(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0092334
(43) 공개일자 2018년08월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G05B 11/36 (2006.01) *B64C 17/02* (2006.01)
B64C 39/02 (2006.01) *G01M 1/10* (2006.01)
(52) CPC특허분류
G05B 11/36 (2013.01)
B64C 17/02 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0017497
(22) 출원일자 2017년02월08일
심사청구일자 2017년02월08일

(71) 출원인
한국기술교육대학교 산학협력단
충남 천안시 동남구 병천면 충절로 1600, 내 (한국기술교육대학교)
(72) 발명자
김병기
천안시 서북구 불당 4로 106 트윈팰리스 806호
이병준
충남 서산시 한성지3로 29, 101-409
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인오암

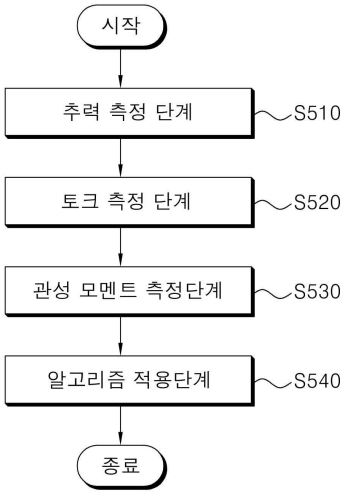
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 발명의 명칭 **드론의 특성 측정 방법**

(57) 요 약

본 발명은 드론의 추력, 토크, 관성모멘트를 측정하여 산출된 데이터를 저장장치에 저장한 후 드론의 내부 루프 및 외부 루프 제어 알고리즘에 적용하는 드론의 특성 측정 방법에 관한 것으로, 양팔저울을 이용하여 상기 드론의 추력을 측정하는 추력측정단계와, 회전판 위에 배치된 드론의 비행체 팔에 토크 줄을 연결하여 상기 드론의 토크를 측정하는 토크측정단계와, 일정 높이에 가로대가 설치된 구조물에 상기 드론을 모멘트 줄로 연결한 후 상기 드론의 관성모멘트를 측정하는 관성모멘트측정단계 및 상기 추력측정단계, 토크측정단계, 관성모멘트측정단계에서 산출된 데이터를 이용하여 드론의 자세를 제어하는 제어 알고리즘에 적용하는 알고리즘적용단계를 포함하는 드론의 특성 측정 방법을 제공한다.

대 표 도 - 도4



(52) CPC특허분류
B64C 39/024 (2013.01)
G01L 5/13 (2013.01)
G01M 1/10 (2013.01)
G10L 15/26 (2013.01)
(72) 발명자
정지수
충남 천안시 동남구 청수8로 71
엄수진
충청북도 청주시 상당구 중흥로 196 208동 103호 (용암동,중흥마을2단지부영아파트)

명 세 서

청구범위

청구항 1

양팔저울을 이용하여 드론의 추력을 측정하는 추력측정단계;

회전판 위에 배치된 드론의 비행체 팔에 토크 줄을 연결하여 상기 드론의 토크를 측정하는 토크측정단계;

일정 높이에 가로 막대가 설치된 가로대에 상기 드론을 모멘트 줄로 연결한 후 상기 드론의 관성모멘트를 측정하는 관성모멘트측정단계; 및

상기 드론의 제어부가 상기 추력측정단계, 토크측정단계, 관성모멘트측정단계에서 산출된 데이터를 이용하여 드론의 자세를 제어하는 제어 알고리즘에 적용하는 알고리즘적용단계;를 포함하는 드론의 특성 측정 방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 추력측정단계는,

양팔저울을 이용하여 상기 양팔저울의 일측에 드론을 배치하고 타측에 추력무게추를 배치한 후 상기 드론의 추력을 측정하는 것을 특징으로 하는 드론의 특성 측정 방법.

청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 추력측정단계는,

드론의 프로펠러를 드론 비행체에 장착한 후 상기 양팔저울의 양팔 일측에 고정하고 양팔 타측 아래에는 추력일반저울을 배치하는 단계;

상기 양팔저울의 중심에서부터 상기 양팔 일측 종단 위치와 상기 양팔 타측 종단 위치까지의 거리를 측정하는 단계;

상기 추력일반저울이 누른 상태가 되도록 상기 양팔저울의 타측에 추력무게추를 배치하여 상기 양팔저울이 영점이 되도록 하는 단계; 및

상기 드론을 작동시켜 스로틀을 변화시키면서 상기 추력일반저울의 변화를 측정함으로써 상기 드론의 추력을 측정하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 드론의 특성 측정 방법.

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 토크측정단계는,

회전판 위에 배치된 드론과 상기 드론의 비행체 중심으로부터 연장된 상기 드론의 비행체 팔의 중간지점에 토크 줄을 연결한 후 상기 토크 줄의 종단에 토크무게추를 결합하여 상기 드론의 토크를 측정하는 것을 특징으로 하는 드론의 특성 측정 방법.

청구항 5

청구항 4에 있어서,

상기 토크측정단계는,

상기 드론에 장착된 모터 중 일렬로 위치한 두 개의 모터에 프로펠러를 장착하는 단계;

상기 드론의 비행체를 축이 장착된 회전판의 축 상부에 회전 가능하도록 결합하는 단계;

상기 드론의 비행체 중심으로부터 상기 드론의 비행체 팔 종단 위치의 중간지점에 토크 줄을 연결하되 상기 토크 줄의 종단에는 토크무게추를 매달아 상기 토크무게추가 토크일반저울 상부에 배치되도록 하는 단계;

상기 드론의 비행체 중심으로부터 상기 드론의 비행체 팔 종단 위치까지의 거리, 상기 드론의 비행체 팔이 회전된 각도를 측정한 후 상기 토크무게추의 현재 무게를 측정함으로써 상기 드론의 토크를 측정하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 드론의 특성 측정 방법.

청구항 6

청구항 1에 있어서,

관성모멘트측정단계는,

일정 높이에 가로 막대가 설치된 가로대와 상기 가로대에 수직과 수평으로 드론을 모멘트 줄로 연결한 후 드론을 진동시켜 진동 주기를 측정함으로써 상기 드론의 관성모멘트를 측정하는 것을 특징으로 하는 드론의 특성 측정 방법.

청구항 7

청구항 1에 있어서,

알고리즘적용단계는,

상기 추력측정단계, 토크측정단계, 관성모멘트측정단계에서 산출된 데이터는 저장장치에 저장되고, 연산장치가 상기 저장장치에 저장된 데이터를 처리하여 드론의 자세를 제어하는 시스템의 내부 루프와 외부 루프 제어 알고리즘에 적용하는 것을 특징으로 하는 드론의 특성 측정 방법.

청구항 8

청구항 7에 있어서,

상기 알고리즘적용단계는, 제어부가 드론에 편심이 존재할 때 발생하는 각도제어에 대한 외란을 제거하고 정상상태에 대한 오차를 없애기 위해 비례적분 제어를 사용하는 것을 특징으로 하는 드론의 특성 측정 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 드론의 특성 측정 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 드론의 추력, 토크, 관성모멘트를 측정하여 산출된 데이터를 저장장치에 저장한 후 드론의 내부 루프 및 외부 루프 제어 알고리즘에 적용하는 드론의 특성 측정 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 소형 무인비행체는 교통 모니터링, 방범 모니터링, 화재 모니터링 등의 다양한 분야에서 활용되고 있는데, 그 중에서도 드론이란 사람이 탑승하지 않고 원격으로 조종하거나 사전 정보에 따라 비행하는 모든 비행체를 포함한다.

