



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년10월21일
(11) 등록번호 10-2315498
(24) 등록일자 2021년10월15일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G05D 1/10 (2006.01) B64C 39/02 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G05D 1/104 (2013.01)
B64C 39/024 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-0065637
(22) 출원일자 2021년05월21일
심사청구일자 2021년05월21일
(56) 선행기술조사문헌
JP2020023283 A*
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자
세종대학교산학협력단
서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)
(72) 발명자
홍성경
서울특별시 서초구 동광로33길 15, 101호(반포동, 반포 이안애 1차)
박대원
강원도 태백시 풀미당골길 35, 1806호(황지동, 대산하이츠빌아파트)
응우옌 응억 피
서울특별시 광진구 군자로 121, 223호 (군자동)
(74) 대리인
김연권

전체 청구항 수 : 총 8 항

심사관 : 박지은

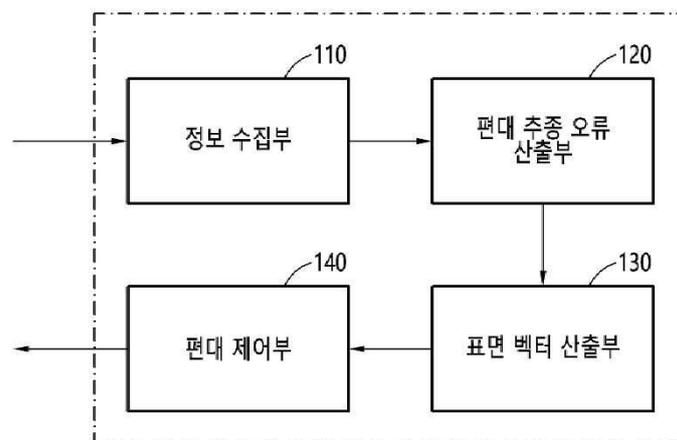
(54) 발명의 명칭 다중 비행체의 편대 추종 제어 장치 및 그 방법

(57) 요약

본 발명은 다중 비행체의 편대 추종 제어 장치 및 그 방법에 관한 것으로서, 일실시예에 따른 편대 추종 제어 장치는 기설정된 시간 구간에서 다중 비행체 각각에 대한 위치정보 및 속도정보 중 적어도 하나의 정보를 수집하는 정보 수집부와, 수집된 정보에 기초하여 다중 비행체 각각에 대한 편대 추종 오류를 산출하는 편대 추종 오류 산출부와, 산출된 편대 추종 오류에 기초하는 고속 터미널 슬라이딩 모드를 적용하여 슬라이딩 표면 벡터를 산출하는 표면 벡터 산출부 및 수집된 정보에 기초하는 외란 관측기 알고리즘을 통해 외란값을 산출하고, 산출된 슬라이딩 표면 벡터와 산출된 외란값에 기초하는 연산을 통해 다중 비행체 각각에 대한 편대 제어 입력값을 산출하는 편대 제어부를 포함한다.

대표도 - 도1

100



(52) CPC특허분류
 B64C 2201/143 (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌
 한기훈 외 1, 시선각 정보를 이용한 편대비행 유도
 법칙 연구, 한국항공우주학회 학술발표회 초록집,
 2007.11, 페이지 1138-1141.*
 CN112527015 A
 KR1020100019070 A
 KR102131377 B1
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711126109
과제번호	2018-0-01423-004
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	정보통신기획평가원
연구사업명	정보통신방송혁신인재양성(R&D)
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	1345331679
과제번호	2020R1A6A1A03038540
부처명	교육부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	이공학학술연구기반구축(R&D)
연구과제명	자율지능무인비행체연구소
기 여 율	1/2
과제수행기관명	세종대학교
연구기간	2021.02.28 ~ 2022.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

기설정된 시간 구간에서 다중 비행체 각각에 대한 위치정보 및 속도정보 중 적어도 하나의 정보를 수집하는 정보 수집부;

상기 수집된 정보에 기초하여 상기 다중 비행체 각각에 대한 편대 추종 오류를 산출하는 편대 추종 오류 산출부;

상기 산출된 편대 추종 오류에 기초하는 고속 터미널 슬라이딩 모드를 적용하여 슬라이딩 표면 백터를 산출하는 표면 백터 산출부 및

상기 수집된 정보에 기초하는 외란 관측기 알고리즘을 통해 외란값을 산출하고, 상기 산출된 슬라이딩 표면 백터와 상기 산출된 외란값에 기초하는 연산을 통해 상기 다중 비행체 각각에 대한 편대 제어 입력값을 산출하는 편대 제어부

를 포함하고,

상기 편대 추종 오류 산출부는,

상기 다중 비행체 각각에 대한 위치정보에 기초하여 상기 다중 비행체간의 상대거리 정보를 산출하고, 상기 산출된 상대 거리 정보와 상기 다중 비행체 각각에 대한 위치정보에 기초하여 위치 추종 오류를 산출하며,

상기 표면 백터 산출부는,

상기 산출된 위치 추종 오류에 대한 절대값 연산을 수행하고, 상기 절대값 연산된 위치 추종 오류에 기초하여 상기 슬라이딩 표면 백터를 산출하는

다중 비행체의 편대 추종 제어 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 편대 추종 오류 산출부는,

상기 다중 비행체 각각에 대한 속도정보에 기초하여 속도 추종 오류를 산출하는

다중 비행체의 편대 추종 제어 장치.

청구항 3

삭제

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 편대 제어부는,

기설정된 시간 구간에서 기설정된 시간 주기 마다 상기 외란값을 업데이트하는

다중 비행체의 편대 추종 제어 장치.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 편대 제어부는,

상기 산출된 슬라이딩 표면 벡터와 그래프 이론에 기초한 연산을 통해 제1 제어 입력값을 산출하는
다중 비행체의 편대 추종 제어 장치.

