



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0057076
(43) 공개일자 2024년05월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B64F 5/60 (2017.01) B64C 39/02 (2023.01)
(52) CPC특허분류
B64F 5/60 (2017.01)
B64C 39/024 (2023.01)
(21) 출원번호 10-2022-0137356
(22) 출원일자 2022년10월24일
심사청구일자 2022년10월24일

(71) 출원인
세종대학교산학협력단
서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)
(72) 발명자
홍성경
서울특별시 서초구 동광로33길 15, 101호(반포동, 반포 이안애 1차)
한재원
서울특별시 광진구 면목로 21-1, 403호(군자동)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
김연권

전체 청구항 수 : 총 10 항

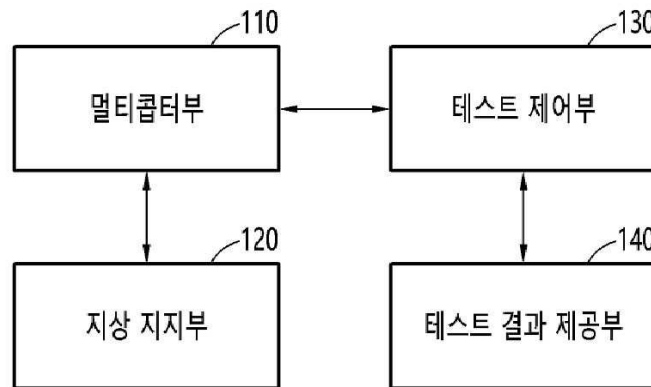
(54) 발명의 명칭 멀티콥터용 지상 시험 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명은 멀티콥터용 지상 시험 장치 및 방법에 관한 것으로, 멀티콥터의 1축부터 복수축의 역학적 거동과 관련된 비행 제어 알고리즘 교육 및 테스트하는 멀티콥터용 지상 시험 장치 및 방법을 제공하는 기술에 관한 것으로, 본 발명의 일실시예에 따른 멀티콥터용 지상 시험 장치는 구조체부, 전력 구동부, 비행 제어부 및 통신부를 포함하는 멀티콥터부, 상기 멀티콥터부를 지상에 고정하는 지상 지지부, 상기 멀티콥터부의 회전 중심과 질량 중심의 차이에 의한 모멘트를 고려하는 비행 제어 알고리즘에 기반하여 제어 신호를 생성하고, 상기 통신부를 통해 상기 비행 제어부에 상기 생성된 제어 신호를 전달하여 상기 멀티콥터부의 테스트를 제어하는 테스트 제어부 및 상기 제어된 테스트의 결과를 제공하는 테스트 결과 제공부를 포함할 수 있다.

대표도 - 도1

100



(52) CPC특허분류

G01M 1/125 (2013.01)

(72) 발명자

이석태

서울특별시 광진구 면목로1길 18, 402호 (군자동)

성창우

서울특별시 광진구 동일로 190, 204호(군자동, 에피소드 1(Episode 1))

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711159975
과제번호	IITP-2022-2018-0-01423
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	대학ICT연구센터육성지원
연구사업명	정보통신방송혁신인재양성
연구과제명	지능형 비행로봇 융합기술 연구
기 여 율	50/100
과제수행기관명	세종대학교 산학협력단
연구기간	2022.01.01 ~ 2022.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1345347042
과제번호	2020R1A6A1A03038540
부처명	교육부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	이공학학술연구기반구축
연구과제명	자율지능무인비행체연구소
기 여 율	50/100
과제수행기관명	세종대학교
연구기간	2022.03.01 ~ 2023.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

구조체부, 전력 구동부, 비행 제어부 및 통신부를 포함하는 멀티콥터부;

상기 멀티콥터부를 지상에 고정하는 지상 지지부;

상기 멀티콥터부의 회전 중심과 질량 중심의 차이에 의한 모멘트를 고려하는 비행 제어 알고리즘에 기반하여 제어 신호를 생성하고, 상기 통신부를 통해 상기 비행 제어부에 상기 생성된 제어 신호를 전달하여 상기 멀티콥터부의 테스트를 제어하는 테스트 제어부; 및

상기 제어된 테스트의 결과를 제공하는 테스트 결과 제공부를 포함하는 것을 특징으로 하는

멀티콥터용 지상 시험 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 테스트 제어부는 상기 멀티콥터부가 구동할 시 상기 회전 중심과 상기 질량 중심의 최초 위치와 마지막 위치가 동일하도록 상기 질량 중심이 상기 회전 중심의 위에 위치하는 경우에 상기 회전 중심의 차이와 상기 질량 중심의 위치를 모두 고려하여 상기 모멘트를 결정하고, 상기 결정된 모멘트에 따라 상기 비행 제어 알고리즘을 결정하며, 상기 결정된 비행 제어 알고리즘에 따라 상기 비행 제어부의 1축 또는 3축 제어를 제어하는 자세 명령에 따른 제어 신호를 생성하는 것을 특징으로 하는

멀티콥터용 지상 시험 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 테스트 제어부는 상기 비행 제어 알고리즘에 따라 1축 또는 3축 제어를 제어하는 자세 명령을 생성하고, 상기 생성된 자세 명령에 따른 상기 멀티콥터부의 각도 및 크기를 상기 비행 제어 알고리즘에서 상기 1축 또는 상기 3축 제어 각각에서의 기준에서의 각도 및 크기와 비교하여 상기 생성된 자세 명령의 계인을 제어하거나 상기 자세 명령에 따른 제어 신호를 생성하는 것을 특징으로 하는

멀티콥터용 지상 시험 장치.

청구항 4

제2항에 있어서,

상기 멀티콥터부는 상기 생성된 제어 신호에 기반하여 상기 비행 제어부의 제어 동작이 결정되고, 상기 결정된 제어 동작에 기반하여 상기 전력 구동부를 통해 구동되는 모터의 개수가 결정되는 것을 특징으로 하는

멀티콥터용 지상 시험 장치.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 구조체부는 프레임, 랜딩기어, 비행컴퓨터 지지부 및 지상 지지부 연결부를 포함하고,

상기 전력 구동부는 모터, 프로펠러, 전기 속도 제어부, 배터리 및 전원분배보드를 포함하며,

상기 비행 제어부는 상기 비행 제어 알고리즘을 내장하고 있는 비행 컴퓨터를 포함하고,

상기 통신부는 상기 비행 컴퓨터와 연결되는 것을 특징으로 하는

멀티콥터용 지상 시험 장치.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 멀티콥터부는 상기 프레임의 복수의 암에 상기 모터, 상기 전기 속도 제어부 및 상기 프로펠러가 위치하고, 상기 비행 컴퓨터 지지부가 상기 프레임 상단에 부착되어 상기 비행 컴퓨터가 부착되며, 상기 프레임 하단에 상기 지상 지지부 연결부가 위치하고, 상기 지상 지지부 연결부에 상기 배터리 및 상기 전원분배보드가 부착되는 것을 특징으로 하는

멀티콥터용 지상 시험 장치.

청구항 7

제5항에 있어서,

상기 지상 지지부는 탈착식 연결부, 회전 연결부 및 하단 지지부를 포함하고,

상기 탈착식 연결부는 상기 지상 지지부 연결부와 연결 고리를 이용하여 체결되며,

상기 회전 연결부는 1축 회전 연결부 및 3축 회전 연결부 중 어느 하나로서 상기 탈착식 연결부와 연결되고,

상기 하단 지지부는 상기 회전 연결부의 볼 베어링과 결합되는 것을 특징으로 하는

멀티콥터용 지상 시험 장치.

청구항 8

구조체부, 전력 구동부, 비행 제어부 및 통신부를 포함하는 멀티콥터부, 상기 멀티콥터부를 지상에 고정하는 지상 지지부, 테스트 제어부 및 테스트 결과 제공부를 포함하는 멀티콥터용 지상 시험 장치의 멀티콥터용 지상 시험 방법에 있어서,

상기 테스트 제어부에서, 상기 멀티콥터부의 회전 중심과 질량 중심의 차이에 의한 모멘트를 고려하는 비행 제어 알고리즘에 기반하여 제어 신호를 생성하고, 상기 통신부를 통해 상기 비행 제어부에 상기 생성된 제어 신호를 전달하여 상기 멀티콥터부의 테스트를 제어하는 단계; 및

상기 테스트 결과 제공부에서, 상기 제어된 테스트의 결과를 제공하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는

멀티콥터용 지상 시험 방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 멀티콥터부의 테스트를 제어하는 단계는,

상기 멀티콥터부가 구동할 시 상기 회전 중심과 상기 질량 중심의 최초 위치와 마지막 위치가 동일하도록 상기 질량 중심이 상기 회전 중심의 위에 위치하는 경우에 상기 회전 중심의 차이와 상기 질량 중심의 위치를 모두 고려하여 상기 모멘트를 결정하고, 상기 결정된 모멘트에 따라 상기 비행 제어 알고리즘을 결정하며, 상기 결정된 비행 제어 알고리즘에 따라 상기 비행 제어부의 1축 또는 3축 제어를 제어하는 자세 명령에 따른 제어 신호를 생성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는

멀티콥터용 지상 시험 방법.

청구항 10

제8항에 있어서,

상기 멀티콥터부의 테스트를 제어하는 단계는,

상기 비행 제어 알고리즘에 따라 1축 또는 3축 제어를 제어하는 자세 명령을 생성하고, 상기 생성된 자세 명령에 따른 상기 멀티콥터부의 각도 및 크기를 상기 비행 제어 알고리즘에서 상기 1축 또는 상기 3축 제어 각각에서의 기준에서의 각도 및 크기와 비교하여 상기 생성된 자세 명령의 계인을 제어하거나 상기 자세 명령에 따른

제어 신호를 생성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는
멀티콥터용 지상 시험 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 멀티콥터용 지상 시험 장치 및 방법에 관한 것으로, 멀티콥터의 단축부터 복수축의 역학적 거동과 관련된 비행 제어 알고리즘 교육 및 테스트하는 멀티콥터용 지상 시험 장치 및 방법을 제공하는 기술에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 일반적으로, 멀티콥터는 드론과 같이 조종사가 탑승하지 않고 무선전파 유도에 의해 비행과 조종이 가능한 비행체를 지칭한다.
- [0003] 드론은 최초 군사용으로 개발되었지만 이제는 고공영상 및 사진 촬영 그리고 배달, 기상정보 수집 및 농약 살포 등 다양한 분야에서 활용되고 있다.
- [0004] 멀티콥터는 유인 비행체에 비해 크기나 무게가 작다고 하지만 상당한 중량을 가지고 있고, 로터의 크기나 회전수는 사람의 생명을 위협할 수 있어서 충분한 테스트가 요구되며, 운전 또는 조정을 위한 충분한 연습이 요구된다.
- [0005] 멀티콥터를 구매해서 조립하거나 실제 제작하는 경우, 멀티콥터의 성능을 테스트하기 위해서는 넓은 공간이 요구된다는 단점이 존재한다.
- [0006] 종래 기술에 따르면, 기존의 소형 멀티콥터를 활용한 3축 지상시험장치는 역학적 움직임을 나타내거나 비행 제어 알고리즘을 시험하기에 충분하지 못하다는 단점이 존재한다.
- [0007] 멀티콥터형 드론은 구동부의 회전수(angular rate)만으로 3축 거동을 발생시키므로 이를 기반으로 한 비행 제어 알고리즘 분석이 가능한 지상시험장치가 고려될 필요성이 존재한다.
- [0008] 또한, 비행 제어 알고리즘 교육에서 활용을 위해서는 다수의 교육환경 구축에 필요하고, 추후 유지 보수에 관해 유연함을 보유할 수 있어야한다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0009] (특허문헌 0001) 한국등록특허 제10-2184528호, "드론의 성능 테스트 장치"
(특허문헌 0002) 한국등록특허 제10-2287069호, "무인기 지상 점검 시스템"
(특허문헌 0003) 한국등록특허 제10-2303118호, "멀티콥터 추력 이상 진단 방법"

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0010] 본 발명은 멀티콥터의 1축부터 복수축의 역학적 거동과 관련된 비행 제어 알고리즘 교육 및 테스트하는 멀티콥터용 지상 시험 장치 및 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.
- [0011] 본 발명은 저비용 조건에서 3축 역학적 거동을 검토할 수 있는 멀티콥터용 지상 시험 장치를 구축하고, 이를 기반으로 비행 제어 알고리즘 기반의 멀티콥터형 드론에 대한 교육 플랫폼을 활성화시키는 것을 목적으로 한다.
- [0012] 본 발명은 안전한 회전반경과 탈부착의 용이성을 적용하고, 비행 제어 알고리즘 설계 분석에 대해 소프트웨어적 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 물리적 분석결과를 도출하는 것을 목적으로 한다.
- [0013] 본 발명은 지상 시험 진행 시 회전 중심과 질량 중심의 차이에 의한 움직임에 대한 추가 분석을 비선형 운동방

정식 분석으로 진행하여 비행 제어 알고리즘 설계 분석에 따른 물리적 분석결과를 도출하는 것을 목적으로 한다.

[0014] 본 발명은 학생들을 대상으로 멀티콥터 제어 알고리즘 수업 진행을 보조할 수 있고, 1축 베어링과 3축 볼 베어링을 교체하여 간단하게 1축 제어와 3축 제어를 진행할 수 있는 멀티콥터용 지상 시험 장치 및 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0015] 본 발명의 일실시예에 따른 멀티콥터용 지상 시험 장치는 구조체부, 전력 구동부, 비행 제어부 및 통신부를 포함하는 멀티콥터부, 상기 멀티콥터부를 지상에 고정하는 지상 지지부, 상기 멀티콥터부의 회전 중심과 질량 중심의 차이에 의한 모멘트를 고려하는 비행 제어 알고리즘에 기반하여 제어 신호를 생성하고, 상기 통신부를 통해 상기 비행 제어부에 상기 생성된 제어 신호를 전달하여 상기 멀티콥터부의 테스트를 제어하는 테스트 제어부 및 상기 제어된 테스트의 결과를 제공하는 테스트 결과 제공부를 포함할 수 있다.

[0016] 상기 테스트 제어부는 상기 멀티콥터부가 구동할 시 상기 회전 중심과 상기 질량 중심의 최초 위치와 마지막 위치가 동일하도록 상기 질량 중심이 상기 회전 중심의 위에 위치하는 경우에 상기 회전 중심의 차이와 상기 질량 중심의 위치를 모두 고려하여 상기 모멘트를 결정하고, 상기 결정된 모멘트에 따라 상기 비행 제어 알고리즘을 결정하며, 상기 결정된 비행 제어 알고리즘에 따라 상기 비행 제어부의 1축 또는 3축 제어를 제어하는 자세 명령에 따른 제어 신호를 생성할 수 있다.

[0017] 상기 테스트 제어부는 상기 비행 제어 알고리즘에 따라 1축 또는 3축 제어를 제어하는 자세 명령을 생성하고, 상기 생성된 자세 명령에 따른 상기 멀티콥터부의 각도 및 크기를 상기 비행 제어 알고리즘에서 상기 1축 또는 상기 3축 제어 각각에서의 기준에서의 각도 및 크기와 비교하여 상기 생성된 자세 명령의 계인을 제어하거나 상기 자세 명령에 따른 제어 신호를 생성할 수 있다.

