



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년11월08일

(11) 등록번호 10-2322149

(24) 등록일자 2021년10월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

F16M 11/12 (2006.01) *B64D 47/08* (2006.01)

F16F 15/04 (2006.01) *F16M 11/18* (2006.01)

F16M 11/20 (2006.01) *F16M 13/02* (2006.01)

G03B 17/56 (2021.01) *H04N 5/232* (2006.01)

(52) CPC특허분류

F16M 11/123 (2013.01)

B64D 47/08 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2016-7019914

(22) 출원일자(국제) 2014년12월23일

심사청구일자 2019년12월23일

(85) 번역문제출일자 2016년07월21일

(65) 공개번호 10-2016-0101182

(43) 공개일자 2016년08월24일

(86) 국제출원번호 PCT/CA2014/000912

(87) 국제공개번호 WO 2015/095951

국제공개일자 2015년07월02일

(30) 우선권주장

14/140,130 2013년12월24일 미국(US)

(56) 선행기술조사문헌

KR100498648 B1*

JP11247936 A*

US06330837 B1*

WO2013039401 A1*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

피브이 랩스 엘티디.

캐나다, 온타리오 엘7티 4에이8, 벌링턴, 쿡 블러바드 1074

(72) 발명자

루이스, 마이클 디.

캐나다 온타리오 엘7엠 3제이2 벌링턴 필립 스트리트 3203

(74) 대리인

허용록

전체 청구항 수 : 총 40 항

심사관 : 성상훈

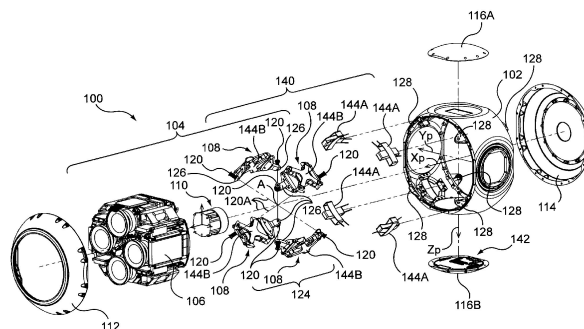
(54) 발명의 명칭 플랫폼 안정화 시스템

(57) 요약

플랫폼 안정화 시스템은 지지 프레임, 플랫폼, 및 상기 지지 프레임과 플랫폼 사이에서 직접 각각 연장하는 다수의 아이솔레이터를 포함한다. 각각의 아이솔레이터는 지지 프레임에 대한 플랫폼의 선형 이동을 3개의 자유도로 허용하며, 또한 지지 프레임에 대한 플랫폼의 회전 이동을 3개의 자유도로 허용한다. 아이솔레이터는 플랫폼을

(뒷면에 계속)

대표도



지지 프레임 내에 직접 지지하고 또한 플랫폼을 지지 프레임으로부터 이격시키는 격리 어레이를 형성하도록 협력한다. 격리 어레이는 플랫폼의 제한된 선형 이동을 지지 프레임 내에 3개의 자유도로 허용하며, 또한 지지 프레임에 대한 플랫폼의 제한된 회전 이동을 3개의 자유도로 허용한다. 격리 어레이는 플랫폼의 회전 이동 보다는 플랫폼의 선형 이동에 실질적으로 더욱 저항하며, 또한 플랫폼을 회전 가능하게 억제하지 않는다.

(52) CPC특허분류

F16F 15/04 (2013.01)

F16M 11/18 (2013.01)

F16M 11/2014 (2013.01)

F16M 11/2035 (2013.01)

F16M 11/2064 (2013.01)

F16M 13/02 (2013.01)

G03B 17/561 (2013.01)

H04N 5/2328 (2013.01)

G03B 2205/0007 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

지지 구조물의 운동으로부터 페이로드를 격리시키기 위한 플랫폼 안정화 시스템으로서:

지지 프레임;

페이로드를 이송하기 위한 플랫폼;

상기 플랫폼과 상기 지지 프레임 사이에 개재형 짐벌, 링, 및 다른 회전 억제물을 포함하지 않으면서, 상기 지지 프레임과 상기 플랫폼 사이에서 각각 직접 연장되는 다수의 아이슬레이터를 포함하며,

상기 각각의 아이슬레이터는 상기 지지 프레임에 대한 플랫폼의 선형 이동을 3개의 자유도로 허용하며,

상기 각각의 아이슬레이터는 상기 지지 프레임에 대한 상기 플랫폼의 회전 이동을 3개의 자유도로 허용하며,

상기 다수의 아이슬레이터는 상기 플랫폼을 상기 지지 프레임 내에 직접 지지하는 격리 어레이를 형성하도록 협력하며,

상기 격리 어레이는 상기 플랫폼을 상기 지지 프레임으로부터 이격시키며;

상기 격리 어레이는 3개의 직교하는 플랫폼 축선을 따라 상기 지지 프레임에 대한 플랫폼의 제한된 선형 이동을 3개의 자유도로 허용하며,

상기 격리 어레이는 상기 3개의 플랫폼 축선 주위로 상기 지지 프레임에 대한 상기 플랫폼의 제한된 회전 이동을 3개의 자유도로 허용하며,

상기 격리 어레이는 상기 지지 프레임에 대한 상기 플랫폼의 회전 이동보다 상기 지지 프레임에 대한 상기 플랫폼의 선형 이동에 실질적으로 더욱 저항하며(more resistant),

상기 플랫폼은 상기 격리 어레이에 의해 회전 가능하게 억제되지 않는, 플랫폼 안정화 시스템.

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 격리 어레이는, 상기 플랫폼 축선을 따라 상기 플랫폼의 선형 이동을 위한 댐핑되지 않은 고유 주파수를 갖으며, 상기 플랫폼의 선형 이동을 위한 댐핑되지 않은 고유 주파수는 상기 플랫폼 축선에 대한 상기 플랫폼의 회전 이동을 위해 댐핑되지 않은 고유 주파수의 적어도 2배인, 플랫폼 안정화 시스템.

청구항 3

제2 항에 있어서,

상기 플랫폼 축선을 따라 상기 플랫폼의 선형 이동을 위한 댐핑되지 않은 고유 주파수는, 상기 플랫폼 축선에 대해 상기 플랫폼의 회전 이동을 위한 댐핑되지 않은 고유 주파수의 적어도 3배인, 플랫폼 안정화 시스템.

청구항 4

제3 항에 있어서,

상기 플랫폼 축선을 따라 상기 플랫폼의 선형 이동을 위한 댐핑되지 않은 고유 주파수는, 상기 플랫폼 축선에 대해 상기 플랫폼의 회전 이동을 위한 댐핑되지 않은 고유 주파수의 적어도 5배인, 플랫폼 안정화 시스템.

청구항 5

제3 항에 있어서,

상기 플랫폼 축선을 따라 상기 플랫폼의 선형 이동을 위한 댐핑되지 않은 고유 주파수는, 상기 플랫폼 축선에

대해 상기 플랫폼의 회전 이동을 위한 댐핑되지 않은 고유 주파수의 적어도 10배인, 플랫폼 안정화 시스템.

청구항 6

제1 항에 있어서,

상기 각각의 아이솔레이터는 각각의 스프링 축선을 갖는 적어도 하나의 압축 스프링을 포함하며,

상기 격리 어레이를 형성하기 위해,

상기 압축 스프링은 상기 플랫폼 내의 공통 지점으로부터 실질적으로 외향으로 방사하는 그 각각의 스프링 축선으로 배치되고,

상기 공통 지점은 상기 플랫폼의 질량 중심이며,

상기 압축 스프링은 낮은 횡방향 스프링 상수를 생산하기 위해 축방향으로 프리로딩되는(preloaded)), 플랫폼 안정화 시스템.

청구항 7

제6 항에 있어서,

상기 격리 어레이는 실질적으로 추상적인 정육면체의 모서리에 배치되는 8개의 압축 스프링을 포함하며, 상기 공통 지점은 상기 추상적인 정육면체의 중심인, 플랫폼 안정화 시스템.

청구항 8

제6 항에 있어서,

상기 격리 어레이는 실질적으로 추상적인 정사면체의 모서리에 배치되는 4개의 압축 스프링 중 적어도 하나의 어레이를 포함하며, 상기 공통 지점은 추상적인 정사면체의 중심인, 플랫폼 안정화 시스템.

청구항 9

제6 항에 있어서,

상기 격리 어레이는 실질적으로 추상적인 정육면체의 6개의 면의 중심을 통해 상기 추상적인 정육면체의 중심으로부터 외향으로 방사하는 6개의 압축 스프링을 포함하는, 플랫폼 안정화 시스템.

청구항 10

제6 항에 있어서,

상기 격리 어레이는 상기 압축 스프링의 대칭형 어레이를 포함하는, 플랫폼 안정화 시스템.

청구항 11

제6 항에 있어서,

상기 압축 스프링은 가공된 멀티-스타트 나선형 압축 스프링인, 플랫폼 안정화 시스템.

청구항 12

제1 항에 있어서,

상기 각각의 아이솔레이터는 굴곡 피봇 요소를 포함하는, 플랫폼 안정화 시스템.

청구항 13

제12 항에 있어서,

상기 각각의 굴곡 피봇 요소는 피봇 축선을 갖는 각각의 굴곡 피봇과 직렬로 배치되는 3개의 단일-축선 굴곡 피봇을 포함하며,

상기 각각의 굴곡 피봇 요소를 위해, 상기 각각의 굴곡 피봇의 피봇 축선은 상기 플랫폼의 질량 중심과 만나며,

상기 굴곡 피봇 요소는 격리 어레이를 형성하도록 실질적으로 대칭형 어레이로 배치되는, 플랫폼 안정화 시스템.

청구항 14

제13 항에 있어서,

상기 각각의 굴곡 피봇 요소는 단일체 구성을 갖는, 플랫폼 안정화 시스템.

청구항 15

제1 항에 있어서,

상기 각각의 아이솔레이터는 다이아프램-기반 아이솔레이터인, 플랫폼 안정화 시스템.

청구항 16

제15 항에 있어서,

상기 각각의 다이아프램-기반 아이솔레이터는

상기 지지 프레임에 의해 이송되는 제1 하우징,

상기 플랫폼에 의해 이송되는 제2 하우징, 및

2개의 마주하는 다이아프램을 포함하며,

상기 각각의 하우징은 그 내부에 형성되는 다이아프램 리셉터클을 가지며,

상기 다이아프램 리셉터클은 서로 마주하며,

상기 각각의 다이아프램은, 상기 각각의 아이솔레이터를 위해 상기 다이아프램 중 하나가 상기 지지 프레임에 결합되고 다른 하나가 상기 플랫폼에 결합되도록, 상기 하우징들 중 하나에 의해 그 주변에 지지되어 그 하우징의 다이아프램 리셉터클을 가로질러 연장하며,

상기 다이아프램은 상기 다이아프램의 방사방향 중심 사이로 연장하는 비틀림 굴곡 요소에 의해 서로 결합되는, 플랫폼 안정화 시스템.

청구항 17

제16 항에 있어서,

상기 비틀림 굴곡 요소는 축방향으로 탄성인, 플랫폼 안정화 시스템.

청구항 18

제16 항에 있어서,

상기 비틀림 굴곡 요소는 나선형 스프링인, 플랫폼 안정화 시스템.

청구항 19

제16 항에 있어서,

상기 다이아프램은 성형된 엘라스토머 구조물(molded elastomeric structures)인, 플랫폼 안정화 시스템.

청구항 20

제16 항에 있어서,

상기 다이아프램은 금속 벨로프램 구조물인, 플랫폼 안정화 시스템.

청구항 21

제16 항에 있어서,

상기 각각의 다이아프램-기반 아이솔레이터는, 비틀림 굴곡 요소의 횡방향 이동을 제한하기 위해, 상기 비틀림 굴곡 요소에 의해 이송되는 정지부를 더 포함하는, 플랫폼 안정화 시스템.

청구항 22

제16 항에 있어서,

상기 각각의 다이아프램은 유체-불침투성이며;

상기 각각의 하우징은 댐핑 저장조를 형성하기 위해 그 각각의 다이아프램과 협력하며, 상기 각각의 댐핑 저장조는 댐핑 유체를 그 각각의 댐핑 저장조로부터 각각의 싱크 저장조로 변위 시킴으로써, 상기 각각의 다이아프램의 축방향 이동을 댐핑시키기 위해 각각의 싱크 저장조와 유체 연통하는, 플랫폼 안정화 시스템.

청구항 23

제22 항에 있어서,

상기 각각의 하우징은 인클로저를 형성하기 위해 그 각각의 다이아프램과 협력하며,

상기 각각의 인클로저를 상기 댐핑 저장조와 상기 싱크 저장조로 분할하기 위해, 분할기가 상기 각각의 인클로저를 가로질러 연장하며,

상기 각각의 댐핑 저장조는 상기 각각의 분할기의 적어도 하나의 오리피스(orifice)를 통해 상기 각각의 싱크 저장조와 유체 연통하는, 플랫폼 안정화 시스템.

청구항 24

제1 항에 있어서,

상기 지지 프레임과 상기 플랫폼 사이에 직접 작용하는 능동 구동 시스템; 및

센서 입력을 수신하고 상기 센서 입력에 응답하여 상기 능동 구동 시스템을 제어하기 위해, 상기 능동 구동 시스템에 결합되는 제어 시스템을 더 포함하는, 플랫폼 안정화 시스템.

청구항 25

제24 항에 있어서,

상기 제어 시스템은 상기 플랫폼의 안전한 운동을 위해 상기 능동 구동 시스템을 제어하도록 센서 입력을 사용하는, 플랫폼 안정화 시스템.

청구항 26

제24 항에 있어서,

상기 제어 시스템은 상기 플랫폼의 능동 댐핑을 위해 상기 능동 구동 시스템을 제어하도록 센서 입력을 사용하는, 플랫폼 안정화 시스템.

청구항 27

제24 항에 있어서,

상기 능동 구동 시스템은 적어도 3개의 자기 음성 코일 작동기의 어레이를 포함하며;

상기 각각의 자기 음성 코일 작동기는 상기 지지 프레임에 의해 이송되는 제1 부분, 및 상기 플랫폼에 의해 이송되는 제2 부분을 포함하며;

상기 각각의 자기 음성 코일 작동기는, 제3 모터 축선을 따라 상기 플랫폼의 자유로운 선형 이동을 허용하고 또한 실질적으로 서로 직교하는 제1, 제2, 및 제3 모터 축선인 3개의 모터 축선에 대해 상기 플랫폼의 자유로운 회전을 허용할 동안, 제1 플랫폼 포지셔닝 힘을 상기 제1 모터 축선을 따라 상기 플랫폼에 적용하고 또한 제2 플랫폼 포지셔닝 힘을 상기 제2 모터 축선을 따라 상기 플랫폼에 적용하기 위해, 상기 지지 프레임과 상기 플랫폼 사이에 직접 작용하며,

상기 자기 음성 코일 작동기는, 상기 플랫폼 축선을 따라 상기 지지 프레임에 대해 상기 플랫폼의 선형 이동을 선택적으로 구동시키고 또한 상기 플랫폼 축선 주위로 상기 지지 프레임에 대해 상기 플랫폼의 회전을 선택적으로 구동시키도록, 상기 플랫폼에 대해 배치되며,

상기 제어 시스템은 제어된 모멘트 및 선형 힘을 상기 플랫폼에 적용하기 위해 자기 음성 코일 작동기의 통전을 제어하는, 플랫폼 안정화 시스템.

청구항 28

제27 항에 있어서,

상기 적어도 3개의 자기 음성 코일 작동기는 추상적인 원의 원주 상에 90 ° 로 이격되어 배치되는 4개의 자기 음성 코일 작동기인, 플랫폼 안정화 시스템.

청구항 29

제24 항에 있어서,

상기 능동 구동 시스템은 적어도 6개의 자기 음성 코일 작동기의 어레이를 포함하며;

상기 각각의 자기 음성 코일 작동기는 상기 지지 프레임에 의해 이송되는 제1 부분, 및 상기 플랫폼에 의해 이송되는 제2 부분을 포함하며;

상기 각각의 자기 음성 코일 작동기는, 제2 모터 축선 및 제3 모터 축선의 각각을 따라 제2 부분의 자유로운 선형 이동을 허용하고 또한 상기 제2 모터 축선 및 상기 제3 모터 축선의 각각에 대해 제2 부분의 자유로운 회전을 허용할 동안, 제1 플랫폼 포지셔닝 힘을 제1 모터 축선을 따라 플랫폼에 적용하기 위해, 상기 지지 프레임과 상기 플랫폼 사이에 직접 작용하며, 상기 제1, 제2, 및 제3 축선은 서로에 대해 실질적으로 직교하며;

상기 자기 음성 코일 작동기는, 상기 플랫폼 축선을 따라 상기 지지 프레임에 대해 상기 플랫폼의 선형 이동을 선택적으로 구동시키고 또한 상기 플랫폼 축선 주위로 상기 지지 프레임에 대해 상기 플랫폼의 회전을 선택적으로 구동시키도록, 상기 플랫폼에 대해 배치되며,

상기 제어 시스템은 제어된 모멘트 및 선형 힘을 상기 플랫폼에 적용하기 위해 상기 자기 음성 코일 작동기의 통전을 제어하는, 플랫폼 안정화 시스템.