청구항 6

기설정된 시간 구간에서 다중 비행체 각각에 대한 위치정보 및 속도정보 중 적어도 하나의 정보를 수집하는 정보 수집부;

상기 수집된 정보에 기초하여 상기 다중 비행체 각각에 대한 편대 추종 오류를 산출하는 편대 추종 오류 산출부;

상기 산출된 편대 추종 오류에 기초하는 고속 터미널 슬라이딩 모드를 적용하여 슬라이딩 표면 벡터를 산출하는 표면 벡터 산출부 및

상기 수집된 정보에 기초하는 외란 관측기 알고리즘을 통해 외란값을 산출하고, 상기 산출된 슬라이딩 표면 벡터와 상기 산출된 외란값에 기초하는 연산을 통해 상기 다중 비행체 각각에 대한 편대 제어 입력값을 산출하는 편대 제어부

를 포함하고,

상기 편대 제어부는,

상기 산출된 슬라이딩 표면 벡터와 그래프 이론에 기초한 연산을 통해 제1 제어 입력값을 산출하고, 상기 제1 제어 입력값에서 상기 산출된 외란값을 차분하는 연산을 통해 상기 편대 제어 입력값인 제2 제어 입력값을 산출하는

다중 비행체의 편대 추종 제어 장치.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 다중 비행체는,

리더 비행체와, 상기 리더 비행체를 추적 하도록 제어되는 적어도 하나 이상의 팔로워 비행체를 포함하는

다중 비행체의 편대 추종 제어 장치.

청구항 8

정보 수집부에서, 기설정된 시간 구간에서 다중 비행체 각각에 대한 위치정보 및 속도정보 중 적어도 하나의 정보를 수집하는 단계;

편대 추종 오류 산출부에서, 상기 수집된 정보에 기초하여 상기 다중 비행체 각각에 대한 편대 추종 오류를 산출하는 단계;

표면 벡터 산출부에서, 상기 산출된 편대 추종 오류에 기초하는 고속 터미널 슬라이딩 모드를 적용하여 슬라이딩 표면 벡터를 산출하는 단계 및

편대 제어부에서, 상기 수집된 정보에 기초하는 외란 관측기 알고리즘을 통해 외란값을 산출하고, 상기 산출된 슬라이딩 표면 벡터와 상기 산출된 외란값에 기초하는 연산을 통해 상기 다중 비행체 각각에 대한 편대 제어 입력값을 산출하는 단계

를 포함하고,

상기 편대 추종 오류를 산출하는 단계는,

상기 다중 비행체 각각에 대한 위치정보에 기초하여 상기 다중 비행체간의 상대거리 정보를 산출하고, 상기 산출된 상대 거리 정보와 상기 다중 비행체 각각에 대한 위치정보에 기초하여 위치 추종 오류를 산출하며,

상기 슬라이딩 표면 벡터를 산출하는 단계는,

상기 산출된 위치 추종 오류에 대한 절대값 연산을 수행하고, 상기 절대값 연산된 위치 추종 오류에 기초하여

상기 슬라이딩 표면 벡터를 산출하는
다중 비행체의 편대 추종 제어 방법.

청구항 9

제8항에 있어서,
상기 편대 추종 오류를 산출하는 단계는,
상기 다중 비행체 각각에 대한 속도정보에 기초하여 속도 추종 오류를 산출하는
다중 비행체의 편대 추종 제어 방법.

청구항 10

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 다중 비행체의 편대 추종 제어 장치 및 그 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 고속 터미널 슬라이딩 모드를 이용하여 다중 비행체의 형상을 추적하는 기술적 사상에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 지난 20년간 다중 비행체 협력 제어 연구는 운용비용 절감, 효율성 증대 및 여러 개체의 경로를 각각 제어할 때 보다 적은 정보량에 따른 안정적인 통신이 가능하다는 점과 같이 다수의 장점을 가지고 있기에 많은 관심을 받아왔다.

[0003] 특히, 편대 추종 제어는 가장 보편적인 다중 비행체의 제어 방법 중 하나로 기본적으로 여러 개의 비행체를 일정한 대형으로 유지한다. 편대 추종 제어는 일반적인 군집비행과 달리 비행체 대형이 하나의 시스템이 되어 중심이 리더(목표)를 추적하게끔 제어함으로써 경로를 각 기체에 전송하여 임무를 수행할 때에 비해 더 적은 통신량으로 한 번에 다수의 비행체를 제어할 수 있는 방법을 제시한다.

[0004] 이는, 협력 드론을 가능하게 하여 화물을 옮기는 데에도 사용이 용이하며, 큰 화물을 운반할 때에 비싼 큰 기체를 사용하는 것 보다 저렴한 작은 기체를 여러 개 운용함으로써 같은 힘을 낼 수 있도록 하여 과정 간소화 및 금전적인 큰 이점을 가져올 수 있다.

[0005] 이러한 이점으로 인해 편대 추종 제어에 대한 많은 연구와 개발이 이루어졌는데 대표적으로는 적응형 형상 제어기, 피드백 형상 제어기, 포텐셜 필드 제어 등이 존재한다. 대부분의 편대 추종 알고리즘은 목표치에 점근적 수렴을 초점으로 두고 있으며 이는 편대 추종 제어가 시간이 무한으로 갈 때 오차가 '0'으로 수렴함을 가정으로 설계되고 있다는 의미이다.

[0006] 실제 환경에서는 시간이 무한하지 않기 때문에 최대한 오차를 줄이고 빠르게 반응하여 목표치에 도달하는 것은 중요한 지표라고 할 수 있으며, 이에 기존의 방법보다 더 빠르게 수렴할 수 있으며 외란에 강건한 편대 추종 알고리즘 개발에 대한 필요성이 증가하고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) 한국등록특허 제10-1819557호, "장애물 회피 경로 생성 및 제어에 의한 협업 비행 운송 시스템 및 방법"

(특허문헌 0002) 한국등록특허 제10-1947057호, "구동기 능력을 고려한 안전 비행 운송 시스템 및 실시간 경로 계획 방법"

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0008] 본 발명은 고속 터미널 슬라이딩 모드 제어를 접목하여 기존의 제어기보다 강건하고 더 나은 제어 정밀도를 보여주며 빠른 목표치 수렴 및 적은 정상 상태 오차를 나타내는 편대 추종 제어 장치 및 그 방법을 제공하고자 한다.
- [0009] 또한, 본 발명은 고속 터미널 슬라이딩 모드의 실제 환경 적용 시, 수식적으로 발생하는 특이점 문제를 개선하여 고속 터미널 슬라이딩 모드를 실제 환경에서 용이하게 적용할 수 있는 편대 추종 제어 장치 및 그 방법을 제공하고자 한다.
- [0010] 또한, 본 발명은 외란 관측기 알고리즘을 적용하여 다중 비행체의 편대 형상을 보다 안정적으로 유지할 수 있는 편대 추종 제어 장치 및 그 방법을 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