[0018] 상기 멀티콥터부는 상기 생성된 제어 신호에 기반하여 상기 비행 제어부의 제어 동작이 결정되고, 상기 결정된 제어 동작에 기반하여 상기 전력 구동부를 통해 구동되는 모터의 개수가 결정될 수 있다.

[0019] 상기 구조체부는 프레임, 랜딩기어, 비행컴퓨터 지지부 및 지상 지지부 연결부를 포함하고, 상기 전력 구동부는 모터, 프로펠러, 전기 속도 제어부, 배터리 및 전원분배보드를 포함하며, 상기 비행 제어부는 상기 비행 제어 알고리즘을 내장하고 있는 비행 컴퓨터를 포함하고, 상기 통신부는 상기 비행 컴퓨터와 연결될 수 있다.

[0020] 상기 멀티콥터부는 상기 프레임의 복수의 암에 상기 모터, 상기 전기 속도 제어부 및 상기 프로펠러가 위치하고, 상기 비행 컴퓨터 지지부가 상기 프레임 상단에 부착되어 상기 비행 컴퓨터가 부착되며, 상기 프레임 하단에 상기 지상 지지부 연결부가 위치하고, 상기 지상 지지부 연결부에 상기 배터리 및 상기 전원분배보드가 부착될 수 있다.

[0021] 상기 지상 지지부는 탈착식 연결부, 회전 연결부 및 하단 지지부를 포함하고, 상기 탈착식 연결부는 상기 지상 지지부 연결부와 연결 고리를 이용하여 체결되며, 상기 회전 연결부는 1축 회전 연결부 및 3축 회전 연결부 중 어느 하나로서 상기 탈착식 연결부와 연결되고, 상기 하단 지지부는 상기 회전 연결부의 볼 베어링과 결합될 수 있다.

[0022] 본 발명의 일실시예에 따르면 멀티콥터용 지상 시험 방법은 구조체부, 전력 구동부, 비행 제어부 및 통신부를 포함하는 멀티콥터부, 상기 멀티콥터부를 지상에 고정하는 지상 지지부, 테스트 제어부 및 테스트 결과 제공부를 포함하는 멀티콥터용 지상 시험 장치의 멀티콥터용 지상 시험 방법에 있어서, 상기 테스트 제어부에서, 상기 멀티콥터부의 회전 중심과 질량 중심의 차이에 의한 모멘트를 고려하는 비행 제어 알고리즘에 기반하여 제어 신호를 생성하고, 상기 통신부를 통해 상기 비행 제어부에 상기 생성된 제어 신호를 전달하여 상기 멀티콥터부의 테스트를 제어하는 단계 및 상기 테스트 결과 제공부에서, 상기 제어된 테스트의 결과를 제공하는 단계를 포함할 수 있다.

[0023] 상기 멀티콥터부의 테스트를 제어하는 단계는, 상기 멀티콥터부가 구동할 시 상기 회전 중심과 상기 질량 중심의 최초 위치와 마지막 위치가 동일하도록 상기 질량 중심이 상기 회전 중심의 위에 위치하는 경우에 상기 회전 중심의 차이와 상기 질량 중심의 위치를 모두 고려하여 상기 모멘트를 결정하고, 상기 결정된 모멘트에 따라 상기 비행 제어 알고리즘을 결정하며, 상기 결정된 비행 제어 알고리즘에 따라 상기 비행 제어부의 1축 또는 3축 제어를 제어하는 자세 명령에 따른 제어 신호를 생성하는 단계를 포함할 수 있다.

[0024] 상기 멀티콥터부의 테스트를 제어하는 단계는, 상기 비행 제어 알고리즘에 따라 1축 또는 3축 제어를 제어하는 자세 명령을 생성하고, 상기 생성된 자세 명령에 따른 상기 멀티콥터부의 각도 및 크기를 상기 비행 제어 알고리즘에서 상기 1축 또는 상기 3축 제어 각각에서의 기준에서의 각도 및 크기와 비교하여 상기 생성된 자세 명령의 계인을 제어하거나 상기 자세 명령에 따른 제어 신호를 생성하는 단계를 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0025] 본 발명은 멀티콥터의 1축부터 복수축의 역학적 거동과 관련된 비행 제어 알고리즘 교육 및 테스트하는 멀티콥터용 지상 시험 장치 및 방법을 제공할 수 있다.

[0026] 본 발명은 저비용 조건에서 3축 역학적 거동을 검토할 수 있는 멀티콥터용 지상 시험 장치를 구축하고, 이를 기반으로 비행 제어 알고리즘 기반의 멀티콥터형 드론에 대한 교육 플랫폼을 활성화시킬 수 있다.

[0027] 본 발명은 안전한 회전반경과 탈부착의 용이성을 적용하고, 비행 제어 알고리즘 설계 분석에 대해 소프트웨어적 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 물리적 분석결과를 도출할 수 있다.

[0028] 본 발명은 지상 시험 진행 시 회전 중심과 질량 중심의 차이에 의한 움직임에 대한 추가 분석을 비선형 운동방정식 분석으로 진행하여 비행 제어 알고리즘 설계 분석에 따른 물리적 분석결과를 도출할 수 있다.

[0029] 본 발명은 학생들을 대상으로 멀티콥터 제어 알고리즘 수업 진행을 보조할 수 있고, 1축 베어링과 3축 볼 베어링을 교체하여 간단하게 1축 제어와 3축 제어를 진행할 수 있는 멀티콥터용 지상 시험 장치 및 방법을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0030] 도 1 내지 도 2c는 본 발명의 일실시예에 따른 멀티콥터용 지상 시험 장치를 설명하는 도면이다.

도 3a 내지 도 3d는 본 발명의 일실시예에 따른 멀티콥터용 지상 시험 장치에서 멀티콥터부의 구조체를 설명하는 도면이다.

도 4a 내지 도 4e는 본 발명의 일실시예에 따른 멀티콥터용 지상 시험 장치에서 멀티콥터부의 전력 구동부를 설명하는 도면이다.

도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 멀티콥터용 지상 시험 장치에서 멀티콥터부의 비행 제어부를 설명하는 도면이다.

도 6a 내지 도 6d는 본 발명의 일실시예에 따른 멀티콥터용 지상 시험 장치에서 지상 지지부를 설명하는 도면이다.

도 7은 본 발명의 일실시예에 따른 멀티콥터용 지상 시험 장치로부터 분리되는 멀티콥터의 프로토타입을 설명하는 도면이다.

도 8a 및 도 8b는 본 발명의 일실시예에 따른 멀티콥터용 지상 시험 장치의 역학적인 추가 분석을 설명하는 도면이다.

도 9a 및 도 9b는 본 발명의 일실시예에 따른 멀티콥터용 지상 시험 장치에서 구현되는 비행 제어 알고리즘을 설명하는 도면이다.

도 10은 본 발명의 일실시예에 따른 멀티콥터용 지상 시험 장치의 테스트 제어부를 설명하는 도면이다.

도 11은 본 발명의 일실시예에 따른 멀티콥터용 지상 시험 장치의 테스트 제어 방법을 설명하는 도면이다.

도 12a 내지 도 12c는 본 발명의 일실시예에 따른 멀티콥터용 지상 시험 장치의 테스트 결과를 설명하는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0031] 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.

[0032] 본 발명의 개념에 따른 실시예들은 다양한 변경들을 가할 수 있고 여러 가지 형태들을 가질 수 있으므로 실시예

들을 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.

- [0033] 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.
- [0034] 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.
- [0035] 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.
- [0036] 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.
- [0037] 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.
- [0039] 도 1 내지 도 2c는 본 발명의 일실시예에 따른 멀티콥터용 지상 시험 장치를 설명하는 도면이다.
- [0040] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 멀티콥터용 지상 시험 장치의 구성 요소를 예시한다.
- [0041] 도 1을 참고하면, 본 발명의 일실시예에 따른 멀티콥터용 지상 시험 장치(100)는 멀티콥터용 비행 제어 알고리즘에 대한 교육 시연 및 분석 테스트를 구현하기 위한 장치이다.
- [0042] 일례로, 멀티콥터용 지상 시험 장치(100)는 지상에서 멀티콥터의 역학적 움직임을 나타내거나 비행 제어 알고리즘을 시험하기 위한 시뮬레이션 장치일 수 있다. 예를 들어, 비행 제어 알고리즘은 비행의 자세를 제어하는 비행자세제어 알고리즘일 수 있다.
- [0043] 본 발명의 일실시예에 따르면 멀티콥터용 지상 시험 장치(100)는 멀티콥터부(110), 지상 지지부(120), 테스트 제어부(130) 및 테스트 결과 제공부(140)를 포함한다.
- [0044] 멀티콥터부(110)는 구조체부, 전력 구동부, 비행 제어부 및 통신부를 포함한다.
- [0045] 예를 들어, 멀티콥터용 지상 시험 장치(100)는 멀티콥터부(110)의 전력 구동부에 의한 구조체부의 회전수만으로 3축 거동을 발생시키는 경우에 따른 비행 제어 알고리즘을 분석할 수 있다.
- [0046] 또한, 멀티콥터용 지상 시험 장치(100)는 비행 제어 알고리즘 교육에서의 저비용, 구조적 단순성을 확보하고, 다수의 교육환경 구축에 필요한 추후 유지 보수에 관하여 유연함을 보유했을 수 있다.
- [0047] 예를 들어, 구조체부는 프레임, 랜딩기어, 비행컴퓨터 지지부 및 지상 지지부 연결부를 포함하고, 전력 구동부는 모터, 프로펠러, 전기 속도 제어부, 배터리 및 전원분배보드를 포함할 수 있다.
- [0048] 한편, 비행 제어부는 비행 제어 알고리즘을 내장하고 있는 비행 컴퓨터를 포함하고, 통신부는 상기 비행 컴퓨터와 연결될 수 있다.

- [0049] 일례로, 멀티콥터부(110)는 프레임의 복수의 압에 모터, 전기 속도 제어부 및 프로펠러가 위치하고, 비행 컴퓨터 지지부가 프레임 상단에 부착되어 비행 컴퓨터가 부착되며, 프레임 하단에 지상 지지부 연결부가 위치하고, 지상 지지부 연결부에 배터리 및 전원분배보드가 부착될 수 있다.
- [0050] 본 발명의 일실시예에 따르면 지상 지지부(120)는 멀티콥터부(110)를 지상에 고정하는 역할을 수행한다.
- [0051] 일례로, 지상 지지부(120)는 탈착식 연결부, 회전 연결부 및 하단 지지부를 포함한다.
- [0052] 예를 들어, 지상 지지부(120)의 탈착식 연결부는 상기 지상 지지부 연결부와 연결 고리를 이용하여 체결되며, 회전 연결부는 1축 회전 연결부 및 3축 회전 연결부 중 어느 하나로서 상기 탈착식 연결부와 연결되고, 하단 지지부는 상기 회전 연결부의 볼 베어링과 결합될 수 있다.
- [0053] 본 발명의 일실시예에 따르면 테스트 제어부(130)는 멀티콥터부(110)의 회전 중심과 질량 중심의 차이에 의한 모멘트를 고려하는 비행 제어 알고리즘에 기반하여 제어 신호를 생성하고, 통신부를 통해 비행 제어부에 생성된 제어 신호를 전달하여 멀티콥터부(110)의 테스트를 제어할 수 있다.
- [0054] 일례로, 테스트 제어부(130)는 멀티콥터부(110)가 구동할 시 회전 중심과 질량 중심의 최초 위치와 마지막 위치가 동일하도록 질량 중심이 회전 중심의 위에 위치하는 경우에 회전 중심의 차이와 질량 중심의 위치를 모두 고려하여 모멘트를 결정할 수 있다.
- [0055] 또한, 테스트 제어부(130)는 결정된 모멘트에 따라 비행 제어 알고리즘을 결정하며, 결정된 비행 제어 알고리즘에 따라 비행 제어부의 1축 또는 3축 제어를 제어하는 자세 명령에 따른 제어 신호를 생성할 수 있다.
- [0056] 본 발명의 일실시예에 따르면 테스트 제어부(130)는 비행 제어 알고리즘에 따라 1축 또는 3축 제어를 제어하는 자세 명령을 생성하고, 생성된 자세 명령에 따른 멀티콥터부의 각도 및 크기를 비행 제어 알고리즘에서 1축 또는 3축 제어 각각에서의 기준에서의 각도 및 크기와 비교하여 생성된 자세 명령의 계인을 제어하거나 자세 명령에 따른 제어 신호를 생성할 수 있다.
- [0057] 예를 들어, 멀티콥터부(110)는 생성된 제어 신호에 기반하여 비행 제어부의 제어 동작이 결정되고, 결정된 제어 동작에 기반하여 전력 구동부를 통해 구동되는 모터의 개수를 결정할 수 있다.
- [0058] 본 발명의 일실시예에 따르면 멀티콥터용 지상 시험 장치(100)는 멀티콥터용 지상 시험 장치의 동작 방법인 멀티콥터용 지상 시험 방법에 의해 동작된다.
- [0059] 일례로, 테스트 결과 제공부(140)는 테스트 제어부(130)에 의해 수행된 테스트의 제어 결과를 제공한다.
- [0060] 예를 들어, 테스트 결과 제공부(140)는 디스플레이를 통해 도 12a 내지 도 12c와 같은 테스트 결과를 제공할 수 있다.
- [0061] 즉, 테스트 결과 제공부(140)는 지상 시험 장치(100)를 통해서 테스트되는 비행 제어 알고리즘의 안전성을 확인할 수 있는 안정성 판단 데이터를 제공할 수 있다.
- [0062] 이에 따라 본 발명은 멀티콥터의 1축부터 복수축의 역학적 거동과 관련된 비행 제어 알고리즘 교육 및 테스트하는 멀티콥터용 지상 시험 장치 및 방법을 제공할 수 있다.
- [0064] 도 2a는 본 발명의 일실시예에 따른 멀티콥터용 지상 시험 장치의 측면 모습을 예시한다.
- [0065] 도 2a를 참고하면, 본 발명의 일실시예에 따른 멀티콥터용 지상 시험 장치(200)는 멀티콥터부(201) 및 지상 지지부(202)를 포함한다.
- [0066] 멀티콥터부(201)는 멀티콥터용 지상 시험 장치(200)의 테스트 제어부와 통신으로 연결되어서 비행 제어 알고리즘과 같은 구동 제어 신호를 수신하고, 수신된 구동 제어 신호에 따라 1축부터 복수축의 구동을 구현할 수 있다.
- [0067] 지상 지지부(202)는 멀티콥터부(201)가 지상에 고정되어서 저비용 조건에서 3축 역학적 거동을 구현할 수 있도록 지원할 수 있다.
- [0068] 따라서, 본 발명은 지상 시험 진행 시 회전 중심과 질량 중심의 차이에 의한 움직임에 대한 추가 분석을 비선형 운동방정식 분석으로 진행하여 비행 제어 알고리즘 설계 분석에 따른 물리적 분석결과를 도출할 수 있다.