청구항 30

제24 항에 있어서,

상기 플랫폼 축선 주위로 상기 지지 프레임에 대해 상기 플랫폼의 각위치를 나타내는 신호를 감지하고 그리고 제공하기 위해 각센서 시스템을 더 포함하며, 상기 각센서 시스템은 상기 제어 시스템에 결합되는, 플랫폼 안정화 시스템.

청구항 31

제24 항에 있어서,

상기 플랫폼 축선 상의 상기 지지 프레임에 대해 상기 플랫폼의 선형 위치를 나타내는 신호를 감지하고 그리고 제공하기 위해 선형 위치 센서 시스템을 더 포함하며, 상기 선형 위치 센서 시스템은 상기 제어 시스템에 결합되는, 플랫폼 안정화 시스템.

청구항 32

제24 항에 있어서,

상기 플랫폼은 상기 플랫폼 축선에 대해 상기 플랫폼의 각운동을 나타내는 신호를 감지하고 그리고 제공하기 위해 적어도 3개의 관성 레이트 센서를 이송하며, 상기 관성 레이트 센서는 상기 제어 시스템에 결합되는, 플랫폼 안정화 시스템.

청구항 33

제32 항에 있어서,

상기 관성 레이트 센서는 광섬유 자이로인, 플랫폼 안정화 시스템.

청구항 34

제24 항에 있어서,

상기 플랫폼은 상기 플랫폼 축선을 따라 상기 플랫폼의 선형 이동을 나타내는 신호를 감지하고 그리고 제공하기 위해 적어도 3개의 관성 가속도 센서를 이송하며, 상기 관성 가속도 센서는 상기 제어 시스템에 결합되는, 플랫폼 안정화 시스템.

청구항 35

제24 항에 있어서,

상기 플랫폼 축선에 대해 상기 플랫폼의 선형 이동 및 각운동을 나타내는 신호를 감지하고 그리고 제공하기 위해 관성 측정 유닛을 더 포함하며, 상기 관성 측정 유닛은 상기 제어 시스템에 결합되는, 플랫폼 안정화 시스템.

청구항 36

제24 항에 있어서,

상기 제어 시스템에 결합되는 GPS 수신기를 더 포함하며,

상기 제어 시스템은 상기 플랫폼 시선이 지표면과 교차하는 지리적 위치를 계산하기 위해 관성 항법 시스템을 위한 명령을 포함하는, 플랫폼 안정화 시스템.

청구항 37

제36 항에 있어서,

상기 제어 시스템은 상기 지리적 위치를 향하는 상기 플랫폼 시선을 유지하기 위해 지리 기반 조향 제어 루프를 폐쇄하기 위한 명령을 포함하는, 플랫폼 안정화 시스템.

청구항 38

제37 항에 있어서,

상기 제어 시스템은 페이로드의 이미지 집적 주기 중, 플랫폼 안정화 시스템을 이송하는 궤도 선회 항공기의 회전 운동에 의해 유발되는 지구에 대한 페이로드 시선의 상대 회전 운동을 제한하기 위해, 상기 플랫폼에 의해 이송되는 페이로드의 페이로드 시선을 그 제한된 운동 범위 내로 스텝하고 그리고 응시하기 위해 매개변수를 계산하기 위한 명령을 포함하는, 플랫폼 안정화 시스템.

청구항 39

제1 항에 있어서,

상기 지지 프레임은 외측 짐벌 조립체에 의해 이송되는, 플랫폼 안정화 시스템.

청구항 40

지지 구조물의 운동으로부터 페이로드를 격리시키기 위한 방법으로서:

복수의 아이솔레이터의 각각을 통해, 3개의 직교하는 플랫폼 축선을 따라 지지 프레임에 대한 플랫폼의 제한된 선형 이동을 3개의 자유도로 허용하는 단계;

상기 3개의 플랫폼 축선 주위로 상기 지지 프레임에 대한 상기 플랫폼의 제한된 회전 이동을 3개의 자유도로 허용하는 단계; 및

상기 플랫폼을 회전 가능하게 억제하지 않고, 상기 지지 프레임에 대한 상기 플랫폼의 회전 이동 보다 상기 지지 프레임에 대한 상기 플랫폼의 선형 이동에 실질적으로 더 큰 저항을 제공하는 단계를 포함하고,

상기 복수의 아이슬레이터는 상기 플랫폼과 상기 지지 프레임 사이에 개재형 짐벌, 링, 및 다른 회전 억제물을 포함하지 않으면서, 상기 지지 프레임과 상기 플랫폼 사이에서 각각 직접 연장되는, 페이로드 격리 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 플랫폼 안정화 시스템에 관한 것으로서, 특히 지지 구조물의 각운동과 병진 진동 및 각진동으로부터 페이로드(payload)를 격리시키기 위한 플랫폼 안정화 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 안정화된 플랫폼 시스템은 다년 간 출회되었으며, 플랫폼에 의해 이송된 페이로드를 상기 플랫폼을 이송하는 구조물의 이동으로부터 격리시키는데 사용된다. 상기 구조물은 비행기, 헬리콥터, 또는 자동차와 같은 차량이나 또는 바람에 흔들릴 수 있는 키 큰 폴(tall poll) 처럼, 일부 이동에 여전히 노출되는 비교적 정적인 구조물일 수 있다. 안정화된 플랫폼 시스템의 페이로드로서 이송될 수 있는 것에 대해서는 실질적으로 제한이 없으며, 또한 안정화된 플랫폼 시스템은 스틸 사진 및 비디오(영화를 포함하는) 카메라, 광전자 및 적외선 촬영(imaging) 장치, 분광기(spectrometer), 안테나, 레이저, 및 심지어 무기 시스템을 포함하는, 그러나 이에 제한되지 않는, 다양한 페이로드용 용도로 사용될 수 있다. 안정화 기술의 이런 범주를 다른 것과 구별하는 것은, 페이로드를 이송하는 플랫폼이 관성 공간에서 안정화되고 그리고 조향된다는 것이다. 프레이어(Fraier)에 허여된 미국 특허 제4,796,090호는 감소된 짐벌 시간이라는 이익과 조합되는 긴 범위, 고해상도, 감시 시스템의 플랫폼 안정화에 대한 필요성의 상세한 설명을 제공한다.

[0003] 센서 페이로드를 이송하는 구조물의 이동을 보상하기 위한 다양한 기술이 알려져 있으며, 그 각각은 단점과 제한사항을 갖고 있다.

[0004] 카메라 시스템과 같은 이미지-캡처링 페이로드를 위한 한가지 접근방법은, 페이로드 자체를 안정화시키기 보다는 페이로드에 의해 캡처된 이미지를 디지털적으로(digitally) 안정화시키도록 노력하는 것이다. 골란(Golan) 명의의 미국 특허출원 공보 제20120019660A1호는 거친 팬/틸트(pan/tilt) 짐벌 시스템을 조향하기 위해 이미지를 디지털적으로 안정화시키고 그 후 카메라 기동 신호를 추가로 계산하는 수단으로서, 순차적인 이미지 분석, 디지털 윈도우잉(windowing) 및 픽셀 시프팅(shifting) 기술의 사용을 기재하고 있다. 폰플로토(VonFlotow)에 허여된 미국 특허 제7,876,359호는 유사한 디지털 안정화 기술을 기재하고 있으며, 그로토티덴(Grottodden) 등에 허여된 미국 특허 제6,720,994호는, 이미지가 캡처될 때 검출기 어레이 상의 개별적인 픽셀 라인들 사이의 샘플 타임(sample time)을 조정하기 위한 기술을 기재하고 있다. 이들 디지털 안정화 기술의 문제점은 이미지를 형성하는 픽셀의 짐벌 시간 주기 중 페이로드의 시선의 운동을 보상하기 위해 아무 조취도 취해지지 않는다는 점이다. 이는 캡처된 이미지에 동적-기반 번짐(motion-based blur)으로 나타날 수 있다.

[0005] 다른 접근방법은 페이로드를 이송하는 플랫폼을 안정화시킴으로써, 지지 구조에 대해 페이로드를 실제로 안정화시키는 것이다. 이런 "플랫폼 안정화 시스템" 범주 내에는 수동 시스템 및 능동 시스템이 있다. 수동적인 안정화 시스템의 일 예로는 브라운(Brown)에 허여된 미국 특허 제4,017,168호 및 제4,156,512호와, 디지올리오(DiGiulio) 등에 허여된 미국 특허 제5,435,515호에 기재된 STEADICAM® 시스템이다. 슬레이터(Slator)에 허여된 미국 특허 제5,243,370호에 다른 수동 시스템이 기재되어 있다. 그러나 대부분의 플랫폼 안정화 시스템은 플랫폼의 내재 관성을 증가시키기 위해 서보모터, 관성 센서, 제어 시스템을 사용하며, 따라서 능동 시스템으로 지칭된다.

[0006] 플랫폼 안정화 시스템은 초기에는 선박 및 항공기와 같은 차량의 이동에 항법 계기를 장착하도록 개발되었다. 스트로테(Strother) 등에 허여된 미국 특허 제2,551,069호에 교시된 자이로 콤파스(gyro compass) 및 수직 자이로가 플랫폼 안정화 시스템의 초기 예이다. 예를 들어 아이쉴렛(Issertedt)에 허여된 미국 특허 제2,490,628호, 애셴브렌너(Aschenbrenner) 등에 허여된 미국 특허 제2,523,267호, 카르스텐(Karsten) 등에 허여된 미국 특허 제2,883,863호, 브렌너(Brenner) 등에 허여된 미국 특허 제3,060,824호, 및 로만스(Romans)에 허여된 미국 특허 제3,775,656호에 교시된 바와 같이, 이미지의 획득 중 차량의 원치 않는 이동을 제거하기 위해, 결국 사진 카메라가 이들 안정적인 플랫폼 상에 장착되었다. 그러나 동영상 카메라는 영상 획득 중 단지 안정성 보다 더 많은 것을 요구하였으며, 또한 이들 동영상 카메라는 이미지 사이에 매끄러운 조향 제어도 요구하였다.

- [0007] 차량 진동의 일부를 감쇄시키면서 카메라가 수동으로 조향되는 것을 허용하기 위해, 만쯔(Mantz)에 허여된 미국 특허 제2,506,095호에 교시된 바와 같은 새로운 격리 장착부가 개발되었다. 조향의 매끄러움 및 안정성을 추가로 개선하기 위해, 고정형 자이로가 카메라에 추가되었다. 카메라 작동자는 전형적으로 하나의 슬더 위에 배치된, 안정성을 추가시키는 고정형 자이로에 의해, 격리 장착부에 부착되는 카메라를 구비한 헬리콥터의 개방형 출입구에 앉아 있다. 카메라 작동자는, 카메라를 조향하기 위해, 조종사와 조심스럽게 협력할 것이다. 이는 명백히 촬영의 피사체를 프레임화하고 또한 시각적으로 만족스러운 카메라 제어의 달성을 매우 어렵게 한다.
- [0008] 1960년대 후반에, 웨스팅하우스 캐나다(Westinghouse Canada)는 이런 문제점에 접근하기 위해 WESCAM® 플랫폼 안정화 시스템을 개발하였다. 이는 최초로 상용 가능한 자이로 안정형 원격 조향 카메라 시스템이었으며, 또한 리비트(Leavitt) 등에 허여된 미국 특허 제3,638,502호의 주제이다. 이러한 타입의 안정화 기술은, 카메라 플랫폼의 자연 관성을 증가시키기 위해, 3개의 직교하는 큰 기계적 레이트(rate) 자이로스코프(짐벌형 플라이휠)에서 발생하는 각운동량에 의존한다. 이 인위적인 질량 또는 합성 관성은 미세하게 현수된 안정된 플랫폼을 유지하는데 수동적으로 사용되며, 상기 페이로드(카메라)는 그 안정화된 플랫폼에 대해 조향된다. 그 후, 능동 서보 시스템은 서보모터를 사용하여 임의의 장애를 삭제하기 위해 자이로의 세차(歲差)(precession)에 의해 측정되는 각속도를 사용한다. 돔 인클로저(dome enclosure)는 바람과 날씨를 지켜내며, 내부의 수동적인 진동 격리 시스템은 시스템에 입력되는 진동을 최소화한다.
- [0009] 능동 플랫폼 안정화 기술에 대한 종래기술은 4개의 일반적인 타입으로 또는 "세대"로, 즉 자이로 안정화된 시스템(제1 세대), 전통적인 능동 짐벌 시스템(제2 세대), 제한된 이동-능동 후속 시스템(제3 세대), 및 억제되지 않은 작동기-능동 후속 시스템(제4 세대)으로 분류될 수 있다. 각각의 세대 내에는 실시 방법 및 이점에 미묘한 차이가 있을 수 있지만, 그러나 기본적인 기술은 동일하다. 미국 특허 제3,638,502호에 기재된 상기 원천적인 WESCAM® 플랫폼 안정화 시스템은, 제1 세대 플랫폼 안정화 기술로서 분류된다. 이는 추가로 개선되었으며, 시스템의 광학 성능을 개선하기 위해, 리비트에 허여된 미국 특허 제4,821,043호에 기재된 바와 같이, 수직의 슬레이브형(slaved) 윈도우가 추가되었다. 다른 제1 세대 플랫폼 안정화 시스템은 굿맨(Goodman)에 허여된 미국 특허 제4,989,466호, 타일러(Tyler)에 허여된 미국 특허 제5,184,521호 및 미국 특허 제5,995,758호에 기재되어 있다. 제1 세대 플랫폼 안정화 시스템들이 의미 있는 안정성을 달성하였지만, 이들은 빈약한 조향 대역폭으로 고통을 받았으며, 이는 제1 세대 플랫폼 안정화 시스템들이 비디오-트래커에 양립할 수 없게 하였으며 또한 이러한 빈약한 조향 성능을 보상하기 위해서는 상당히 숙련된 작업자를 요구하였다.
- [0010] 능동 플랫폼 안정화 기술의 제2 세대는 초기의 제1 세대 플랫폼 안정화 시스템의 빈약한 조향 성능을 다루도록 개발되었다. "전통적인 능동 짐벌 시스템"으로 지칭되는 제2 세대 플랫폼 안정화 시스템은, 구조물과 플랫폼 사이에 다수의 짐벌을 개재시켜, 그 각각의 짐벌 축선에 대해 레이트 루프(rate loop)를 직접 폐쇄하였다. 작은 기계적 감지 자이로와 같은 관성 레이트 센서는 관성 공간에 대해 플랫폼의 각속도를 감지하는데 사용된다. 이들 레이트는 각각의 축선을 안정화하고 그리고 조향시키는 조향 명령과 더해진다. 티지스마(Tijssma) 등에 허여된 미국 특허 제3,986,092호, 코쿠쉬(Kokush) 등에 허여된 미국 특허 제5,868,031호, 엘링턴(Ellington) 등에 허여된 미국 특허 제6,396,235호, 메르카달(Mercadal) 등에 허여된 미국 특허 제7,000,883호, 채프먼(Chapman) 등에 허여된 미국 특허 제8,100,591호, 및 베이트먼(Bateman) 등에 허여된 미국 특허 제8,564,499호 모두는 전통적인 능동 짐벌 시스템의 예이다. 각각의 특허 문서는 미묘하게 상이한 방법 및 이점을 기재하고 있으며, 그 모두는 관성 속도 센서를 사용하여 각각의 짐벌 축선에 대해 직접적으로 레이트 루프를 폐쇄할 동안, 플랫폼을 지지하기 위해 짐벌의 시스템을 사용하고 있다. 작동기는 직접 구동부이거나 또는 기어형 모터일 수 있다. 기어형 작동기의 사용은 실질적으로 결합력을 증가시켜, 백래시를 도입하며, 또한 시스템의 조향 대역폭을 제한할 것이다. 각각의 연속적인 짐벌 축선 사이의 구조물은 작동기의 고주파 토크에 노출된다. 이 억제 구조물의 순응성은 제어 시스템의 대역폭을 제한할 것이다. 이런 이유로, 전통적인 능동 짐벌 시스템은 일반적으로 큰 페이로드로 높은 대역폭 성능이 불가능하다. 베헬러(Beheler)에 허여된 미국 특허 제6,198,452호는 전통적인 능동 짐벌 시스템을 위한 대안적인 비-직교형 짐벌 형상을 제시하며, 블레스(Bless) 등에 허여된 미국 특허 제6,609,037호는 조향 성능을 추가로 개선하기 위해 각각의 축선을 위한 위치 피드백 및 피드-포워드 제어 루프와 조합되는 레이트 피드백 및 피드-포워드 제어 루프를 사용하는 전통적인 짐벌 시스템용 제어 시스템을 기재하고 있다. 상기 전통적인 능동 짐벌 시스템은, 전술한 미국 특허 제4,821,043호에 기재된 바와 같은 수직의 슬레이브형 윈도우를 구비한 돔 인클로저의 형태로 독립적인 외측 짐벌, 및 상기 돔과 내측 플랫폼 안정화 시스템 사이에 개시되는 수동형 아이솔레이터(isolator)의 추가에 의해 개선되었다. 짐벌 억제 시스템의 구조적 공진과 조합되는, 큰 짐벌 베어링 및 모터 브러시로부터의 마찰은 이 시스템의 달성 가능한 안정화 성능을 제한한다.