- [0011] 본 발명의 일실시예에 따른 편대 추종 제어 장치는 기설정된 시간 구간에서 다중 비행체 각각에 대한 위치정보 및 속도정보 중 적어도 하나의 정보를 수집하는 정보 수집부와, 수집된 정보에 기초하여 다중 비행체 각각에 대한 편대 추종 오류를 산출하는 편대 추종 오류 산출부와, 산출된 편대 추종 오류에 기초하는 고속 터미널 슬라이딩 모드를 적용하여 슬라이딩 표면 벡터를 산출하는 표면 벡터 산출부 및 수집된 정보에 기초하는 외란 관측기 알고리즘을 통해 외란값을 산출하고, 산출된 슬라이딩 표면 벡터와 산출된 외란값에 기초하는 연산을 통해 다중 비행체 각각에 대한 편대 제어 입력값인 편대 제어 입력값을 산출하는 편대 제어부를 포함할 수 있다.
- [0012] 일측에 따르면, 편대 추종 오류 산출부는 다중 비행체 각각에 대한 위치정보에 기초하여 다중 비행체간의 상대 거리 정보를 산출하고, 산출된 상대 거리 정보와 다중 비행체 각각에 대한 위치정보에 기초하여 위치 추종 오류 위치 추종 오류를 산출하며, 다중 비행체 각각에 대한 속도정보에 기초하여 속도 추종 오류를 산출할 수 있다.
- [0013] 일측에 따르면, 표면 벡터 산출부는 산출된 위치 추종 오류위치 추종 오류에 대한 절대값 연산을 수행하고, 절대값 연산된 위치 추종 오류에 기초하여 슬라이딩 표면 벡터를 산출할 수 있다.
- [0014] 일측에 따르면, 편대 제어부는 기설정된 시간 구간에서 기설정된 시간 주기 마다 외란값을 업데이트할 수 있다.
- [0015] 일측에 따르면, 편대 제어부는 산출된 슬라이딩 표면 벡터와 그래프 이론에 기초한 연산을 통해 제1 제어 입력값을 산출할 수 있다.
- [0016] 일측에 따르면, 편대 제어부는 제1 제어 입력값에서 산출된 외란값을 차분하는 연산을 통해 편대 제어 입력값인 제2 제어 입력값을 산출할 수 있다.
- [0017] 일측에 따르면, 다중 비행체는 리더 비행체와, 리더 비행체를 추적하도록 제어되는 적어도 하나 이상의 팔로워 비행체를 포함할 수 있다.
- [0018] 본 발명의 일실시예에 따른 편대 추종 제어 방법은 정보 수집부에서 기설정된 시간 구간에서 다중 비행체 각각에 대한 위치정보 및 속도정보 중 적어도 하나의 정보를 수집하는 단계와, 편대 추종 오류 산출부에서 수집된 정보에 기초하여 다중 비행체 각각에 대한 편대 추종 오류를 산출하는 단계와, 표면 벡터 산출부에서, 산출된 편대 추종 오류에 기초하는 고속 터미널 슬라이딩 모드를 적용하여 슬라이딩 표면 벡터를 산출하는 단계 및 편대 제어부에서 수집된 정보에 기초하는 외란 관측기 알고리즘을 통해 외란값을 산출하고, 산출된 슬라이딩 표면 벡터와 산출된 외란값에 기초하는 연산을 통해 다중 비행체 각각에 대한 편대 제어 입력값을 산출하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0019] 일측에 따르면, 편대 추종 오류를 산출하는 단계는 다중 비행체 각각에 대한 위치정보에 기초하여 다중 비행체간의 상대거리 정보를 산출하고, 산출된 상대 거리 정보와 다중 비행체 각각에 대한 위치정보에 기초하여 위치 추종 오류를 산출하며, 다중 비행체 각각에 대한 속도정보에 기초하여 속도 추종 오류를 산출할 수 있다.
- [0020] 일측에 따르면, 슬라이딩 표면 벡터를 산출하는 단계는 산출된 위치 추종 오류에 대한 절대값 연산을 수행하고, 절대값 연산된 위치 추종 오류에 기초하여 슬라이딩 표면 벡터를 산출할 수 있다.

발명의 효과

- [0021] 일실시예에 따르면, 본 발명은 고속 터미널 슬라이딩 모드 제어를 접목하여 기존의 제어기보다 강건하고 더 나은 제어 정밀도를 보여주며 빠른 목표치 수렴 및 적은 정상 상태 오차를 나타내는 편대 추종 제어 장치를 제공할 수 있다.
- [0022] 일실시예에 따르면, 본 발명은 고속 터미널 슬라이딩 모드의 실제 환경 적용 시, 수식적으로 발생하는 특이점 문제를 개선하여 고속 터미널 슬라이딩 모드를 실제 환경에서 용이하게 적용할 수 있다.
- [0023] 일실시예에 따르면, 본 발명은 외란 관측기 알고리즘을 적용하여 다중 비행체의 편대 형상을 보다 안정적으로 유지할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0024] 도 1은 일실시예에 따른 다중 비행체의 편대 추종 제어 장치를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 2는 일실시예에 따른 다중 비행체의 편대 추종 제어 장치에서 고속 터미널 슬라이딩 모드 적용에 따른 추적 성능을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 3은 일실시예에 따른 다중 비행체의 편대 추종 제어 장치에서 외란 발생 시 추적 성능을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 4는 일실시예에 따른 다중 비행체의 편대 추종 제어 방법을 설명하기 위한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0025] 본 명세서에 개시되어 있는 본 발명의 개념에 따른 실시예들에 대해서 특정한 구조적 또는 기능적 설명들은 단지 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.
- [0026] 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.
- [0027] 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.
- [0028] 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.
- [0029] 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.
- [0030] 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.
- [0032] 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.