- [0069] 도 2b는 본 발명의 일실시예에 따른 멀티콥터용 지상 시험 장치의 상면 모습을 예시한다.
- [0070] 도 2b를 참고하면, 본 발명의 일실시예에 따른 멀티콥터용 지상 시험 장치(210)는 상면에서 보면 멀티콥터부가 고정된 상태에서는 지상 지지부는 확인할 수 없다.
- [0071] 멀티콥터용 지상 시험 장치(210)는 멀티콥터부의 움직임에 따라 상, 하, 좌, 우의 다양한 방향으로 움직임이 생길 수 있다.
- [0072] 도 2c는 본 발명의 일실시예에 따른 멀티콥터용 지상 시험 장치의 하면 모습을 예시한다.
- [0073] 도 2c를 참고하면, 본 발명의 일실시예에 따른 멀티콥터용 지상 시험 장치(220)는 멀티콥터부(221) 및 지상 지지부(222)를 포함한다.
- [0074] 멀티콥터부(221)와 지상 지지부(222)는 연결부분을 가지고 있는데, 연결부분 관련된 설명은 도 3d, 도 6a 내지 도 6c를 이용하여 보충설명한다.
- [0075] 멀티콥터부(221)의 구조체부는 도 3a 내지 도 3d를 이용하여 보충 설명하고, 멀티콥터부(221)의 전력 구동부는 도 4a 내지 도 4e를 이용하여 보충 설명하며, 멀티콥터부(221)의 비행 제어부는 도 5를 이용하여 보충 설명한다.
- [0076] 또한, 지상 지지부(222)는 도 6a 내지 도 6d를 이용하여 보충 설명한다.
- [0077] 본 발명의 일실시예에 따른 멀티콥터용 지상 시험 장치는 쿼드콥터 제어 알고리즘에 초점을 맞추어 개발되었고, 기존 장치와 달리 소형화되었다.
- [0078] 본 발명의 일실시예에 따른 멀티콥터용 지상 시험 장치는 1축 베어링과 3축 볼 베어링을 교체하여 간단하게 1축 제어와 3축 제어를 진행할 수 있다.
- [0079] 이에 따라, 본 발명의 일실시예에 따른 멀티콥터용 지상 시험 장치는 1축 제어에 대한 시뮬레이션 학습 진행 후, 3축 제어에 대한 시뮬레이션 학습을 진행함에 따라 단계별 심화학습을 진행하도록 지원할 수 있다.
- [0081] 도 3a 내지 도 3d는 본 발명의 일실시예에 따른 멀티콥터용 지상 시험 장치에서 멀티콥터부의 구조체부를 설명하는 도면이다.
- [0082] 도 3a는 본 발명의 일실시예에 따른 멀티콥터부의 구조체부를 구성하는 프레임을 예시한다.
- [0083] 도 3a를 참고하면, 본 발명의 일실시예에 따른 구조체부의 프레임(300)은 260mm의 대각길이를 갖는 멀티콥터부의 프레임이다.
- [0084] 프레임(300)의 4개의 암(Arm)에 BLDC(Brushless Direct Current motor) 모터와 ESC(Electronic Speed Controller)가 각각 장착 가능하며, 비행컴퓨터를 +자 또는 X자 형태로 부착 가능하다.
- [0085] 프레임(300)의 상단에는 비행컴퓨터가 부착되고, 하단에는 지상 지지부와 연결되는 연결부, 전원분배보드, 배터리 등이 배치될 수 있다.
- [0086] 도 3b는 본 발명의 일실시예에 따른 멀티콥터부의 구조체부를 구성하는 랜딩기어를 예시한다.
- [0087] 도 3b를 참고하면, 본 발명의 일실시예에 따른 멀티콥터부의 구조체부를 구성하는 랜딩기어(310)는 비행 시험 진행 시 프레임의 4개의 암(Arm)에 있는 나사 구멍에 각각 나사로 체결하여 이륙, 착륙과정에서 멀티콥터부를 지지하는 역할을 수행할 수 있다.
- [0088] 도 3c는 본 발명의 일실시예에 따른 멀티콥터부의 구조체부를 구성하는 비행컴퓨터 지지부를 예시한다.
- [0089] 도 3c를 참고하면, 본 발명의 일실시예에 따른 멀티콥터부의 구조체부를 구성하는 비행컴퓨터 지지부(320)는 비행컴퓨터 지지판(321)과 비행컴퓨터 지지대(322)를 포함한다.
- [0090] 비행컴퓨터를 장착할 수 있도록 하는 비행컴퓨터 지지부이다. 프레임의 상단에 비행 목적과 제어 범칙에 따라 +자 또는 X자 형태로 장착할 수 있다.
- [0091] 도 3d는 본 발명의 일실시예에 따른 멀티콥터부의 구조체부를 구성하는 지상 지지부 연결부를 예시한다.
- [0092] 도 3d를 참고하면, 본 발명의 일실시예에 따른 멀티콥터부의 구조체부를 구성하는 지상 지지부 연결부(330)는

지상 지지부 연결판(331), 지상 지지부 연결 지지대(332) 및 지상 지지부 연결 고리(333)를 포함한다.

- [0093] 본 발명의 일실시예에 따른 멀티콥터부의 구조체부를 구성하는 지상 지지부 연결부(330)는 프레임의 하단에 장착되는 지상 지지부의 연결부 빈 공간에 배터리를 결합시킬 수 있다.
- [0094] 본 발명의 일실시예에 따른 멀티콥터부의 구조체부를 구성하는 지상 지지부 연결부(330)는 멀티콥터부의 하단에서 지상 지지부 연결 고리(333)를 장착하여 지상 지지부와 탈착식 연결부를 이용해 탈부착이 가능하다.
- [0095] 예를 들어, 멀티콥터부는 지상 지지부와 연결되어 있는 경우는 3 자유도인 롤(roll), 피치(pitch) 및 요(yaw) 3 자유도 운동을 통한 자세 성능 검증이 가능하며, 연결부를 해제하면 바로 실제 비행이 가능할 수 있다.
- [0097] 도 4a 내지 도 4e는 본 발명의 일실시예에 따른 멀티콥터용 지상 시험 장치에서 멀티콥터부의 전력 구동부를 설명하는 도면이다.
- [0098] 도 4a는 본 발명의 일실시예에 따른 멀티콥터용 지상 시험 장치에서 멀티콥터부의 전력 구동부의 BLDC 모터를 예시한다.
- [0099] 도 4a를 참고하면, 본 발명의 일실시예에 따른 BLDC 모터(400)는 멀티콥터부의 프레임에서 각 암(Arm) 끝단에 각각 장착된다.
- [0100] 또한, BLDC 모터(400)는 ESC를 통해 전달받는 3상의 아날로그 신호를 통해 회전 속도를 조절하여 추력을 발생시키고 3자유도 운동을 할 수 있도록 하는 핵심 구동부일 수 있다.
- [0101] 도 4b는 본 발명의 일실시예에 따른 멀티콥터용 지상 시험 장치에서 멀티콥터부의 전력 구동부에 연결되고, 전력 구동부로 분류 가능한 프로펠러를 예시한다.
- [0102] 도 4b를 참고하면, 본 발명의 일실시예에 따른 멀티콥터용 지상 시험 장치에서 멀티콥터부의 프로펠러(410)는 시계 방향(411)과 반시계 방향(412)으로 구분 가능하다.
- [0103] 일례로, 멀티콥터용 지상 시험 장치에서 멀티콥터부의 프로펠러(410)는 4개의 BLDC 모터 상단에 장착되는 3엽 프로펠러로서, 시계 방향(411)과 반시계 방향(412)이 번갈아 배치되어 멀티콥터 비행에 중요한 추력을 낸다.
- [0104] 또한, 프로펠러(410)는 모터의 회전속도에 따라 추력을 조절하여 3자유도 운동을 발생시킬 수 있다.
- [0105] 도 4c는 본 발명의 일실시예에 따른 멀티콥터용 지상 시험 장치에서 멀티콥터부의 전력 구동부를 구성하는 ESC(electronic speed controller)를 예시한다.
- [0106] 도 4c를 참고하면, 본 발명의 일실시예에 따른 멀티콥터용 지상 시험 장치에서 멀티콥터부의 전력 구동부를 구성하는 ESC(420)는 BLDC 모터를 구동하기 위한 정류자 역할을 하고, 우측 하단의 3개의 연결부(423)는 BLDC 모터에 연결되고, 좌측 상단의 2개의 전원선(421)은 전원분배보드에 연결될 수 있다.
- [0107] 좌측 상단의 가운데 흰색 전선(422)은 신호선으로 비행컴퓨터에 연결되어 조종기의 명령 신호를 PWM 신호로 수신할 수 있다.
- [0108] 예를 들어, ESC(420)는 멀티콥터부의 프레임 암 중간에 부착될 수 있고, 전기 속도 제어부로 지칭될 수 있다.
- [0109] 도 4d는 본 발명의 일실시예에 따른 멀티콥터용 지상 시험 장치에서 멀티콥터부의 전력 구동부를 구성하는 배터리를 예시한다.
- [0110] 도 4d를 참고하면, 본 발명의 일실시예에 따른 멀티콥터용 지상 시험 장치에서 멀티콥터부의 전력 구동부를 구성하는 배터리(430)는 멀티콥터부의 프레임과 연결부 사이에 배치되고, 전원분배보드에 직접 전력을 공급할 수 있다.
- [0111] 배터리(430)는 멀티콥터부를 구성하는 멀티콥터 드론의 필수 전력원일 수 있다.
- [0112] 도 4e는 본 발명의 일실시예에 따른 멀티콥터용 지상 시험 장치에서 멀티콥터부의 전력 구동부를 구성하는 전원분배보드를 예시한다.
- [0113] 도 4d를 참고하면, 본 발명의 일실시예에 따른 멀티콥터용 지상 시험 장치에서 멀티콥터부의 전력 구동부를 구성하는 전원분배보드(440)는 4개의 ESC의 전원선과 배터리의 전원선이 모두 전원분배보드에 연결된다.
- [0114] 전원분배보드(440)는 배터리로부터 받은 전원을 각 ESC와 비행컴퓨터에 전달할 수 있고, 멀티콥터부의 프레임

하단 중앙에 부착된다.

- [0116] 도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 멀티콥터용 지상 시험 장치에서 멀티콥터부의 비행 제어부를 설명하는 도면이다.
- [0117] 도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 멀티콥터용 지상 시험 장치에서 멀티콥터부의 비행 제어부로서, 비행 컴퓨터(500)를 예시하고, 비행 컴퓨터에는 테스트 제어 명령을 수신할 수 있는 통신부가 연결된다.
- [0118] 도 5를 참고하면, 본 발명의 일실시예에 따른 멀티콥터용 지상 시험 장치에서 멀티콥터부의 비행 제어부를 구성하는 비행컴퓨터(500)는 멀티콥터의 비행 알고리즘이 내장되어 있으며, 멀티콥터 비행컴퓨터 지지부 상단에 +자 또는 X자 형태로 장착될 수 있다.
- [0119] 일례로, 비행컴퓨터(500)는 우측 상단에는 조종기의 명령 신호를 수신할 수 있는 수신기로서 통신부가 연결되고, 좌측 하단에는 각 ESC에서 나오는 4개의 신호선이 연결된다. 전원분배보드로부터 나오는 비행컴퓨터 전원선이 연결될 수 있다.
- [0120] 예를 들어, 통신부는 비행컴퓨터에 조종기의 명령 신호를 전달할 수 있도록 하며, 멀티콥터의 무게중심을 고려해서 비행컴퓨터의 상단에 배치될 수 있다.
- [0122] 도 6a 내지 도 6d는 본 발명의 일실시예에 따른 멀티콥터용 지상 시험 장치에서 지상 지지부를 설명하는 도면이다.
- [0123] 도 6a는 본 발명의 일실시예에 따른 멀티콥터용 지상 시험 장치에서 지상 지지부를 구성하는 탈착식 연결부를 예시한다.
- [0124] 도 6a를 참고하면, 본 발명의 일실시예에 따른 지상 지지부의 탈착식 연결부(600)는 지상 지지부의 상단에 위치하고, 멀티콥터부의 연결 고리를 체결될 수 있다.
- [0125] 양쪽의 손잡이를 통해 연결부의 고정 바를 조절하여 지상시험장치 연결부와와의 탈부착을 가능하다.
- [0126] 탈착식 연결부(600)는 멀티콥터부와 지상 지지부 간의 연결 상태를 제어함에 따라 멀티콥터부가 도 7과 같이 지상 지지부로부터 별도로 분리되도록 할 수 있다.
- [0127] 도 6b는 본 발명의 일실시예에 따른 멀티콥터용 지상 시험 장치에서 지상 지지부를 구성하는 3축 회전 연결부를 예시한다.
- [0128] 도 6b를 참고하면, 본 발명의 일실시예에 따른 지상 지지부의 3축 회전 연결부(610)는 3축 볼 케이스 홀더(611), 3축 볼 케이스(612) 및 3축 볼 베어링(613)을 포함한다.
- [0129] 본 발명의 일실시예에 따른 지상 지지부의 3축 회전 연결부(610)는 탈착식 연결부(600)의 하단에 나사 체결되며 3축 볼 베어링(613)을 이용해 멀티콥터부의 3자유도 운동(롤, 피치, 요)를 가능하도록 한다.
- [0130] 3축 회전 연결부(610)에서 3축 볼 베어링(613)은 3축 볼 케이스(612)와 전면이 맞닿아 있고 3축 볼 케이스(612)는 3축 볼 케이스 홀더(611)에 스크류 체결되고, 3축 볼 케이스 홀더(611)가 탈착식 연결부(600)와 4개의 나사 체결이 가능할 수 있다.
- [0131] 도 6c는 본 발명의 일실시예에 따른 멀티콥터용 지상 시험 장치에서 지상 지지부를 구성하는 1축 회전 연결부를 예시한다.
- [0132] 도 6c를 참고하면, 본 발명의 일실시예에 따른 지상 지지부의 1축 회전 연결부(620)는 1축 베어링(621) 및 1축 회전 연결부 케이스(622)를 포함한다.
- [0133] 일례로, 1축 회전 연결부(620)는 탈착식 연결부(600)의 하단에 나사 체결되고, 이를 이용해 멀티콥터의 1 자유도 운동(롤 또는 피치)를 가능하도록 한다.
- [0134] 한편, 1축 베어링(621)은 1축 회전 연결부 케이스(622)와 볼트와 너트를 이용하여 체결부위를 연결 및 고정된다.
- [0135] 또한, 1축 회전 연결부 케이스(622)는 탈착식 연결부와 4개의 나사로 체결될 수 있다.