[0003] 최근에는 마이크로프로세서, 센서 및 통신장비에 대한 기술의 발달로 드론의 성능과 기능이 점차 첨단화되고 그

크기에 있어서도 소형화가 가능함과 동시에 가격도 절감되면서 다양한 분야에 점점 많이 사용되고 있어 드론과 관련한 기술은 지속적으로 발전하고 있다. 특히, 상술한 바와 같이 드론에 장착되는 관성센서, 디지털 마이크로 컨트롤러 및 통신장비의 발달에 힘입어 멀티콥터와 같은 드론이 민간에까지 널리 보급되게 되었다.

[0004] 하지만 이들 드론은 장착되는 모터와 드론의 크기에 따른 한계로 인하여 제한된 추력을 가지게 되고 이로 인하여 기체에 실을 수 있는 중량이 한정되어 있으므로 장착되는 GPS 센서, 속도 센서, 자이로스코프 등의 센서들도 고사양의 첨단센서들을 사용하지 못하고 상대적으로 정확도가 떨어지는 가벼운 센서들을 사용하게 된다.

[0005] 그리고 드론의 동력원이 되는 모터의 경우에 위의 센서들의 정보를 기반으로 하는 자동 제어시스템의 제어신호에 따라 각 축의 모터 출력이 제어되게 된다.

[0006] 따라서 공중에 자유롭게 움직이는 비행체인 드론을 원하는 대로 움직일 수 있도록 조종하기 위해서는 동력원인 모터와 상기 모터를 제어하기 위한 센서가 수집하는 데이터의 송수신 등에 대한 특성 평가가 설계단계에서부터 정확하게 수행되어야 한다.

[0007] 구체적으로는 드론의 관성모멘트 측정, 모터의 추력과 토크의 측정을 바탕으로 드론의 자세제어에 대한 알고리즘의 최적화가 필요하다.

[0008] 관련 선행기술로는 한국등록특허 10-1239637호(등록일: 2011. 11. 21)가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명은 공중에서 자유롭게 움직이는 무인 비행체인 드론의 자세제어를 위해 드론에 대한 관성모멘트 측정, 모터의 추력과 토크의 측정을 바탕으로 상기 자세제어 알고리즘을 최적화하는 드론의 특성 측정 방법을 제공하고자 한다.

[0010] 본 발명의 실시예들의 목적은 이상에서 언급한 목적으로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 목적들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0011] 상기 과제를 달성하기 위한 본 발명의 드론의 특성 측정 방법은, 양팔저울을 이용하여 상기 드론의 추력을 측정하는 추력측정단계와, 회전판 위에 배치된 드론의 비행체 팔에 토크 줄을 연결하여 상기 드론의 토크를 측정하는 토크측정단계와, 일정 높이에 가로 막대가 설치된 가로대에 상기 드론을 모멘트 줄로 연결한 후 상기 드론의 관성모멘트를 측정하는 관성모멘트측정단계 및 상기 드론의 제어부가 상기 추력측정단계, 토크측정단계, 관성모멘트측정단계에서 산출된 데이터를 이용하여 드론의 자세를 제어하는 제어 알고리즘에 적용하는 알고리즘적용단계를 포함할 수 있다.

[0012] 구체적으로, 상기 추력측정단계는, 양팔저울을 이용하여 상기 양팔저울의 일측에 드론을 배치하고 타측에 추력무게추를 배치한 후 상기 드론의 추력을 측정하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0013] 구체적으로, 상기 추력측정단계는, 드론의 프로펠러를 드론 비행체에 장착한 후 상기 양팔저울의 양팔 일측에 고정하고 양팔 타측 아래에는 추력일반저울을 배치하는 단계와, 상기 양팔저울의 중심에서부터 상기 양팔 일측 종단 위치와 상기 양팔 타측 종단 위치까지의 거리를 측정하는 단계와, 상기 추력일반저울이 누른 상태가 되도록 상기 양팔저울의 타측에 추력무게추를 배치하여 상기 양팔저울이 영점이 되도록 하는 단계 및 상기 드론을 작동시켜 스로틀을 변화시키면서 상기 추력일반저울의 변화를 측정함으로써 상기 드론의 추력을 측정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0014] 구체적으로, 상기 토크측정단계는, 회전판 위에 배치된 드론과 상기 드론의 비행체 중심으로부터 연장된 상기 드론의 비행체 팔의 중간지점에 토크 줄을 연결한 후 상기 토크 줄의 종단에 토크무게추를 결합하여 상기 드론의 토크를 측정하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0015] 구체적으로, 상기 토크측정단계는, 상기 드론에 장착된 모터 중 일렬로 위치한 두 개의 모터에 프로펠러를 장착하는 단계와, 상기 드론의 비행체를 축이 장착된 회전판의 축 상부에 회전 가능하도록 결합하는 단계와, 상기 드론의 비행체 중심으로부터 상기 드론의 비행체 팔 종단 위치의 중간지점에 토크 줄을 연결하되 상기 토크 줄의 종단에는 토크무게추를 매달아 상기 토크무게추가 토크일반저울 상부에 배치되도록 하는 단계와, 상기 드론

의 비행체 중심으로부터 상기 드론의 비행체 팔 종단 위치까지의 거리, 상기 드론의 비행체 팔이 회전된 각도를 측정한 후 상기 토크무게추의 현재 무게를 측정함으로써 상기 드론의 토크를 측정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0016] 구체적으로, 관성모멘트측정단계는, 일정 높이에 가로 막대가 설치된 가로대와 상기 가로대에 수직과 수평으로 드론을 모멘트 줄로 연결한 후 드론을 진동시켜 진동 주기를 측정함으로써 상기 드론의 관성모멘트를 측정하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0017] 구체적으로, 알고리즘적용단계는, 상기 추력측정단계, 토크측정단계, 관성모멘트측정단계에서 산출된 데이터는 저장장치에 저장되고, 연산장치가 상기 저장장치에 저장된 데이터를 처리하여 드론의 자세를 제어하는 시스템의 내부 루프와 외부 루프 제어 알고리즘에 적용하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0018] 구체적으로, 상기 알고리즘적용단계는, 제어부가 상기 드론에 편심이 존재할 때 발생하는 각도제어에 대한 외란을 제거하고 정상상태에 대한 오차를 없애기 위해 비례적분 제어를 사용하는 것을 특징으로 할 수 있다.

발명의 효과

[0019] 이상에서 설명한 바와 같이 본 발명은, 간단하게 구성되는 실험장치를 이용하여 공중에서 자유롭게 움직이는 무인 비행체인 드론의 자세제어를 위해 드론에 대한 관성모멘트 측정, 모터의 추력과 토크를 측정하고 있기 때문에 복잡한 측정장치 없이도 자세제어 알고리즘을 최적화할 수 있는 데이터를 수집할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0020] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 드론의 특성 측정 방법을 위한 추력 측정 장치를 개략적으로 도시한 도면이다.

도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 드론의 특성 측정 방법을 위한 토크 측정 장치를 개략적으로 도시한 도면이다.

도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 드론의 특성 측정 방법을 위한 관성모멘트 측정 장치를 개략적으로 도시한 도면이다.

도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 드론의 특성 측정 방법의 순서도를 나타낸 도면이다.

도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 드론의 추력 측정 결과 그래프를 나타낸 도면이다.

도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 드론의 토크 측정 결과 그래프를 나타낸 도면이다.

도 7은 본 발명의 일실시예에 따른 드론의 관성모멘트 측정 결과 그래프를 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0021] 본 발명의 실시예들에 대한 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있으며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하고, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 명세서 전체에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성요소를 지칭한다.

[0022] 본 발명의 실시예들을 설명함에 있어서 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다. 그리고 후술되는 용어들은 본 발명의 실시예에서의 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.

[0023] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세히 설명하기로 한다.