- [0034] 도 1은 일실시예에 따른 다중 비행체의 편대 추종 제어 장치를 설명하기 위한 도면이다.
- [0035] 도 1을 참조하면, 일실시예에 따른 편대 추종 제어 장치(100)는 고속 터미널 슬라이딩 모드 제어를 접목하여 기존의 제어기보다 강건하고 더 나은 제어 정밀도를 보여주며 빠른 목표치 수렴 및 적은 정상 상태 오차를 나타낼 수 있다.
- [0036] 또한, 편대 추종 제어 장치(100)는 고속 터미널 슬라이딩 모드의 실제 환경 적용 시, 수식적으로 발생하는 특이점 문제를 개선하여 고속 터미널 슬라이딩 모드를 실제 환경에서 용이하게 적용할 수 있다.
- [0037] 구체적으로, 실제 비행에서는 편대 추종 오류가 음수가 되는 경우가 발생하는데 이는 본래의 고속 터미널 슬라이딩 모드 표면 식에 적용할 경우 계산이 불가능하나, 일실시예에 따른 편대 추종 제어 장치(100)는 음수에도 계산이 가능하도록 슬라이딩 모드 표면 식을 변경하여 특이점 문제를 개선할 수 있다.
- [0038] 또한, 편대 추종 제어 장치(100)는 외란 관측기 알고리즘을 적용하여 다중 비행체의 편대 형상을 보다 안정적으로 유지할 수 있다.
- [0039] 예를 들면, 편대 추종 제어 장치(100)는 그래프 이론에 기초한 연산을 통해 형상 제어 입력 값을 산출할 수 있다.
- [0040] 구체적으로, 그래프 이론에 따른 가중치 그래프 $G = (V, \xi, A)$ 는 n개의 비행체 상호간의 연결 및 정보 상호작용으로 표시되며, 여기서 $V = \{1, \dots, N\}$, $\xi \in V \times V$ 와, $A = [a_{ij}] \in \mathbf{R}^{n \times n}$ 는 n번째 꼭짓점과 변 및 가중치 인접 행렬을 의미한다.
- [0041] $(i, j) \in \xi$ 는 j번째 비행체가 $i \neq j$ 인 i번째 에이전트의 정보를 받아들일 수 있음(연결)을 의미하며, 이를 만족하면 A는 $a_{ij} > 0$ 로 표현되며, 그렇지 않다면 $a_{ij} = 0$ 로 표현될 수 있다. 또한, 모든 $i \in V$ 에 대해 자체 루프가 없다고 가정($a_{ii} = 0$)할 수 있다.
- [0042] 또한, 유향그래프 G의 라플라시안 행렬은 $l_{ij} = -a_{ij}, i \neq j$, $l_{ii} = \sum_{j=1}^N a_{ij}$ 인 곳에서 $L = [l_{ij}]_{N \times N}$ 이라 정의될 수 있다. 만약 한 노드에서 다른 모든 노드로 향하는 경로가 있는 경우 유향그래프 G는 신장 트리(spaning tree)라 정의될 수 있다.
- [0043] 만약 하나의 리더 비행체와 N개의 팔로워 비행체가 있다고 가정할 때, N개의 에이전트간의 상호 작용은 유향 그래프 G로 설명될 수 있다. 유향 그래프 \bar{G} 는 N+1번째 비행체와의 상호작용으로 정의될 수 있으며, 이 때 유향 그래프 \bar{G} 의 라플라시안 행렬은 $\bar{L} = L + B$ 로 표현될 수 있으며, 여기서 $B = \text{diag}(b_1, b_2, \dots, b_N)$ 는 리더 비행체와 팔로워 비행체간의 통신 가중치 행렬을 의미한다.
- [0044] 한편, 이하에서 설명하는 편대 추종 제어 장치(100)는 편대 추종 제어 알고리즘으로 구현될 수도 있다.
- [0045] 편대 추종 제어 장치(100)는 정보 수집부(110), 편대 추종 오류 산출부(120), 표면 벡터 산출부(130) 및 편대 제어부(140)를 포함할 수 있다.
- [0046] 일실시예에 따른 정보 수집부(110)는 기설정된 시간 구간에서 다중 비행체 각각에 대한 위치정보 및 속도정보 중 적어도 하나의 정보를 수집할 수 있다.
- [0047] 예를 들면, 다중 비행체는 편대의 기준이 되는 리더 비행체와, 리더 비행체를 추적 하도록 제어되는 적어도 하나 이상의 팔로워 비행체를 포함할 수 있다.
- [0048] 바람직하게는, 다중 비행체는 N+1개(여기서, N은 양의 정수)의 비행체(일레로, 쿼드로터)를 포함할 수 있다. 다시 말해, 다중 비행체는 리더 비행체인 제0 비행체와, 팔로워 항체인 제1 내지 제N 비행체로 구성될 수 있다.
- [0049] 일측에 따르면, 정보 수집부(110)는 기설정된 시간 구간에서 다중 비행체 각각에 대한 위치정보를 수집하고, 수

집된 위치정보 각각에 대한 미분 연산을 통해 다중 비행체 각각에 대한 속도정보를 수집할 수도 있다.

[0050] 구체적으로, N+1개의 비행체 중 i번째 비행체의 동적 모델을 시간에 따라 변하지 않는 질점 모델로, 하기 수학식1과 같이 표현될 수 있다.

[0051] [수학식1]

$$[0052] \dot{X}_i = \bar{A}X_i + \bar{B}u_i, \quad i = 1, \dots, N$$

[0053] 여기서, 변수 $\bar{A} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \otimes I_3$, $\bar{B} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} \otimes I_3$, $X_i = [p_i^T, v_i^T]^T$ 이며, X는 상태 벡터, $p = [x_i, y_i, z_i]$ 는 i번째 비행체의 위치 정보, $v = [\dot{x}_i, \dot{y}_i, \dot{z}_i]$ 는 i번째 비행체의 속도 정보, u_i 는 i번째 비행체의 편대 제어 입력값, \otimes 는 크로네커 곱(kronecker product)을 의미한다. 예를 들면, u_i 는 i번째 비행체의 속도 정보의 미분 연산의 결과(즉, 가속도 정보)를 의미할 수 있다.

[0054] 수학식1에 따라 리더 비행체의 동적 모델을 하기 수학식2와 같이 표현될 수 있다.

[0055] [수학식2]

$$[0056] \begin{cases} \dot{p}_0 = v_0 \\ \dot{v}_0 = u_0 \end{cases}$$

[0057] 여기서, $p_0 = [x_0 \ y_0]^T \in \mathbf{R}^2$, $v_0 = [v_{x0} \ v_{y0}]^T \in \mathbf{R}^2$, 및 $u_0 = [u_{x0} \ u_{y0}]^T \in \mathbf{R}^2$ 는 각각 리더 비행체의 위치 정보, 속도 정보 및 편대 제어 입력값을 의미하고, \mathbf{R}^2 는 2x1 행렬을 의미한다.

[0058] 또한, 다중 비행체 중 리더 비행체를 제외한 나머지 비행체, 즉 팔로워 비행체의 동적 모델은 하기 수학식3과 같이 표현될 수 있다.