- [0136] 도 6d는 본 발명의 일실시예에 따른 멀티콥터용 지상 시험 장치에서 지상 지지부를 구성하는 하단 지지부를 예시한다.
- [0137] 도 6d를 참고하면, 본 발명의 일실시예에 따른 지상 지지부의 하단 지지부(630)는 하단 지지판(631) 및 하단 지지대(632)를 포함한다.
- [0138] 하단 지지판(631) 및 하단 지지대(632)는 나사 체결되고, 3축 볼 베어링이 하단 지지대의 상단에 나사체로 연결될 수 있다.
- [0140] 도 7은 본 발명의 일실시예에 따른 멀티콥터용 지상 시험 장치로부터 분리되는 멀티콥터의 프로토타입을 설명하는 도면이다.
- [0141] 도 7은 본 발명의 일실시예에 따른 멀티콥터용 지상 시험 장치로부터 분리되는 멀티콥터의 프로토타입을 예시한다.
- [0142] 도 7을 참고하면, 본 발명의 일실시예에 따른 멀티콥터용 지상 시험 장치로부터 분리되는 멀티콥터부(700)는 멀티콥터로서 비행을 구현할 수 있다.
- [0143] 멀티콥터부(700)는 도 3b에서 설명된 랜딩 기어에 의해서 지상에 위치할 수 있다.
- [0144] 멀티콥터부(700)는 운동량 이론에 기반하여 비행성능 예측 결과에 따라 주요 변수가 고려될 수 있다.
- [0145] 특히, 아래에 제시된 호버링 비행시간 및 각 항목은 멀티콥터부(700)를 지상 지지부와 결합하여 실험 및 교육활동을 진행한 후, 탈거하여 실제 조종기와 연동한 비행 프로세스에서 나타나는 비행성능을 아래 표 1과 같이 정리할 수 있다.

[0147] [표 1]

성능 예측 변수	관계식	값	단위
호버링 시 1개의 구동부에서의 요구 추력	$T_{prop} = \frac{1}{4}mg$	1.42	N
1개의 구동부에서 요구되는 이상적 전력	$P_{ideal} = \frac{T^{\frac{3}{2}}}{\sqrt{2\rho R^2 \pi}}$	9.39	W
배터리 에너지	$E_{bat} = V_{bat} \times C_{bat}$	37000	mWh
비행시간	$T_{flight} = \frac{E_{bat}}{P_f}$	0.16	H
		9.72	min

- [0148]
- [0150] 표 1에서 T_{prop} 는 호버링 시 1개의 구동부에서의 요구 추력을 나타낼 수 있고, m 은 쿼드콥터의 질량을 나타낼 수 있으며, g 는 중력가속도를 나타낼 수 있고, P_{ideal} 은 1개의 구동부에서 요구되는 이상적 전력을 나타낼 수 있으며, R 은 1개의 구동부에 포함된 프로펠러의 반경 나타낼 수 있고, E_{bat} 는 배터리 에너지를 나타낼 수 있으며, V_{bat} 는 배터리의 전압을 나타낼 수 있고, C_{bat} 는 배터리의 전류를 나타낼 수 있으며, T_{flight} 는 쿼드콥터의

비행 시간을 나타낼 수 있고, P_1 는 쿼드콥터의 실제 전력을 나타낼 수 있다.

[0151] 표 2는 본 발명의 일실시예에 따른 성능 추정 결과를 예시한다.

[표 2]

성능 추정	값	단위
호버링 비행시간	8.8	min
호버링 전류	15.40	A
호버링 입력전력	227.9	W
호버링 출력전력	165.8	W
호버링 효율	72.7	%

[0156] 상술한 성능 추정에 기반하여 본 발명의 멀티콥터용 지상 시험 장치는 지상에서 비행 제어 알고리즘의 학습 및 테스트를 진행하도록 지원할 수 있다.

[0157] 본 발명의 멀티콥터용 지상 시험 장치는 멀티콥터부를 지상 지지부로부터 탈거하여 랜딩기어를 장착하여 학습된 3축 제어 알고리즘을 통해 실제 비행을 진행하는 학습까지 한번에 진행할 수 있다.

[0158] 다시 말해, 본 발명의 멀티콥터용 지상 시험 장치는 동역학, 유체역학, 제어공학 등의 이론을 1축 및 3축 제어 실습과 비행실습을 통해 접목하여 실전적으로 학습할 수 있게 설계한 교육플랫폼을 지원한다.

[0159] 따라서, 본 발명의 멀티콥터용 지상 시험 장치는 제어대상("+형 쿼드콥터의 운동모델)의 역학적 운동 및 제어 법칙 활용의 복잡한 이해도가 요구된다.

[0160] 이에 따라 1축제어 실습, 3축제어실습, 비행실습 순으로 넘어가는 일련의 과정을 통해 단계별 심화학습에 근거한 제어 알고리즘 설계 및 분석을 진행하도록 지원할 수 있다.

[0161] 이에 따라, 본 발명은 저비용 조건에서 3축 역학적 거동을 검토할 수 있는 멀티콥터용 지상 시험 장치를 구축하고, 이를 기반으로 비행 제어 알고리즘 기반의 멀티콥터형 드론에 대한 교육 플랫폼을 활성화시킬 수 있다.

[0163] 도 8a 및 도 8b는 본 발명의 일실시예에 따른 멀티콥터용 지상 시험 장치의 역학적인 추가 분석을 설명하는 도면이다.

[0164] 도 8a 및 도 8b는 본 발명의 일실시예에 따른 멀티콥터용 지상 시험 장치가 회전 중심과 질량 중심의 차이에 의한 모멘트(MG)에 대한 역학적인 추가 분석을 진행하는 실시예를 예시한다.

[0165] 도 8a는 본 발명의 일실시예에 따른 멀티콥터용 지상 시험 장치가 회전 중심과 질량 중심의 차이에 의한 모멘트(M_G)에 대한 역학적인 추가 분석을 진행하는 실시예를 설명하기 위해서 일반적인 쿼드콥터의 회전 중심과 본 발명의 일실시예에서의 멀티콥터의 회전 중심을 예시한다.

[0166] 도 8a를 참고하면, 회전 중심의 제1 예시(800)는 종래 기술에 따른 일반적인 쿼드콥터의 회전 중심을 나타내고, 회전 중심의 제2 예시(801)는 본 발명의 일실시예에서의 멀티콥터의 회전 중심을 나타낸다.

[0167] 제1 예시(800)는 기존에 탈착이 가능한 테스트 장치에 대한 것으로 지상 시험 진행 시 체결부위를 기준으로 회전하기 때문에 회전 중심이 질량 중심보다 아래에 위치하여 역학적인 분석이 필요하나 이점을 고려하지 않음을 나타낼 수 있다.

[0168] 제2 예시(801)는 본 발명의 일실시예에서의 멀티콥터가 테스트되는 경우로서 본 발명의 멀티콥터는 3축 볼 베어링 또는 1축 볼 베어링을 기준으로 회전하기 때문에 회전 중심이 질량 중심보다 아래에 위치한다.

[0169] 이에 따라 멀티콥터의 테스트 중 발생하는 중심 간 차이에 대한 모멘트를 무시할 수 없다.

[0170] 따라서, 본 발명의 일실시예에 따른 멀티콥터용 지상 시험 장치는 회전 중심 간의 차이에 대한 모멘트를 비선형 운동 방정식에 추가하여 연산할 수 있다.

[0171] 도 8b는 본 발명의 일실시예에 따른 멀티콥터용 지상 시험 장치가 회전 중심 간의 차이에 대한 모멘트를 비선형 운동 방정식에 추가하여 연산하기 위한 추가 고려 사항을 예시한다.

[0172] 도 8b를 참고하면, 회전 중심의 제3 예시(810)는 멀티콥터의 질량 중심이 회전 중심의 위에 위치하는 경우를 예시한다.

[0173] 제3 예시(810)와 관련하여 멀티콥터용 지상 시험 장치가 회전 중심 간의 차이에 대한 모멘트를 비선형 운동 방정식에 추가하여 연산하기 위해서 하기 수학식 1을 고려한다.

[0174] 즉, 멀티콥터용 지상 시험 장치는 회전중심점과 무게중심점의 차이를 고려한 비선형 운동방정식을 분석하고, 실제 자세제어법칙을 설계할 때에는 하기 수학식 1을 고려한다.

[0176] [수학식 1]

$$\begin{aligned}\dot{u} &= vr - wq - g \sin \theta \\ \dot{v} &= -ur + wq + g \cos \theta \sin \phi \\ \dot{w} &= uq - vp + g \cos \phi \cos \theta - \frac{U_1}{m} \\ \dot{p} &= \frac{1}{I_{xx}} \left((I_{yy} - I_{zz}) qr + U_2 \right) \\ \dot{q} &= \frac{1}{I_{yy}} \left((I_{zz} - I_{xx}) pr + U_3 \right) \\ \dot{r} &= \frac{1}{I_{zz}} \left((I_{xx} - I_{yy}) pq + U_4 \right)\end{aligned}$$

[0177]

[0179] 수학식 1에서 $\dot{u} = vr - wq - g \sin \theta$ 는 쿼드콥터 동체 고정 좌표계에서의 x축 방향 가속도를 나타낼 수 있고, $\dot{v} = -ur + wq + g \cos \theta \sin \phi$ 는 쿼드콥터 동체 고정 좌표계에서의 y축 방향 가속도를 나타낼 수

있으며, $\dot{w} = uq - vp - g \cos \phi \cos \theta - \frac{U_1}{m}$ 는 쿼드콥터 동체 고정 좌표계에서의 z축 방향 가속도를 나타낼 수

있고, $\dot{p} = \frac{1}{I_{xx}} \left((I_{yy} - I_{zz}) qr + U_2 \right)$ 는 지구 고정 좌표계에서의 x축 방향 속도를 나타낼 수 있으며,

$\dot{q} = \frac{1}{I_{yy}} \left((I_{zz} - I_{xx}) pr + U_3 \right)$ 는 지구 고정 좌표계에서의 y축 방향 속도를 나타낼 수 있고,

$\dot{r} = \frac{1}{I_{zz}} \left((I_{xx} - I_{yy}) pq + U_4 \right)$ 는 지구 고정 좌표계에서의 z축 방향 속도를 나타낼 수 있다.

[0180] 추가적으로, 수학식 1에서 v 는 쿼드콥터 동체 고정 좌표계에서의 x 축 방향 속도를 나타낼 수 있고, r 은 쿼드콥터 동체 고정 좌표계에서의 y 속도를 나타낼 수 있으며, w 는 쿼드콥터 동체 고정 좌표계에서의 z 축 방향 속도를 나타낼 수 있고, q 는 쿼드콥터 동체 고정 좌표계에서의 피치 속도를 나타낼 수 있으며, g 는 중력가속도를 나타낼 수 있고, U_1 는 쿼드콥터의 추력 입력값을 나타낼 수 있으며, U_2 는 쿼드콥터의 롤 운동 입력값을 나타낼 수 있으며, U_3 는 쿼드콥터의 피치 운동 입력값을 나타낼 수 있으며, U_4 는 쿼드콥터의 요 운동 입력값을 나타낼 수 있으며, m 은 쿼드콥터의 질량을 나타낼 수 있고, I 는 관성을 나타낼 수 있으며, x, y 및 z 는 쿼드콥터 각 축의 관성을 나타낼 수 있다.

[0181] 본 발명의 일실시예에 따른 멀티콥터용 지상 시험 장치는 상술한 수학식 1에 기반하여 중심 간 차이에 대한 모멘트를 하기 수학식 2와 같이 산출한다.

[0183] [수학식 2]

$$M_G = \begin{bmatrix} mgh \sin \phi \\ mgh \sin \theta \\ 0 \end{bmatrix}$$

[0184]

[0186] 수학식 2에서 M_G 는 회전 중심과 질량 중심의 차이에 대한 모멘트를 나타낼 수 있고, mg 는 질량 중심을 나타낼 수 있으며, h 는 회전 중심 간의 거리를 나타낼 수 있다.

[0187] 본 발명의 일실시예에 따른 멀티콥터용 지상 시험 장치는 중심 간 차이에 대한 모멘트를 회전중심점과 무게중심점의 차이를 고려한 비선형 운동방정식으로 분석하고, 실제 자세제어 법칙을 설계할 때에는 아래의 수학식 2의 구성으로 고려한다.

[0188] 본 발명의 일실시예에 따른 멀티콥터용 지상 시험 장치는 상술한 수학식 2에 기반하여 중심 간 차이에 대한 모멘트를 수학식 1의 비선형 운동 방정식에 추가하여 수학식 3을 연산할 수 있다.

[0190] [수학식 3]

$$\begin{aligned} \dot{u} &= vr - wq - g \sin \theta \\ \dot{v} &= -ur + wq + g \cos \theta \sin \phi \\ \dot{w} &= uq - vp + g \cos \phi \cos \theta - \frac{U_1}{m} \\ \dot{p} &= \frac{1}{I_{xx}} \left((I_{yy} - I_{zz}) qr + U_2 + mgh \sin \phi \right) \\ \dot{q} &= \frac{1}{I_{yy}} \left((I_{zz} - I_{xx}) pr + U_3 + mgh \sin \theta \right) \\ \dot{r} &= \frac{1}{I_{zz}} \left((I_{xx} - I_{yy}) pq + U_4 \right) \end{aligned}$$

[0191]

[0193] 수학적식 3은 수학적식 1에 대비하여 $\dot{p}$ 과 $\dot{q}$ 에서 회전 중심과 질량 중심의 차이에 대한 모멘트가 추가적으로 고려되는 것을 확인시켜 준다. 한편, 수학적식 3에서의 파라미터 정의는 수학적식 1과 동일하다.

[0194] 본 발명은 기존에 탈착이 가능한 테스트 장치들이 회전 중심이 질량 중심보다 아래에 위치하여 역학적인 추가 분석을 고려하지 않은 점을 개선하기 위해서 수학적식 3에 해당하는 연산과정을 추가적으로 고려한다.

[0196] 도 9a 및 도 9b는 본 발명의 일실시예에 따른 멀티콥터용 지상 시험 장치에서 구현되는 비행 제어 알고리즘을 설명하는 도면이다.

[0197] 도 9a는 본 발명의 일실시예에 따른 멀티콥터용 지상 시험 장치에서 구현되는 비행 제어 알고리즘에서 롤(roll) 및 피치(pitch) 자세제어 신호를 생성하는 구성을 예시한다.

[0198] 도 9a를 참고하면, 본 발명의 일실시예에 따라 롤 및 피치 자세제어 신호를 생성하는 자세제어기의 블록도(900)를 예시한다.

[0199] 본 발명의 일실시예에 따른 멀티콥터용 지상 시험 장치의 테스트 제어부는 멀티콥터부의 테스트 자세를 제어하기 위해서 자세제어 신호를 생성할 수 있다.

[0200] 일례로, 테스트 제어부는 비선형 운동방정식인 상기 수학적식 3을 호버링 포인트에서 미소교란(small disturbance) 이론을 이용하여 선형화를 진행하면 하기 수학적식 4 및 5를 계산할 수 있다.