[0024] 먼저, 본 발명의 일실시예에서 사용되는 드론(100)은 열십자 형태로 이루어지는 비행체 팔(110)과, 상기 비행체 팔(110)에 장착되는 복수개의 모터(130)와 프로펠러(120)와, 상기 비행체 팔(110) 중심부에 장착되어 상기 모터(130)를 제어함으로써 드론(100)의 움직임을 제어할 수 있는 제어부(140)로 이루어질 수 있다. 그리고, 상기 제어부(140)는 후술하게될 드론의 추력, 토크 및 관성모멘트에 대한 측정치를 저장하는 저장장치(141)와 상기 저

장장치(141)에 저장된 데이터를 바탕으로 연산을 수행하는 연산장치(142)를 포함할 수 있다.

[0025] 즉, 본 발명의 일실시예에서 사용되는 드론(100)은 모터(130)와 프로펠러(120)가 각각 4개가 장착된 쿼드 콥터가 될 수 있는데, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니며 다양한 형태를 가지고 다양한 모터(130) 개수를 장착한 드론(100)도 얼마든지 사용될 수 있음은 당연하다 할 것이다.

[0026] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 드론의 특성 측정 방법을 위한 추력 측정 장치를 개략적으로 도시한 도면으로서, 상기 추력 측정 장치(200)는 양팔저울(210), 추력무게추(220) 및 추력일반저울(230)을 포함한다.

[0027] 추력 측정 장치(200)의 전체적인 모양은 양팔저울의 형태를 갖도록 한다. 이러한 추력 측정 장치(200)의 양팔저울(210) 일측 팔에는 드론(100)을 배치하고 타측 팔에는 추력무게추(220)를 배치하여 수평을 맞춘 후에 드론(100)을 작동시켜 드론(100)의 추력으로 인하여 일측 팔이 가벼워질 때, 상대적으로 무거워지는 양팔저울(210) 타측 팔의 무게를 추력일반저울(230)로 측정함으로써, 결과적으로 드론(100)의 추력을 측정할 수 있게 된다.

[0028] 양팔저울(210)은 본 발명의 일실시예에서 두 물체의 무게를 비교하기 위해 막대의 중간에 회전 중심점을 두고 막대의 양 끝에 물체를 놓아 두 물체에 작용하는 돌림힘을 비교하는 일반적인 양팔 저울이 사용될 수 있다.

[0029] 추력무게추(220)는 양팔저울(210)의 일측 팔에 드론(100)이 배치될 때 양팔저울(210)의 타측 팔에 놓여져서 양팔저울(210)이 수평을 이루도록 하는 무게추이다.

[0030] 추력일반저울(230)은 양팔저울(210)의 추력무게추(220)가 놓여진 양팔저울(210)의 타측 팔 아래에 놓여 수평일 때는 무게가 영이 되었다가 반대편에 놓인 드론(100)이 추력을 받아 상승할 때 타측 팔의 무게를 측정하는 기능을 한다.

[0031] 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 드론의 특성 측정 방법을 위한 토크 측정 장치를 개략적으로 도시한 도면으로서, 상기 토크 측정 장치(300)는 회전판(310), 토크줄(320), 토크무게추(330), 토크일반저울(340)을 포함한다.

[0032] 토크 측정 장치(300)의 회전판(310)에 드론(100)을 놓은 후 드론(100)의 프로펠러(120) 중 일렬로 배치된 2개의 프로펠러(120)만을 작동시켜 상기 프로펠러(120)가 장착된 비행체팔(110)이 회전될 때, 그 때의 회전되는 힘을 측정함으로써, 결과적으로 드론(100)의 토크를 측정할 수 있게 된다.

[0033] 회전판(310)은 바닥에 고정되고 중심에는 회전 가능한 축(311)이 돌출되어 결합되어 있도록 한다. 상기 회전 가능한 축(311) 상부에 드론(100)이 결합되어 토크를 측정하도록 한다.

[0034] 토크줄(320)은 상기 축(311) 상부에 결합되는 드론(100)의 비행체팔(110)의 일측 또는 타측 팔 중간에 연결된 후 일정 높이로부터 아래로 늘어뜨릴 수 있도록 배치되어서 상기 비행체팔(110)이 회전할 때 같이 딸려 올라갈 수 있도록 한다.

[0035] 토크무게추(330)는 아래로 늘어진 상기 토크줄(320)의 종단에 연결되는 일종의 무게추로서, 드론(100)의 비행체팔(110)이 회전할 때 위로 딸려 올라가도록 한다.

[0036] 토크일반저울(340)은 상기 토크무게추(330) 아래에 배치되는 일반적으로 사용되는 저울로서, 상기 토크무게추(330)의 아래에 놓여 토크무게추(330)의 무게를 측정하고 있다가 상기 드론(100)의 비행체팔(110)이 회전하면서 상기 토크무게추(330)를 잡아당길 때, 그 때의 무게 변화를 측정할 수 있도록 한다.

[0037] 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 드론의 특성 측정 방법을 위한 관성모멘트 측정 장치를 개략적으로 도시한 도면으로서, 상기 관성모멘트 측정 장치(400)는 가로대(410), 모멘트줄(420)을 포함한다.

[0038] 관성모멘트 측정 장치(400)는 드론(100)을 가로대(410)에 모멘트줄(420)로 수평 또는 수직이 되도록 연결한 후에 드론(100)을 작동시켜 그 때의 드론(100)의 진동 주기를 측정함으로써, 결과적으로 드론(100)의 관성모멘트를 측정할 수 있게 된다.

[0039] 가로대(410)는 일정 높이의 상부에 가로로 위치한 막대와 상기 막대를 지지할 수 있도록 연결되는 지지 구조물로 구성되도록 한다.

[0040] 모멘트줄(420)은 상기 가로대(410)의 상부에 가로로 위치한 막대와 드론(100)을 연결하는 일반적인 줄이다.

[0041] 이하에서는 위와 같이 구성되는 추력 측정 장치(200)와, 토크 측정 장치(300) 및 관성모멘트 측정 장치(400)를 이용하는 드론의 특성 측정 방법에 대하여 자세히 설명하기로 한다.

[0042] 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 드론의 특성 측정 방법의 순서도를 나타낸 도면으로서, 본 발명의 드론의 특성 측정 방법은, 양팔저울(210)을 이용하여 상기 드론(100)의 추력을 측정하는 추력측정단계(S510)와, 회전판(310) 위에 배치된 드론(100)의 비행체 팔(110)에 토크 줄(320)을 연결하여 상기 드론(100)의 토크를 측정하는 토크측정단계(S520)와, 일정 높이에 가로 막대가 설치된 가로대(410)에 상기 드론(100)을 모멘트 줄(420)로 연결한 후 상기 드론(100)의 관성모멘트를 측정하는 관성모멘트측정단계(S530) 및 상기 드론(100)의 제어부(140)가 상기 추력측정단계(S510), 토크측정단계(S520), 관성모멘트측정단계(S530)에서 산출된 데이터를 이용하여 드론의 자세를 제어하는 제어 알고리즘에 적용하는 알고리즘적용단계(S540)를 포함할 수 있다.

[0043] 추력측정단계(S510)는 양팔저울(210)을 이용하여 상기 드론(100)의 추력을 측정하는 단계로서, 양팔저울(210)을 이용하여 상기 양팔저울의 일측에 드론(100)을 배치하고 타측에 추력무게추(220)를 배치한 후 상기 드론(100)의 추력을 측정하게 된다.