[0059] [수학식3]

$$[0060] \begin{aligned} \dot{p}_i &= v_i \\ \dot{v}_i &= u_i + d_i, \quad i = 1, \dots, N \end{aligned}$$

[0061] 여기서, $p_i = [x_i \ y_i]^T \in \mathbf{R}^2$, $v_i = [v_{xi} \ v_{yi}]^T \in \mathbf{R}^2$, 및 $u_i = [u_{xi} \ u_{yi}]^T \in \mathbf{R}^2$ 는 각각 팔로워 비행체의 위치 정보, 속도 정보 및 편대 제어 입력값을 의미하고, d_i 는 외란 관측기 알고리즘을 통해 산출되는 실제 외란값을 의미한다.

[0062] 한편, 외란값(d_i)은 하기 수학식4와 같이 정의될 수 있다.

[0063] [수학식4]

$$[0064] \|d_i\| \leq D < \infty, D > 0$$

[0065] 여기서, $\|\cdot\|$ 는 유클리디안 놈(euclidean norm), D 는 실제 환경에서 비행체에 작용하는 바람 및/또는 채터링을 합한 총 외란 값을 의미한다.

[0066] 일실시예에 따른 편대 추종 오류 산출부(120)는 정보 수집부(110)를 통해 수집된 정보에 기초하여 다중 비행체

각각에 대한 편대 추종 오류를 산출할 수 있다.

[0067] 예를 들면, 편대 추종 오류는 다중 비행체 각각에 대한 위치 추종 오류 및 속도 추종 오류를 포함할 수 있다.

[0068] 일측에 따르면, 편대 추종 오류 산출부(120)는 다중 비행체 각각에 대한 위치정보(p)에 기초하여 다중 비행체간의 상대거리 정보(h)를 산출하고, 산출된 상대 거리 정보(h)와 다중 비행체 각각에 대한 위치정보(p)에 기초하여 위치 추종 오류(e_x)를 산출하며, 다중 비행체 각각에 대한 속도정보(v)에 기초하여 속도 추종 오류(e_v)를 산출할 수 있다.

[0069] 위치 추종 오류(e_x) 및 속도 추종 오류(e_v)는 다중 비행체(제1 비행체 내지 제N 비행체) 각각에 대하여 $e_x = [e_{1x}, e_{2x}, \dots, e_{Nx}]^T$, $e_v = [e_{1v}, e_{2v}, \dots, e_{Nv}]^T$ 로 표현될 수 있다.

[0070] 구체적으로, 일실시에에 따른 편대 추종 제어 장치(100)는 고속 슬라이딩 모드와 외란 관측기 알고리즘을 기반으로 안정적이고 정확한 편대 추종 제어를 수행하기 위한 장치로, 하기 수학식5에 기초하여 동작할 수 있다.

[0071] [수학식5]

$$\begin{cases} \lim_{t \rightarrow T} \|(p_j - p_i) - (h_j - h_i)\| = 0 \\ \lim_{t \rightarrow T} \|(v_j - v_i)\| = 0 \\ \lim_{t \rightarrow T} \left\| \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (p_i - p_0) \right\| = 0 \\ \lim_{t \rightarrow T} \left\| \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (v_i - v_0) \right\| = 0 \end{cases}$$

[0072]

[0073] 여기서, $[h^T, \mathbf{0}_{2N}^T]$, $h = [h_1^T, h_2^T, \dots, h_N^T]^T$ 는 다중 비행체간의 상대거리 정보 즉, 형상(편대 형상)을 의미하며, T 는 유한한 시간(일례로, 기설정된 시간)을 의미한다.

[0074] 편대 추종 오류 산출부(120)는 하기 수학식6에 기초한 연산을 통해 i번째 비행체의 위치 추종 오류(e_{xi})와, i번째 비행체의 속도 추종 오류(e_{vi})를 산출할 수 있다.

[0075] [수학식6]

$$e_{ix} = \sum_{j=1}^N a_{ij} [(p_j - p_i) - (h_j - h_i)] + b_i(p_0 - p_i + h_i)$$

$$e_{iv} = \sum_{j=1}^N a_{ij}(v_j - v_i) + b_i(v_0 - v_i)$$

[0076]

[0077] 여기서, a_{ij} 는 다중 비행체간의 가중치 인접 행렬(즉, $A = [a_{ij}] \in \mathbf{R}^{n \times n}$), b_i 는 i번째 비행체의 기설정된 추력변수를 의미한다.

[0078] 한편, 수학식6을 통해 산출된 다중 비행체에 대한 위치 추종 오류(e_x) 및 속도 추종 오류(e_v)는 하기 수학식7과 같이 표현될 수 있다.

[0079] [수학식7]

$$\begin{aligned} \dot{e}_x &= e_v \\ \dot{e}_v &= -(\bar{L} \otimes I_2)(u + d - \mathbf{1} \otimes u_0) \end{aligned}$$

[0080]

[0081] 여기서, \bar{L} 는 다중 비행체간의 연결(라플라시안 행렬), $I_n = \text{diag}(1, 1, \dots, 1) \in \mathbf{R}^{n \times n}$, $\mathbf{1}_n = [1, 1, \dots, 1]^T \in \mathbf{R}^{n \times 1}$, $d = [d_1^T, d_2^T, \dots, d_N^T]^T$, $u = [u_1^T, u_2^T, \dots, u_N^T]^T$ 를 의미한다.

[0082] 일실시예에 따른 표면 벡터 산출부(130)는 산출된 편대 추종 오류에 기초하는 고속 터미널 슬라이딩 모드를 적용하여 슬라이딩 표면 벡터를 산출할 수 있다.

[0083] 다시 말해, 표면 벡터 산출부(130)는 고속 터미널 슬라이딩 모드에 기초하여 다중 비행체에 대한 유한 편대 추종 제어를 수행할 수 있다.

[0084] 일측에 따르면, 표면 벡터 산출부(130)는 산출된 위치 추종 오류($e_{ix}(t)$)에 대한 절대값 연산을 수행하고, 절대값 연산된 위치 추종 오류($|e_{ix}(t)|$)에 기초하여 슬라이딩 표면 벡터를 산출할 수 있다.

[0085] 구체적으로, 수학식6 내지 수학식7을 통해 고속 터미널 슬라이딩 모드에서의 슬라이딩 표면 벡터($s_i(t)$)는 하기 수학식8과 같이 산출될 수 있다.

[0086] [수학식8]

$$s_i(t) = e_{iv}(t) + ce_{ix}(t) + d(e_{ix}(t))^{m/q}$$

[0087]

[0088] 여기서, c, d, m 및 q는 기설정된 제어기 이득값을 의미한다.