- [0011] 전통적인 능동 짐벌 시스템에 의해 달성되는 플랫폼 안정성을 추가로 개선하기 위해, 능동 플랫폼 안정화 시스템의 제3 세대가 개발되었다. 제3 세대는 수동형 아이솔레이터 상에 장착되는 높은 대역폭의 제한된 이동 내측 짐벌을 사용하며, 이는 다시 저 대역폭의 큰 이동 외측 추종(follow-up) 짐벌 시스템의 최종 상태로 장착된다. 따라서 이런 타입의 플랫폼 안정화 시스템은 "제한된 이동-능동 추종" 시스템으로서 지칭된다. 내측 짐벌은 고 대역폭 안정화 및 미세 조향 성능을 제공하는 반면에, 외측 짐벌은 큰 관심 분야에 대해 거친 조향을 제공한다. 상기 내측 짐벌은 고성능의 직접 구동 작동기를 사용하며, 외측 짐벌은 기어형 작동기를 사용한다. 그러나 내측 짐벌의 억제 구조를 통해 고주파 토크가 여전히 적용되지만, 그러나 내측 짐벌의 베어링은 훨씬 작으며, 그리고 모터는 전형적으로 무브러시(brushless)이다. 작은 페이로드에 의해 그리고 광섬유 자이로에 의해 이런 타입의 내측/외측 짐벌 시스템의 안정화 성능이 만족스럽지만, 큰 페이로드에 의해 큰 짐벌 링 구조의 순응성은 안정화 시스템의 대역폭을 제한한다. 아이처(Aicher) 등에 허여된 미국 특허 출원 공보 제 2010/0171377A1호 및 위버(Weaver) 등에 허여된 미국 특허 제8,385,065호는 "제한된 이동-능동 추종" 플랫폼 안정화 시스템의 최근의 예이다.
- [0012] "제한된 이동-능동 추종" 플랫폼 안정화 시스템의 억제 시스템의 구조적 공진에 의해 유발된 대역폭 제한에 접근하기 위해, 능동 플랫폼 안정화 시스템의 제4 세대가 개발되었다. 여기에서 "비-억제형 작동기-능동 추종" 시스템으로 지칭되는 이런 타입의 시스템은, 이를 통하는 대신에 억제 구조물을 가로질러 토크를 적용하는 공정을 사용함으로써 "제한된 이동-능동 추종" 시스템의 대역폭 제한을 회피하고 있다. 고주파 토크가 외측 짐벌로부터 플랫폼으로 직접 적용된다. 고성능 광섬유-자이로-기반 관성 측정 유닛과 조합하여, 이 시스템은 안정성을 유지하면서 조향 대역폭을 상당히 상승시켰다. "제한된 이동-능동 추종" 플랫폼 안정화 시스템의 예가 말루엣(Malueg)에 허여된 미국 특허 제4,033,541호 및 제4,498,038호, 파데라(Padera)에 허여된 미국 특허 제4,828,376호, 키운케(Kiunke) 등에 허여된 미국 특허 제5,368,271호, 트릿체(Tritchew) 등에 허여된 미국 특허 제5,897,223호, 키엔홀츠(Kienholz)에 허여된 미국 특허 제6,196,514호, 루이스(Lewis)에 허여된 미국 특허 제6,263,160호, 폭트(Voigt) 등에 허여된 미국 특허 제6,454,229호 및 제6,484,978호, 및 폭트 등에 허여된 미국 특허 제6,849,980호에 기재되어 있다. 각각의 특허는 미묘하게 상이한 방법 및 이점을 기재하고 있지만, 이들 모두는
- [0013] ● 플랫폼을 지지 프레임 상에 지지하기 위해 개재형 짐벌의 시스템을 사용하는 반면에, 상기 짐벌은 플랫폼의 운동을 3개의 축에서의 제한된 회전으로 억제하고 있으며;
- [0014] ● 토크를, 통하기 보다는, 짐벌 억제 시스템을 가로질러 적용하는(때로는 직렬인 짐벌과 아이솔레이터 어레이를 가로질러) 적용하도록 구성되는 음성 코일 작동기의 어레이를 사용하며; 및
- [0015] ● 음성 코일 모터를 구동하여, 플랫폼을 안정화시켜 조향함으로써 페이로드의 시선을 제어하기 위해, 각도형 관성 센서의 어레이를 사용한다.
- [0016] 대안적인 비-직교형 내측 짐벌 구성이 게리스(Gehris)에 허여된 미국 특허 제4,733,839호에 제시되어 있다. 피봇 돌레의 셀 사이에서 유용한 제한된 공간은 "자유 짐벌", 미사일 추적 헤드, 또는 억제되지 않은 작동기-능동 추종 플랫폼 안정화 시스템으로서 그 의도된 사용을 제안하고 있다.
- [0017] 능동 플랫폼 안정화 기술에서 현재 기술 상태에 관한 주요한 문제점은 비용, 복잡성, 및 신뢰성이다. 현존하는 기술의 복잡한 기계적 짐벌 시스템은 비용을 유발시킴으로써 지배된다. 이들은 베어링 인터페이스를 위한 타이트한 가공 공차, 복잡한 검사 및 테스트 요구, 조립 중 짐벌 베어링의 정확한 정렬 및 프리로드(preload), 및 계속 진행되는 검사 및 유지를 포함한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0018] 본 발명은, 플랫폼이 지지 프레임에 대해 회전하는 것을 허용하면서 선형 격리를 제공하도록, 개재형 짐벌, 링, 또는 다른 회전 억제물을 사용하지 않고, 격리 어레이가 플랫폼을 지지 프레임 내에 직접 지지하는 플랫폼 격리 시스템을 기재하고 있다.

과제의 해결 수단

- [0019] 페이로드를 지지 구조물의 운동으로부터 격리시키기 위한 플랫폼 안정화 시스템은 지지 프레임, 페이로드를 이송하기 위한 플랫폼, 및 상기 지지 프레임과 플랫폼 사이에서 직접적으로 각각 연장하는 다수의 아이솔레이터를

포함한다. 각각의 아이솔레이터는 지지 프레임에 대한 플랫폼의 선형 이동을 3개의 자유도(degree of freedom)로 허용하며, 또한 각각의 아이솔레이터는 지지 프레임에 대한 플랫폼의 회전 이동을 3개의 자유도로 허용한다. 아이솔레이터들은 지지 프레임 내에 플랫폼을 직접 지지하는 격리 어레이를 형성하도록 협력하며, 상기 격리 어레이는 지지 프레임으로부터 플랫폼을 이격시킨다. 격리 어레이는 3개의 직교 플랫폼 축선을 따라 지지 프레임에 대한 플랫폼의 제한된 선형 이동을 3개의 자유도로 허용하며, 또한 상기 격리 어레이는 3개의 플랫폼 축선 주위로 지지 프레임에 대한 플랫폼의 제한된 회전 이동을 3개의 자유도로 허용한다. 격리 어레이는 지지 프레임에 대한 플랫폼의 회전 이동 보다는 지지 프레임에 대한 플랫폼의 선형 이동에 실질적으로 더욱 저항하며, 상기 플랫폼은 격리 어레이에 의해 회전 가능하게 억제되지 않는다.

[0020] 바람직하게도, 격리 어레이는 플랫폼 축선에 대한 플랫폼의 회전 이동을 위해 댐핑되지 않은 고유 주파수의 적어도 2배인, 플랫폼 축선을 따라 플랫폼의 선형 이동을 위한 댐핑되지 않은 고유 주파수를 갖는다. 보다 바람직하기로는, 플랫폼 축선을 따라 플랫폼의 선형 이동을 위한 댐핑되지 않은 고유 주파수는, 플랫폼 축선에 대해 플랫폼의 회전 이동을 위한 댐핑되지 않은 고유 주파수의 적어도 3배이다. 더욱 바람직하기로는, 플랫폼 축선을 따라 플랫폼의 선형 이동을 위한 댐핑되지 않은 고유 주파수는, 플랫폼 축선에 대해 플랫폼의 회전 이동을 위한 댐핑되지 않은 고유 주파수의 적어도 5배이며, 심지어 더욱 바람직하기로는, 플랫폼 축선을 따라 플랫폼의 선형 이동을 위한 댐핑되지 않은 고유 주파수는, 플랫폼 축선에 대해 플랫폼의 회전 이동을 위한 댐핑되지 않은 고유 주파수의 적어도 10배이다.

[0021] 일 실시예에 있어서, 각각의 아이솔레이터는 각각의 스프링 축선을 갖는 적어도 하나의 압축 스프링을 포함하며, 또한 격리 어레이를 형성하기 위해 상기 압축 스프링은 실질적으로 플랫폼 내의 공통 지점으로부터 외향으로 방사하는 그 각각의 스프링 축선에 배치되며, 상기 공통 지점은 플랫폼의 질량 중심이며, 상기 압축 스프링은 낮은 횡방향 스프링 상수를 생산하도록 축방향으로 프리로딩된다. 특별한 일 실시예에 있어서, 격리 어레이는 실질적으로 추상적인 정육면체의 모서리에 배치되는 8개의 압축 스프링을 포함하며, 상기 공통 지점은 추상적인 정육면체의 중심이다. 다른 특별한 실시예에 있어서, 격리 어레이는 실질적으로 추상적인 정사면체의 모서리에 배치되는 4개의 압축 스프링의 적어도 하나의 어레이를 포함하며, 상기 공통 지점은 추상적인 정사면체의 중심이다. 또 다른 특별한 실시예에 있어서, 격리 어레이는 실질적으로 추상적인 정육면체의 6개의 면의 중심을 통해 추상적인 정육면체의 중심으로부터 외향으로 방사하는 6개의 압축 스프링을 포함한다.

[0022] 어떤 실시예에 있어서, 격리 어레이는 압축 스프링의 대칭형 어레이를 포함한다.

[0023] 압축 스프링이 아이솔레이터에 사용될 때, 압축 스프링은 가공된 멀티-스타트(multi-start) 나선형 압축 스프링이 바람직하다.

[0024] 다른 실시예에 있어서, 각각의 아이솔레이터는 굴곡 피봇 요소를 포함한다. 각각의 굴곡 피봇 요소는 피봇 축선을 갖는 각각의 굴곡 피봇과 직렬로 배치되는 3개의 단일-축선 굴곡 피봇을 포함할 수 있다. 각각의 굴곡 피봇 요소를 위해, 각각의 굴곡 피봇의 피봇 축선은 실질적으로 플랫폼의 질량 중심과 만나며, 상기 굴곡 피봇 요소는 격리 어레이를 형성하도록 실질적으로 대칭형 어레이로 배치된다. 바람직하게도, 각각의 굴곡 피봇 요소는 단일체 구성을 갖는다.

[0025] 다른 실시예에 있어서, 각각의 아이솔레이터는 다이어프램-기반 아이솔레이터이다. 각각의 다이어프램-기반 아이솔레이터는 2개의 마주하는 다이어프램, 지지 프레임에 의해 이송되는 제1 하우징, 플랫폼에 의해 이송되는 제2 하우징을 포함하며, 각각의 하우징은 그 내부에 형성되는 다이어프램 리셉터클을 가지며, 상기 다이어프램 리셉터클은 서로 마주한다. 각각의 다이어프램은, 각각의 아이솔레이터를 위해 다이어프램 중 하나가 지지 프레임에 결합되고 다른 다이어프램이 플랫폼에 결합되도록, 하우징들 중 하나에 의해 그 주변에 지지되어 그 하우징의 다이어프램 리셉터클을 가로질러 연장한다. 다이어프램은 다이어프램의 방사방향 중심들 사이로 연장하는 비틀림 굴곡 요소에 의해 서로 결합된다. 상기 비틀림 굴곡 요소는 축방향으로 탄성인 것이 바람직하며, 또한 나선형 스프링일 수 있다. 다이어프램은 예를 들어 성형된 엘라스토머 구조물이나 또는 금속 벨로프램(bellows) 구조물일 수 있다. 각각의 다이어프램-기반 아이솔레이터는, 비틀림 굴곡 요소의 횡방향 이동을 제한하기 위해, 상기 비틀림 굴곡 요소에 의해 이송되는 정지부를 추가로 포함할 수 있다.

[0026] 특별한 일 실시예에 있어서, 각각의 다이어프램은 유체-불침투성이며, 또한 각각의 하우징은 댐핑 저장조를 형성하기 위해 그 각각의 다이어프램과 협력하며, 각각의 댐핑 저장조는 댐핑 유체를 그 각각의 댐핑 저장조로부터 각각의 싱크(sink) 저장조로 변위시킴으로써, 각각의 다이어프램의 축방향 이동을 댐핑시키기 위해 각각의 싱크 저장조와 유체 연통한다. 이 실시예의 특별한 실시예에 있어서, 각각의 하우징은 인클로저를 형성하기 위해 그 각각의 다이어프램과 협력하며, 또한 상기 각각의 인클로저를 댐핑 저장조와 싱크 저장조로 분할하기 위해,

분할기(divider)가 각각의 인클로저를 가로질러 연장하며, 상기 각각의 댐핑 저장조는 각각의 분할기의 적어도 하나의 오리피스를 통해 각각의 싱크 저장조와 유체 연통한다.

- [0027] 플랫폼 안정화 시스템은 지지 프레임과 플랫폼 사이에 직접 작용하는 능동 구동 시스템, 및 센서 입력을 수신하고 상기 센서 입력에 응답하여 능동 구동 시스템을 제어하기 위해 상기 능동 구동 시스템에 결합되는 제어 시스템을 바람직하게 추가로 포함한다. 상기 제어 시스템은 플랫폼의 안정한 운동을 위해 능동 구동 시스템을 제어하고 및/또는 플랫폼의 능동 댐핑을 위해 상기 능동 구동 시스템을 제어하기 위해 상기 센서 입력을 사용할 수 있다.
- [0028] 일 실시예에 있어서, 상기 능동 구동 시스템은 적어도 3개의 자기 음성 코일 작동기의 어레이를 포함한다. 각각의 자기 음성 코일 작동기는 지지 프레임에 의해 이송되는 제1 부분, 및 플랫폼에 의해 이송되는 제2 부분을 포함한다. 각각의 자기 음성 코일 작동기는, 제3 모터 축선을 따라 플랫폼의 자유로운 선형 이동을 허용하고 또한 실질적으로 서로 직교하는 3개의 모터 축선에 대해 플랫폼의 자유로운 회전을 허용할 동안, 제1 플랫폼 포지셔닝 힘을 제1 모터 축선을 따라 플랫폼에 적용하고 또한 제2 플랫폼 포지셔닝 힘을 제2 모터 축선을 따라 플랫폼에 적용하기 위해, 지지 프레임과 플랫폼 사이에 직접 작용한다. 자기 음성 코일 작동기는, 플랫폼 축선을 따라 지지 프레임에 대해 플랫폼의 선형 이동을 선택적으로 구동시키고 또한 플랫폼 축선 주위로 지지 프레임에 대해 플랫폼의 회전을 선택적으로 구동시키기 위해, 플랫폼에 대해 배치되며, 상기 제어 시스템은 제어된 모멘트 및 선형 힘을 플랫폼에 적용하기 위해 음성 코일 작동기의 통전을 제어한다. 일 실시예에 있어서, 상기 능동 구동 시스템은 추상적인 원의 원주 상에 대략 90° 로 이격되어 배치되는 4개의 자기 음성 코일 작동기를 포함한다.
- [0029] 다른 실시예에 있어서, 능동 구동 시스템은 적어도 6개의 자기 음성 코일 작동기의 어레이를 포함한다. 각각의 자기 음성 코일 작동기는 지지 프레임에 의해 이송되는 제1 부분, 및 플랫폼에 의해 이송되는 제2 부분을 포함한다. 각각의 자기 음성 코일 작동기는, 제2 모터 축선 및 제3 모터 축선의 각각을 따라 제2 부분의 자유로운 선형 이동을 허용하고 또한 각각의 제2 모터 축선 및 제3 모터 축선에 대해 제2 부분의 자유로운 회전을 허용할 동안, 제1 플랫폼 포지셔닝 힘을 제1 모터 축선을 따라 플랫폼에 적용하기 위해, 지지 프레임과 플랫폼 사이에 직접 작용하며, 상기 제1, 제2, 및 제3 축선은 실질적으로 서로 직교한다. 자기 음성 코일 작동기는, 플랫폼 축선을 따라 지지 프레임에 대해 플랫폼의 선형 이동을 선택적으로 구동시키고 또한 플랫폼 축선 주위로 지지 프레임에 대해 플랫폼의 회전을 선택적으로 구동시키도록, 플랫폼에 대해 배치되며, 상기 제어 시스템은 제어된 모멘트 및 선형 힘을 플랫폼에 적용하기 위해 음성 코일 작동기의 통전을 제어한다.
- [0030] 플랫폼 안정화 시스템은 플랫폼 축선 주위로 지지 프레임에 대해 플랫폼의 각위치를 나타내는 신호를 감지하고 그리고 제공하기 위해 각센서 시스템을 추가로 포함할 수 있으며, 상기 각센서 시스템은 제어 시스템에 결합된다.
- [0031] 플랫폼 안정화 시스템은 플랫폼 축선 상의 지지 프레임에 대해 플랫폼의 선형 위치를 나타내는 신호를 감지하고 그리고 제공하기 위해 선형 위치 센서 시스템을 추가로 포함할 수 있으며, 상기 선형 위치 센서 시스템은 제어 시스템에 결합된다.
- [0032] 실시예에 있어서, 플랫폼은 플랫폼 축선에 대해 플랫폼의 각운동을 나타내는 신호를 감지하고 그리고 제공하기 위해 적어도 3개의 관성 레이트 센서를 이송하며, 상기 관성 레이트 센서는 제어 시스템에 결합된다. 관성 레이트 센서는 광섬유 자이로일 수 있다.
- [0033] 실시예에 있어서, 플랫폼은 플랫폼 축선을 따라 플랫폼의 선형 이동을 나타내는 신호를 감지하고 그리고 제공하기 위해 적어도 3개의 관성 가속도 센서를 이송하며, 상기 관성 가속도 센서는 제어 시스템에 결합된다.
- [0034] 플랫폼 안정화 시스템은 플랫폼 축선에 대해 플랫폼의 선형 운동 및 각운동을 나타내는 신호를 감지하고 그리고 제공하기 위해 관성 측정 유닛을 추가로 포함할 수 있으며, 상기 관성 측정 유닛은 제어 시스템에 결합된다.
- [0035] 플랫폼 안정화 시스템은 제어 시스템에 결합되는 GPS 수신기를 추가로 포함할 수 있으며, 상기 제어 시스템은 플랫폼 시선이 지표면을 교차하는 지리적 위치를 계산하기 위해 관성 항법 시스템을 위한 명령을 포함할 수 있다. 제어 시스템은 지리적 위치를 향하는 플랫폼 시선을 유지하기 위해 지리 기반 조향 제어 루프를 폐쇄하기 위한 명령을 포함할 수 있다. 제어 시스템은 페이로드의 이미지 집적 주기 중, 플랫폼 안정화 시스템을 이송하는 궤도 선회 항공기의 회전 운동에 의해 유발되는 지구에 대한 페이로드 시선의 상대 회전운동을 제한하기 위해, 플랫폼에 의해 이송되는 페이로드의 페이로드 시선을 그 제한된 운동 범위 내로 스텝(step)하고 응시하기 위해 매개변수 계산을 위한 명령을 포함할 수 있다.