[0044] 다시 말하면, 상술한 바와 같이, 추력 측정 장치(200)의 양팔저울(210) 일측 팔에는 드론(100)을 배치하고 타측 팔에는 추력무게추(220)를 배치하여 수평을 맞춘 후에 드론(100)을 작동시켜 드론(100)의 추력으로 인하여 일측 팔이 가벼워질 때, 상대적으로 무거워지는 양팔저울(210) 타측 팔의 무게를 추력일반저울(230)로 측정함으로써, 결과적으로 드론(100)의 추력을 측정할 수 있게 된다.

[0045] 추력측정단계(S510)는 구체적으로, 드론(100)의 프로펠러(120)를 드론 비행체에 장착한 후 상기 양팔저울(210)의 양팔 일측에 고정하고 양팔 타측 아래에는 추력일반저울(230)을 배치하는 단계(S511)와, 상기 양팔저울(210)의 중심에서부터 상기 양팔 일측 종단 위치와 상기 양팔 타측 종단 위치까지의 거리를 측정하는 단계(S512)와, 상기 추력일반저울(230)이 누른 상태가 되도록 상기 양팔저울의 타측에 추력무게추(220)를 배치하여 상기 양팔저울(210)이 영점이 되도록 하는 단계(S513) 및 상기 드론(100)을 작동시켜 스로틀을 변화시키면서 상기 추력일반저울(230)의 변화를 측정함으로써 상기 드론(100)의 추력을 측정하는 단계(S514)를 포함할 수 있다.

[0046] 드론(100)의 프로펠러(120)를 드론 비행체에 장착한 후 상기 양팔저울(210)의 양팔 일측에 고정하고 양팔 타측 아래에는 추력일반저울(230)을 배치하는 단계(S511)는, 본 발명의 일실시예에서 쿼드 콥터 형태의 드론(100)에 프로펠러(120)를 모두 장착한 후에 양팔저울(210)의 일측에 놓는 단계이다. 이 때 당연히 양팔저울(210)은 드론(100)이 놓여진 측으로 기울게 된다.

[0047] 상기 양팔저울(210)의 중심에서부터 상기 양팔 일측 종단 위치와 상기 양팔 타측 종단 위치까지의 거리를 측정하는 단계(S512)는 도 1에 도시된 바와 같이 양팔저울(210)의 중심의 회전점으로부터 양측 종단에 놓이는 드론(100)과 추력무게추(200)의 중심까지의 거리인 l_1, l_2의 길이를 측정하는 단계이다(도 1 참조).

[0048] 상기 추력일반저울(230)이 누른 상태가 되도록 상기 양팔저울의 타측에 추력무게추(220)를 배치하여 상기 양팔저울(210)이 영점이 되도록 하는 단계(S513)는, 위와 같이 양팔저울(210)에 드론(100)만이 놓여질 때 한 쪽으로 기울어진 양팔저울(210)의 타측에 추력무게추(220)를 올려놓아 평행을 맞추는 단계이다. 이 때 양팔저울(210)은 평행이 유지될 때는 당연히 추력무게추(220) 쪽의 아래에 놓인 추력일반저울(230)이 가리키는 무게는 영점이 된다.

[0049] 상기 드론(100)을 작동시켜 스로틀을 변화시키면서 상기 추력일반저울(230)의 변화를 측정함으로써 상기 드론(100)의 추력을 측정하는 단계(S514)는, 앞의 단계에서 평형을 유지하는 양팔저울(210)에서 드론(100)이 작동하여 추력을 받아 상승하게 되면 자연스레 양팔저울(210)은 추력무게추(220)가 놓여진 쪽으로 기울게 되어 그 아래에 놓인 추력일반저울(230)에 무게가 가해지게 되므로, 그 때의 무게 변화를 측정하는 단계이다. 이 때 본 발명의 일실시예에서는 드론(100)의 스로틀을 약 10%에서 85%까지 변화시키며 추력을 측정하게 되는데, 드론(100)의 추력이 높을수록 추력일반저울(230)에 가해지는 무게는 비례하여 무거워지므로 추력일반저울(230)의 무게를 측정하면 상대적인 드론(100)의 추력을 측정할 수 있게 된다.

[0050] 이와 같이 실험한 결과값이 아래의 표 1에 도시되어 있다.

표 1

[0051]

Throttle(%)	하중 (g)	하중 (N)	프로펠러 1개당 추력 (g)
40	840	8.2404	2.0601
45	920	9.0252	2.2563
50	997	9.7806	2.4451
55	1080	10.5948	2.6487

60	1120	10.9872	2.7468

[0052] 여기서, 하중(g)는 추력일반저울(230)에 의해 측정된 값이고, 하중(N)은 추력일반저울(230)로 측정된 무게를 힘의 단위인 뉴튼(N)으로 환산한 값이며, 프로펠러 1개당 추력(g)는 상기 하중(N)을 각각의 프로펠러의 추력으로 표시되도록 전체 프로펠러 개수로 나눈 값이다.

[0053] 도 5를 참조하면, 추력 측정 결과 값을 스로틀의 값에 따라 표시한 그래프로서 이러한 추력(g)과 스로틀(%) 사이의 기울기를 구하면 대략 아래의 수학식 1에 의해 프로펠러 1개의 추력 비례상수가 구해진다.

[0054] [수학식 1]

[0055]
$$K_{th} = \frac{28.3122 \times 9.81}{4} = 69.44 mN/\%$$

[0056] 여기서, 28.3122 (g/%)는 기울기를 계산한 값이고, K_{th}는 스로틀(%) 변화에 따른 프로펠러 1개의 추력 비례상수를 나타낸다.

[0057] 토크측정단계(S520)는 회전판(310) 위에 배치된 드론(100)의 비행체 팔(110)에 토크 줄(320)을 연결하여 상기 드론(100)의 토크를 측정하는 단계로서, 상술한 바와 같이, 토크 측정 장치(300)의 회전판(310)에 드론(100)을 놓은 후 드론(100)의 프로펠러(120) 중 일렬로 배치된 2개의 프로펠러(120)만을 작동시켜 상기 프로펠러(120)가 장착된 비행체팔(110)이 회전될 때, 그 때의 회전되는 힘을 측정함으로써, 결과적으로 드론(100)의 토크를 측정하는 단계이다.

[0058] 다시 말하면, 회전판(310) 위에 배치된 드론(100)과 상기 드론(100)의 비행체 중심으로부터 연장된 상기 드론의 비행체 팔(110)의 중간지점에 토크 줄(320)을 연결한 후 상기 토크 줄(320)의 종단에 토크무게추(330)를 결합하여 상기 드론(100)의 토크를 측정한다.

[0059] 토크측정단계(S520)는 구체적으로, 상기 드론(100)에 장착된 모터(130) 중 일렬로 위치한 두 개의 모터(130)에 프로펠러(120)를 장착하는 단계(S521)와, 상기 드론(100)의 비행체를 축(311)이 장착된 회전판(310)의 축(311) 상부에 회전 가능하도록 결합하는 단계(S522)와, 상기 드론(100)의 비행체 중심으로부터 상기 드론(100)의 비행체 팔(110) 종단 위치의 중간지점에 토크 줄(320)을 연결하되 상기 토크 줄(320)의 종단에는 토크무게추(330)를 매달아 상기 토크무게추(330)가 토크일반저울(340) 상부에 배치되도록 하는 단계(S523)와, 상기 드론(100)의 비행체 중심으로부터 상기 드론(100)의 비행체 팔(110) 종단 위치까지의 거리, 상기 드론(100)의 비행체 팔(110)이 회전된 각도를 측정한 후 상기 토크무게추(330)의 현재 무게를 측정함으로써 상기 드론(100)의 토크를 측정하는 단계(S524)를 포함할 수 있다.