[0202] [수학적식 4]

$$\begin{bmatrix} \Delta \dot{u} \\ \Delta \dot{v} \\ \Delta \dot{w} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\Delta \theta g \\ \Delta \phi g \\ \Delta U_1 \\ -\frac{\Delta U_1}{m} \end{bmatrix}$$

[0203]

[0204] [수학적식 5]

$$\begin{bmatrix} \Delta \dot{p} \\ \Delta \dot{q} \\ \Delta \dot{r} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{U_2 - mgh\phi}{I_{xx}} \\ \frac{U_3 - mgh\theta}{I_{yy}} \\ \frac{U_4}{I_{zz}} \end{bmatrix}$$

[0205]

[0207] 수학적식 4 및 수학적식 5에서 v는 쿼드콥터 동체 고정 좌표계에서의 x축 방향 속도를 나타낼 수 있고, r은 쿼드콥터 동체 고정 좌표계에서의 y 축 속도를 나타낼 수 있으며, w는 쿼드콥터 동체 고정 좌표계에서의 z축 방향 속도를 나타낼 수 있고, q는 쿼드콥터 동체 고정 좌표계에서의 피치 속도를 나타낼 수 있으며, g는 중력가속도를 나타낼 수 있고, U₁는 쿼드콥터의 주력 입력값을 나타낼 수 있으며, U₂는 쿼드콥터의 롤 운동 입력값을 나타낼 수 있으며, U₃는 쿼드콥터의 피치 운동 입력값을 나타낼 수 있으며, U₄는 쿼드콥터의 요 운동 입력값을 나타낼 수 있으며, m은 쿼드콥터의 질량을 나타낼 수 있고, I는 관성을 나타낼 수 있으며, x,y 및 z는 쿼드콥터 각 축의 관성을 나타낼 수 있다.

[0208] 테스트 제어부는 비선형운동을 분석한 후 실제 제어대상 시스템 모델을 선정할 시 제어이론을 알고리즘에 적용

하여 직관적인 이해를 통해 선형화 함에 따라 하기 수학식 6을 도출할 수 있다.

[수학식 6]

$$\ddot{\phi} = \frac{1}{I_{xx}} U_2 \quad \ddot{\theta} = \frac{1}{I_{yy}} U_3 \quad \ddot{\psi} = \frac{1}{I_{zz}} U_4$$

수학식 6에서 Ψ 는 롤축을 나타낼 수 있고, Θ 는 피치축을 나타낼 수 있으며, Ψ 는 요축을 나타낼 수 있고, U_2 는 쿼드콥터의 롤 운동 입력값을 나타낼 수 있으며, U_3 는 쿼드콥터의 피치 운동 입력값을 나타낼 수 있으며, U_4 는 쿼드콥터의 요 운동 입력값을 나타낼 수 있으며, I 는 관성을 나타낼 수 있으며, x, y 및 z 는 쿼드콥터 각 축의 관성을 나타낼 수 있다.

블록도(900)는 다중루프를 적용하였고, 블록도(900)를 통해 자세 제어 신호를 하기 수학식 7과 같이 출력할 수 있다.

[수학식 7]

$$U_2(s) = K_1(K_2(\phi_c - \phi) - p)$$

$$U_3(s) = K_1(K_2(\theta_c - \theta) - q)$$

수학식 7에서 U_2 는 쿼드콥터의 롤 운동 입력값을 나타낼 수 있고, U_3 는 쿼드콥터의 피치 운동 입력값을 나타낼 수 있으며, K_1 는 쿼드콥터의 추력 관련 변수를 나타낼 수 있으며, K_2 는 쿼드콥터의 롤 운동 관련 변수를 나타낼 수 있으며, p 는 쿼드콥터 동체 고정 좌표계에서 롤 속도를 나타낼 수 있고, q 는 쿼드콥터 동체 고정 좌표계에서의 피치 속도를 나타낼 수 있으며, Ψ 는 롤축을 나타낼 수 있고, Θ 는 피치축을 나타낼 수 있다.

도 9b는 본 발명의 일실시예에 따른 멀티콥터용 지상 시험 장치에서 구현되는 비행 제어 알고리즘에서 요(yaw) 자세제어 신호를 생성하는 구성을 예시한다.

도 9a를 참고하면, 본 발명의 일실시예에 따라 요 자세제어 신호를 생성하는 자세제어기의 블록도(910)를 예시한다.

블록도(910)는 다중루프를 적용하였고, 블록도(910)를 통해 자세 제어 신호를 하기 수학식 8과 같이 출력할 수 있다.

[수학식 8]

$$U_4(s) = K_1(r_c - r)$$

수학식 8에서 U_4 는 쿼드콥터의 요 운동 입력값을 나타낼 수 있고, K_1 는 쿼드콥터의 추력 관련 변수를 나타낼 수 있으며, r 은 쿼드콥터 동체 고정 좌표계에서 요 속도를 나타낼 수 있다.

도 10은 본 발명의 일실시예에 따른 멀티콥터용 지상 시험 장치의 테스트 제어부를 설명하는 도면이다.

- [0230] 도 10은 본 발명의 일실시예에 따른 멀티콥터용 지상 시험 장치의 테스트 제어부의 블록도 및 제어 신호 흐름을 예시한다.
- [0231] 도 10을 참고하면, 본 발명의 일실시예에 따른 멀티콥터용 지상 시험 장치의 테스트 제어부(1000)는 자세 명령 생성부(1010), 자세 제어부(1020) 및 자세 제어 수행부(1030)를 포함한다.
- [0232] 자세 제어 수행부(1030)는 멀티콥터부로서 1축 지상 테스트를 진행할 경우에는 1축 지상 테스트 장치일 수 있고, 3축 지상 테스트를 진행할 경우에는 3축 지상 테스트 장치로 지칭될 수 있다.
- [0233] 본 발명의 일실시예에 따른 멀티콥터용 지상 시험 장치의 1축 제어 실습은 하드웨어 및 소프트웨어 측면에서 다양한 장점이 존재한다.
- [0234] 하드웨어적 측면에서 1축제어를 실시하면 3축 제어에 비해서 구동부를 적게 사용할 수 있다.
- [0235] 하드웨어 구성시 연선 실수, 모터 pwm신호 캘리브레이션 실패 등으로 인한 구동부 오작동, 예측하지 못한 작동으로 신입 교육 대상자의 안전사고 위험성을 감소시키고, 교육자의 안전사고 점검이 비교적 용이할 수 있다.
- [0236] 또한, 3축 제어 플랫폼에 비해 적은 구동부를 사용하기에 정비 용이성을 확보하고 있다.
- [0237] 소프트웨어적 측면에서는 제어 알고리즘 설계단계에서 제어기의 이득(Gain) 튜닝 진행 시 3축제어와 비교하여 제어 불확실성이 감소하므로 제어 알고리즘 설계 실패로 인한 인적 및 물적 피해를 감소시킬 수 있다.
- [0238] 또한 차후 선형제어 이상의 고급 제어기법 적용 연구 시 실험적 접근에 대한 난이도와 부담을 덜 수 있어 연구 혹은 교육에 대한 신속성 및 유연성을 확보할 수 있다.
- [0239] 위 내용을 종합하면, 3축 제어 플랫폼에 비해 복합적인 역학 및 제어 교육 내용의 효과적인 이해와 안전사고의 위험성이 저하된다는 장점이 있다.
- [0240] 따라서 상기한 내용을 바탕으로 본 테스트 장치에 1축 회전 연결부 부분을 추가하여 교육과정에 1축제어 실습을 진행할 수 있는 장점이 존재한다.
- [0241] 또한, 본 발명은 안전한 회전반경과 탈부착의 용이성을 적용하고, 비행 제어 알고리즘 설계 분석에 대해 소프트웨어적 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 물리적 분석결과를 도출할 수 있다.
- [0242] 테스트 제어부(1000)는 1축 지상 테스트를 진행하는 경우에 자세 명령 생성부(1010)에서 롤축(Ψ_d) 자세 명령만을 생성하고, 자세 제어부(1020)에서 롤축(Ψ_d) 자세 명령에 기반하여 모터 구동과 관련된 제1 제어 신호(M_1) 및 제3 제어 신호(M_3)만을 자세 제어 수행부(1030)에 전달하여 멀티콥터부의 롤축 자세제어 테스트를 진행한다.
- [0243] 테스트 제어부(1000)는 3축 지상 테스트를 진행하는 경우에 1축 지상 테스트에서 자세 명령 생성부(1010)에서 피치축(Θ_d) 및 요축(Ψ_d) 자세 명령을 추가로 생성하고, 모터 구동과 관련된 제1 제어 신호(M_1) 내지 제4 제어 신호(M_4)를 자세 제어 수행부(1030)에 전달하여 멀티콥터부의 3축 자세제어 테스트를 진행한다.
- [0244] 즉, 테스트 제어부(1000)는 총 네 개의 모터에 추력 명령 값을 전달하여 3축 자세제어 테스트를 진행한다.
- [0245] 여기서, 테스트 제어부(1000)는 1축 제어 알고리즘을 통해 롤축 제어가 검증되면 축 대칭의 특징을 갖는 쿼드콥터 형상에 대해 피치축 또한 동일한 제어 이득 값을 가질 수 있다.
- [0246] 이에 따라, 테스트 제어부(1000)는 요축 제어 상태만 검증하면 된다는 편리성이 존재한다.
- [0248] 도 11은 본 발명의 일실시예에 따른 멀티콥터용 지상 시험 장치의 테스트 제어 방법을 설명하는 도면이다.
- [0249] 도 11은 본 발명의 일실시예에 따른 멀티콥터용 지상 시험 장치의 테스트 제어 방법을 예시한다.
- [0250] 도 11을 참고하면, 본 발명의 일실시예에 따른 멀티콥터용 지상 시험 장치의 테스트 제어 방법은 단계(1101)에서 특정축 관련 자세 명령을 생성 및 입력한다.
- [0251] 즉, 본 발명의 일실시예에 따른 멀티콥터용 지상 시험 장치의 테스트 제어 방법은 1축 또는 3축 관련 자세 명령을 생성하고, 생성된 자세 명령을 자세 제어부에 입력할 수 있다.
- [0252] 단계(1102)에서 본 발명의 일실시예에 따른 멀티콥터용 지상 시험 장치의 테스트 제어 방법은 일정 시간 내 특

정축 관련 각도 및 크기가 자세 명령에 수렴하는지 여부를 확인한다.

[0253] 여기서, 본 발명의 일실시예에 따른 멀티콥터용 지상 시험 장치의 테스트 제어 방법은 일정 시간 내 특정축 관련 각도 및 크기가 자세 명령에 수렴하는 경우에는 해당 절차를 종료하고, 일정 시간 내 특정축 관련 각도 및 크기가 자세 명령에 수렴하지 않는 경우에는 단계(1103)으로 진행한다.

[0254] 단계(1103)에서 본 발명의 일실시예에 따른 멀티콥터용 지상 시험 장치의 테스트 제어 방법은 자세 명령의 게인(gain)을 제어한다.

[0255] 즉, 멀티콥터용 지상 시험 장치의 테스트 제어 방법은 자세 명령과 자세 제어 알고리즘에 따른 각도 및 크기가 멀티콥터 제어에 따른 각도 조건과 크기 조건에 부합하도록 조정하기 위해서 자세 명령의 게인을 제어할 수 있다.

[0256] 본 발명의 일실시예에 따르면 멀티콥터용 지상 시험 장치의 테스트 제어 방법은 제어 이득 값의 변화에 따른 제어 안정성을 판단하기 위해 근 궤적법을 사용하고, 근 궤적법에서 특성 방정식과 페루프 전달 함수를 이용하여 안정성을 판단할 수 있다.

[0257] 특성 방정식은 하기 수학식 9로 표현 가능하고, 페루프 전달 함수는 하기 수학식 10으로 표현 가능하다.

[0259] [수학식 9]

$$F(s) = 1 + KG(s)H(s) = 0$$

[0260]

[0261] [수학식 10]

$$T(s) = \frac{KG(s)}{1 + KG(s)H(s)}$$

[0262]

[0264] 수학식 9 및 10에서, $F(s) = 1 + KG(s)H(s)$ 를 0으로 만드는 특성방정식을 나타낼 수 있고, T는 페루프 전달함수를 나타낼 수 있으며, G는 쿼드콥터의 모델과 제어부의 입력과 출력 사이의 관계를 나타낸 전달함수를 나타낼 수 있으며, H는 G의 출력에 대한 피드백을 나타낸 전달함수를 나타낸다.

[0265] 수학식 9 및 10에 따른 각도 조건은 수학식 11로 표현할 수 있고, 크기 조건은 수학식 12로 표현할 수 있다.

[0267] [수학식 11]

$$\angle G(s)H(s) = \pm 180(2k + 1)$$

[0268]

[0269] [수학식 12]

$$|G(s)H(s)| = 1$$

[0270]

[0272] 수학식 11 및 수학식 12에 따르면 각도 조건과 크기 조건을 모두 만족시키는 값이 특성 방정식의 근(페루프 극점)이 된다.

[0273] 수학식 11 및 수학식 12에서 G는 쿼드콥터의 모델과 제어부의 입력과 출력 사이의 관계를 나타낸 전달함수를 나타낼 수 있으며, H는 G의 출력에 대한 피드백을 나타낸 전달함수를 나타낸다.

[0274] 테스트 제어부의 멀티콥터부의 제어가 안정하기 위해서는 페루프 극점이 복소평면의 좌평면에 위치해야 한다.

- [0275] 우평면에 위치하는 경우 전달함수의 역라플라스 변환 시 지수 부분이 양수가 되어 발산한다.
- [0276] Matlab을 이용하여 근 궤적선도를 그리고 본 제어 시스템의 안정성은 도 12a 내지 도 12c를 통해 확인할 수 있다.
- [0278] 도 12a 내지 도 12c는 본 발명의 일실시예에 따른 멀티콥터용 지상 시험 장치의 테스트 결과를 설명하는 도면이다.
- [0279] 도 12a는 본 발명의 일실시예에 따른 멀티콥터용 지상 시험 장치의 테스트 결과 중 롤축 제어 테스트 결과를 예시한다.
- [0280] 도 12b는 본 발명의 일실시예에 따른 멀티콥터용 지상 시험 장치의 테스트 결과 중 피치축 제어 테스트 결과를 예시한다.
- [0281] 도 12c는 본 발명의 일실시예에 따른 멀티콥터용 지상 시험 장치의 테스트 결과 중 요축 제어 테스트 결과를 예시한다.
- [0282] 도 12a를 참고하면, 그래프(1200)는 가로축에서 실축(real axis)을 나타내고, 세로축에서 가상축(imaginary axis)을 나타낸다.
- [0283] 그래프(1200)는 롤축의 근 궤적선도를 나타내고, 감쇠비(ζ)가 0.7이고, 고유 진동수(ω_n)가 1.8[rad/s]인 것을 확인시켜준다.
- [0284] 도 12b를 참고하면, 그래프(1210)는 가로축에서 실축(real axis)을 나타내고, 세로축에서 가상축(imaginary axis)을 나타낸다.
- [0285] 그래프(1210)는 피치축의 근 궤적선도를 나타내고, 감쇠비(ζ)가 0.7이고, 고유 진동수(ω_n)가 1.8[rad/s]인 것을 확인시켜준다.
- [0286] 도 12c를 참고하면, 그래프(1220)는 가로축에서 실축(real axis)을 나타내고, 세로축에서 가상축(imaginary axis)을 나타낸다.
- [0287] 그래프(1220)는 요축의 근 궤적선도를 나타내고, 감쇠비(ζ)가 0.7이고, 고유 진동수(ω_n)가 1.8[rad/s]인 것을 확인시켜준다.
- [0288] 그래프(1200) 내지 그래프(1220)를 참고하면, 롤축에 대한 제어가 검증되면, 축 대칭의 특징을 갖는 피치축도 확인된다.
- [0289] 따라서, 본 발명은 지상 시험 진행 시 회전 중심과 질량 중심의 차이에 의한 움직임에 대한 추가 분석을 비선형 운동방정식 분석으로 진행하여 비행 제어 알고리즘 설계 분석에 따른 물리적 분석결과를 도출할 수 있다.
- [0290] 또한, 본 발명은 학생들을 대상으로 멀티콥터 제어 알고리즘 수업 진행을 보조할 수 있고, 1축 베어링과 3축 볼 베어링을 교체하여 간단하게 1축 제어와 3축 제어를 진행할 수 있는 멀티콥터용 지상 시험 장치 및 방법을 제공할 수 있다.
- [0292] 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, FPA(field programmable 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 상기 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.

