



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0106314
(43) 공개일자 2024년07월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06F 3/01 (2006.01) B64C 39/02 (2023.01)
(52) CPC특허분류
G06F 3/016 (2013.01)
B64C 39/026 (2022.08)
(21) 출원번호 10-2022-0189059
(22) 출원일자 2022년12월29일
심사청구일자 2022년12월29일

(71) 출원인
경희대학교 산학협력단
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 경희대학교 국제캠퍼스내)
(72) 발명자
전석희
경기도 수원시 영통구 봉영로 1526, 706동 1204호(영통동, 살구골 진덕,서광,성지,동아 아파트)
무다시르 이브라힘 아완
경기도 용인시 기흥구 서그내로53번길 3-13, 202호(서천동, 마이홈)
(74) 대리인
두호특허법인

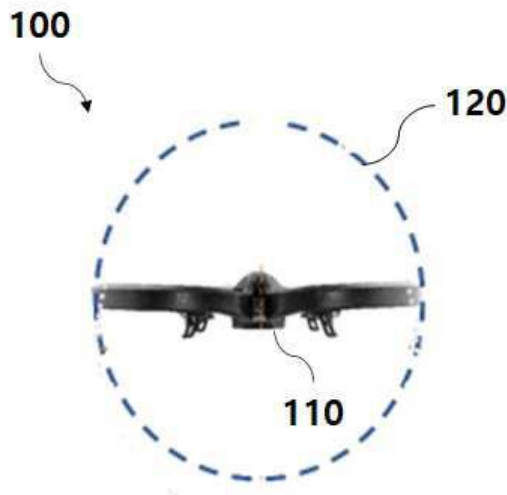
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 발명의 명칭 드론 기반 스피어 형상 햅틱 장치 및 이의 제어 방법

(57) 요약

본 발명의 일 실시예는 드론 기반 스피어 형상 햅틱 장치 및 이의 제어 방법에 관한 것이다. 본 발명의 일 실시예에 따르면, 스피어(sphere) 형상의 메시(mesh)로 둘러싸인 드론; 및 상기 드론을 제어하는 제어부;를 포함하고, 상기 메시는 사용자의 손에 3차원에서 임의의 방향으로 피드백(feedback) 힘을 제공하는 햅틱 디스플레이로 기능하는, 드론 기반 스피어 형상 햅틱 장치가 제공된다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

G06F 3/011 (2022.02)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711160320
과제번호	2022-0-01005-001
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	정보통신기획평가원
연구사업명	ICT융합산업혁신기술개발사업
연구과제명	디지털 객체의 다양한 해석 정보 제공을 위한 비착용식 시-촉각 디지털 트윈 플랫폼
기술 개발	
기 여 율	1/1
과제수행기관명	경희대학교 산학협력단
연구기간	2022.04.01 ~ 2022.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

스피어(sphere) 형상의 메시(mesh)로 둘러싸인 드론; 및

상기 드론을 제어하는 제어부;를 포함하고,

상기 메시는 사용자의 손에 3차원에서 임의의 방향으로 피드백(feedback) 힘을 제공하는 햅틱 디스플레이로 기능하는, 드론 기반 스피어 형상 햅틱 장치.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 메시는 금속 소재로 형성되는, 드론 기반 스피어 형상 햅틱 장치.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 제어부는 상기 드론의 이동 방향 및 이동 속도를 제어하는, 드론 기반 스피어 형상 햅틱 장치.

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 제어부에 있어서,

상기 피드백 힘의 세기와 방향을 기초로, x축 방향 힘 성분(f_x), y축 방향 힘 성분(f_y) 및 z축 방향 힘 성분(f_z)이 도출되는, 드론 기반 스피어 형상 햅틱 장치.

청구항 5

청구항 4에 있어서,

상기 제어부에 있어서,

상기 도출된 x축 방향 힘 성분(f_x), y축 방향 힘 성분(f_y) 및 z축 방향 힘 성분(f_z)에서 상기 드론의 상하, 좌우 및 전후 스러스트(thrust) 값이 결정되는, 드론 기반 스피어 형상 햅틱 장치.

청구항 6

청구항 5에 있어서,

상기 스러스트 값은 x축 방향 힘 성분(f_x), y축 방향 힘 성분(f_y) 및 z축 방향 힘 성분(f_z) 중 하나에 대해서 다음의 관계식을 만족하는, 드론 기반 스피어 형상 햅틱 장치.