[0036] 플랫폼 안정화 시스템의 지지 프레임은 외측 짐벌 조립체에 의해 이송될 수 있다.

[0037] 지지 구조물의 운동으로부터 페이로드를 격리시키기 위한 방법은, 지지 프레임에 대한 플랫폼의 제한된 선형 이동을 3개의 직교하는 플랫폼 축선을 따라 3개의 자유도로 허용하는 단계; 3개의 플랫폼 축선 주위로 지지 프레임에 대한 플랫폼의 제한된 회전 이동을 3개의 자유도로 허용하는 단계; 및 플랫폼을 회전 가능하게 억제하지 않고, 지지 프레임에 대한 플랫폼의 회전 이동 보다는 지지 프레임에 대한 플랫폼의 선형 이동에 대해 실질적으로 더 큰 저항을 제공하는 단계를 포함한다.

[0038] 이들 및 다른 특징은 첨부된 도면을 참조하여 이하의 상세한 설명으로부터 더욱 명확해질 것이다.

도면의 간단한 설명

[0039] 도 1은 예시적인 플랫폼 안정화 시스템의 분해 사시도이다.

도 2a는 센서 패키지가 제거된, 도 1의 플랫폼 안정화 시스템의 전방 횡단면도이다.

도 2b는 센서 패키지가 제거된, 도 1의 플랫폼 안정화 시스템의 각도를 이루는(angled) 횡방향 측단면도이다.

도 3a는 스프링의 간략화된 수학적 모델을 도시하고 있다.

도 3b는 도 1의 플랫폼 안정화 시스템의 격리 어레이에 사용하기 적합한 압축 스프링의 칼럼 불안정 현상을 도시한 그래프이다.

도 3c는 도 1의 플랫폼 안정화 시스템의 격리 어레이의 예시적인 실시예의 회전 특성을 도시한 그래프이다.

도 3d는 다이어프램-기반 아이솔레이터의 간략화된 수학적 모델을 도시하고 있다.

도 4a는 제1 정육면체 격리 어레이의 개략적인 도면이다.

도 4b는 사면체 격리 어레이의 개략적인 도면이다.

도 4c는 예시적인 굴곡 피봇 요소 아이솔레이터의 2개의 사시도를 도시하고 있다.

도 4d는 다이어프램-기반 아이솔레이터의 횡단면도이다.

도 4e는 도 4c의 다수의 굴곡 피봇 요소 아이솔레이터를 포함하는 예시적인 사면체 격리 어레이의 개략적인 도면이다.

도 4f는 도 4d의 다수의 다이어프램-기반 아이솔레이터를 포함하는 예시적인 사면체 격리 어레이의 개략적인 도면이다.

도 4g는 도 4a에 도시된 정육면체 격리 어레이가 서로 중첩되는 도 4b의 2개의 동일한 크기의 사면체 격리 어레이로 형성될 때 어떻게 간주될 수 있는지를 도시한 개략적인 도면이며, 상기 사면체 격리 어레이 중 하나는 다른 하나에 대해 180° 회전된다.

도 4h는 제2 정육면체 격리 어레이의 개략적인 도면이다.

도 5a는 4개의 2-축선 음성 코일 작동기를 포함하는 예시적인 능동 구동 시스템에서 음성 코일 작동기의 상대적 위치 및 배향을 도시하고 있다.

도 5b는 6개의 단일-축선 음성 코일 작동기를 포함하는 예시적인 능동 구동 시스템에서 음성 코일 작동기의 상대적 위치 및 배향을 도시하고 있다.

도 5c는 3개의 2-축선 음성 코일 작동기를 포함하는 예시적인 능동 구동 시스템에서 음성 코일 작동기의 상대적 위치 및 배향을 도시하고 있다.

도 6a는 예시적인 2-축선 음성 코일 작동기의 상세한 사시도이다.

도 6b는 도 1의 플랫폼 안정화 시스템의 지지 구조물의 장착 돌출부에 등록되어 위치되는 예시적인 장착 구조물로 집적되는, 도 6a의 음성 코일 작동기의 상세한 사시도이다.

도 7은 예시적인 댐핑되지 않은 그리고 수동적으로 댐핑되는 격리 시스템을, 여기에 기재되는 바와 같은 예시적인 능동적으로 댐핑되는 격리 시스템과 비교한 그래프이다.

도 8은 능동 구동 시스템 및 제어 시스템을 포함하는, 도 1의 플랫폼 안정화 시스템의 개략적인 도면이다.

도 9a는 예시적인 제1 2-축선 외측 짐벌 조립체에 설치되는, 도 1의 플랫폼 안정화 시스템을 도시하고 있다.

도 9b는 예시적인 3-축선 외측 짐벌 조립체에 설치되는, 도 1의 플랫폼 안정화 시스템을 도시하고 있다.

도 9c는 예시적인 제2 2-축선 외측 짐벌 조립체에 설치되는, 도 1의 플랫폼 안정화 시스템을 도시하고 있다.

도 10은 본 기술의 양태를 실시하는데 사용될 수 있는 예시적인 컴퓨터 시스템을 도시한 블록도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0040]

본 발명은 예를 들어 바람에 의해 유발된 이동에 노출되는, 항공기 또는 다른 차량 또는 고정형 포좌 (emplacement)와 같은, 지지 구조물의 운동으로부터 페이로드를 격리시키기 위한, 플랫폼 안정화 시스템의 여러 예시적인 실시예를 기재하고 있다. 상기 플랫폼 안정화 시스템은 일반적으로 지지 프레임, 페이로드를 이송하도록 적응되는 플랫폼, 및 상기 지지 프레임과 플랫폼 사이에서 직접적으로 각각 연장하는 다수의 아이솔레이터를 포함하며, 또한 지지 프레임과 플랫폼 사이에서 직접적으로 작용하는 능동 구동 시스템을 바람직하게 포함한다. 여기에 사용되는 바와 같이, "아이솔레이터"라는 용어는 2개의 질량과 각각의 질량의 진동 운동을 분리시키도록 작용하는 그 구조물을 연결하는 장치를 의미한다. 따라서 단일의 아이솔레이터는 하나의 격리 요소, 또는 일체화 작동하도록 서로 결합되는 다수의 격리 요소를 포함할 수 있다. 아이솔레이터는, 플랫폼을 지지 프레임 내에 직접 지지하며 또한 플랫폼이 격리 어레이에 의해 회전 가능하게 억제되지 않는, 격리 어레이, 바람직하기로는 자세-독립형 격리 어레이를 형성하도록 협력한다. 여기에 사용되는 바와 같이, "격리 어레이"라는 용어는 질량의 진동 운동이 서로 분리되도록, 다른 질량에 장착된 질량을 지지하도록 구성되는, 공간적으로 분리된 아이솔레이터의 어레이를 지칭한다. 아이솔레이터와 능동 구동 시스템 및 그 부품을 참조하여 여기에 사용되는 바와 같이, "지지 프레임과 플랫폼 사이에서 직접적으로"라는 용어 및 유사한 용어는, 아이솔레이터와 능동 구동 시스템 부품 외에는, 플랫폼과 지지 구조물 사이에 개재형 짐벌, 링, 또는 다른 운동-억제 구조물이 없다는 것을 의미한다. 마찬가지로, 격리 어레이를 참조하여 사용되는 바와 같이, "플랫폼을 지지 프레임 내에 직접적으로 지지하는"이라는 용어는 개재형 짐벌, 링, 또는 다른 회전 억제물을 사용하지 않고 플랫폼을 지지 프레임 내에 지지하는 격리 어레이만을 의미하며, 즉 오직 아이솔레이터만이 플랫폼을 지지 프레임 내에 지지하며, 또한 플랫폼은 지지 프레임 내에서 달리 지지되지 않음을 의미한다. 예를 들어, 전기 배선이 플랫폼과 지지 프레임 사이로 연장할 수 있더라도, 이런 배선은 플랫폼을 지지 프레임에 지지하지 않는다. 플랫폼 및 지지 프레임이 아이솔레이터 및 능동 구동 시스템 부품을 장착하기 위한 특징부를 포함하더라도, 플랫폼 안정화 시스템이 조립될 때, 이런 특징부는 일반적으로 플랫폼과 지지 프레임에 대해 각각 고정된다. 따라서 "지지 프레임과 플랫폼 사이에서 직접적으로" 및 "플랫폼을 지지 프레임 내에 직접적으로 지지하는"이라는 용어를 해석할 때, 이들 장착 특징부는 따라서 플랫폼 및 지지 프레임의 부분으로 간주될 수 있다. 더욱이, 여기에 사용되는 바와 같이, "플랫폼" 및 "지지 프레임"이라는 용어는 지지 프레임과 플랫폼 사이의 기계적 결합의 부분으로서, 짐벌, 링, 또는 다른 회전 가능한 억제물을 포함하는 구조물을 아우르지 않는다. 또한, 여기에 사용되는 바와 같이, "회전 가능하게 억제되는"이라는 용어는 상당한 선형 운동 없이, 다른 본체에 대해 하나의 본체의 운동이 하나 또는 그 이상의 축선에 대해 회전하는 것이 제한된 상태를 지칭하며; 하나의 본체가 다른 본체에 대해 회전 가능하게 억제되게 하는 기계적 배치는, 여기에서 "회전 가능한 억제물"로서 지칭된다. 이와 관련하여, "상당한 선형 운동"이라는 용어는 회전 억제물의 고유의 공차에 의해 허용된 것을 지난 선형 운동을 의미한다. 통상적인 플랫폼 안정화 시스템에 사용되는 짐벌 및 링은 회전 가능한 억제물의 예이다. 하나의 본체가 다른 본체에 대해 회전 가능하게 억제되지 않을 때, 이는 "회전 가능하게 억제되지 않은"으로 지칭될 수 있다. "회전 가능하게 억제하는"이라는 용어는 회전 억제를 부여하는 동작을 지칭한다. 따라서 여기에 기재되는 바와 같은 플랫폼 지지 시스템은, 회전 억제물이 선형 격리 구조물과 직렬로 배치되는 통상적인 배열을 피하며, 대신에 여기에 기재되는 격리 어레이는 지지 프레임 내에 플랫폼을 직접적으로 지지하며 그리고 플랫폼을 회전 가능하게 억제하지 않는다.

[0041]

이제 도 1을 참조하면, 예시적인 제1 플랫폼 안정화 시스템이 일반적으로 도면부호 100 으로 도시되어 있다. 예시적인 플랫폼 안정화 시스템(100)은 지지 프레임(102), 센서 패키지(106)의 형태로 페이로드를 이송하는 플랫폼(104), 그 둘레에 90° 간격으로 센서 패키지(106)에 고정되는 4개의 장착 구조물(108), 및 플랫폼(104)에 배치되는 관성 측정 유닛(110)을 포함한다. 따라서 센서 패키지(106)에 장착되었더라도, 장착 구조물(108) 및 관성 측정 유닛(110)은 플랫폼(104)의 부분이다. 센서 패키지(106) 내의 하나 또는 그 이상의 센서는 센서 패키지(106)에 대해 독립적으로 조향 가능하며, 따라서 플랫폼(104)에 대해 독립적으로 조향 가능하다. 센서 패

키지(106) 또는 페이로드의 다른 요소 내의 조향 기구는 그 기구의 부분으로서 회전 억제물을 포함할 수 있지만, 이들 회전 억제물은 지지 프레임과 플랫폼 사이의 기계적 결합의 일부를 형성하지 않는다.

[0042] 항공우주 및 항법 분야에서는 "NED" 좌표 시스템이 전형적으로 사용되고, X, Y, 및 Z 축이 북, 남, 하방으로 맵핑된다. 이는 X, Y, 및 Z로서 항공기로 연장되며, 거기에서 X 축선의 포지티브 방향은 노즈(nose)를 향해 기체를 따르고 있으며, Y 축선은 X 축선과 직교하며 그리고 우측 날개의 방향으로 포지티브이며, Z 축선은 X 및 Y 축선과 직교하며 그리고 수평 비행 중 하방 방향으로 포지티브이다. 이 좌표 기준 프레임은 플랫폼 안정화 시스템으로 연장되며, X 축선은 일반적으로 페이로드의 시선이고, Y 축선은 상기 시선에 대해 페이로드의 우측을 향하며, Z 축선은 상기 시선에 대해 페이로드의 바닥을 향하고 있다. 이는 X 축선이 롤 축선이고, Y 축선이 피치 축선이며, Z 축선이 요오(yaw) 축선임을 의미한다. 여기에 사용되는 바와 같이, "플랫폼 축선" 및 "플랫폼 축선들"은 지지 프레임에 대해 플랫폼의 이동을 위한 기준 좌표 프레임을 제공하기 위해 지지 프레임에 대해 고정되어 보유되는, 이들 롤(X), 피치(Y), 및 요오(Z) 축선을 지칭하며, 롤(X), 피치(Y), 및 요오(Z) 축선을 도시하기 위해 X_p , Y_p , 및 Z_p 가 각각 사용된다. 본 기술분야의 숙련자라면, 제어 시스템(142)을 실시할 때, 상이한 기준 프레임이 사용될 수 있으며, 예를 들어 롤(X), 피치(Y), 및 요오(Z) 축선이 플랫폼에 대해 고정되어 보유될 수 있음을 인식할 것이다.

[0043] 지지 프레임(102)이 고정되는 지지 구조물은 항공기와 같은 차량 또는 충분히 큰 고정형 구조물에 의해 이송될 수 있으며, 센서 패키지(106)는 예를 들어 착상 시스템 또는 다른 센서 어레이일 수 있다. 전방 및 후방 피팅(112, 114)은 밀봉된 환경의 인클로저를 제공하기 위해 지지 프레임(102)에 각각 삽입될 수 있다. 도시된 실시예에 있어서, 이하에 추가로 기재되는, 제어 시스템(142)을 위한 전자부품은 지지 프레임(102) 상의 상부 하부 플랫폼 안정화 전자부품 조립체(116A, 116B)의 내측에 배치된다. 대안적인 실시예에 있어서, 제어 시스템은 인클로저의 외측에, 또는 인클로저의 부분적으로 내측에 그리고 부분적으로 외측에 배치될 수 있다. 전체 플랫폼 안정화 시스템(100)은 본 기술분야에 알려진 바와 같이 적어도 하나의, 그러나 바람직하기로는 2개 또는 3개의 직교 축선 주위로 지지 프레임에 다량의 각운동을 허용하도록 구성되는, 외측 짐벌 조립체와 같은 지지 구조물에 고정 가능하다. 도 9a는 예시적인 제1 2-축선 요오/피치(또는 방위각/고도) 외측 짐벌 조립체(118a)에 설치되는 예시적인 플랫폼 안정화 시스템(100)을 도시하고 있고, 도 9b는 예시적인 3-축선 요오/롤/피치 외측 짐벌 조립체(118b)에 설치되는 예시적인 플랫폼 안정화 시스템(100)을 도시하고 있으며, 도 9c는 2-축선 롤/피치 "룩다운(look down)" 외측 짐벌 구성인 예시적인 제2 2-축선 외측 짐벌 조립체(118c)에 설치되는 예시적인 플랫폼 안정화 시스템(100)을 도시하고 있다. 따라서 어떤 바람직한 실시예에 있어서, 지지 프레임(102)은 외측 짐벌 조립체(118a, 118b, 118c)에 의해 이송된다. 특히, 외측 짐벌 조립체는 플랫폼 안정화 시스템(100) 및 이에 따라 안정화된 플랫폼(104)의 전체 조향을 위해 사용되며, 또한 임의의 안정화 기능을 제공할 필요가 없다.