[0293] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다. 상기된 하드웨어 장치는 실시예의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

[0294] 소프트웨어는 컴퓨터 프로그램(computer program), 코드(code), 명령(instruction), 또는 이들 중 하나 이상의 조합을 포함할 수 있으며, 원하는 대로 동작하도록 처리 장치를 구성하거나 독립적으로 또는 결합적으로(collectively) 처리 장치를 명령할 수 있다. 소프트웨어 및/또는 데이터는, 처리 장치에 의하여 해석되거나 처리 장치에 명령 또는 데이터를 제공하기 위하여, 어떤 유형의 기계, 구성요소(component), 물리적 장치, 가상 장치(virtual equipment), 컴퓨터 저장 매체 또는 장치, 또는 전송되는 신호 파(signal wave)에 영구적으로, 또는 일시적으로 구체화(embodiment)될 수 있다. 소프트웨어는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어서, 분산된 방법으로 저장되거나 실행될 수도 있다. 소프트웨어 및 데이터는 하나 이상의 컴퓨터 판독 가능 매체에 저장될 수 있다.

[0295] 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.

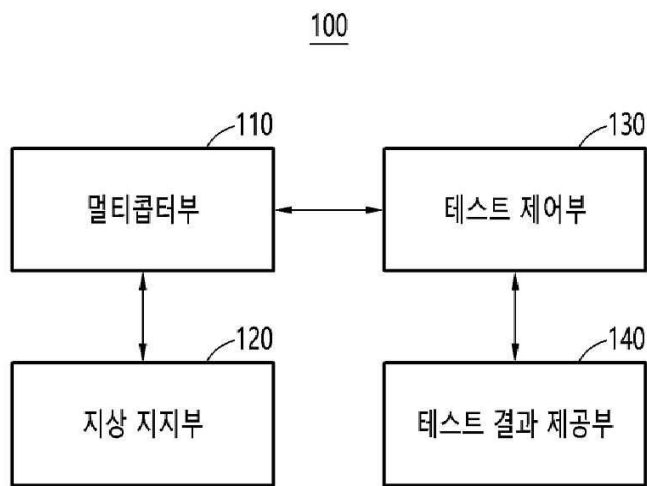
[0296] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

부호의 설명

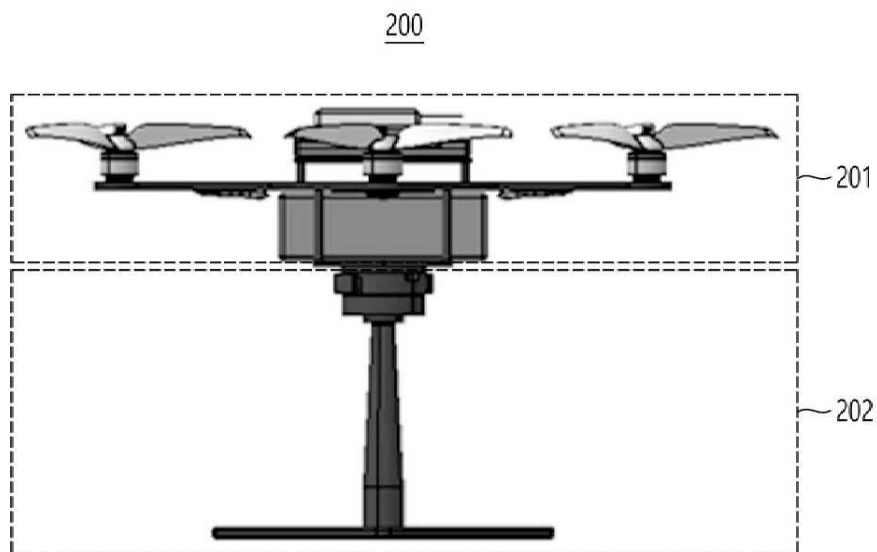
[0297] 100: 멀티콥터용 지상 시험 장치
110: 멀티콥터부 120: 지상 지지부
130: 테스트 제어부
140: 테스트 결과 제공부