[관계식]

$$T = a_1 f_{(x,y,z)}^3 + a_2 f_{(x,y,z)}^2 + a_3 f_{(x,y,z)} + a_4$$

(여기에서, T는 상하, 전후, 좌우 중 하나의 방향에서의 스러스트 값, $f_{(x,y,z)}$ 는 f_x , f_y , f_z 중 하나, a_1 , a_2 , a_3 , a_4 는 소정의 계수)

청구항 7

사용자의 손에 3차원에서 임의의 방향으로 피드백(feedback) 힘을 지공하는 스피어(sphere) 형상의 메시(mesh)로 둘러싸인 드론을 포함하는 드론 기반 스피어 형상 햅틱 장치의 제어 방법에 있어서,

상기 피드백 힘의 세기와 방향을 기초로, x축 방향 힘 성분(f_x), y축 방향 힘 성분(f_y) 및 z축 방향 힘 성분(f_z)으로 분해하고,

상기 x축 방향 힘 성분(f_x), y축 방향 힘 성분(f_y) 및 z축 방향 힘 성분(f_z)으로부터 상기 드론의 상하, 좌우 및 전후 스러스트(thrust) 값이 결정되는, 드론 기반 스피어 형상 햅틱 장치의 제어 방법.

청구항 8

청구항 7에 있어서,

상기 스러스트 값은 x축 방향 힘 성분(f_x), y축 방향 힘 성분(f_y) 및 z축 방향 힘 성분(f_z) 중 하나에 대해서 다음의 관계식을 만족하는, 드론 기반 스피어 형상 햅틱 장치의 제어 방법.

[관계식]

$$T = a_1 f_{(x,y,z)}^3 + a_2 f_{(x,y,z)}^2 + a_3 f_{(x,y,z)} + a_4$$

(여기에서, T는 상하, 전후, 좌우 중 하나의 방향에서의 스러스트 값, $f_{(x,y,z)}$ 는 f_x , f_y , f_z 중 하나, a_1 , a_2 , a_3 , a_4 는 소정의 계수)

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명의 일 실시예는 드론 기반 스피어 형상 햅틱 장치 및 이의 제어 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 가상 현실은 VR 헤드셋의 눈에 띄는 개선으로 인해 최근 몇 년 동안 많이 진화했다. 그러나 가상 현실은 VR 환경에서 사실성을 향상시키므로 핵심 감각, 즉 촉각 없이는 사용자에게 불완전하게 받아들여진다. 오늘날 세계에 존재하는 광범위한 햅틱 장치들이 접촉 기반 및 비접촉 채널을 통해 VR 경험을 향상시킨다는 사실에도 불구하고, 햅틱 도메인을 통해 몰입형 VR 경험을 제공하기 위해서는 여전히 사실성을 높일 수 있는 특정 측면에 초점을 맞출 필요가 있다.

[0005] VR환경에서 운동감각 햅틱 피드백을 제공하기 위하여 소정의 공간에 햅틱 장치를 설치하고 사용자가 VR 헤드셋을 착용한 상태에서 해당 공간 내에서 햅틱 장치와 상호작용함으로써 가상 현실을 경험하도록 하는 연구가 진행

되고 있다. 그러나, 이러한 경우에는 햅틱 장치가 소정의 공간 내에 설치되어야 하므로 해당 공간 이외에서는 이러한 가상 현실을 구현하기 어렵다. 또한, 공간에 햅틱 장치를 설치하여 일측을 고정된 상태에서 햅틱 피드백을 제공하기 때문에 제공할 수 있는 햅틱 피드백이 한정되게 된다.

[0007] 이러한 점을 해결하기 위하여 지면에서 떨어져서 공중에서 부유하는 드론을 이용하여 운동감각 햅틱 피드백을 제공할 수 있다. 이 경우에는 공간적인 제약이 없이 어떠한 곳에서도 가상 현실을 구현하는 것이 가능하다. 하지만, 드론은 일반적으로 일방향으로만 피드백이 가능한 것에 반해 가상 현실 어플리케이션에서는 단방향 상호 작용으로 제한되지 않는다.

[0009] 따라서, 드론을 이용하면서도 다양한 방향으로 햅틱 피드백을 제공할 수 있는 기술에 대한 개발이 필요하다.

