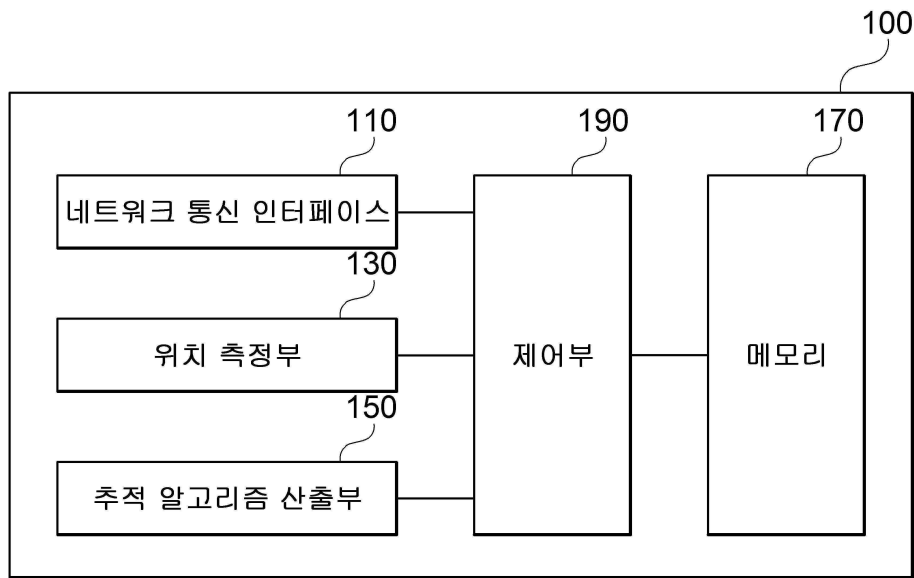
도면2a



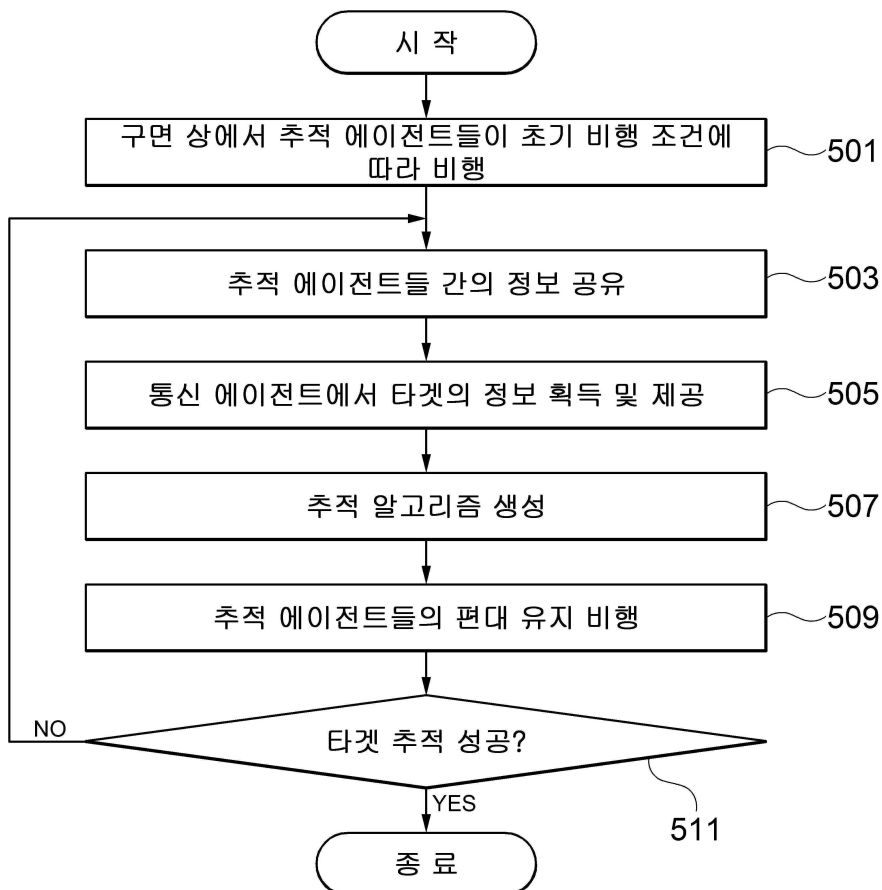
도면2b



도면3



도면4



도면5

10