[0089] 그러나, 수학식8은 통해 산출되는 슬라이딩 표면 벡터는 실제 환경 적용 시, 편대 추종 오류가 음수가 되는 경우가 발생하는데 이는 본래의 고속 터미널 슬라이딩 모드 표면 식에 적용할 경우 계산이 불가능하다. 이에, 일 실시예에 따른 표면 벡터 산출부(130)는 절대값 연산된 위치 추종 오류($|e_{ix}(t)|$)와, 시그넘 함수로 연산된 위치 추종 오류($\text{sgn}(e_{ix}(t))$)에 기초하는 하기 수학식9에 기초하는 연산을 통해 슬라이딩 표면 벡터($s_i(t)$)를 산출할 수 있다.

[0090] [수학식9]

$$s_i(t) = e_{iv}(t) + ce_{ix}(t) + b(|e_{ix}(t)|^d \text{sgn}(e_{ix}(t)))$$

[0091]

[0092] 여기서, b, c 및 d는 기설정된 제어기 이득값을 의미하고, sgn은 시그넘 함수(부호함수)를 의미한다.

[0093] 일실시예에 따른 편대 제어부(140)는 수집된 정보에 기초하는 외란 관측기 알고리즘을 통해 외란값을 산출하고, 산출된 슬라이딩 표면 벡터와 산출된 외란값에 기초하는 연산을 통해 다중 비행체 각각에 대한 편대 제어 입력값을 산출할 수 있다.

[0094] 다시 말해, 편대 제어부(140)는 다중 비행체 각각에 대한 외란을 관측 및 제어하는 외란 관측기 알고리즘을 적용하여 비행체 각각에 강건성을 더할 수 있다.

[0095] 일측에 따르면, 편대 제어부(140)는 산출된 슬라이딩 표면 벡터와 그래프 이론에 기초한 연산을 통해 제1 제어 입력값을 산출할 수 있다.

[0096] 구체적으로, 편대 제어부(140)는 수학식9를 통해 산출된 슬라이딩 표면 벡터($s_i(t)$)와 그래프 이론에 기초하는 하기 수학식10의 연산을 통해 제1 제어 입력값(u)을 산출할 수 있다.

[0097] [수학식10]

$$u_i = (\bar{L}^{-1} \otimes I)\{B1 \otimes u_0 + [cI + bd(|e_{ix}(t)|^{d-1})] \times e_{iv}(t) + n_1 \times s_i(t) + n_2 \times |s_i(t)|^\tau \text{sgn}(s_i(t))\}$$

[0098]

[0099] 여기서, \bar{L} 는 비행체간의 연결(라플라시안 행렬), B 는 리더 비행체와 팔로워 비행체간의 통신 가중치 행렬, $I_n = \text{diag}(1, 1, \dots, 1) \in \mathbf{R}^{n \times n}$, $\mathbf{1}_n = [1, 1, \dots, 1]^T \in \mathbf{R}^{n \times 1}$ 를 의미하고, b, c, d, τ , n_1 및 n_2 각각은 기설정된 제어기 이득값을 의미한다.

[0100] 일측에 따르면, 편대 제어부(140)는 기설정된 시간 구간에서 기설정된 시간 주기 마다 외란값을 업데이트할 수 있다.

[0101] 구체적으로, 편대 제어부(140)는 정보 수집부(110)를 통해 기설정된 시간 주기 단위로 수집되는 정보에 기초하여 외란값을 업데이트할 수 있다.

[0102] 바람직하게는, 편대 제어부(140)는 하기 수학식11에 기초하는 외란 관측기 알고리즘에 기초하여 외란값 ($\hat{d} = [\hat{d}_1^T, \hat{d}_2^T, \dots, \hat{d}_N^T]^T$)을 기설정된 시간 주기마다 업데이트할 수 있다.

[0103] [수학식11]

$$\begin{cases} \dot{z} = -\alpha z - \alpha(\alpha v + u) \\ \hat{d} = z + \alpha v \end{cases}$$

[0104]

[0105] 여기서, α 는 기설정된 제어기 이득값, v 는 비행체의 속도 정보, u는 수학식10을 통해 산출되는 제1 제어 입력값, z는 외란값을 계산하기 위해 기설정된 보조변수를 의미한다.

[0106] 일측에 따르면, 편대 제어부(140)는 제1 제어 입력값에서 산출된 외란값을 차분하는 연산을 통해 편대 제어 입력값인 제2 제어 입력값을 산출할 수 있다.

[0107] 다시 말해, 편대 제어부(140)는 하기 수학식12에 기초하는 연산을 통해 편대 제어 입력값(u_i)을 산출할 수 있다.

[0108] [수학식12]

$$u_i = (\bar{L}^{-1} \otimes I)\{B1 \otimes u_0 + [kI + \beta\delta(|e_{ix}(t)|^{\delta-1})] \times e_{iv}(t) + n_1 \times s_i(t) + n_2 \times |s_i(t)|^\tau \text{sgn}(s_i(t))\} - \hat{d}_i$$

[0109]

[0111] 도 2는 일실시예에 따른 다중 비행체의 편대 추종 제어 장치에서 고속 터미널 슬라이딩 모드 적용에 따른 추적 성능을 설명하기 위한 도면이다.

[0112] 도 2를 참조하면, 도 2의 (a)는 비행체의 X축 방향에 대한 추적 성능의 측정 결과를 도시하고, 도 2의 (b)는 비행체의 Y축 방향에 대한 추적 성능의 측정 결과를 도시한다. 또한, 'First'는 리더 비행체의 측정 결과를 도시하고, 'Second' 및 'Third'는 팔로워 비행체의 측정 결과를 도시한다.

[0113] 도 2의 (a) 내지 (b)에 따르면, 형상의 중심으로부터 비행체 각각은 [1, 0], [-1.7321, -1], [1.7321, -1](m)의 상대거리를 유지하고 있으며, 리더 비행체는 [0,0](m)에서 출발하여 10초 후 90초간 [0.5, 0.5](m/s)의 속력으로 이동하는 것을 확인할 수 있다.

[0114] 즉, 일실시예에 따른 편대 추종 제어 장치는 비행체들이 중심과 상대거리를 잘 유지하며 리더 비행체를 안정적으로 추적하도록 제어하는 것을 확인할 수 있다.

[0116] 도 3은 일실시예에 따른 다중 비행체의 편대 추종 제어 장치에서 외란 발생 시 추적 성능을 설명하기 위한 도면

이다.