선행기술문헌

특허문헌

[0011] (특허문헌 0001) 미합중국 등록특허공보 US 9,836,117 (2017. 12. 05)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0012] 본 발명은 앞서 기술한 종래의 햅틱 장치가 가지는 문제점을 해결하기 위한 것으로, 본 발명의 일 실시예는 가상 현실을 구현하는 공간적 제약을 없애기 위한 드론 기반 스피어 형상 햅틱 장치 및 이의 제어 방법을 제공하고자 한다.

[0013] 또한, 본 발명의 일 실시예는 임의의 방향으로도 햅틱 피드백을 제공할 수 있는 드론 기반 스피어 형상 햅틱 장치 및 이의 제어 방법을 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0015] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 스피어(sphere) 형상의 메시(mesh)로 둘러싸인 드론; 및 상기 드론을 제어하는 제어부;를 포함하고, 상기 메시는 사용자의 손에 3차원에서 임의의 방향으로 피드백(feedback) 힘을 제공하는 햅틱 디스플레이로 기능하는, 드론 기반 스피어 형상 햅틱 장치가 제공된다.

[0017] 상기 메시는 금속 소재로 형성될 수 있다.

[0018] 상기 제어부는 상기 드론의 이동 방향 및 이동 속도를 제어할 수 있다.

[0019] 상기 제어부에 있어서, 상기 피드백 힘의 세기와 방향을 기초로, x축 방향 힘 성분(f_x), y축 방향 힘 성분(f_y) 및 z축 방향 힘 성분(f_z)이 도출될 수 있다.

[0020] 상기 제어부에 있어서, 상기 도출된 x축 방향 힘 성분(f_x), y축 방향 힘 성분(f_y) 및 z축 방향 힘 성분(f_z)에서 상기 드론의 상하, 좌우 및 전후 스러스트(thrust) 값이 결정될 수 있다.

[0021] 상기 스러스트 값은 x축 방향 힘 성분(f_x), y축 방향 힘 성분(f_y) 및 z축 방향 힘 성분(f_z) 중 하나에 대해서 다음의 관계식을 만족할 수 있다.

[0022] [관계식]

$$T = a_1 f_{(x,y,z)}^3 + a_2 f_{(x,y,z)}^2 + a_3 f_{(x,y,z)} + a_4$$

[0023]

[0024] (여기에서, T는 상하, 전후, 좌우 중 하나의 방향에서의 스러스트 값, $f_{(x,y,z)}$ 는 f_x , f_y , f_z 중 하나, a_1 , a_2 , a_3 , a_4 는 소정의 계수)

[0026] 본 발명의 다른 실시예에 따르면, 사용자의 손에 3차원에서 임의의 방향으로 피드백(feedback) 힘을 지공하는 스피어(sphere) 형상의 메시(mesh)로 둘러싸인 드론을 포함하는 드론 기반 스피어 형상 햅틱 장치의 제어 방법에 있어서, 상기 피드백 힘의 세기와 방향을 기초로, x축 방향 힘 성분(f_x), y축 방향 힘 성분(f_y) 및 z축 방향 힘 성분(f_z)으로 분해하고, 상기 x축 방향 힘 성분(f_x), y축 방향 힘 성분(f_y) 및 z축 방향 힘 성분(f_z)으로부터 상기 드론의 상하, 좌우 및 전후 스러스트(thrust) 값이 결정되는, 드론 기반 스피어 형상 햅틱 장치의 제어 방법이 제공된다.

[0028] 상기 스러스트 값은 x축 방향 힘 성분(f_x), y축 방향 힘 성분(f_y) 및 z축 방향 힘 성분(f_z) 중 하나에 대해서 다음의 관계식을 만족할 수 있다.

[0029] [관계식]

$$T = a_1 f_{(x,y,z)}^3 + a_2 f_{(x,y,z)}^2 + a_3 f_{(x,y,z)} + a_4$$

[0030]

[0031] (여기에서, T는 상하, 전후, 좌우 중 하나의 방향에서의 스러스트 값, $f_{(x,y,z)}$ 는 f_x , f_y , f_z 중 하나, a_1 , a_2 , a_3 , a_4 는 소정의 계수)

발명의 효과

[0033] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 가상 현실을 구현하는 공간적 제약을 없애기 위한 드론 기반 스피어 형상 햅틱 장치 및 이의 제어 방법이 제공된다.