[0044] 플랫폼(104)은 다수의 아이솔레이터(120)를 통해 지지 프레임(102)에 의해 이송된다. 도 1에 도시된 예시적인 실시예에 있어서, 아이솔레이터(120)는 플랫폼(104) 내에서 실질적으로 공통 지점(A)으로부터 방사방향으로 외향하고 또한 지지 프레임(102)과 플랫폼(104) 사이에서 직접 연장하는, 그 각각의 스프링 축선(120A)에 배치되는 압축 스프링이다. 상기 공통 지점(A)은 센서 패키지(106)의 질량을 포함하는, 플랫폼(104)의 질량 중심이다. 스프링 축선(120A)은 도 2a 및 2b에 더욱 명확하게 도시되어 있으며, 이러한 도면들은 센서 패키지(106)가 제거된 플랫폼 안정화 시스템(100)의 전방 횡단면도 및 각도를 이룬 횡방향 측단면도이다.

[0045] 각각의 아이솔레이터(120)는 지지 프레임(102)에 대한 플랫폼(104)의 선형 이동을 3개의 자유도로 허용하며, 또한 지지 프레임(102)에 대한 플랫폼(104)의 회전 이동을 3개의 자유도로 허용한다. 아이솔레이터(120)는, 지지 프레임(102)에 대해, 플랫폼(104)을 지지 프레임(102) 내에 직접 지지하고 또한 플랫폼(104)에 대해 6개의 자유도를 제공하는, 실질적인 대칭형 격리 어레이(124)를 형성하도록 협력한다. 격리 어레이(124)는 자세-독립형이 바람직하다. 여기에 사용되는 바와 같이, "자세-독립형"이라는 용어는 전체적으로 격리 어레이를 위해 이동이 모든 방향으로 실질적으로 1G 초과를 제한하는 배치를 지칭한다.

[0046] 격리 어레이(124)는, 플랫폼(104)이 지지 프레임 내에서 이동할 수 있고 또한 지지 프레임(102)에 대해 플랫폼(104)의 수동적인 격리 운동을 제공할 수 있도록, 지지 프레임(102)으로부터 플랫폼(104)을 이격시킨다. 플랫폼(104)은 예시적인 아이솔레이터(120)에 의해 또는 아이솔레이터(120)에 의해 형성되는 예시적인 격리 어레이(124)에 의해 회전 가능하게 억제되지 않는다.

[0047] 도 4a에 개략적으로 도시된 바와 같이, 도 1에 도시된 예시적인 특별한 플랫폼 안정화 시스템(100)에 있어서, 격리 어레이(124)는 추상적인 정육면체(C)의 중심(A)으로부터 실질적으로 외향으로 방사하는, 추상적인 정육면체(C)의 모서리에 배치되는 실질적으로 동일한 8개의 압축 스프링(120)을 포함하는 정육면체 격리 어레이이다.

다른 실시예에 있어서, 격리 어레이는 관련된 하드웨어에 적절한 수정이 가해진, 아이솔레이터로서 압축 스프링의 상이한 배치를 포함할 수 있다. 예를 들어, 도 4b는 추상적인 정사면체(T)의 모서리에 배치되는 4개의 압축 스프링(120)의 어레이를 포함하는 사면체 격리 어레이(424)의 개략적인 도면을 도시하고 있으며, 상기 압축 스프링(120)은 추상적인 정사면체(T)의 중심(M)으로부터 실질적으로 외향으로 방사한다. 도 4a에 도시된 정육면체 격리 어레이는, 도 4b에 도시된 바와 같이 2개의 동일한 크기의 사면체 격리 어레이(424)로 이루어지고, 도 4g에 도시된 바와 같이 서로에 대해 180° 회전된 사면체 격리 어레이(424) 중 하나와 서로 중첩되는 것으로 간주될 수 있으며, 또한 사면체 격리 어레이의 임의의 적절한 조합이 사용될 수 있다. 이제 본 발명에 의해 제공되는 다른 대칭형 아이솔레이터 구성이 본 기술분야의 숙련자에게 명확해질 것이다. 예를 들어, 도 4h에 도시된 바와 같이, 격리 어레이(424h)는 추상적인 정육면체(C)의 6개의 면(F)의 중심(A_F)을 통해 추상적인 정육면체(C)의 중심(A)으로부터 외향하여 방사하는 6개의 아이솔레이터(420h)를 포함할 수 있다. 따라서 압축 스프링이 아이솔레이터로서 사용되는 경우에, 스프링 축선은 격리 어레이(424h)가 자세 독립형이고 또한 플랫폼 축선(X, Y, Z)을 따라 선형 이동을 위해 실질적으로 동일한 스프링 상수를 갖도록, 서로 반대로 배치되는 실질적으로 평형을 이루는 스프링 어레이를 생산하기 위해 플랫폼 내에서 실질적으로 공통 지점으로부터 바람직하게 방사한다(도 1 참조). 따라서 격리 어레이는 그 스프링 축선이 실질적으로 플랫폼의 주변 내에서 공통 지점으로부터 외향으로 방사하도록 배치되는 압축 스프링의 임의의 대칭형 어레이를 포함할 수 있다. 상기 공통 지점은 일반적으로 설치된 페이로드를 구비한 플랫폼을 위해 질량 중심이거나 또는 이에 매우 가까울 것이다.

[0048] 예시적인 제1 플랫폼 안정화 시스템(100)에 아이솔레이터로서 사용된 압축 스프링(120)은, 평행하게 연장하는 2개 또는 그 이상의 스프링 요소를 형성하도록 가공된 단일체 구조물인, 가공된 멀티-스타트 나선형 압축 스프링이 바람직하다. 따라서 멀티-스타트 나선형 압축 스프링은 일체로 작용하는 다수의 개별적인 스프링 요소로서 간주될 수 있다. 압축 스프링(120)은 낮은 수동적인 횡방향 스프링 상수를 생산하도록 축방향으로 프리로딩되므로, 격리 어레이(124)는 그 적절한 선형 스티프니스(stiffness)에 비해 낮은 회전 스티프니스를 갖는다. 이는 압축 스프링의 칼럼 불안정 현상을 활용함으로써 달성된다.

[0049] 도 3a는 스프링의 간략화된 수학적 모델(300)을 도시하고 있으며, 여기서

[0050] K_a 는 축방향 스프링 상수;

[0051] K_l 은 횡방향 스프링 상수;

[0052] K_b 는 굴곡 스프링 상수;

[0053] K_t (도 3a에는 도시되지 않았음)는 비틀림 스프링 상수;

[0054] x 는 횡방향 변위;

[0055] z 는 작용 높이;

[0056] L 은 자유 높이(도시되지 않은 자유 길이는 스프링에 대한 표준 사양이다);

[0057] l 은 길이;

[0058] θ 는 중심 캔트(cant);

[0059] β 는 단부 캔트이다.

[0060] 도 3a의 간략화된 수학적 모델(300)에 있어서, 하기의 방정식이 적용된다.

[0061] 프리로드 $F_a = K_a(L-1)$

[0062] 횡방향 $F_l = F_a \sin \theta + K_{lx} + K_b(\theta/z) + K_b(\beta/z)$

[0063] 그 직경에 대한 스프링 길이의 비율이 증가함에 따라, 스프링 프리로드가 증가될 때, 횡방향 스프링 상수는 도 3a에 도시된 스프링의 수학적 모델에 기초하여 도 3b에 도시된 바와 같이 감소할 것이다. X 축선을 가로지르며 이에 따라 네거티브 Y 값을 갖는 프리로드 곡선은 횡방향으로 불안정하지만, X 축선을 가로지르지 않고 이에 따라 포지티브 Y 값을 갖는 프리로드 곡선은 안정한 것으로 간주된다. 횡방향 스프링 상수가 네거티브인 작동 영역은, 전형적으로 통상적인 용도는 회피된다. 스프링(120)이 도 4a 또는 4b에 도시된 바와 같이 네거티브 스프링 상수를 갖는 스프링(120)으로 배치될 때, 각각의 개별적인 스프링의 횡방향 불안정성은 전체적으로 격리 어

레이에 대한 회전 불안정성으로 나타난다. 각각의 스프링(120)에 대해 낮은 포지티브 횡방향 스프링 상수로 나타나는 프리로드, 즉 X 축선에 가깝지만 가로지르지는 않는 프리로드를 선택함으로써, 격리 어레이(124, 424)는 원하는 낮은 회전 및 적절한 선형 특성을 달성하도록 구성될 수 있어서, 짐벌 또는 짐벌 링 및 그 관련된 기계적 장비를 사용하지 않고서도, 도 1에 도시된 3개의 직교하는 X, Y, Z 플랫폼 축선에 대해 그리고 이를 따라 플랫폼(104)에 제한된 양의 각운동 및 선형 이동을 허용한다. 따라서 격리 어레이(124, 424)는 플랫폼 축선(X_p , Y_p , Z_p)을 따라 지지 프레임(102)에 대한 플랫폼(104)의 제한된 선형 이동을 3개의 자유도로 허용할 것이며, 또한 플랫폼 축선(X_p , Y_p , Z_p) 주위로 지지 프레임(102)에 대한 플랫폼(104)의 제한된 회전 이동을 3개의 자유도로 허용할 것이며, 또한 지지 프레임(102)에 대한 플랫폼(104)의 회전 이동 보다는 지지 프레임(102)에 대한 플랫폼(104)의 선형 이동에 실질적으로 더욱 저항한다.

[0064] 바람직하게도, 주어진 선형 스티프니스를 위해 구성되는, 전술한 격리 어레이(124, 424) 및 이하에 기재되는 격리 어레이(424C, 424D)와 같은, 플랫폼 안정화 시스템에 사용하기 위한 격리 어레이는, 플랫폼 축선(X_p , Y_p , Z_p)에 대해 플랫폼의 회전 이동을 위한 댐핑되지 않은 고유 주파수의 적어도 2배인, 플랫폼 축선(X_p , Y_p , Z_p)을 따라 플랫폼의 선형 이동을 위한 댐핑되지 않은 고유 주파수를 갖는다. 더욱 바람직하기로는, 플랫폼 축선(X_p , Y_p , Z_p)을 따라 플랫폼의 선형 이동을 위한 댐핑되지 않은 고유 주파수는, 플랫폼 축선(X_p , Y_p , Z_p)에 대해 플랫폼의 회전 이동을 위한 댐핑되지 않은 고유 주파수의 적어도 3배이다. 훨씬 더 바람직하기로는, 플랫폼 축선(X_p , Y_p , Z_p)을 따라 플랫폼의 선형 이동을 위한 댐핑되지 않은 고유 주파수는, 플랫폼 축선(X_p , Y_p , Z_p)에 대해 플랫폼의 회전 이동을 위한 댐핑되지 않은 고유 주파수의 적어도 5배이며, 더욱 더 바람직하기로는, 플랫폼 축선(X_p , Y_p , Z_p)을 따라 플랫폼의 선형 이동을 위한 댐핑되지 않은 고유 주파수는, 플랫폼 축선(X_p , Y_p , Z_p)에 대해 플랫폼의 회전 이동을 위한 댐핑되지 않은 고유 주파수의 적어도 10배이다. 플랫폼 축선(X_p , Y_p , Z_p)을 따라 플랫폼의 선형 이동을 위한 댐핑되지 않은 고유 주파수는, 특별한 용도에 적합하도록 조정될 필요가 있으며, 플랫폼 축선(X_p , Y_p , Z_p)에 대해 플랫폼의 회전 이동을 위한 댐핑되지 않은 고유 주파수는, 실질적으로 가능한 한 낮아야만 한다. 그러나 회전 스티프니스에 대한 선형의 비율만을 얻기 위해, 플랫폼 축선(X_p , Y_p , Z_p)을 따라 플랫폼의 선형 이동을 위한 댐핑되지 않은 고유 주파수를 적용 요구사항을 넘어 증가시킬 필요는 없다.

[0065] 도 3c는 도 1 및 4a에 도시된 격리 어레이의 예시적인 실시예의 회전 특성을 도시하고 있다. 이런 예시적인 실시예에 있어서, 개별적인 아이솔레이터(120)는 약 180 lb/in의 축방향 스프링 상수, 언로딩 시 약 30 lb/in 그리고 프리로딩 시 약 10 lb/in의 횡방향 스프링 상수, 약 0.35 inlb/deg의 굴곡 스프링 상수, 약 0.25 inlb/deg의 비틀림 스프링 상수, 및 약 3.7의 자유 길이-직경 비율을 갖는, 각각 듀얼 스타트 가공된(dual start machined) 스프링이었다. 테스트 페이로드 중량은 약 20 파운드이었다. 이는 플랫폼 축선(X_p , Y_p , Z_p)을 따라 선형 이동을 위해 약 15 Hz 및 플랫폼 축선(X_p , Y_p , Z_p)에 대해 플랫폼의 회전 이동을 위해 약 1.5 Hz의 댐핑되지 않은 고유 주파수를 갖는 시스템으로 나타나며, 따라서 플랫폼 축선(X_p , Y_p , Z_p)을 따라 선형 이동을 위한 댐핑되지 않은 고유 주파수는 플랫폼 축선(X_p , Y_p , Z_p)에 대해 플랫폼의 회전 이동을 위한 댐핑되지 않은 고유 주파수의 적어도 10배이다. 이들은 공중의(airborne) 플랫폼 안정화 시스템에 적절한 특성이다.

[0066] 도 1에서 알 수 있는 바와 같이, 아이솔레이터(120)는 플랫폼(104)과 지지 프레임(102) 사이로 직접 각각 연장하며, 4개의 장착 구조물(108)을 포함한다. 전술한 바와 같이, 플랫폼과 지지 구조물이 장착 구조물(108) 및 장착 돌출부(128)와 같은, 아이솔레이터를 장착하기 위한 특징부를 포함할 수 있더라도, 이들 부품은 플랫폼 및 지지 구조물의 부분을 형성하며, 더욱이 플랫폼의 운동을 억제하지 않는다.

[0067] 도 1에도 도시되어 있지만 도 6b에 가장 잘 도시된 바와 같이, 예시적인 도시된 실시예에 있어서, 장착 구조물(108)은 대향하여 외향으로 연장하는 핑거(126)를 각각 가지며, 또한 지지 프레임(102)은 각각 90° 이격된 4세트의 대향하여 외향으로 연장하는 장착 돌출부(128)를 포함한다. 플랫폼 안정화 시스템(100)이 조립되었을 때, 장착 구조물(108) 및 장착 돌출부(128) 상의 핑거(126)는, 지지 프레임(102)의 양측에 90° 간격으로 배치되는 핑거(126)와 장착 돌출부(128)의 마주하는 쌍이 되도록, 서로 등록된다. 핑거(126) 및 장착 돌출부(128)는 아이솔레이터(120) 중 하나의 단부를 수용하기 위해 서로 마주하는 각각의 오목부를 각각 가지며, 각각의 아이솔레이터(120)는 각각의 핑거(126)와 장착 돌출부(128) 사이에서, 이에 따라 지지 프레임(102)과 플랫폼(104) 사이에서 직접 연장한다.