[0060] 상기 드론(100)에 장착된 모터(130) 중 일렬로 위치한 두 개의 모터(130)에 프로펠러(120)를 장착하는 단계(S521)는, 본 발명의 일실시예에서 드론(100)은 4개의 프로펠러(120)가 장착될 수 있는 쿼드 콥터를 예를 들었고, 따라서 프로펠러(120)는 두 개의 막대가 겹쳐진 열십자 형태의 비행체 팔(110)의 종단에 4개가 장착될 수 있으며, 토크를 측정하기 위해서는 열십자 형태의 비행체 팔(110) 중 하나의 막대, 즉, 일렬로 위치한 두 개의 모터(130)에 프로펠러(120)를 장착하는 단계이다.

[0061] 상기 드론(100)의 비행체를 축(311)이 장착된 회전판(310)의 축(311) 상부에 회전 가능하도록 결합하는 단계(S522)는, 회전판(310)의 축(311)에 프로펠러(120)가 장착된 부분을 기준으로 하여 드론(100)을 결합하면 드론(100)은 축(311)을 중심으로 자유롭게 회전할 수 있도록 결합되게 되는 단계이다.

[0062] 상기 드론(100)의 비행체 중심으로부터 상기 드론(100)의 비행체 팔(110) 종단 위치의 중간지점에 토크 줄(320)을 연결하되 상기 토크 줄(320)의 종단에는 토크무게추(330)를 매달아 상기 토크무게추(330)가 토크일반저울(340) 상부에 배치되도록 하는 단계(S523)는, 드론(100)의 비행체 팔(110) 중에서 프로펠러(120)를 장착한 비행체 팔(110)의 중심을 기점으로 일측편의 종단부 가운데 지점에 토크 줄(320)을 연결하고 난 후, 연결된 토크 줄(320)을 일정 높이에서부터 아래로 늘어뜨려 그 종단에 토크무게추(330)를 매달아 자연스레 아래로 당겨지게 한 후에 토크무게추(330)는 토크일반저울(340) 위에 배치되도록 하는 단계이다.

[0063] 이 때, 드론의 비행체 팔(110)에 연결된 토크 줄(320)은 충분히 인장되도록 하고, 토크 줄(320)은 토크 줄(320)이 연결된 드론(100)의 비행체 팔(110)과 토크일반저울(340) 사이에서 비행체 팔(110)과 직각이 유지 될 수

있도록 조종한다.

[0064] 그리고, 토크일반저울(340)의 측정점이 저울을 누른 상태가 되도록 토크무게추(330)를 배치하되, 드론(100)의 모터(130)의 출력이 최대가 되었을 때도 추가 위로 올라가지 않도록 충분히 무거운 것을 사용한다.

[0065] 다음은, 상기 드론(100)의 비행체 중심으로부터 상기 드론(100)의 비행체 팔(110) 종단 위치까지의 거리(l_3), 상기 드론(100)의 비행체 팔(110)이 회전된 각도(Θ)를 측정한 후 상기 토크무게추(330)의 현재 무게를 측정함으로써 상기 드론(100)의 토크를 측정하는 단계(S524)이다(도 2 참조).

[0066] 이 때, 본 발명의 일실시예에서 l_3 값이 17cm로 하고, 드론(100)의 스로틀을 10% ~ 85% 까지 조작하면서 토크무게추(330)의 현재 무게를 읽어 들인 실험한 결과값이 아래의 표 2에 도시되어 있다.

표 2

[0067]

Throttle(%)	저울 하중 (g)	실제 하중 (g)	프로펠러 1개당 토크 (g-cm)
0	985	0	0
20	981	4	68
30	977	8	127.5
40	974	11	178.5
50	971	14	212.5
60	967	18	238
70	964	21	340
80	959	26	425

[0068] 여기서, 저울 하중(g)는 토크일반저울(340)에 의해 측정된 값이고, 실제 하중(g)은 토크줄(320)이 딸려 올라갈 때의 무게 변화를 고려하여 실제로 드론(100)의 토크에 의해 발생되는 하중으로 계산한 값이다.

[0069] 도 6을 참조하면, 토크 측정 결과 값을 스로틀의 값에 따라 표시한 그래프로서 이러한 토크(g)와 스로틀(%) 사이의 기울기를 구하면 대략 아래의 수학식 2에 의해 프로펠러 1개의 비례상수가 구해진다.

[0070] [수학식 2]

[0071]
$$K_Q = \frac{0.6162 \times 9.81 \times 17}{2K_{th}} = 0.74N\text{-}cm/N$$

[0072] 여기서, 0.6162 (g/%)는 기울기를 계산한 값이고, K_{th}는 스로틀(%) 변화에 따른 프로펠러 1개의 추력 비례상수를 나타내고, K_Q는 스로틀(%) 변화에 따른 프로펠러 1개의 토크 비례상수를 나타낸다.

[0073] 관성모멘트측정단계(S530)는, 일정 높이에 가로 막대가 설치된 가로대(410)에 상기 드론(100)을 모멘트 줄(420)로 연결한 후 상기 드론(100)의 관성모멘트를 측정하는 단계로서, 일정 높이에 가로 막대가 설치된 가로대(410)와 상기 가로대(410)에 수직과 수평으로 드론(100)을 모멘트 줄(420)로 연결한 후 드론(100)을 진동시켜 진동 주기를 측정함으로써 상기 드론(100)의 관성모멘트를 측정하는 단계이다.

[0074] 도 3을 참조하면, 도 3의 (a)는 롤링 모멘트 J_{yy}를 측정하기 위한 일실시예이고, 도 3의 (b)는 롤링 모멘트 J_{zz}를 측정하기 위한 일실시예를 나타낸다.

[0075] 이 때, 드론(100)에는 모든 프로펠러(120)를 장착하여 드론(100)에 전원을 공급하게 드론(100)을 진동시키게 되며, 드론(100)을 블루투스와 같은 유무선 통신으로 컴퓨터와 연결하여 진동 주기를 측정한다.

[0076] 이 때, 드론을 가로대(410)에 매단 후에 측정한 실험 결과 값으로부터 계산된 롤링 모멘트 J_{xx}, J_{yy}, J_{zz} 는 아래의 수학식 3, 4, 5와 같이 계산된다.

[0077] [수학식 3]

$$T_x(\text{주기})=\frac{\text{측정시간}}{\text{진동횟수}}=1.2s\ D_x=24cm\ L_x=50cm$$

$$J_{xx}=\frac{MgD_x^2T_x^2}{16\pi^2L_x}=\frac{0.683kg\times 981cm/s\times(24cm)^2\times(1.2s)^2}{16\times\pi^2\times 50cm}$$

$$=70.07kg\text{-}cm^2$$

[0078]

[0079] [수학식 4]

$$T_y(\text{주기})=\frac{\text{측정시간}}{\text{진동횟수}}=1s\ D_y=24cm\ L_y=34cm$$

$$J_{yy}=\frac{MgD_y^2T_y^2}{16\pi^2L_y}=\frac{0.683kg\times 981cm/s\times(24cm)^2\times(1s)^2}{16\times\pi^2\times 34cm}$$

$$=71.57kg\text{-}cm^2$$

[0080]

[0081] [수학식 5]

$$T_z(\text{주기})=\frac{\text{측정시간}}{\text{진동횟수}}=1.5s\ D_z=31cm\ L_z=68cm$$

$$J_{zz}=\frac{MgD_z^2T_z^2}{16\pi^2L_z}=\frac{0.683kg\times 981cm/s\times(31cm)^2\times(1.5s)^2}{16\times\pi^2\times 68cm}$$

$$=134.32kg\text{-}cm^2$$

[0082]

[0083] 알고리즘적용단계(S540)는 드론(100)의 제어부(140)가 상기 추력측정단계(S510), 토크측정단계(S520), 관성모멘트측정단계(S530)에서 산출된 데이터를 이용하여 드론의 자세를 제어하는 제어 알고리즘에 적용하는 단계로서, 상기 추력측정단계(S510), 토크측정단계(S520), 관성모멘트측정단계(S530에서 산출된 데이터는 제어부(140)의 저장장치(141)에 저장되고, 제어부(140)의 연산장치(142)가 상기 저장장치(141)에 저장된 데이터를 처리하여 드론(100)의 자세를 제어하는 시스템의 내부 루프와 외부 루프 제어 알고리즘에 적용하게 된다.