[0034] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 임의의 방향으로도 햅틱 피드백을 제공할 수 있는 드론 기반 스피어 형상 햅틱 장치 및 이의 제어 방법이 제공된다.

도면의 간단한 설명

[0036] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 드론 기반 스피어 형상 햅틱 장치의 개략도

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 드론을 나타내는 도면

도 3은 드론의 동작 방향과 사용자의 손에 피드백 힘을 제공하는 방향을 나타내는 도면

도 4는 드론이 제공해야 할 피드백 힘을 3차원의 x축, y축 및 z축 방향으로 분해하는 것을 나타내는 도면

도 5는 6방향에서의 스러스트 값과 x축 방향 힘 성분(f_x), y축 방향 힘 성분(f_y) 또는 z축 방향 힘 성분(f_z) 간의 관계를 실험적으로 구한 그래프

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0037] 이하, 도면을 참조하여 본 발명의 구체적인 실시형태를 설명하기로 한다. 그러나 이는 예시에 불과하며 본 발명은 이에 제한되지 않는다.

[0038] 본 발명을 설명함에 있어서, 본 발명과 관련된 공지기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게

호릴 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.

[0039] 본 발명의 기술적 사상은 청구범위에 의해 결정되며, 이하의 실시예는 본 발명의 기술적 사상을 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 효율적으로 설명하기 위한 일 수단일 뿐이다.

[0041] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 드론 기반 스피어 형상 햅틱 장치(10)의 개략도이고, 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 드론(100)을 나타내는 도면이다.

[0043] 도 1 및 도 2를 참조하면, 드론 기반 스피어 형상 햅틱 장치(10)는 사용자에게 피드백(feedback) 힘을 제공하여 햅틱 촉감을 제공하는 드론(100) 및 드론(100)을 제어하기 위한 제어부(200)를 포함할 수 있다. 제어부(200)는 드론(100) 내에 위치할 수도 있고 드론(100)과 별도로 제공되는 CPU와 같은 제어 장치일 수도 있다. 제어부(200)는 예를 들어, 가상 현실에서의 시나리오를 기억하고 필요에 따라 사용자에게 촉각 피드백을 제공할 타이밍과 촉각 피드백의 크기 및 방향을 판단하여 이에 따라서 드론(100)의 동작을 제어할 수 있다.

[0045] 도 2에 나타나는 바와 같이, 드론(100)은 구동 수단(110) 및 해당 구동 수단(110)의 주변을 둘러싸는 스피어(sphere) 형상의 메시(mesh; 120)를 포함할 수 있다. 구동 수단(110)은 예를 들어 4개의 회전 날개를 포함하는 쿼드콥터일 수 있다. 구동 수단(110)을 둘러싸는 메시(120)는 알루미늄 소재와 같은 금속 소재로 형성될 수 있다. 다만, 메시(120)의 소재는 금속 소재로 한정되는 것은 아니고, 내부의 구동 수단(110)의 추력에 영향을 적게 미칠 정도로 가볍고 손에 대한 접촉을 형성할 정도의 경도를 가진 소재라면 어떠한 것이든 가능하다. 그리고, 구동 수단(110)에서 추력이 발생할 수 있도록 공기가 통과하는 메시 구조이면서 다양한 방향에서 사용자의 손에 접촉할 수 있도록 구(sphere) 형상인 것이 바람직하다. 메시(120)는 사용자의 손에 직접 접촉하여 피드백 힘을 통해 촉감을 제공할 수 있다. 예를 들어, 가상 현실에서 특정 물체를 접촉하는 경우에 드론(100)이 사용자의 손에 접근하여 메시(120)가 사용자의 손에 접촉하게 될 수 있고, 접촉하는 촉감을 제공하기 위하여 드론(100)의 구동 수단(110)이 구동하여 사용자의 손에 피드백 힘을 제공할 수 있다. 뿐만 아니라, 메시(120)는 드론(100)의 구동 수단(110)을 사용자가 직접 접촉하지 않도록 하여 구동 수단(110)의 회전 날개 등으로부터 사용자를 보호하는 안전 수단으로서의 역할을 할 수도 있다.