[0117] 도 3을 참조하면, 도 3의 (a)는 외란 관측기 알고리즘을 적용하는 일실시에에 따른 편대 추종 제어 장치의 추적 성능의 측정 결과를 도시하고, 도 3의 (b)는 외란 관측기 알고리즘을 적용하지 않는 일반적인 편대 추종 제어 알고리즘의 추적 성능의 측정 결과를 도시한다. 또한, 'First'는 리더 비행체의 측정 결과를 도시하고, 'Second' 및 'Third'는 팔로워 비행체의 측정 결과를 도시한다.

[0118] 다시 말해, 도 3의 (a) 내지 (b)는 리더 비행체에 x축 방향으로 $2.3m/s^2$ 의 외란을 가했을 때, 외란 관측기 알고리즘의 유무를 비교한 그래프를 도시하고, 하기 표1은 도 3의 (a) 내지 (b)에 따른 RMSE 측정 결과를 나타낸다.

표 1

	X[m]	Y[m]
도 3의 (a)	[0.61,0.78,0.80]	[0.60,0.78,0.93]
도 3의 (b)	[1.48,1.21,1.22]	[0.58,0.74,0.87]

[0119]

[0120] 도 3의 (a) 내지 (b) 및 표1에 따르면, 외란 관측기 알고리즘을 적용한 일실시에에 따른 편대 추종 제어 장치의 오차는 '0'에 가깝게 잘 유지되고 있음에 반해 일반적인 편대 추종 제어 알고리즘의 오차는 유동이 큰 것을 확인할 수 있다.

[0121] 즉, 일실시에에 따른 편대 추종 제어 장치는 외란 관측기 알고리즘을 적용함으로써, 외란 관측기 알고리즘을 적용하지 않았을 때보다 리더 비행체에 대한 추적 및 상대거리 유지(형상유지) 성능이 더 좋은 것을 확인할 수 있다.

[0122] 다시 말해, 일실시에에 따른 편대 추종 제어 장치는 고속 터미널 슬라이딩 모드 뿐만 아니라 외란 관측기 알고리즘도 함께 적용하여 다중 비행체의 편대 형상을 보다 안정적으로 유지할 수 있다.

[0124] 도 4는 일실시에에 따른 다중 비행체의 편대 추종 제어 방법을 설명하기 위한 도면이다.

[0125] 다시 말해, 도 4는 도 1 내지 도 3을 통해 설명한 일실시에에 따른 편대 추종 제어 장치의 동작방법을 설명하기 위한 도면으로, 이하에서 도 4를 통해 설명하는 내용 중 도 1 내지 도 3을 통해 설명한 내용과 중복되는 설명은 생략하기로 한다.

[0126] 도 4를 참조하면, 410 단계에서 일실시에에 따른 편대 추종 제어 방법은 정보 수집부에서 기설정된 시간 구간에서 다중 비행체 각각에 대한 위치정보 및 속도정보 중 적어도 하나의 정보를 수집할 수 있다.

[0127] 예를 들면, 다중 비행체는 편대의 기준이 되는 리더 비행체와, 리더 비행체를 추적 하도록 제어되는 적어도 하나 이상의 팔로워 비행체를 포함할 수 있다.

[0128] 다음으로, 420 단계에서 일실시에에 따른 편대 추종 제어 방법은 편대 추종 오류 산출부에서 수집된 정보에 기초하여 다중 비행체 각각에 대한 편대 추종 오류를 산출할 수 있다.

[0129] 예를 들면, 편대 추종 오류는 다중 비행체 각각에 대한 위치 추종 오류 및 속도 추종 오류를 포함할 수 있다.

[0130] 일측에 따르면, 420 단계에서 일실시에에 따른 편대 추종 제어 방법은 편대 추종 오류 산출부에서 다중 비행체 각각에 대한 위치정보에 기초하여 다중 비행체간의 상대거리 정보를 산출하고, 산출된 상대 거리 정보와 다중 비행체 각각에 대한 위치정보에 기초하여 위치 추종 오류를 산출하며, 다중 비행체 각각에 대한 속도정보에 기초하여 속도 추종 오류를 산출할 수 있다.

[0131] 다음으로, 430 단계에서 일실시에에 따른 편대 추종 제어 방법은 표면 벡터 산출부에서 산출된 편대 추종 오류에 기초하는 고속 터미널 슬라이딩 모드를 적용하여 슬라이딩 표면 벡터를 산출할 수 있다.

[0132] 일측에 따르면, 430 단계에서 일실시에에 따른 편대 추종 제어 방법은 산출된 위치 추종 오류에 대한 절대값 연산을 수행하고, 절대값 연산된 위치 추종 오류에 기초하여 슬라이딩 표면 벡터를 산출할 수 있다.

[0133] 다음으로, 440 단계에서 일실시에에 따른 편대 추종 제어 방법은 편대 제어부에서 수집된 정보에 기초하는 외란 관측기 알고리즘을 통해 외란값을 산출하고, 산출된 슬라이딩 표면 벡터와 산출된 외란값에 기초하는 연산을 통

해 다중 비행체 각각에 대한 편대 제어 입력값을 산출할 수 있다.