도면

도면1

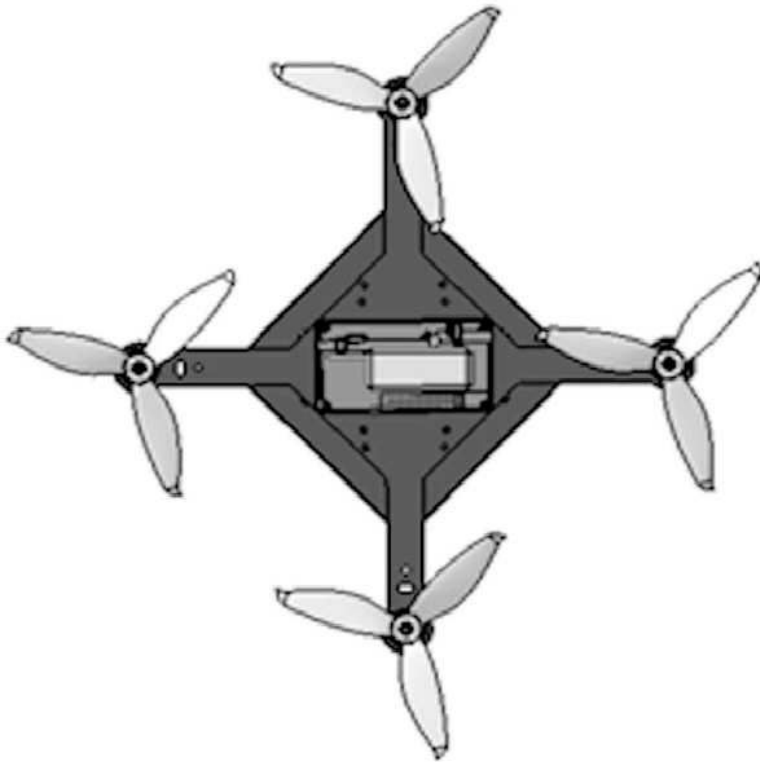


도면2a



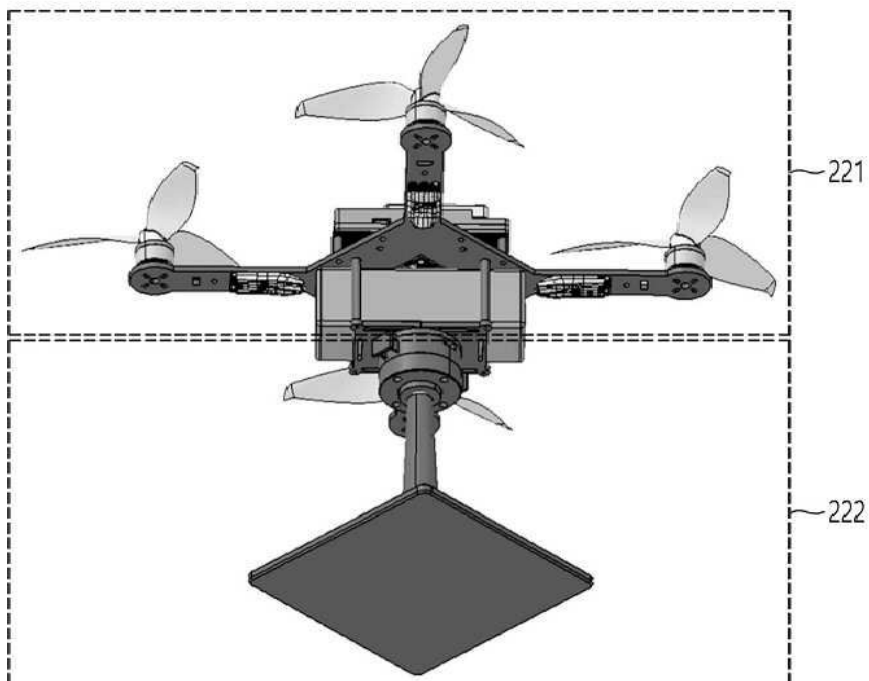
도면2b

210



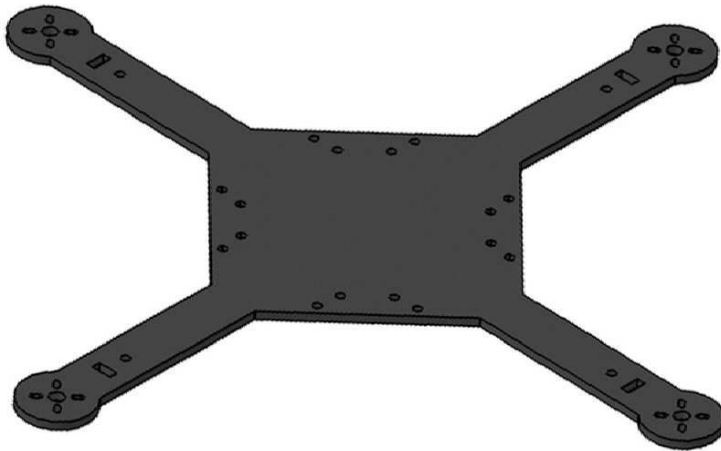
도면2c

220



도면3a

300

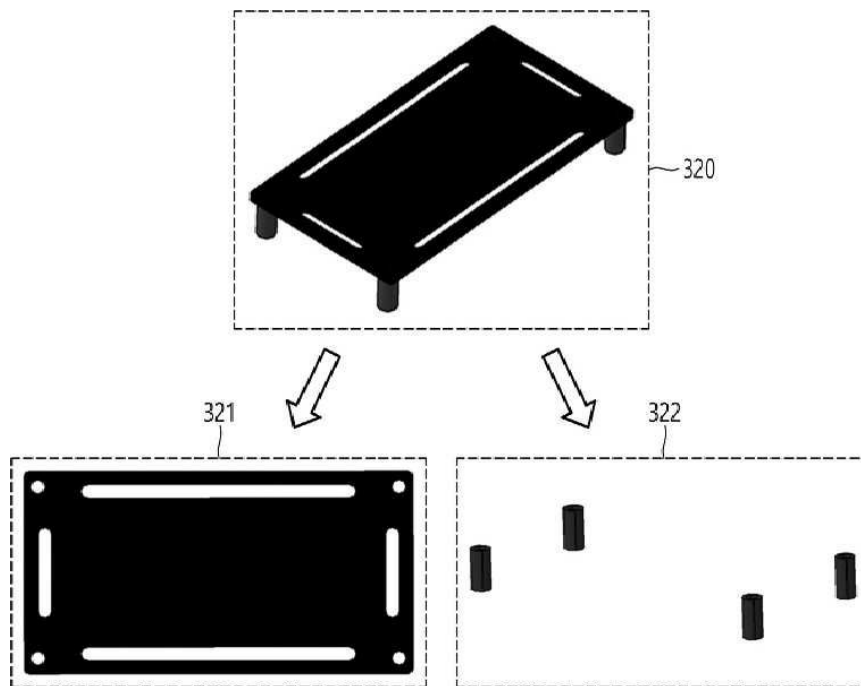


도면3b

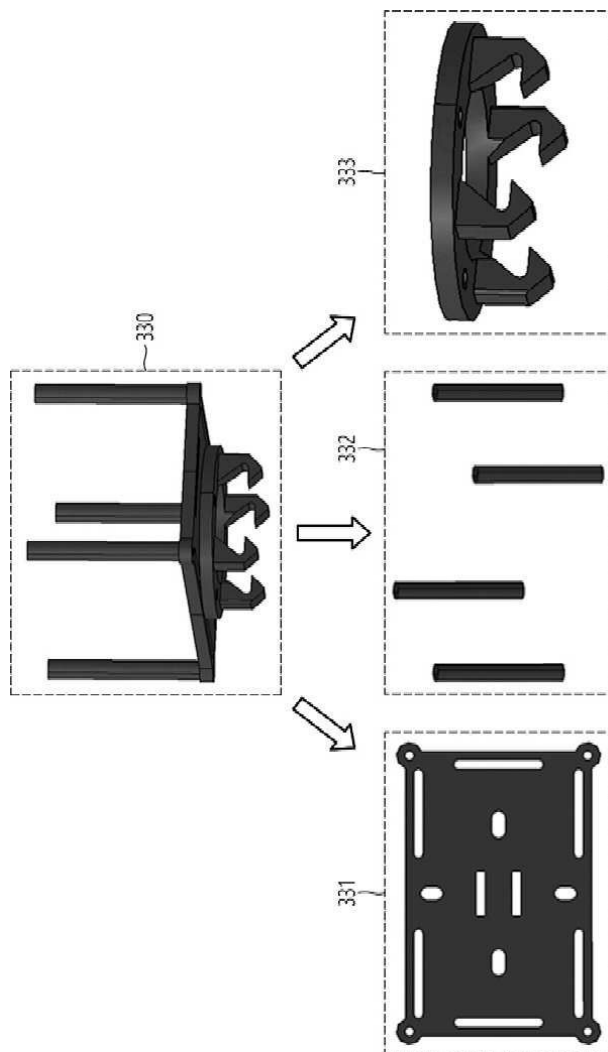
310



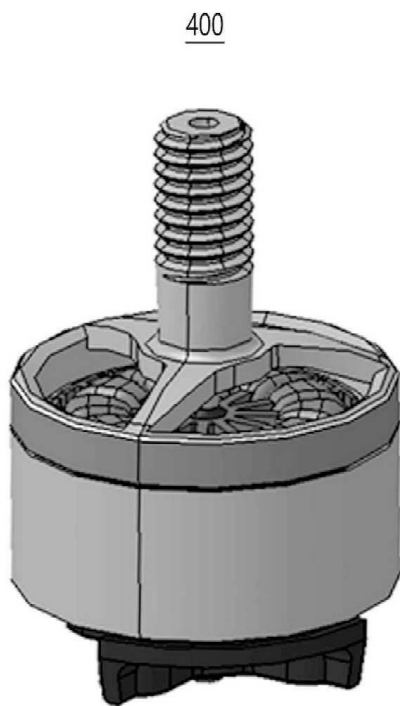
도면3c



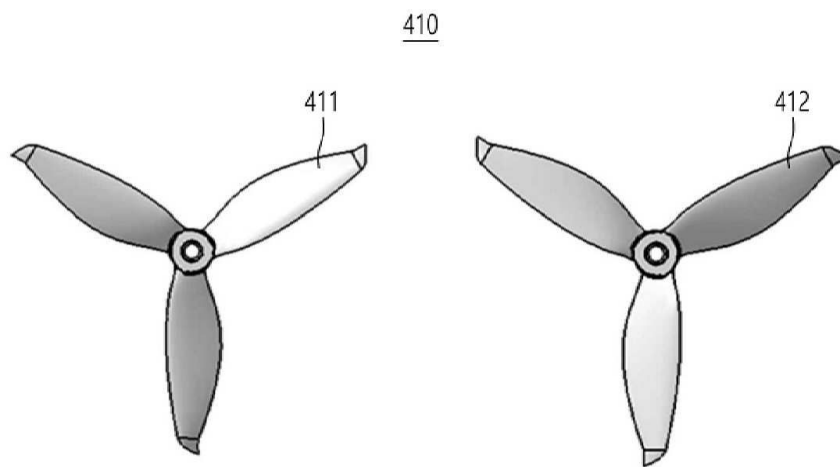
도면3d



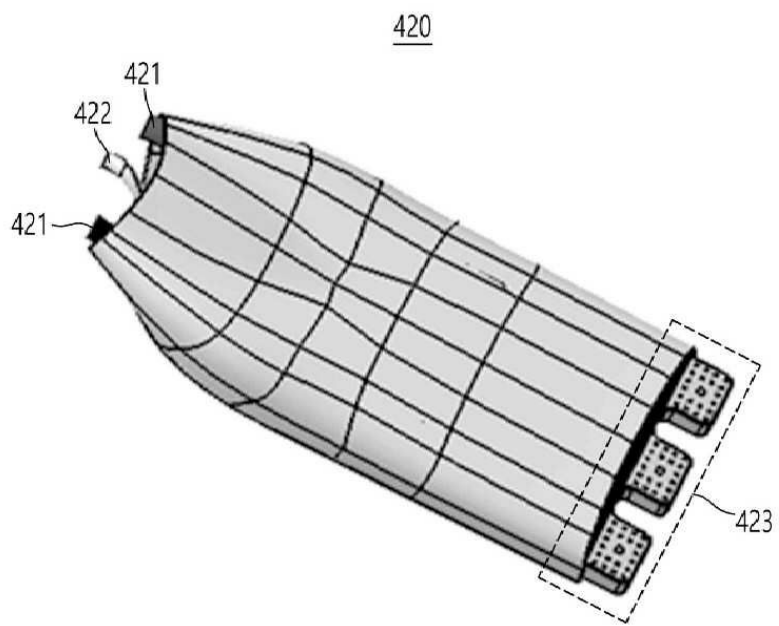
도면4a



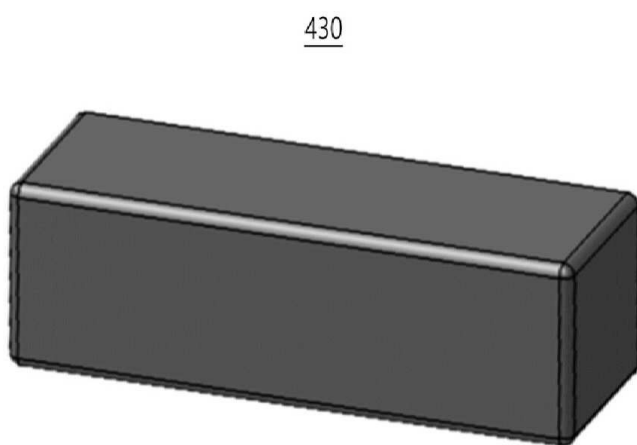
도면4b



도면4c

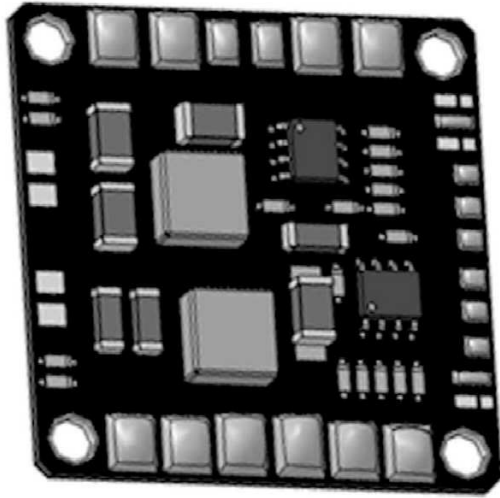


도면4d



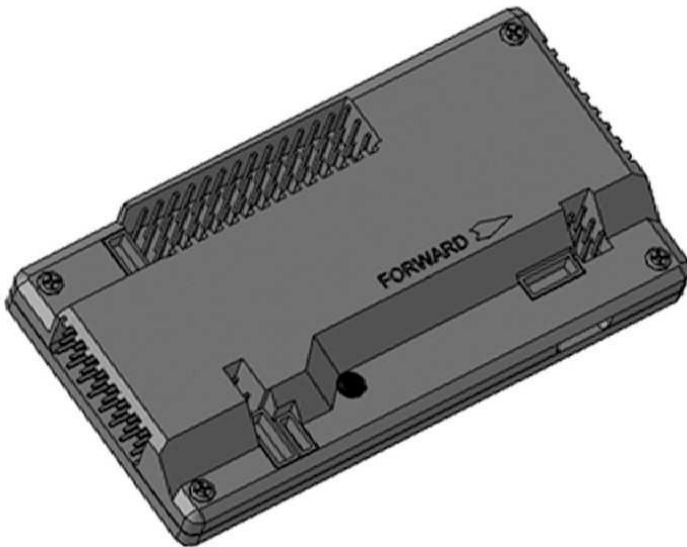
도면4e

440

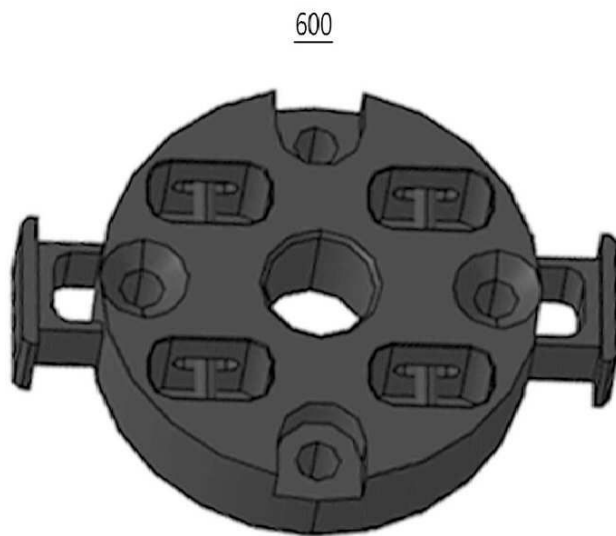


도면5