- [0068] 예시적인 격리 어레이(124)는 이하에 추가로 기재되는 다른 예시적인 격리 어레이와 마찬가지로 3개의 자유도로 수동적인 선형 격리 제공 시 이중 역할을 하며, 또한 플랫폼 안정화 시스템에서 3개의 자유도 굴곡 피봇으로도 기능한다.
- [0069] 플랫폼 안정화 시스템에서 수동적인 격리의 역할은 시스템에 입력되는 진동을 감쇄시키고, 따라서 제어 시스템상의 작업부하를 감소시키는 것이다. 수동적인 아이솔레이터에서 댐핑의 목적은 공진 시 동적 증폭을 제한하는 것이다(이하에 기재되는, 도 7 참조). 기계적 댐핑 기술은 모든 주파수를 가로질러 동작하며, 또한 페이로드의 시선을 방해하는 결합력을 생성한다. 능동 댐핑은 본 기술분야에 잘 알려진 "스카이 후크(sky hook)" 기술을 사용하여 댐핑을 적용하도록 제어 시스템을 사용할 수 있다. 쉬라톤(Scharton) 등에 허여된 미국 특허 제 3,606,233호, 핀슨(Pinson)에 허여된 미국 특허 제 4,531,699호, 및 트레스콧(Trescott)의 명의인 미국 특허출원 공보 제 2008/0158371A1호가 수동적인 아이솔레이터의 능동 댐핑의 예이다.
- [0070] 전형적인 기계적 댐핑은 여기에 기재된 격리 어레이에는 부적절한데, 그 이유는 회전 피봇을 가로지른 댐핑이 회피되어야만 하고, 또한 여기에 기재된 격리 어레이가 플랫폼과 지지 구조물 사이에서 직접 연장하기 때문이며, 댐핑으로부터 플랫폼을 회전 가능하게 분리하기 위해 직렬인 짐벌 시스템은 없다. 그 결과로서, 회전 이동에 기계적 댐핑을 적용하지 않고 플랫폼의 선형 운동에 기계적 댐핑을 적용하는 것이 어려울 것이며, 또한 회전 댐핑은 플랫폼에 방해력을 결합시킬 것이다. 트릿츄(Tritchew) 등에 허여된 미국 특허 제 5,897,223호 및 메이어스(Meyers) 등에 허여된 미국 특허 제 7,320,389호는 아이솔레이터의 선형 운동에 댐핑을 지배적으로 적용하기 위해 볼 조인트 피봇 상에 장착되는 기계적 대시팟(dashpot) 댐퍼의 어레이의 사용을 기재하고 있으며, 그러나 이는 볼 조인트 피봇의 마찰이 페이로드를 통해 방해 회전력을 결합하기 때문에, 여기에 기재되는 플랫폼 안정화 시스템에 사용하기에는 부적절할 것이다. 따라서 본 발명에 의해 교시되는 바와 같이 능동 댐핑이 격리 어레이에 적용될 때, 6개의 자유도 음성 코일 작동기 어레이를 포함하는 능동 구동 시스템은, 이것이 3개의 회전 자유도로 플랫폼의 시선을 안정화시킬 동안에만, 선형 축선들 상에 댐핑력을 적용하는데 사용된다. (이하에 기재되는) 도 4d에 도시된 타입의 아이솔레이터는, 요구되는 댐핑의 일부 또는 전부를 수동적으로 제공할 수 있다.
- [0071] 따라서 예시적인 플랫폼 안정화 시스템(100)은 지지 프레임(102)과 플랫폼(104) 사이에서 직접 작용하는 능동 구동 시스템(도 1, 5a, 및 8 참조), 및 센서 입력을 수신하고 그리고 상기 센서 입력에 응답하여 능동 구동 시스템을 제어하기 위해 능동 구동 시스템에 결합되는 제어 시스템(142)(도 8 참조)을 추가로 포함한다. 여기에 사용되는 바와 같이, "능동 구동 시스템"이라는 용어는 지지 프레임(102)에 대해 플랫폼(104)의 제어된 이동을 유발시키는 시스템을 지칭한다. 이하에 더욱 상세히 기재되는 바와 같이, 제어 시스템(142)은 지지 프레임(102)에 대해 플랫폼(104)의 능동 댐핑 및 안정한 운동을 위해 상기 능동 구동 시스템(140)을 제어하도록 센서 입력을 사용한다. 예시적인 플랫폼 안정화 시스템(100)에 있어서, 능동 구동 시스템(140)은 직교하는 플랫폼 축선(X_p , Y_p , Z_p)을 따라 지지 프레임(102)에 대해 플랫폼(104)의 선형 이동을 선택적으로 구동시킬 수 있고 또한 플랫폼 축선(X_p , Y_p , Z_p) 주위로 지지 프레임(102)에 대해 플랫폼(104)의 회전을 선택적으로 구동시킬 수 있는 6개의 자유도 능동 구동 시스템이다. 격리 어레이(124)와 같은 6개의 자유도 격리 어레이와 평행한 6개의 자유도 능동 구동 시스템의 사용은, 수동적인 그리고 심지어 댐핑되지 않은 아이솔레이터의 사용을 가능하게 하는데, 그 이유는 구동 시스템 또한 댐핑력을 제공할 수 있기 때문이다.
- [0072] 예시적인 플랫폼 안정화 시스템(100)의 도시된 실시예에 있어서, 능동 구동 시스템(140)은 추상적인 원(S)의 원주 상에서 약 90° 로 이격되어 배치되는 4개의 2-축선 자기 음성 코일 작동기(144)(도 5a 참조)를 포함한다. 도 1, 6a, 및 6b에서 가장 잘 알 수 있는 바와 같이, 각각의 자기 음성 코일 작동기(144)는 지지 프레임(102)에 의해 이송되는 제1 부분(144A), 및 플랫폼(104)에 의해 이송되는 제2 부분(144B)을 포함한다. 도시된 실시예에 있어서, 각각의 자기 음성 코일 작동기(144)는 지지 프레임(102)에 의해 이송되는 코일 부분(144A), 및 플랫폼(104)에 의해 이송되는 자기 구조물 부분(144B)을 포함하며, 다른 실시예에 있어서 상기 코일 부분과 자기 구조물 부분의 상대 위치는 역전될 수 있다. 각각의 코일 부분(144A)은 서로 직교하여 배치되고 또한 코일 유지 부재(146)에 의해 지지 프레임(102)의 내면에 고정되는 루프 형태의, 2개의 전기적으로 통전 가능한 코일(144A1, 144A2)(도 6a 및 6b 참조)을 포함한다. 각각의 자기 구조물 부분(144B)은 플랫폼(104)에 의해 이송되는 한 쌍의 이격된 X 형 플레이트(148)를 포함하며, 상기 각각의 플레이트(148)는 플레이트들(148) 사이의 갭 내에 자속 필드를 생성하기 위해 하나 또는 그 이상의 자석을 갖는다. 플랫폼 안정화 시스템(100)의 조립 중, 코일(144A1, 144A2) 및 자기 구조물 부분(144B)은, 최외측 플레이트(148)가 코일(144A1, 144A2)에 의해 형성되는 루프 내에 배치되고 또한 코일(144A1, 144A2)에 의해 형성되는 루프의 최내측 부분이 플레이트들(148) 사이에

배치되도록, 배치된다. 도시되고 기재되는 자기 음성 코일 작동기(144)는 단순히 예시적이며, 다른 타입의 자기 음성 코일 작동기도 사용될 수 있다.

[0073] 제어 시스템(142)은 플랫폼 서보 드라이브(180)(도 8)를 통해 자기 음성 코일 작동기(144)에 결합되며, 이는 제어 시스템(142)으로부터 제어 신호를 수신 및 증폭하고 그리고 전류를 각각의 자기 음성 코일 작동기(144)의 각각의 코일(144A1, 144A2)로 전송한다. 따라서 제어 시스템(142)은, 제어된 모멘트 및 선형 힘을 플랫폼(104)에 적용하기 위해, 자기 음성 코일 작동기(144)의 통전을 제어한다.

[0074] 도 6a에 도시된 바와 같이, 각각의 자기 음성 코일 작동기(144)는 실질적으로 직교하는 2개의 모터 축선(M_1 , M_2)을 가지며, 이를 따라 플랫폼 포지셔닝 힘이 적용되지만 그러나 제3 모터 축선(M_3)을 따라 이동의 자유를 가지며, 이는 실질적으로 다른 2개의 모터 축선(M_1 , M_2)과 직교한다. 따라서 각각의 자기 음성 코일 작동기(144)는 그 제3 모터 축선(M_3)을 따라 플랫폼의 자유로운 선형 이동을 허용할 동안, 그 제1 모터 축선(M_1)을 따라 플랫폼에 제1 플랫폼 포지셔닝 힘을 적용하고 또한 그 제2 모터 축선(M_2)을 따라 플랫폼에 제2 플랫폼 포지셔닝 힘을 적용하기 위해, 지지 프레임(102)과 플랫폼(104) 사이에서 작용한다. 이와 동시에, 각각의 자기 음성 코일 작동기(144)는 그 3개의 모터 축선(M_1 , M_2 , M_3)에 대해 플랫폼(104)의 자유로운 회전을 허용한다. 모터 축선(M_1 , M_2 , M_3)을 따른 선형 운동 및 그리고 이에 대한 회전 이동의 내용에서 사용되는 바와 같이 "자유로운"이라는 용어는 그 제한된 운동 범위를 부여하는데 사용되는 물리적 정지부를 포함하여, 자기 음성 코일 작동기의 물리적 구조에 의해 부여되는 제한된 운동 범위 내에서 자유로운 것으로 이해되어야 한다. 더욱이, 자기 음성 코일 작동기(144)의 코일(144A1, 144A2)이 그 플레이트(148)로부터 이격되고 따라서 자기 음성 코일 작동기(144)가 지지 기능을 제공하지 않도록, 격리 어레이(124)가 플랫폼(104)을 지지 프레임(102) 내에 지지하는 것으로 이해되어야 한다. 따라서 자기 음성 코일 작동기(144)는 플랫폼(104)을 지지 프레임(102) 내에 지지하지 않으며, 플랫폼(104)은 격리 어레이(124)에 의해서만 지지된다.

[0075] 도 1 및 5a에서 알 수 있는 바와 같이, 자기 음성 코일 작동기(144)는 직교하는 플랫폼 축선(X_p , Y_p , Z_p)을 따라 지지 프레임(102)에 대해 플랫폼(104)의 선형 이동을 선택적으로 구동시키기 위해, 또한 플랫폼 축선(X_p , Y_p , Z_p) 주위로 지지 프레임(102)에 대해 플랫폼(104)의 회전을 선택적으로 구동시키기 위해, 플랫폼(104)에 대해 배치된다. 보다 구체적으로, 그리고 이제 특히 도 5a를 참조하면, 전류가 코일(144A1)을 통과할 때, 이는 모터 축선(M_1)을 따라 기전력을 생성한다. 마찬가지로, 코일(144A2)을 통과할 때, 이는 모터 축선(M_2)을 따라 기전력을 생성한다. 모터 축선(M_3)은 이들 기전력을 생성하는데 사용되는, 자기 구조물(144B)의 플레이트들(148) 사이의 갭에서 자속 필드의 일반적인 방향을 나타낸다. 모든 자기 음성 코일 작동기(144) 상의 코일(144A1)이 동일한 전류 극성으로 통전되었다면, 조합된 힘 벡터는 각각의 자기 음성 코일 작동기(144)의 모터 축선(M_1)과 평행한 플랫폼 축선(X_p)을 따르는 것을 알 수 있다. 그러나 하부의 2개의 자기 음성 코일 작동기(144)의 전류의 극성이 역전된다면, 그 힘은 각각의 그 모터 축선(M_1)의 네거티브 방향일 것이다. 선형 힘은 예시적인 실시예에 있어서 피치 축선인 플랫폼 축선(Y_p)에 대해 모멘트를 소거하고 그리고 생성한다. 따라서 코일(144A1, 144A2)의 전류 극성을 변경함으로써, 능동 구동 시스템(140)이 선형 힘 및 회전 모멘트를 생산할 수 있다. 선형 힘은 댐핑을 위해 사용되고, 회전 모멘트는 시선을 안정화시키는데 사용되며, 이는 플랫폼(104)이 센서 어레이를 페이로드로서 이송할 때 특별한 용도를 갖는다.

[0076] 전술한 바와 같이, 도시된 실시예에 있어서, 관성 측정 유닛(110)이 플랫폼(104)에 배치된다. 도 8에 개략적으로 도시된 바와 같이, 관성 측정 유닛(110)은 3개의 관성 레이트 센서(152, 154, 156), 바람직하기로는 광섬유 지로 기반 센서를 포함하며, 이는 지지 프레임(102)에 대해 정의되는 예비-결정된 플랫폼 축선(X_p , Y_p , Z_p)(도 1 및 6a 참조)에 대해 플랫폼(104)의 각운동을 나타내는 신호를 제공한다. 바람직하게도, 도 8에 도시된 바와 같이, 플랫폼(104)에 의해 이송되는 관성 측정 유닛(110)은 3개의 관성 가속도 센서(158, 160, 162)를 포함하며, 이는 플랫폼 축선(X_p , Y_p , Z_p)을 따라 플랫폼(104)의 선형 이동을 나타내는 신호를 제공한다. 관성 레이트 센서(152, 154, 156) 및 관성 가속도 센서(158, 160, 162)는 제어 시스템(142)에 결합되며, 관성 레이트 센서(152, 154, 156) 및 관성 가속도 센서(158, 160, 162)에 의해 발생된 신호는 제어 시스템(142)으로 전달된다. 따라서 관성 측정 유닛(110)은 제어 시스템(142)에 결합되며, 또한 플랫폼 축선(X_p , Y_p , Z_p)에 대한 플랫폼의 선형 운동 및 각운동을 나타내는 신호를 감지하고 그리고 제공할 수 있다. 3개의 관성 레이트 센서 및 3개의 관성 가속도

센서가 도 8에 도시되었더라도, 다른 실시예는 3개 보다 더 많은 관성 레이트 센서 및/또는 3개 보다 더 많은 관성 가속도 센서를 포함할 수 있다.

[0077] 바람직하게도, 플랫폼 안정화 시스템(100)은 플랫폼(104)에 의해 이송되고 또한 각도 센서 시스템(165)을 포함하는 위치 센서 시스템(164), 및 선형 위치 센서 시스템(171)을 포함한다. 상기 각도 센서 시스템(165)은 지지 프레임에 대한 플랫폼(104)의 각위치를 나타내는 신호를 감지하고 그리고 제공하며, 또한 플랫폼 축선(X_p , Y_p , Z_p)에 대한 플랫폼(104)의 각위치를 나타내는 각각의 신호를 제공하는 3개의 각위치 센서(166, 168, 170)를 포함한다. 마찬가지로, 선형 위치 센서 시스템(171)은 지지 프레임(12)에 대한 플랫폼(104)의 선형 위치를 나타내는 신호를 감지하고 그리고 제공하며, 또한 플랫폼 축선(X_p , Y_p , Z_p)을 따라 플랫폼(104)의 선형 위치를 나타내는 각각의 신호를 제공하는 3개의 선형 위치 센서(172, 174, 176)를 포함한다. 또한, 상기 위치 센서 시스템(1064)은 센서 입력을 이에 전달하기 위해 제어 시스템(142)에 결합된다.

[0078] 상기 제어 시스템(142)은 플랫폼 서보 드라이브(180)를 통해 자기 음성 코일 작동기(144)를 구동시키고, 지지 프레임(102)에 대해 플랫폼(104)의 운동의 능동 댐핑을 제공하기 위해, 관성 측정 시스템(110) 및/또는 위치 센서 시스템(164)으로부터의 입력값을 사용할 수 있다. 플랫폼 안정화 시스템(100)은 제어 시스템(142)에 결합되어 이와 통신하는 글로벌 포지셔닝 시스템(GPS) 수신기(184)를 추가로 바람직하게 포함한다. GPS 수신기(184)는 외측 짐벌[예를 들어, 도 9의 외측 짐벌 조립체(118a, 118b, 118c)]의 고정된[비-요잉(non-yawing)] 부분 상에, 또는 플랫폼 안정화 시스템(100)을 이송하는 항공기의 내측에 배치될 수 있다. GPS 수신기(184)는 GPS 위성의 좋은 관측시야(field of view)를 갖기 위하여 항공기의 상부에 고정될 수 있다. 전형적으로, GPS 수신기(184)는 인클로저가 전형적으로 전자기적으로 차폐되기 때문에 전방 및 후방 피팅(112, 114)과 지지 프레임(102)에 의해 형성되는 인클로저 내에는 위치되지 않지만, 그러나 GPS 수신기(184)는 인클로저가 차폐되지 않는다면 이런 인클로저의 내측에 위치될 수 있다. 따라서 제어 시스템(142)은, 페이로드의 시선과 지표면과의 교차점의 지리적 위치를 계산하기 위해, 관성 측정 유닛(110) 및 GPS 수신기(184)로부터의 신호를 사용하여 관성 항법 절차를 실시할 수 있다. 이와 관련하여, 상기 "지표면"이라는 용어는 지구의 실제 표면 상의 지점 뿐만 아니라 지표면 위의 특정한 높이에서의 지점도 포함하며, 이 지점은 "목표물"로서 자주 지칭된다. 또한, 제어 시스템(142)은 이미지 기반 자동-트래커(auto-tracker)를 사용하지 않고 지리적 위치 또는 벡터 상의 조향 루프를 폐쇄하기 위해, 관성 측정 유닛(110) 및 GPS 수신기(184)로부터의 신호를 사용할 수도 있다. 이 지리 기반 조향은 본 발명에 따른 플랫폼 안정화 시스템이 광역 지속성 감시와 같은 많은 감시 용도에 자율적으로 작동할 수 있게 한다. 또한, 제어 시스템(142)은 제한된 운동 범위 내에서 자기 음성 코일 작동기(144)를 구동하여 페이로드의 시선을 "스텝하고" 그리고 "응시"하며, 플랫폼 안정화 시스템(100)을 이송하는 궤도를 선회하는 항공기의 회전 운동에 의해 유발되는, 주어진 페이로드의 이미지 집적 주기 중, 지구에 대해 시선의 상대적 회전 운동을 최소화하는데 요구되는 조향 매개변수를 계산하기 위한 명령도 포함한다. 이는 광역 지속성 감시 용도로 사용되는 매우 높은 픽셀 카운트 이미저(imager)에 특히 매우 적합하다.