[0084] 내부 루프 제어 알고리즘은 시간지연 τ 값 추정하고, 시간지연 τ 값 검정하고, 시간지연 τ 값을 0.1을 적용한 $\overline{K_d}$ 근궤적선도를 구하고, $\tau=0.1$, $\overline{K_d}=30$ 일 때의 이론 값 측정값 비교하는 단계를 거치게 된다.

[0085] 시간지연 τ 값을 추정할 때, 거치대 강성이 낮아서 오버슈트 및 진폭을 믿을 수가 없기 때문에 가장 비슷한 주기를 찾아, 하나씩 비교하여 분석해본 결과 $\tau=0.1$ 일 때 주기가 가장 일치하는 모습을 볼 수가 있었다. 그렇기에 τ 값을 일단 0.1로 추정하였다.

[0086] 여기서, $\tau=0.1$ 일 때 ζ 및 ω_n 값은 아래와 수학식 6과 같이 계산된다.

[0087] [수학식 6]

$$\frac{P(s)}{P_c(s)} = \frac{\overline{K_d}}{\tau s^2 + s + \overline{K_d}} \rightarrow \frac{1}{\tau} = 2\xi w_n, \frac{\overline{K_d}}{\tau} = w_n^2$$

[0088] $$w_n \fallingdotseq 31.62, \xi \fallingdotseq 0.15811$$

[0089] 시간지연 τ값 검정하기 위해, 다른 K_d값 $K_d = 80$ 일 때 $\tau = 0.1$ 을 적용했을 때 와 비교해 보았다. 그 결과, $K_d = 80$ 일 때도 매우 일치하는 모습을 볼 수가 있고, $K_d = 50, 70$ 일 때도 주기가 대략 일치하는 모습을 볼 수 있었다. 따라서, τ값을 0.1로 고정하였다.

[0090] 시간지연 τ값을 0.1을 적용한 $\overline{K_d}$ 근궤적선도를 구할 때, $\overline{K_d}$ Gain 값이 클수록 ξ 은 내려가고 M_p가 커지기에 진동이 커지는 단점이 있지만 w_n이 증가해서 반응속도가 증가되고 스텝반응에 대하여 정상상태 오차가 줄어드는 장점이 존재한다. 그렇기에 각속도가 제어되는 범위 안에서 적당한 $\overline{K_d}$값을 선정을 한 결과 $\overline{K_d} = 30$이 도출 되었다.

[0091] 마지막으로, $\tau = 0.1$, $\overline{K_d} = 30$ 일 때의 이론 값 측정값 비교하는 단계에서, 측정값을 이용한 ξ와 w_n 추정하여 보면, 아래의 수학식 7, 8, 9와 같은 과정을 거쳐 최종적으로 측정 τ값이 수학식 10과 같이 계산된다.

[0092] [수학식 7]

$$\delta(\text{대수감쇠율}) = \ln \frac{\text{첫번째진폭}}{\text{두번째진폭}}$$

[0093]

[0094] $$= \ln \frac{(1.433\text{-}1.047)}{(1.2\text{-}1.047)} \fallingdotseq 0.9254$$

[0095] [수학식 8]

$$\delta = \ln \frac{c(t_1)\text{-}1}{c(t_2)\text{-}1} = \ln \frac{e^{-\xi w_n t_1}}{e^{-\xi w_n t_2}} = \ln e^{\xi w_n (t_2 - t_1)} = \xi w_n (t_2 - t_1)$$

[0096]

[0097] [수학식 9]

$$2\xi w_n = \frac{1}{\tau} \rightarrow \xi w_n = \frac{1}{2\tau}$$

[0098]

[0099] 여기서, 수학식 9는 수학식 7과 8을 결합한 것이다.

[0100] [수학식 10]

$$\therefore \tau_{측정} = \frac{(t2-t1)}{2\delta} = \frac{(0.34-0.12)}{2\times 0.9254} \fallingdotseq 0.1188$$

[0101]

[0102] 이상과 같은 측정값과 이론값을 아래의 표 3에 도시하였다.

표 3

[0103]

	이론값	측정값	오차율(%)
τ	0.1 s	0.1188s	-18.8
ξ	0.289	0.265	8.3
w_n	17.3 rad/s	15.89 rad/s	8.15

[0104] 외부 루프 제어 알고리즘에 대해서는 요 각속도 제어루프 설계와 롤/피치 자세제어 루프 설계로 나누어서 설명하기로 한다.

[0105] 요 각속도 제어루프 설계는, 추정된 시간 지연을 사용한 요축 각속도 제어루프를 설계하게 된다.

[0106] 먼저, $\overline{K_d}$ Gain 값이 2.5이하일 때 오버슈트가 없이 설계할 수가 있다. 하지만 실제 $\overline{K_d}$ Gain 2.5에서 외란 때문에 각속도 오차가 0이 아니라는 것을 알 수 있었다.

[0107] 다음으로, 외란이 단위 계단으로 주어질 때 정상상태 출력은 아래의 수학식 11과 같이 계산된다.

[0108] [수학식 11]

$$p_{ss} = \lim_{t\to\infty} p(t) = \lim_{t\to\infty} sG_D(s)D(s) = \frac{1}{K_d}$$

[0109]

[0110]

[0111] 이때, $\overline{K_d}$ Gain 값이 높아질수록 외란의 영향이 작아지기 때문에 각속도 $\overline{K_d}$ Gain 값을 좀 더 높여주어서 실험을 하였고, 그 결과 $\overline{K_d}$ Gain 30에서 오차가 적고 반응 속도가 좋았기 때문에 요축 $\overline{K_d}$ Gain을 30으로 정하였다.

[0112] 그런데, 이론값으로는 요축의 $\overline{K_d}$가 30일 때 오버슈트가 38.8%가 나와야 하지만 실험값 에서는 오버슈트가 발생하지 않은 모습을 볼 수 있었다.

[0113] 롤/피치 자세제어 루프 설계는 먼저, 적분 이득을 사용하지 않고 자세제어루프 설계를 하고, ξ = 0.1 일 때의 이론과 실제의 계단입역 응답 비교하고, ξ = 0.2 일 때의 이론과 실제의 계단입역 응답 비교하고, ξ = 0.25 일 때의 이론과 실제의 계단입역 응답 비교한 후, 최종적인 ξ, K_p 결정하였다.

[0114] 적분 이득을 사용하지 않고 자세제어루프 설계를 하는 단계는, $\overline{K_d}$ = 30 일 때의 ξ = 0.289라는 것을 알

수가 있다. 내부루프의 감쇠 비 ζ = 0.289로 설정하였기 때문에 외부루프에서는 ζ = 0.289 이하가 될 수 밖에 없다.

[0115] 그리고, $\overline{K_p}$ = 0 일 때의 ζ = 0.289이고 그 이상 올라갈수록 ζ 값이 작아지는 모습을 볼 수 있었다. 때문에 감쇠비 0.5, 0.7, 0.9가 되도록 설계하기 힘들다. 대신 0.1, 0.2, 0.25 가 되도록 설계를 해서 비교 하였다.