[0047] 가상 현실을 구현하기 위하여, 드론(100)과 사용자의 손은 모션캡처 장비(예를 들어, OptiTrack 등)를 통해 트래킹(tracking)될 수 있다. 사용자의 손과 접촉하지 않는 경우, 드론(100)은 사용자의 손이 이동할 것으로 예상되는 위치(예를 들어, 가상현실에서 다음 순서에 접촉할 물체의 위치)에 미리 가 있도록 제어할 수 있다. 또는, 사용자의 손 위치를 추적하여 사용자의 손으로부터 일정한 거리를 유지하면서 사용자의 손 이동을 따라가도록 제어할 수도 있다. 이러한 제어를 위하여 PID 제어가 사용될 수 있다.

[0049] 만약 사용자가 가상 현실에서 특정 가상물체와 상호작용을 하게 되는 경우에 드론(100)은 특정 가상물체의 위치에 배치되도록 제어할 수 있다.

[0051] 도 3은 드론(100)의 동작 방향과 사용자의 손에 피드백 힘을 제공하는 방향을 나타내는 도면이다.

[0053] 도 3(a)는 드론(100)이 수직 방향(z축 방향)으로 동작하여 사용자의 손에 수직 방향의 피드백 힘을 제공하는 것을 나타낸다. 도 3(b)는 드론(100)이 수평 방향(xy 평면 상)으로 동작하여 사용자의 손에 수평 방향의 피드백 힘을 제공하는 것을 나타낸다. 도 3(c)는 드론(100)이 비스듬한 방향으로 동작하여 사용자의 손에 수직 또는 수평이 아닌 임의의 방향으로 피드백 힘을 제공하는 것을 나타낸다.

- [0055] 여기에서 제어부(200)는 드론(100)이 사용자의 손에 주어야 할 피드백 힘의 방향 및 세기를 기초로 드론(100)의 이동 방향 및 이동 속도를 제어할 수 있다. 이를 위하여, 첫번째, 제어부(200)는 피드백 힘의 방향 및 세기를 벡터(vector)로 놓고 3차원 좌표계에서 x축 방향, y축 방향 및 z축 방향의 벡터로 분리할 수 있다. 분리된 x축 방향 성분, y축 방향 성분 및 z축 방향 성분은 각각 전체 피드백 힘의 x축 방향 성분, y축 방향 성분 및 z축 방향 성분에 해당할 수 있다.
- [0057] 그리고, 분리된 x축 방향 성분, y축 방향 성분 및 z축 방향 성분으로부터 정해진 관계식을 통해 드론(100)의 6방향(상하전후좌우)의 스러스트(thrust) 값을 도출할 수 있다. 도출된 6방향의 스러스트 값을 통해 제어부(200)는 드론(100)의 운행을 제어하여 원하는 세기와 방향의 촉감을 사용자의 손에 제공할 수 있다.
- [0059] 도 4는 드론(100)이 제공해야 할 피드백 힘을 3차원의 x축, y축 및 z축 방향으로 분해하는 것을 나타내는 도면이다.
- [0061] 도 4(a)는 드론(100)이 제공할 피드백 힘(F)을 3차원 공간 내에서 힘의 크기(F) 및 피드백 힘의 xy 평면 상에서의 제 1 각도(α), 피드백 힘의 xy 평면에 대한 제 2 각도(β)를 통해 도식화한 것을 도시한다. 도 4(b)는 도 4(a)의 피드백 힘(F)을 3차원 (x, y, z)좌표계에서 나타내는 것에 해당한다.
- [0063] 도 4(a) 및 도 4(b)에 따르면, 피드백 힘(F)에 대해서, x축 방향 힘 성분(f_x), y축 방향 힘 성분(f_y) 및 z축 방향 힘 성분(f_z)에 대해서 다음과 같이 나타낼 수 있다.
- [0065] [관계식 1]
- $$f_x = F \cos(\beta) \cdot \cos(\alpha)$$
- [0066]
- $$f_y = F \cos(\beta) \cdot \sin(\alpha)$$
- [0067]
- $$f_z = F \sin(\beta)$$
- [0068]
- [0069] (여기에서, f_x 는 x축 방향 힘 성분, f_y 는 y축 방향 힘 성분, f_z 는 z축 방향 힘 성분, F는 피드백 힘, α 는 피드백 힘의 xy 평면 상에서의 제 1 각도, β 는 피드백 힘의 xy 평면에 대한 제 2 각도)
- [0071] 드론의 경우 상하전후좌우에 따라서 비행특성이 다를 수 있다. 그에 따라서, 같은 크기의 힘을 발생시키려고 하더라도 그 방향에 따라서 드론의 스러스트 값이 달라질 수 있다. 그래서, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 드론에 필요한 스러스트 값을 방향에 따라서 별도로 구하였다. 방향에 따른 요구되는 힘의 크기와 이에 필요한 스러스트 값 사이의 관계식은 실험적으로 구하였으며, 다만, 이러한 관계식은 다음과 같은 형태를 만족할 수 있다.
- [0073] [관계식 2]
- $$T = a_1 f_{(x,y,z)}^3 + a_2 f_{(x,y,z)}^2 + a_3 f_{(x,y,z)} + a_4$$
- [0074]
- [0075] (여기에서, T는 상하, 전후, 좌우 중 하나의 방향에서의 스러스트 값, $f_{(x,y,z)}$ 는 f_x , f_y , f_z 중 하나, a_1 , a_2 , a_3 ,