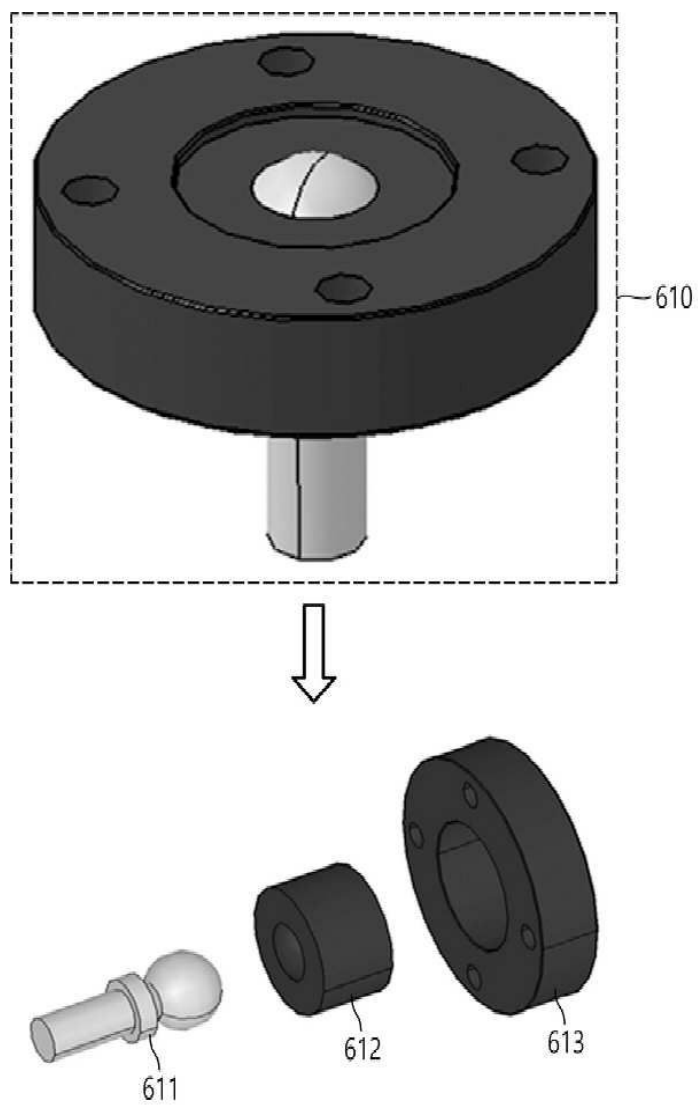
500



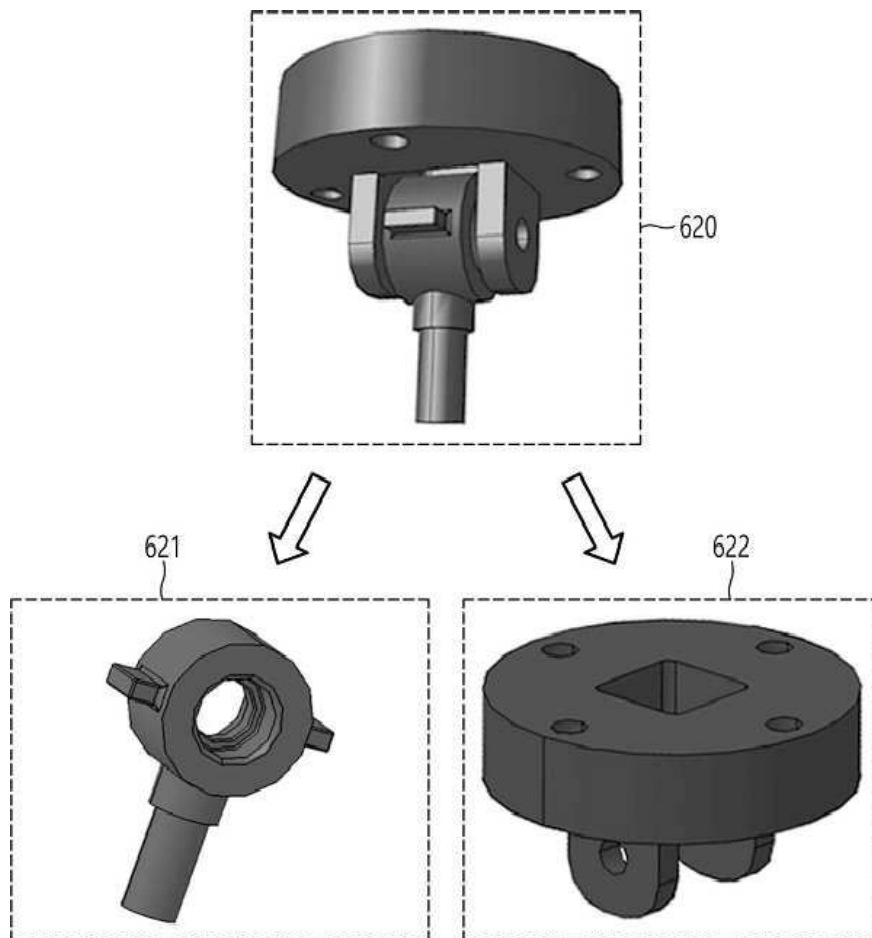
도면6a



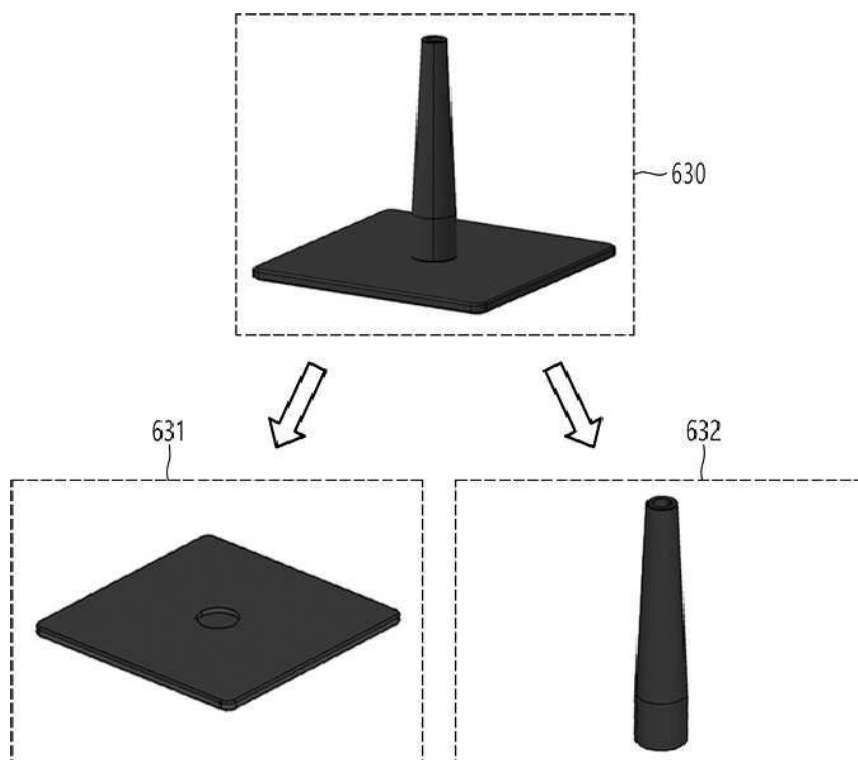
도면6b



도면6c

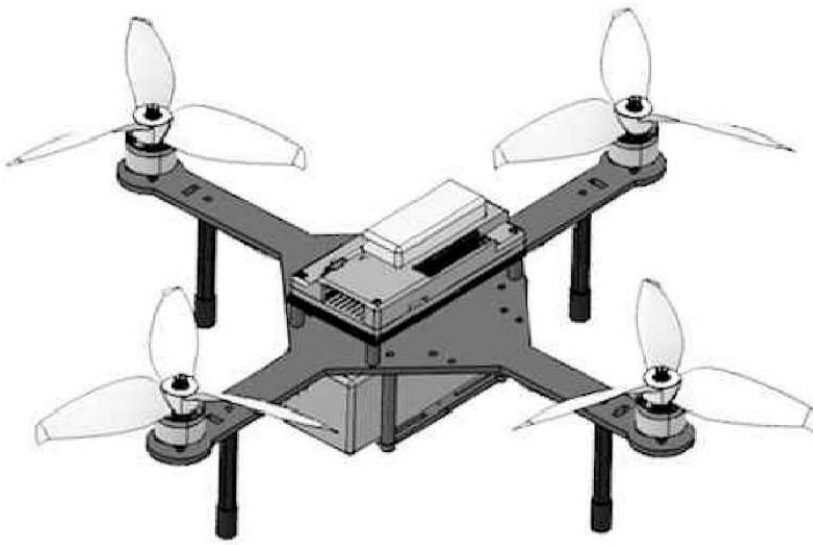


도면6d

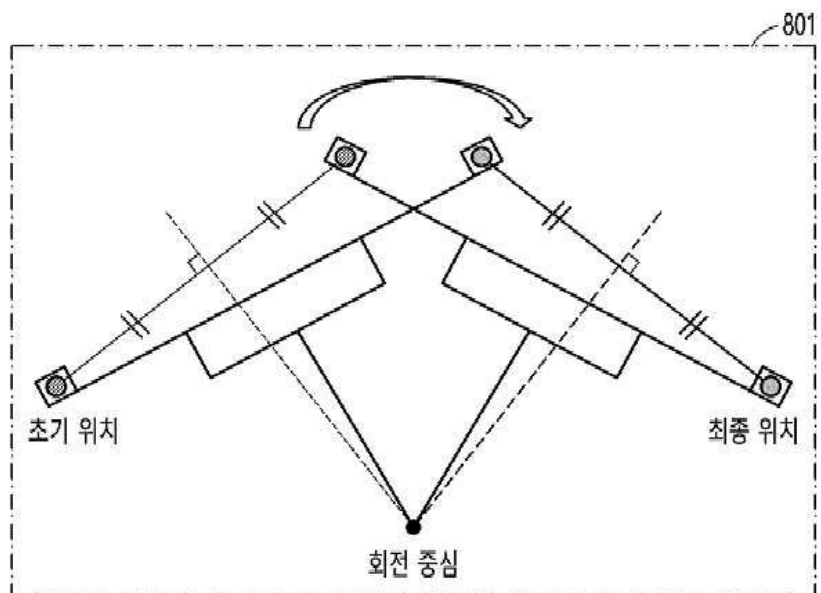
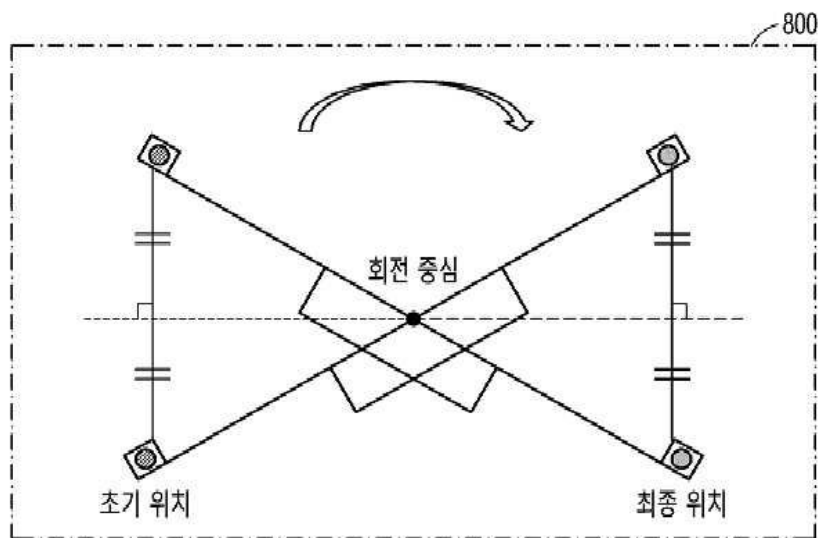


도면7

700

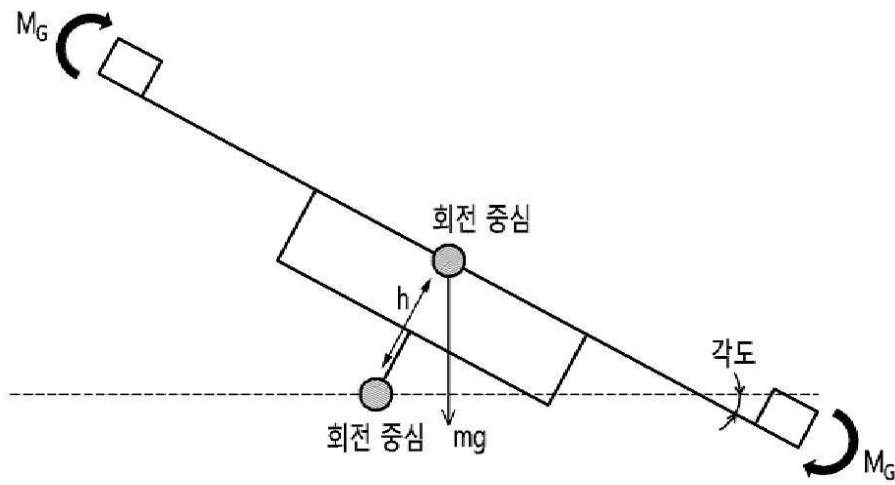


도면 8a

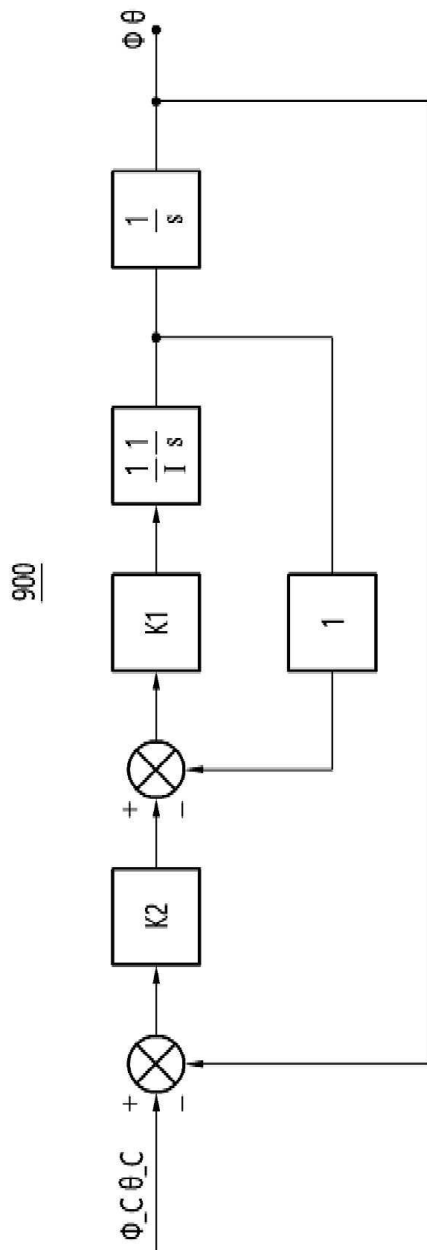


도면 8b

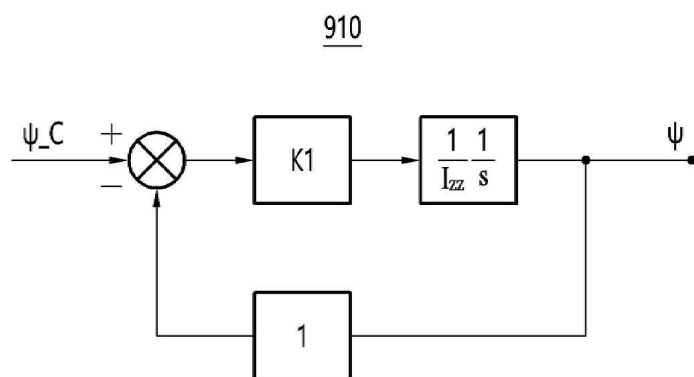
810



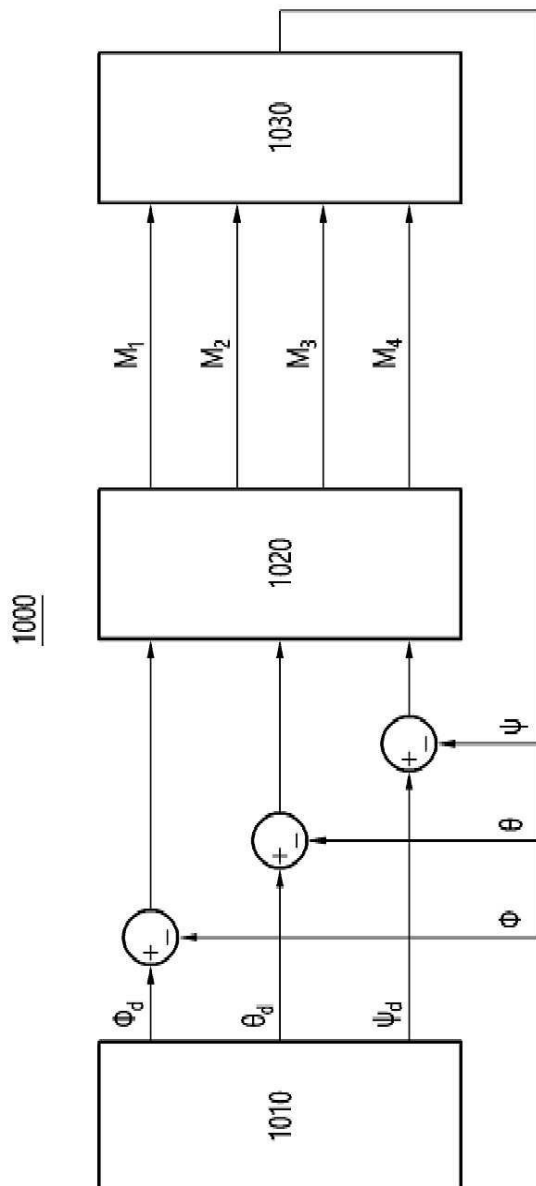
도면9a



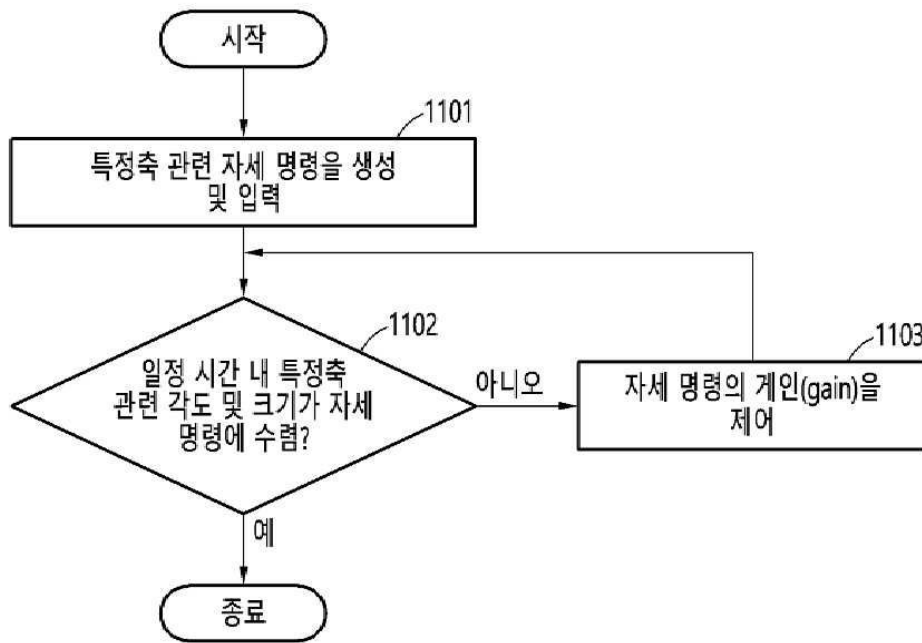
도면9b



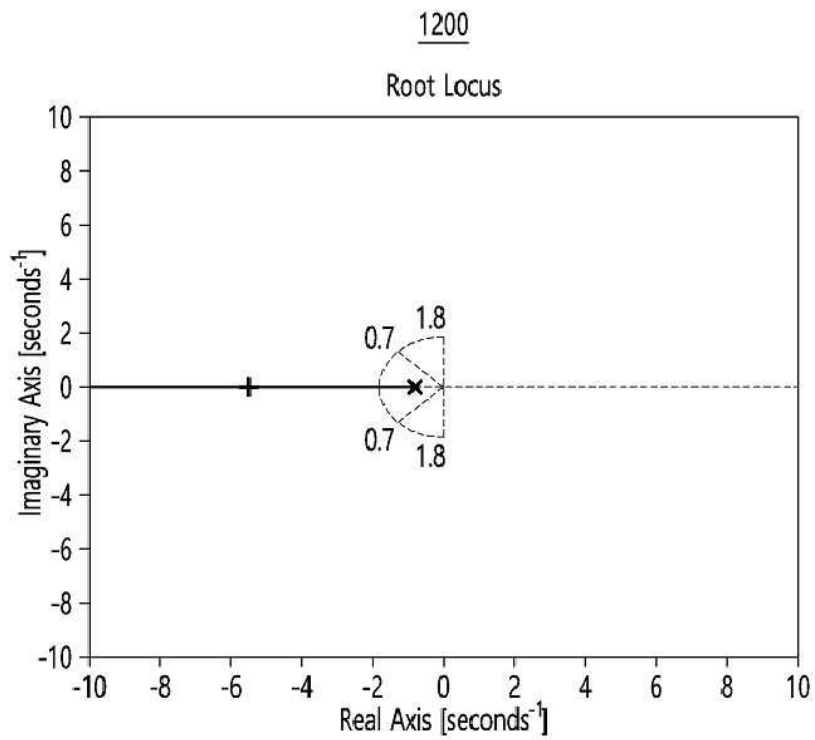
도면10



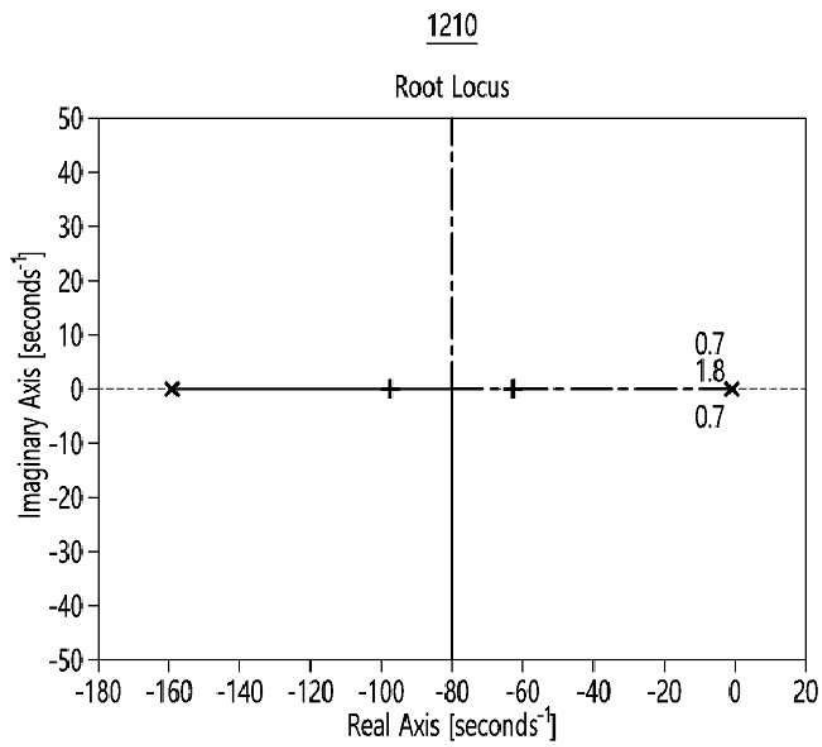
도면11



도면12a



도면12b



도면12c