[0116] 다음으로, ζ = 0.1 일 때의 이론과 실제의 계단입역 응답 비교하는 단계에서는, 외부루프 근 궤적 선도에서 ζ=0.1이 되는 지점을 살펴보면 $K_p=6.17, w_n=16.7rad/s=2.66Hz$ 라는 것을 알 수 있었다. 따라서, 상승 시간과 오버슈트 때의 주기가 비슷한 것을 예상 할 수 있는데, 이는 쿼드 콥터에 추력이 들어가는 순간의 반응을 알수가 있게 한다.. 실제 반응에서도 쿼드 콥터가 약간의 진동 후에 안정을 찾는 현상을 목격할 수 있다

[0117] ζ = 0.2 일 때의 이론과 실제의 계단입역 응답 비교하는 단계에서는, 외부루프 근 궤적 선도에서 ζ=0.2 이 되는 지점을 살펴보면 $K_p=3.00, w_n=16.7rad/s=2.66Hz$ 라는 것을 알 수 있었다. 이때, 상승 시간과 오버슈트의 발생이 없는 점 이 일치하는 모습을 예상할 수 있고, ζ=0.1 일 때 보다 진동이 줄어든 것을 볼 수가 있게 된다.

[0118] ζ = 0.25 일 때의 이론과 실제의 계단입역 응답 비교하는 단계에서는, 외부루프 근 궤적 선도에서 ζ=0.25가 되는 지점을 살펴보면 $K_p=1.50, w_n=16.9rad/s=2.69Hz$ 라는 것을 알 수 있었다. 여기서는 오버 슈트는 발생하지 않지만 반응시간이 1.5s~2.0s 정도로 매우 늦다는 것을 알 수가 있었고, 추력을 넣어줬을 때 진동이 거의 없기 때문에 실제 실험에서도 안정적으로 자세를 유지하는 모습을 볼 수가 있다.

[0119] 최종적인 ζ, K_p 결정을 하는 단계에서, ζ가 0.1 일 때는 반응속도가 0.2s 정도로 만족스러운 반응속도를 얻을 수 있었지만 처음 추력을 넣어줄 때 진동이 심하게 생기는 모습을 볼 수 있었다. 반면 ζ가 0.25 일 때는 안정적으로 자세를 유지하지만 반응속도가 대략 1.5s~2s정도로 매우 느리다. 그렇기 때문에 0.5s 정도의 적정한 반응속도를 가지면서 시작할 때 진동도 적은 ζ=0.2 K_p=3을 선정하게 되었다.

[0120] 알고리즘적용단계(S540)는, 제어부(140)가 상기 드론(110)에 편심이 존재할 때 발생하는 각도제어에 대한 외란을 제거하고 정상상태에 대한 오차를 없애기 위해 비례적분 제어를 사용할 수 있다.

[0121] 다시말하면, 적분이득을 설계하는 이유는 편심으로 인한 정상상태 오차발생을 없애기 위해서이다.

[0122] 드론(100)에 대한 설계에를 할 때는 최대한 반응속도가 빠르고 진동이 적도록 설계를 해야 한다. 따라서 오버슈트를 10% 미만으로 하기 위해서, 다음과 같은 설계 과정을 거쳤다. 즉, K_i=1.0 이하에서 즉 K_i=0.5, 1.0 적절한 반응을 보이게 되는데, K_i값이 0.5일 때 반응시간은 1s K_i값이 1일 때 0.5s 정도가 된다. 각도를 넣어주었을 때 1s의 반응시간은 너무 길다고 생각하여서 0.5s인 K_i=1.0을 선정하게 되었다.

[0123] 이상에서 설명한 바와 같이 본 발명은, 간단하게 구성되는 실험장치를 이용하여 공중에서 자유롭게 움직이는 무인 비행체인 드론의 자세제어를 위해 드론에 대한 관성모멘트 측정, 모터의 추력과 토크를 측정하고 있기 때문에 복잡한 측정장치 없이도 자세제어 알고리즘을 최적화할 수 있는 데이터를 수집할 수 있는 효과가 있다.

[0124] 이상의 설명에서는 본 발명의 다양한 실시예들을 제시하여 설명하였으나 본 발명이 반드시 이에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 여러 가지 치환, 변형 및 변경이 가능함을 쉽게 알 수 있을 것이다.