[0079] 전술한 바와 같이, 전체 플랫폼 안정화 시스템(100)은 도 8에 도면부호 118 로 도시된 외측 짐벌 조립체에 고정 가능하며, 또한 제어 시스템(142)은 외측 짐벌 조립체(118)를 바람직하게 제어한다. 상기 외측 짐벌 조립체(118)는 적어도 방위각 축선 드라이브(186) 및 고도 축선 드라이브(188)를 포함하며, 또한 3-축선 외측 짐벌 조립체를 위해 롤 축선 드라이브(도 8에는 도시되지 않음)도 포함할 것이다. 또한, 외측 짐벌 조립체(118)는 제어 시스템(142)에 결합되는 외측 짐벌 관성 레이트 센서(192, 194)를 포함한다. 제어 시스템(142)은 하나 또는 그 이상의 외측 짐벌 서보 드라이브(198)를 통해 방위각 축선 드라이브(186) 및 고도 축선 드라이브(188)에, 그리고 제공되었다면 롤 축선 드라이브에 결합된다. 제어 시스템(142)은 플랫폼 안정화 시스템(100) 및 외측 짐벌 조립체(118)를 이송하는 항공기 상의 제어기와 같은, 짐벌 제어 입력 소스(190)로부터 신호를 수신하고, 또한 외측 짐벌 관성 레이트 센서(192, 194, 196)로부터 센서 신호를 수신하며, 제공되었을 때 롤 축선 드라이브 뿐만 아니라, 방위각 축선 드라이브(186) 및 고도 축선 드라이브(188)를 구동시키는데 이런 입력값을 사용한다.

[0080] 제어 시스템(142)은, 3-축선 외측 짐벌 조립체의 경우 롤 축선 드라이브뿐만 아니라, 자기 음성 코일 작동기(144)를 실행하기 위한 그리고 방위각 축선 드라이브(186) 및 고도 축선 드라이브(188)를 제어하기 위한 명령을 실행하는 명령 실행 시스템으로서, 범용 컴퓨터, 특수 목적용 컴퓨터, 또는 다른 프로그램 가능한 데이터 처리 장치 및 기능부일 수 있다. 제어 시스템(142)은 하드웨어와 소프트웨어의 임의의 적절한 조합으로서 실시될 수 있다. 예시적인 플랫폼 안정화 시스템에 있어서, 제어 시스템(142)은 플랫폼 안정화 제어 알고리즘(202), 관성 항법 알고리즘(204), 관성 좌표 계산 알고리즘(206), 지리 조향 알고리즘(208), 전력 관리 알고리즘(210), 및 외측 짐벌 제어 알고리즘(212)을 포함하는 명령을 실행한다.

- [0081] 플랫폼 안정화 제어 알고리즘(202)의 전형적인 실시예 있어서, 제어 시스템(142)은 원하는 요오, 피치, 및 롤 시선(line of sight)(LOS) 레이트를 제공하는 짐벌 제어 입력 소스(190)로부터 외측 짐벌 제어 입력으로부터 유도되는 데이터를 수용하고, 에러 신호를 생산하기 위해 이들을 관성 측정 유닛(110)의 관성 가속도 센서(158, 160, 162)에 의해 복귀된 측정된 LOS 레이트와 비교한다. 원하는 요오, 피치, 및 롤 시선(LOS) 레이트는 외측 짐벌 제어 입력으로부터 또는 이하에 기재되는 지리 조향 알고리즘(208)에 의해 계산될 수 있다. 제어 시스템(142)은 계산된 에러 신호에 기초하여 LOS 를 안정화하는데 필요한 요구되는 요오, 피치, 및 롤 토크를 계산하기 위해 비례-적분-미분(proportional-integral-derivative)(PID) 타입 제어기를 실행할 수 있다. PID 제어기는 측정된 값과 원하는 값 사이의 차이를 에러 신호로서 계산하며, 그리고 상기 에러를 감소시키기 위한 시도로서 입력 변수를 수정한다. 다른 타입의 제어기가 사용될 수도 있다. 그 후, 요구되는 토크를 생산하기 위해, 능동 구동 시스템(140)을 형성하는 자기 음성 코일 작동기(144)의 각각의 코일(144A1, 144A2)에 요구되는 전류는, 자기 음성 코일 작동기(144)의 전자기 특성 및 능동 구동 시스템(140)의 기하학적 구조에 기초하여 계산된다. 그 후, 플랫폼 서보 드라이브(180)는 보정된 기전력을 생산하여 요구되는 토크를 생산하고 또한 시선을 안정화시키도록, 자기 음성 코일 작동기(144)의 코일(144A1, 144A2)이 보정된 전류를 공급하는 것을 보장한다. 이 공정은 전형적으로 초 당 수천회 반복된다.
- [0082] 관성 항법 알고리즘(204)의 전형적인 실시예 있어서, 제어 시스템(142)은 GPS 수신기(184)로부터 GPS 데이터(시간, 위치, 및 속도), 관성 측정 유닛(110)으로부터 내부 레이트 및 가속도 데이터, 위치 센서 시스템(164)으로부터 각위치 데이터, 및 외측 짐벌 관성 레이트 센서(192, 194, 196)로부터 각위치 데이터를 받아들일 것이다. 위치 센서 시스템(164) 및 외측 짐벌 관성 레이트 센서(192, 194, 196)로부터의 각위치 데이터는, GPS 데이터를 관성 측정 유닛(110)의 좌표 프레임으로 분해하는데 사용된다. 그 후, 관성 측정 유닛(110)을 위한 관성 위치, 속도, 및 가속도가 본 기술분야에 알려진 바와 같은 표준 관성 항법 시스템(inertial navigation system)(INS)을 사용하여 계산된다. 그 후, 위치 센서 시스템(164) 및 외측 짐벌 관성 레이트 센서(192, 194, 196)로부터의 데이터는, 플랫폼 안정화 시스템을 이송하는 차량(예를 들어, 항공기)을 위해 관성 위치, 자세, 방향 heading), 및 트랙을 재-계산하는데 사용된다.
- [0083] 관성 좌표 계산 알고리즘(206)의 전형적인 실시예 있어서, 제어 시스템(142)은 페이로드 시선이 지표면과 교차하는 지점의 위치 및 속도를 계산하기 위해, 지구를 위한 디지털 고도 맵(digital elevation map)(DEM)과 조합되는, 관성 항법 알고리즘(204)으로부터의 출력을 사용할 것이다. 이와 관련하여, "지표면"이라는 용어는 지구의 실제 표면 상의 지점뿐만 아니라 지표면 위의 특정 높이의 지점을 포함하며, 이 지점이 "목표물"로 자주 지칭된다. 따라서 제어 시스템(142)은 페이로드 시선이 지표면과 교차하는 지리적 위치를 계산하기 위해 관성 항법 시스템을 위한 명령을 포함한다.
- [0084] 지리 조향 알고리즘(208)의 전형적인 실시예 있어서, 제어 시스템(142)은 원하는 목표물의 지리적 위치 및 속도를 위한 짐벌 제어 입력 소스(190)로부터 짐벌 제어 입력을 수용하고, 위치 및 속도 에러 신호를 생산하기 위해 이를 관성 좌표 계산 알고리즘(206)의 출력과 비교한다. 제어 시스템(142)은 에러를 최소화하는데 요구되는 필요한 조향 레이트를 계산하기 위해 PID 제어기를 사용할 수 있으며, 상기 필요한 조향 레이트는 PID 제어기 전에 또는 후에 관성 측정 유닛(110)의 좌표 프레임으로 변환될 수 있다. 다른 타입의 제어기가 사용될 수도 있다. 지리 조향 알고리즘(208)의 출력은 원하는 요오, 피치, 및 롤 시선(LOS) 레이트로서 플랫폼 안정화 제어 알고리즘(202)에 제공된다. 따라서 지리 조향 알고리즘(208)은, 지리적 위치를 향하는 페이로드 시선을 유지하기 위해, 지리 기반 조향 제어 루프를 폐쇄하기 위한 명령을 포함한다.
- [0085] 전력 관리 알고리즘(210)의 전형적인 실시예 있어서, 제어 시스템(142)은 시스템의 현재 상태에 관한 다른 데이터와 함께 시스템 전체를 통해 (도시되지 않은) 전압, 전류, 및 온도 센서로부터의 입력값을 수용할 수 있다. 다양한 서브-시스템에서의 전력 소비에 대한 과거의 값, 현재의 값, 및 예상되는 값을 사용함으로써, 전체적인 시스템 전력은 전체적인 시스템 성능을 최대화하면서 특정한 제한치 내로 유지될 수 있다. 예를 들어, 정상 요구 보다 높은 경우 중 능동 구동 시스템(140)에 더 많은 전력을 제공하기 위해, 히터 또는 팬(도시되지 않음)을 위한 전력이 일시적으로 감소될 수 있다. 이런 방식으로, 전력은 초 당 수천회의 서브-시스템 경합 사이로 관리될 수 있다. 시스템을 위한 전체적인 전력 제한치는 동적일 수 있어서, 전체적인 전력 소비를 유용한 전력 내로 유지하면서 전체적인 성능을 최대화하기 위해, 외측 마스터 제어기가 여러 시스템을 가로질러 실시간으로 전력을 관리할 수 있게 한다.
- [0086] 외측 짐벌 제어 알고리즘(212)의 전형적인 실시예 있어서, 제어 시스템(142)은 외측 짐벌 조립체(118) 상의 센서로부터 각위치, 레이트, 및 관성 레이트 입력, 위치 센서 시스템(164)으로부터 각위치 데이터, 및 짐벌 제어 입력 소스(190)로부터[또는 이로부터의 데이터에 기초하여 지리 조향 알고리즘(208)에 의해 계산되는] 원하는

레이트 데이터를 수용할 수 있다. 제어 시스템(142)은 외측 짐벌 조립체(118)가 시선을 따르도록, 외측 짐벌 조립체(118)의 좌표 프레임으로 분해된, 위치 센서 시스템(164)으로부터의 데이터를, PID 제어기에서의 에러 신호로서 사용할 수 있다. 또한, 제어 시스템(142)은 짐벌 제어 입력 소스(190)로부터의 원하는 레이트 및/또는 지리 조향 알고리즘(208)의 출력을 출력 피드-포워드 항목으로서 사용할 수 있다. 또한, 제어 시스템(142)은 PID 타입 제어기에 사용되는 에러 신호를 생산하여 요구된 레이트를 계산하기 위해, 외측 짐벌 조립체(118)의 좌표 프레임으로 분해된 원하는 레이트에 비해, 외측 짐벌 관성 레이트 센서(192, 194, 196)로부터의 데이터를 사용할 수 있다. 위치 센서 시스템(164), 피드-포워드 계산부, 및 외측 짐벌 관성 레이트 센서(192, 194, 196)로부터의 요구된 레이트의 총합은 외측 짐벌 조립체 작동기에 최종 요구로서 사용될 수 있다.

[0087] 적절한 플랫폼 안정화 제어 알고리즘(202), 관성 항법 알고리즘(204), 관성 좌표 계산 알고리즘(206), 지리 조향 알고리즘(208), 전력 관리 알고리즘(210), 및 외측 짐벌 제어 알고리즘(212)의 전개는 본 기술분야의 숙련자의 능력 내에 있으며, 이제 본 발명에 의해 제공되지는 않는다. 예를 들어, 그리고 제한 없이, 루이스(Lewis)에 허여된 미국 특허 제6,263,160호의 도 8은 플랫폼 안정화 루프를 도시하고 있으며, 트릿체 등에 허여된 미국 특허 제5,897,223호의 도 7a 및 7b는 2-축선 및 3-축선 외측 짐벌 시스템을 위한 내측 및 외측 제어 루프의 블록도를 도시하고 있다.

[0088] 예시적인 댐핑되지 않은, 능동적으로 댐핑된, 및 수동적으로 댐핑된 (엘라스토머) 격리 시스템의 전달 기능이기도 7에 비교되어 있다. 도 7은 여기에 기재되는 플랫폼 안정화 시스템에 사용되는 능동 댐핑에 의해 제공되는 개선된 아이솔레이터 성능을 도시하고 있다. 댐핑되지 않은 고유 주파수 위의 주파수에서, 능동적으로 댐핑되는 시스템의 전달물은, 수동 시스템에 대해 주파수 비율(W_n/W)을 곱한 댐핑률(C/C_c)의 2배에 비례하여 떨어질 동안, 주파수 비율(W_n/W)의 제공에 비례하여 떨어진다. 이는 높은 주파수에서 대응의 전달물 페널티 없이 공진 시 동적 증폭 또는 Q 를 감소시키기 위해 높은 댐핑이 적용될 수 있음을 의미한다. 또한, 이런 가파른 떨어짐 때문에, 댐핑되지 않은 고유 주파수는 격리 시스템의 정적 변위를 충분히 감소시키도록 가압될 수 있다. 도 1에 도시되어 있고 또한 그 성능이 도 7에 그래프로 도시된 능동 아이솔레이터는, 전형적인 수동 엘라스토머 시스템이 정지부까지 단지 $\pm 2G$ 의 범위로 $\pm 1/4$ " 이동을 요구하는 반면에, 정지부까지 $\pm 3G$ 의 범위로 플랫폼 축선(X_p, Y_p, Z_p)에서 단지 $\pm 3/16$ " 이동을 요구한다. 이는 페이로드 용적 효율의 대응의 증가에 요구되는 흔들림 (sway) 공간의 상당한 감소를 나타낸다. 흔들림 공간의 이런 감소는 아이솔레이터 및 음성 코일 작동기의 요구된 크기 및 중량도 감소시켜, 페이로드 용적 효율을 증가시킨다.

[0089] 예시적인 플랫폼 안정화 시스템(100)에 있어서, 능동 구동 시스템(140)은 4개의 자기 음성 코일 작동기(144)의 어레이를 포함한다. 다른 실시예에 있어서, 플랫폼 안정화 시스템을 위한 능동 구동 시스템은 이 보다 많거나 적은 자기 음성 코일 작동기를 포함할 수 있다.

[0090] 도 5b는 지지 프레임에 의해 이송되는 제1 부분(544B2)(이 경우에는, 자기 구조물 부분), 및 플랫폼에 의해 이송되는 제2 부분(544B1)(이 경우에는, 코일 부분)을 각각 포함하는 6개의 단일-축선 자기 음성 코일 작동기(544B)의 어레이를 포함하는 예시적인 능동 구동 시스템(540B)의 배치를 도시하고 있다. 각각의 자기 음성 코일 작동기(544B)는 이를 따라 플랫폼 포지셔닝 힘이 적용될 수 있는 단일의 능동적인 모터 축선(M_2), 및 이동의 자유가 있는 2개의 비능동적인 모터 축선(M_1, M_3)을 가지며, 상기 3개의 축선(M_1, M_2, M_3)은 실질적으로 서로 직교한다. 따라서 각각의 자기 음성 코일 작동기(544B)는, 제2 모터 축선(M_1)과 제3 모터 축선(M_3)의 각각을 따라 제2 부분의 자유로운 선형 이동을 허용하고 또한 제2 모터 축선(M_1)과 제3 모터 축선(M_3)의 각각에 대해 제2 부분(544B1)의 자유로운 회전을 허용할 동안, 제1 모터 축선(M_2)을 따라 플랫폼에 제1 플랫폼 포지셔닝 힘을 적용하기 위해 지지 프레임과 플랫폼 사이에서 작용한다. 도 5b에서 알 수 있는 바와 같이, 자기 음성 코일 작동기(544B)는, 직교하는 플랫폼 축선(X_p, Y_p, Z_p)을 따라 지지 프레임(도 5b에는 도시되지 않음)에 대해 플랫폼의 선형 이동을 선택적으로 구동시키기 위해, 또한 플랫폼 축선(X_p, Y_p, Z_p) 주위로 지지 프레임에 대해 플랫폼의 회전을 선택적으로 구동시키기 위해, 플랫폼(도 5b에는 도시되지 않음)에 대해 배치된다. 보다 구체적으로, 전류가 코일(544B1)을 통과할 때, 이는 그 자기 음성 코일 작동기(544B)를 위해 모터 축선(M_2)을 따라 기전력을 생성한다. 2개의 마주하는 자기 음성 코일 작동기(544B)의 극성이 동일할 때, 이들 자기 음성 코일 작동기(544B)는 모터 축선(M_2)과 평행한 선형 힘을 생산할 것이며, 또한 2개의 마주하는 자기 음성 코일 작동기(544B)가 반대의 극성을 가질 때, 이들 자기 음성 코일 작동기(544B)는 모터 축선(M_2)과 직교하는 축선에 대해 모멘트를 생

산할 것이다. 따라서 선택적인 통전을 통해, 플랫폼 축선(X_p , Y_p , Z_p)을 따라 원하는 선형 이동 및 플랫폼 축선(X_p , Y_p , Z_p)에 대한 회전 이동이 얻어질 수 있다. 도 5b에 도면부호 542B 로 개략적으로 도시된 제어 시스템은, 제어된 모멘트 및 선형 힘을 플랫폼에 적용하기 위해, 자기 음성 코일 작동기(544B)의 통전을 제어한다.