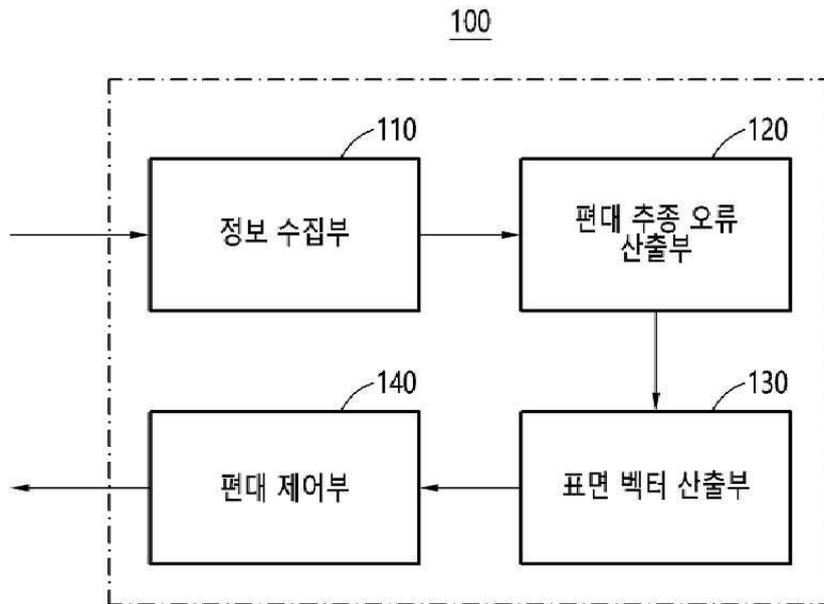
- [0134] 일측에 따르면, 440 단계에서 일실시예에 따른 편대 추종 제어 방법은 편대 제어부에서 기설정된 시간 구간에서 기설정된 시간 주기 마다 외란값을 업데이트할 수 있다.
- [0135] 구체적으로, 440 단계에서 일실시예에 따른 편대 추종 제어 방법은 편대 제어부에서 산출된 슬라이딩 표면 벡터와 그래프 이론에 기초한 연산을 통해 제1 제어 입력값을 산출할 수 있다.
- [0136] 또한, 440 단계에서 일실시예에 따른 편대 추종 제어 방법은 편대 제어부에서 제1 제어 입력값에서 산출된 외란값을 차분하는 연산을 통해 편대 제어 입력값인 제2 제어 입력값을 산출할 수 있다.
- [0138] 결국, 본 발명을 이용하면, 고속 터미널 슬라이딩 모드 제어를 접목하여 기존의 제어기보다 강건하고 더 나은 제어 정밀도를 보여주며 빠른 목표치 수렴 및 적은 정상 상태 오차를 나타내는 편대 추종 제어 장치를 제공할 수 있다.
- [0139] 또한, 고속 터미널 슬라이딩 모드의 실제 환경 적용 시, 수식적으로 발생하는 특이점 문제를 개선하여 고속 터미널 슬라이딩 모드를 실제 환경에서 용이하게 적용할 수 있다.
- [0140] 또한, 외란 관측기 알고리즘을 적용하여 다중 비행체의 편대 형상을 보다 안정적으로 유지할 수 있다.
- [0142] 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.
- [0143] 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.
- [0144] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

부호의 설명

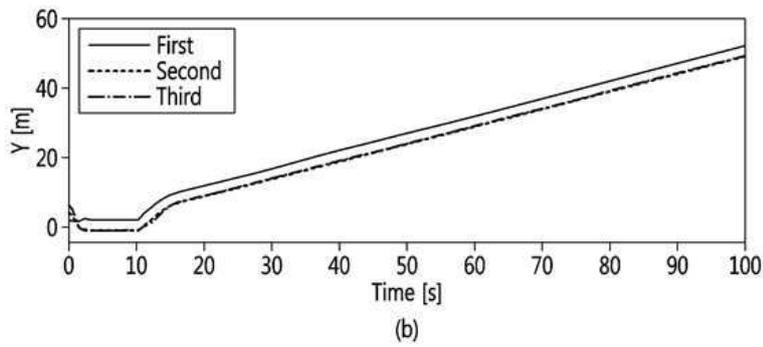
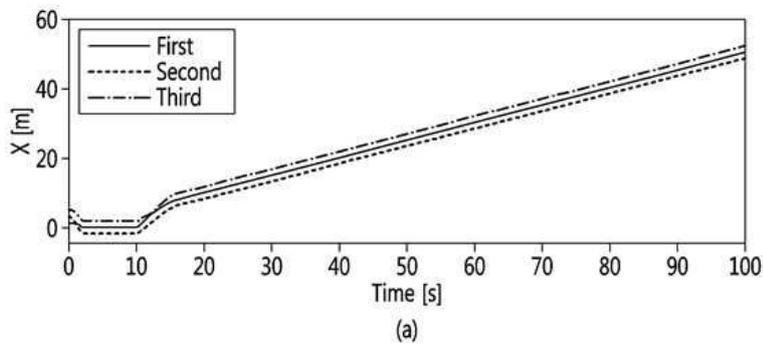
- [0146] 100: 편대 추종 제어 장치 110: 정보 수집부
- 120: 편대 추종 오류 산출부 130: 표면 벡터 산출부
- 140: 편대 제어부

도면

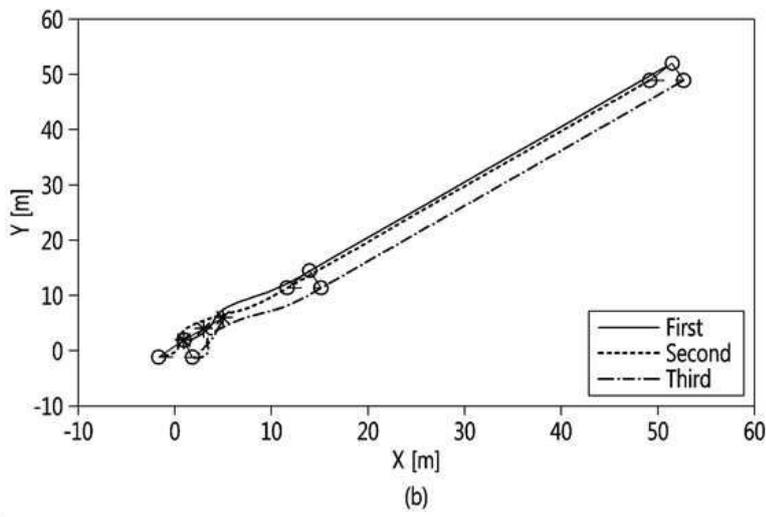
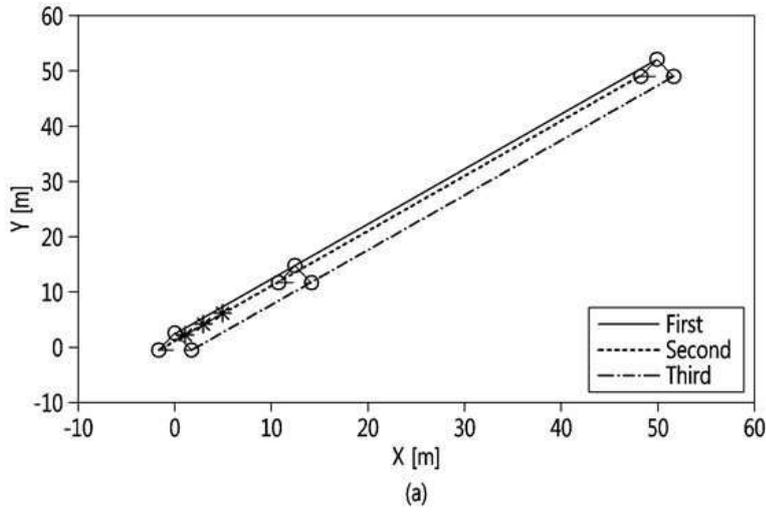
도면1



도면2



도면3



도면4