부호의 설명

[0125] 100: 드론 110: 비행체 팔

120: 프로펠러 130: 모터

140: 제어부 141: 저장장치

142: 연산장치 200: 추력 측정 장치

210: 양팔저울 220: 추력무게추

230: 추력일반저울 300: 토크 측정 장치

310: 회전판 311: 축

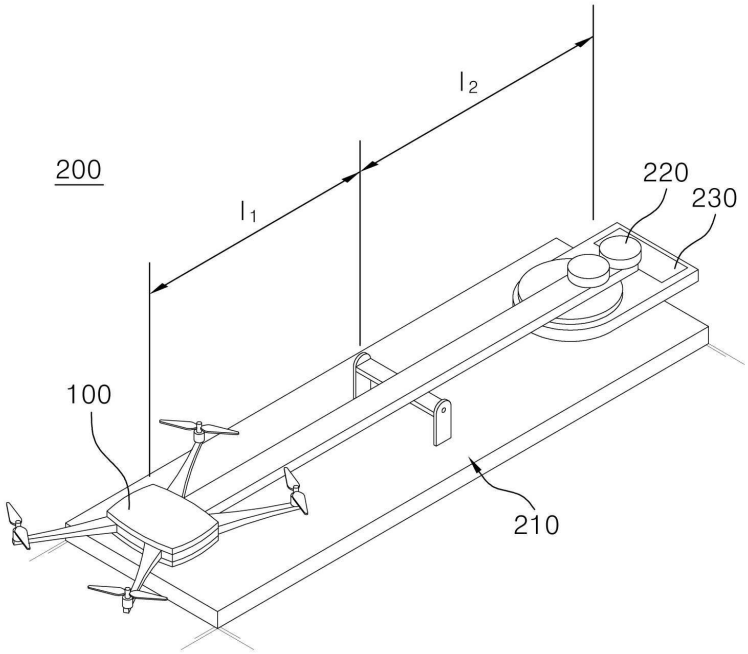
320: 토크 줄 330: 토크무게추

340: 토크일반저울 400: 관성모멘트 측정 장치

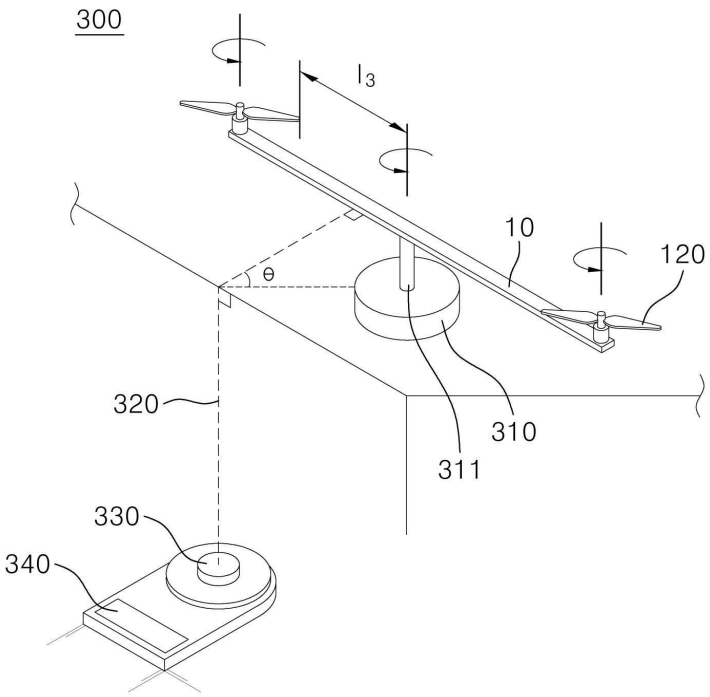
410: 가로대 420: 모멘트줄

도면

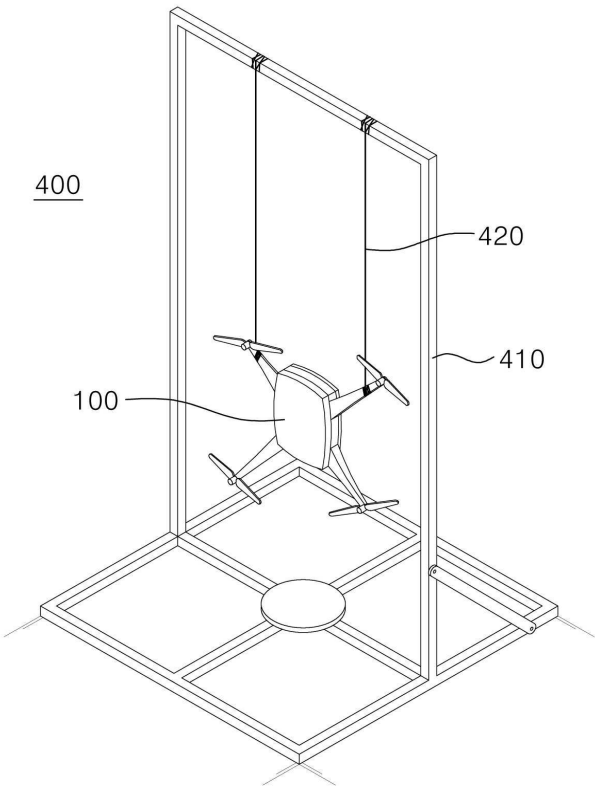
도면1



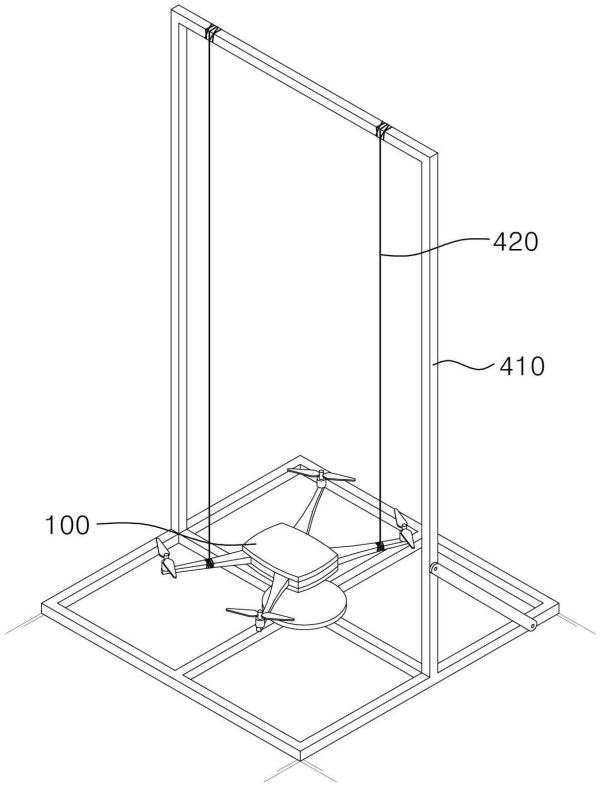
도면2



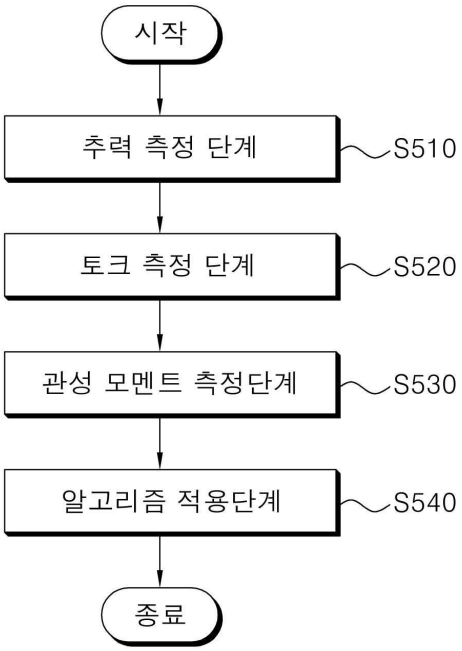
도면3a



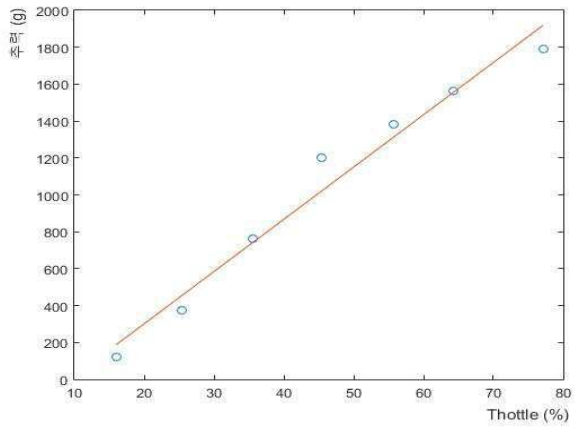
도면3b


420
410
100

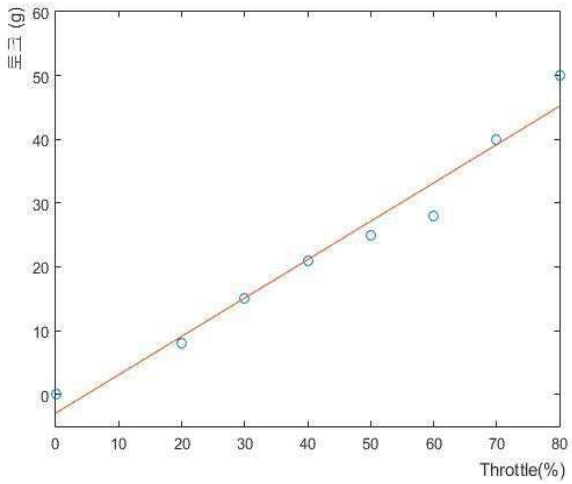
도면4


시작
추력 측정 단계
S510
토크 측정 단계
S520
관성 모멘트 측정단계
S530
알고리즘 적용단계
S540
종료

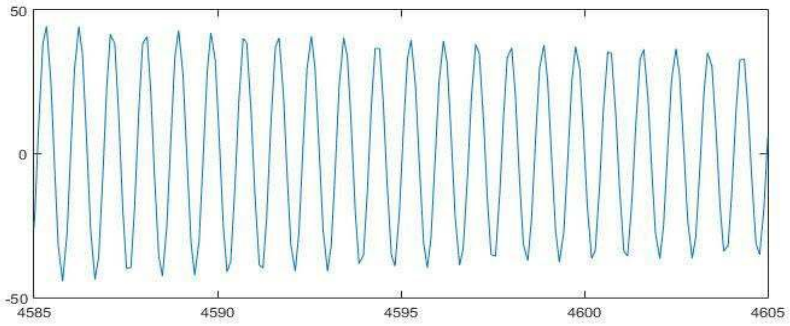
도면5


추력 (g)
2000
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
0
10
20
30
40
50
60
70
80
Thottle (%)

도면6


토크 (g)
60
50
40
30
20
10
0
0
10
20
30
40
50
60
70
80
Throttle(%)

도면7


50
0
-50
4585
4590
4595
4600
4605