a_4 는 소정의 계수)

[0077] 다만, 관계식 2에 기재된 식은 예시일 뿐이며, 이러한 관계식은 스러스트 값과 같은 드론의 제어에 필요한 수치 대비 적용되는 힘의 크기를 실험적으로 구하여 도 5와 유사한 그래프를 얻은 후 해당 그래프에 대한 곡선 맞춤(curve fitting)을 하여 해당 그래프에 근접한 함수를 구하는 방식으로 구할 수 있다. 따라서, 이와 같이 구하는 식이 관계식 2와 같은 3차식으로 한정되는 것은 아니다.

[0079] 구체적으로는 6방향(상하전후좌우) 각각에 대한 스러스트 값과 x축 방향 힘 성분(f_x), y축 방향 힘 성분(f_y) 또는 z축 방향 힘 성분(f_z) 간의 관계식을 실제로 구한 것은 다음과 같을 수 있다.

[0081] [관계식 3]

$$T_{FORWARD} = 0.0181f_x^3 + 0.2257f_x^2 + 0.214f_x + 0.015 \quad - (1)$$

$$T_{BACKWARD} = 0.0295f_x^3 + 0.0223f_x^2 + 0.201f_x - 0.087 \quad - (2)$$

$$T_{RIGHT} = 0.024f_y^3 - 0.0595f_y^2 + 0.1542f_y - 0.041 \quad - (3)$$

$$T_{LEFT} = 0.005f_y^3 + 0.1445f_y^2 + 0.0497f_y + 0.058 \quad - (4)$$

$$T_{UP} = 0.825f_z^3 - 1.929f_z^2 + 1.77f_z - 0.327 \quad - (5)$$

$$T_{DOWN} = 0.004f_z^3 - 0.082f_z^2 - 0.004f_z - 0.134 \quad - (6)$$

(여기에서, $T_{FORWARD}$ 는 전진 방향에서의 스러스트 값, $T_{BACKWARD}$ 는 후진 방향에서의 스러스트 값, T_{RIGHT} 는 우측 방향에서의 스러스트 값, T_{LEFT} 는 좌측 방향에서의 스러스트 값, T_{up} 은 상향 방향에서의 스러스트 값, T_{DOWN} 은 하향 방향에서의 스러스트 값, f_x 는 x축 방향 힘 성분, f_y 는 y축 방향 힘 성분, f_z 는 z축 방향 힘 성분)

[0090] 여기에서, 식(1), 식(3), 식(5)는 f_x , f_y , f_z 가 양수인 경우에 적용되며, 식(2), 식(4), 식(6)은 f_x , f_y , f_z 가 음수인 경우에 적용될 수 있다. 실제 스러스트 값은 -1에서 +1 사이의 값일 수 있다. 각 관계식을 도출하기 위한 6방향에서의 스러스트 값과 x축 방향 힘 성분(f_x), y축 방향 힘 성분(f_y) 또는 z축 방향 힘 성분(f_z) 간의 관계를 실험적으로 구한 그래프는 도 5에 나타난 바와 같다.

[0092] 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 청구 범위 뿐만 아니라 이 특허청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

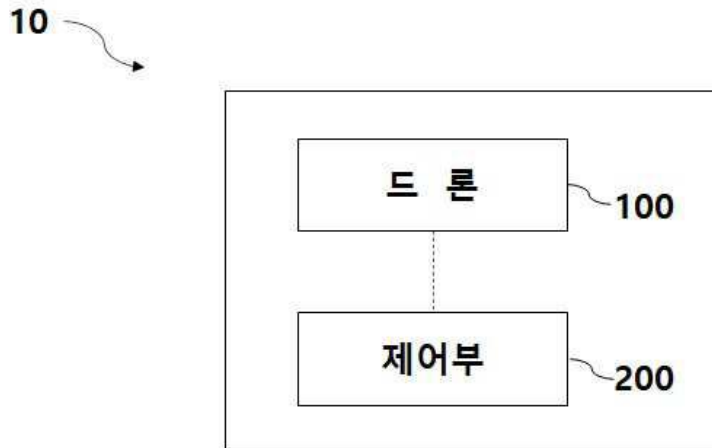
부호의 설명

[0094] 10 : 드론 기반 스피어 형상 햅틱 장치

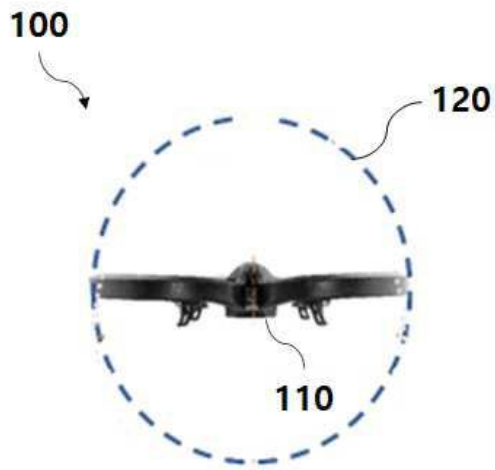
100 : 드론
110 : 구동 수단
120 : 메시
200 : 제어부

도면

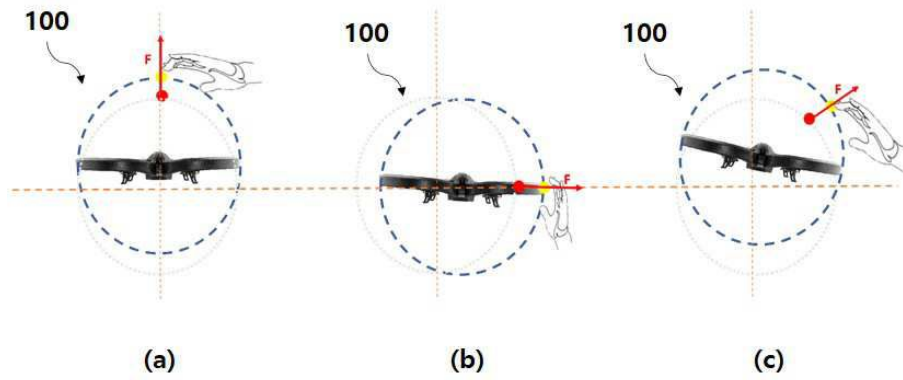
도면1



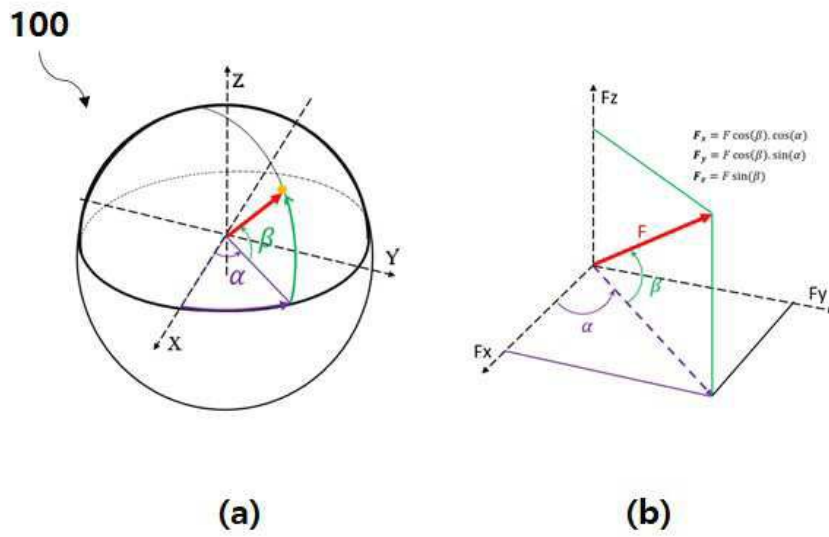
도면2



도면3



도면4



도면5