[0091] 도 5c는 3-축선 자기 음성 코일 작동기(544C)의 어레이를 포함하는 예시적인 능동 구동 시스템(540C)의 배치를 도시하고 있다. 각각의 자기 음성 코일 작동기(544C)는, 제3 모터 축선(M_3)을 따라 플랫폼의 자유로운 선형 이동을 허용하고 또한 3개의 모터 축선(M_1 , M_2 , M_3)에 대해 플랫폼의 자유로운 회전을 허용할 동안, 제1 모터 축선(M_1)을 따라 플랫폼에 제1 플랫폼 포지셔닝 힘을 적용하고 또한 제2 모터 축선(M_2)을 따라 플랫폼에 제2 플랫폼 포지셔닝 힘을 적용하기 위해, 지지 프레임(도 5c에는 도시되지 않음)과 플랫폼(도 5c에는 도시되지 않음) 사이에서 작용한다. 자기 음성 코일 작동기(544C)는 플랫폼의 플랫폼 축선(X_p , Y_p , Z_p)을 따라 지지 프레임에 대해 플랫폼의 선형 이동을 선택적으로 구동시키기 위해 또한 플랫폼 축선(X_p , Y_p , Z_p) 주위로 지지 프레임에 대해 플랫폼의 회전을 선택적으로 구동시키기 위해, 플랫폼에 대해 배치된다. 특히, 모든 자기 음성 코일 작동기(544C) 상의 동일한 코일(544CA1)이 동일한 전류 극성으로 통전되었다면, 조합된 힘 벡터는 플랫폼 축선(X_p)[각각의 자기 음성 코일 작동기(544C)의 모터 축선(M_1)과 평행한]을 따를 것임을 도 5c에서 알 수 있다. 그러나 하부의 자기 음성 코일 작동기(544C)(도 5c의 하부 좌측)의 코일(544CA1)의 전류의 극성이 역전되었고 도 5c의 우측 상의 코일(544CA1)의 전류가 제로라면, 조합된 힘은 플랫폼 축선(Y_p)에 대해 모멘트를 생산할 것이다. 상부 및 하부 자기 음성 코일 작동기(544C)(도 5c의 좌측)가 그 모터 축선(M_1)을 따라 단위 힘을 생산하도록 통전되고, 제3 자기 음성 코일 작동기(544C)(도 5c의 우측)가 반대 극성을 갖고 2 단위의 힘을 생산하도록 통전되었다면, 이들은 플랫폼 축선(Z_p)에 대해 모멘트를 생산할 것이다. 코일(544CA1, 544CA2)의 전류의 크기 및 방향을 변화시키면 6개의 자유도의 제어를 허용한다. 제어 시스템(540C)은 제어된 모멘트 및 선형 힘을 플랫폼에 적용하기 위해 음성 코일 작동기의 통전을 제어한다.

[0092] 도 1 내지 3c, 5a, 6b, 및 8에 도시된 예시적인 플랫폼 안정화 시스템(100)에 있어서, 아이솔레이터는 압축 스프링(120)의 형태를 취한다. 이는 단지 아이솔레이터의 하나의 예시적인 타입일 뿐이며, 본 발명의 교시에 따른 플랫폼 안정화 시스템을 구축하기 위해 다른 타입의 아이솔레이터가 사용될 수도 있다.

[0093] 도 4c는 직렬로 배치되는 3개의 단일-축선 굴곡 피봇(422C)을 포함하는 3-축선 굴곡 피봇 요소(420C)의 형태를 취하는 예시적인 아이솔레이터(420C)를 도시하고 있으며, 상기 굴곡 피봇(422C)은 이격 부재(430C)에 의해 서로 분리된다. 각각의 굴곡 피봇(422C)은 각각의 피봇 축선(432C)을 가지며, 이들 피봇 축선(432C)은 실질적으로 플랫폼(도 4c에는 도시되지 않음) 내의 공통 지점(P)에서 교차한다. 굴곡 피봇 요소(420C)는 단일체 구성을 갖는 것이 바람직하며, 상기 이격 부재(430C)는 예를 들어 도 4e에 도시된 바와 같이, 격리 어레이에 사용될 때, 원하는 선형-회전 스티프니스 비율을 생산하도록 설계될 수 있다.

[0094] 도 4e는 지지 프레임(402C)과 플랫폼(404C) 사이에서 직접 각각 연장하는 다수의 3-축선 굴곡 피봇 요소 아이솔레이터(420C)를 포함하는, 예시적인 대칭형 격리 어레이(424C)를 도시하고 있다. 아이솔레이터(420C)를 형성하는 굴곡 피봇(422C)이 대칭형이 아니더라도, 격리 어레이(424C)는 대칭형이다.

[0095] 지지 프레임(402C)은 다수의 장착 돌출부(428C)를 포함하고, 플랫폼(404C)은 외향으로 연장하는 다수의 핑거(426C)를 포함하며, 각각의 굴곡 피봇 요소 아이솔레이터(420C)는 각각의 핑거(426C)와 장착 돌출부(428C) 사이에서 연장한다. 도시된 실시예에 있어서, 굴곡 피봇 요소 아이솔레이터(420C)는 추상적인 사면체(T)의 정점에 배치되며, 다른 실시예는 도 4a에 도시된 배치와 유사하게 추상적인 정육면체의 정점에 배치되는 굴곡 피봇 요소 아이솔레이터(420C)를 갖는 바와 같은 다른 배치를 사용할 수 있다. 각각의 굴곡 피봇 요소(420C)의 3개의 피봇 축선(432C)은 실질적으로 플랫폼(404C) 내의 동일한 공통 지점(P)에서 교차하며, 따라서 도 4e에는 모두 12개의 피봇 축선(432C)을 위한 3개의 피봇 축선(432C)을 각각 갖는 4개의 굴곡 피봇 요소(420C)가 있으며, 상기 모두 12개의 피봇 축선(432C)은 실질적으로 동일한 공통 지점(P)에서 만난다. 상기 공통 지점(P)은 플랫폼(404C)의 질량 중심이다.

[0096] 각각의 굴곡 피봇 요소 아이솔레이터(420C)는 3개의 자유도로 지지 프레임(402C)에 대해 플랫폼(404C)의 선형 이동을 허용하며, 또한 3개의 자유도로 지지 프레임(402C)에 대해 플랫폼(404C)의 회전 이동을 허용한다. 굴곡 피봇 요소 아이솔레이터(420C)는 플랫폼(404C)을 지지 프레임(402C) 내에 직접 지지하고 또한 상기 플랫폼

(404C)을 지지 프레임(402C)으로부터 이격시키는, 자세-독립형 격리 어레이(424C)를 형성하도록 협력한다. 아이솔레이터로서 압축 스프링(120)을 사용하는 격리 어레이(124) 처럼, 굴곡 피봇 요소 아이솔레이터(420C)를 사용하는 격리 어레이(424C)는 3개의 자유도로 지지 프레임(402C)에 대해 플랫폼(404C)의 제한된 선형 이동을 허용하고, 또한 3개의 자유도로 지지 프레임(402C)에 대해 플랫폼(404C)의 제한된 회전 이동을 허용하며, 또한 지지 프레임(402C)에 대해 플랫폼(404C)의 회전 이동 보다는 실질적으로 지지 프레임(402C)에 대해 플랫폼(404C)의 선형 이동에 더욱 저항한다. 굴곡 피봇(422C)이 회전 억제물로서 간주될 수 있더라도, 플랫폼(404C)은 예시적인 굴곡 피봇 요소 아이솔레이터(420C)에 의해, 또는 상기 예시적인 굴곡 피봇 요소 아이솔레이터(420C)에 의해 형성되는 예시적인 격리 어레이(424C)(도 4e 참조)에 의해 회전 가능하게 억제되지 않는다.

[0097] 도 4d는 다이아프램-기반 아이솔레이터(420D)의 경우에 아이솔레이터를 위한 또 다른 예시적인 구성을 도시하고 있다. 예시적인 다이아프램-기반 아이솔레이터(420D)는 제1 및 제2 중공의 개방-단부형인, 일반적으로 원통형인 하우징(430D)을 추가로 포함하며, 상기 각각의 하우징은 그 내부에 형성되는 다이아프램 리셉터클(431D)을 갖는다. 하우징(430D)은 다이아프램 리셉터클(431D)이 서로 마주하도록 배치된다. 다이아프램-기반 아이솔레이터(420D)는 2개의 마주하는 실질적으로 동일한, 일반적으로 원형인 다이아프램(432D)을 추가로 포함하며, 상기 각각의 다이아프램(432D)은 하우징(430D) 중 하나에 의해 그 주변(433D)에 지지되고 그리고 그 하우징(430D)의 다이아프램 리셉터클(431D)을 가로질러 연장한다. 다이아프램(432D)은 다이아프램(432D)의 방사방향 중심(435D) 사이에서 연장하는 비틀림 굴곡 요소(434D)에 의해 서로 결합된다. 따라서 다이아프램-기반 아이솔레이터(420D)는 일체로 작용하기 위해 서로 결합된 다중 격리 요소의 예이다. 격리 어레이, 예를 들어 도 4f에 도시된 격리 어레이(424D)에 사용될 때, 하우징(430D) 중 하나가 지지 프레임(402D)에 결합되고, 다른 하우징(430D)이 플랫폼(404D)에 결합되므로, 각각의 아이솔레이터(420D)를 위해 다이아프램(432D) 중 하나는 지지 프레임(402D)에 결합되고, 다른 다이아프램(432D)이 플랫폼(404D)에 결합된다. 도시된 실시예에 있어서, 다이아프램(432D)은 동심의 리브형 벨로프램의 형태인 금속 구조물이며, 다른 실시예에서는 클록 스프링 구조물 또는 성형된 엘라스토머 구조물이 사용될 수 있다. 비틀림 굴곡 요소(434D)는 바람직하게 축방향으로 탄성이며, 또한 원하는 축방향-횡방향 스티프니스 비율을 유발시키기에 충분히 길다. 일부 실시예에 있어서, 비틀림 굴곡 요소(434D)는 나선형 스프링을 포함할 수 있다. 어떤 타입의 굴곡 요소가 다이아프램들 사이에서 작용하는 회전 억제물인 것으로 간주될 수 있더라도, 플랫폼(404D)은 예시적인 다이아프램-기반 아이솔레이터(420D)에 의해 또는 다이아프램-기반 아이솔레이터(420D)에 의해 형성되는 예시적인 격리 어레이(424D)(도 4f 참조)에 의해 회전 가능하게 억제되지 않는다.

[0098] 도시된 실시예에 있어서, 비틀림 굴곡 요소(434D)는 다이아프램-기반 아이솔레이터(420D)의 횡방향 이동을 제한하는 정지부(436D)를 이송한다. 도 4d에 도시된 예시적인 정지부(436D)는 디스크의 형태를 취하며, 횡방향 운동 중 상기 디스크형 정지부(436D)는 하우징(430D)의 엣지(437D)와 접촉할 때까지 기울어질 것이며, 이에 따라 다이아프램-기반 아이솔레이터(420D)의 추가적인 횡방향 이동을 저지한다.

[0099] 도 4d에 도시된 예시적인 실시예에 있어서, 각각의 다이아프램(432D)은 유체-불침투성이며, 또한 각각의 하우징(430D)은 댄핑 저장조(438D)를 형성하기 위해 그 각각의 다이아프램(432D)과 협력한다. 각각의 댄핑 저장조(438D)는 각각의 댄핑 저장조(438D)로부터 각각의 싱크 저장조(439D)까지 댄핑 유체를 변위시킴으로써, 각각의 다이아프램(432D)의 축방향 이동을 댄핑시키기 위해 각각의 싱크 저장조(439D)와 유체 연통된다. 보다 구체적으로, 도시된 실시예에 있어서, 각각의 하우징(430D)은 인클로저(441D)를 형성하기 위해 그 각각의 다이아프램(432D)과 협력한다. 플랜지형의 절두원추형 분할기(443D)는, 각각의 인클로저(441D)를 댄핑 저장조(438D)와 싱크 저장조(439D)로 분할하기 위해, 각각의 인클로저(441D)를 가로질러 연장한다. 각각의 댄핑 저장조(438D)는 각각의 분할기(443D)의 중심의 오리피스(449D)를 통해 각각의 싱크 저장조(439D)와 유체 연통한다. 댄핑 저장조(438D)는 오일과 같은 적절한 유체로 충전될 수 있으며, 이러한 유체는 오직 축방향 이동 속도에만 비례하는 댄핑력을 생산하기 위해 다이아프램(432D)의 중심에서의 축방향 이동에 의해, 각각의 분할기(443)의 중심의 오리피스(449D)를 통해 싱크 저장조(439D) 내로 가압될 것이다. 횡방향 이동 중에는 공동의 용적 변화가 매우 적기 때문에, 횡방향 운동을 위한 요소의 횡방향 댄핑이 최소화될 것이다. 각각의 분할기(443D)의 플랜지(445D) 및 각각의 다이아프램(432D)의 주변(433D)은 각각의 하우징(420D)의 내면 상에서 각각의 환형 오목부(447D)에 수용된다.

[0100] 예시적인 다이아프램-기반 아이솔레이터(420D)가 오리피스(449D)를 통해 유체를 변위시킴으로써 수동 댄핑을 제공하더라도, 이들은 오리피스의 면적을 제어하는 작동기를 사용함으로써 또는 오리피스에 전기 코일을 사용하고 또한 댄핑 유체로서 적절한 액체 자석(ferrofluid)을 사용하여 오리피스의 영역에서 유체의 속도를 제어함으로써 능동 댄핑을 제공하도록 수정될 수 있다.

- [0101] 도 3d는 예시적인 아이솔레이터(420D)와 같은 다이아프램-기반 아이솔레이터를 위한 간략화된 수학적 모델(320)을 도시하고 있다. 상기 수학적 모델은 개방 단부를 가로질러 연장하는 다이아프램(332)을 각각 갖는, 2개의 마주하는 개방-단부형 하우스(330)으로부터 형성되며, 상기 다이아프램은 그 중심에서 비틀림 굴곡 요소(334)에 의해 연결된다. 다이아프램-기반 아이솔레이터를 위한 간략화된 수학적 모델(320)에서,
- [0102] K_{ad} 는 다이아프램의 축방향 스프링 상수이고;
- [0103] K_{ID} 는 다이아프램의 횡방향 스프링 상수이며;
- [0104] K_{md} 는 다이아프램의 모멘트 스프링 상수이고;
- [0105] K_{tD} 는 다이아프램의 비틀림 스프링 상수이며;
- [0106] K_{aT} 는 비틀림 굴곡 요소의 축방향 스프링 상수이고;
- [0107] K_{IT} 는 비틀림 굴곡 요소의 축방향 스프링 상수이며;
- [0108] K_{bT} 는 비틀림 굴곡 요소의 굴곡 스프링 상수이며;
- [0109] K_{tT} 는 비틀림 굴곡 요소의 비틀림 스프링 상수이며; 및
- [0110] L 은 비틀림 굴곡 요소의 길이이다.
- [0111] 도 3d의 간략화된 수학적 모델(320)에서,
- [0112] 횡방향 스티프니스는 $2K_{mD}L$ 에 의해 지배되고;
- [0113] 비틀림 스티프니스는 K_{tT} 에 의해 지배되며; 및
- [0114] 축방향 스티프니스 $K_a = 1/((2/K_{ad}) + (1/K_{aT}))$ 이다.
- [0115] 이제 도 4f를 참조하면, 지지 프레임(402D)과 플랫폼(404D) 사이에서 직접 각각 연장하는 다수의 다이아프램-기반 아이솔레이터(420D)를 포함하는 예시적인 격리 어레이(424D)가 도시되어 있다. 굴곡 피봇 요소 아이솔레이터(420C)를 사용하는 도 4e에 도시된 실시예와 유사하게, 도 4f에 도시된 실시예에 있어서, 다이아프램-기반 아이솔레이터(420D)는 플랫폼(404D)의 질량 중심으로부터 외향으로 방사하기 위해 추상적인 사면체(T)의 정점에 배치되며, 다른 실시예는 다른 배치를 사용할 수 있다. 예를 들어, 다이아프램-기반 아이솔레이터(420D)는 도 4a에 도시된 배치와 유사하게 추상적인 정육면체의 정점에 배치될 수 있다.
- [0116] 각각의 다이아프램-기반 아이솔레이터(420D)는 3개의 자유도로 지지 프레임(402D)에 대해 플랫폼(404D)의 선형 이동을 허용하며, 또한 3개의 자유도로 지지 프레임(402D)에 대해 플랫폼(404D)의 회전 이동을 허용한다. 따라서 다이아프램-기반 아이솔레이터(420D)는, 지지 프레임(402C)으로부터 플랫폼(404D)을 이격시킬 동안, 플랫폼(404D)을 지지 프레임(402D) 내에 직접 지지하는 자세-독립형 격리 어레이(424D)를 형성하도록 협력한다. 격리 어레이(424D)는 3개의 자유도로 지지 프레임(402D)에 대해 플랫폼(404D)의 제한된 선형 이동을 허용하며, 또한 3개의 자유도로 지지 프레임(402D)에 대해 플랫폼(404D)의 제한된 회전 이동을 허용한다. 다이아프램-기반 아이솔레이터(420D)의 구성 및 포지셔닝은 격리 어레이(424D)를, 지지 프레임(402D)에 대한 플랫폼(404D)의 회전 이동 보다는 실질적으로 지지 프레임(402D)에 대한 플랫폼(404D)의 선형 이동에 더욱 저항하게 한다.
- [0117] 도 4c의 격리 어레이(424C)와 같은 굴곡 피봇 요소 아이솔레이터를 포함하는 격리 어레이, 또는 도 4d의 격리 어레이(424D)와 같은 다이아프램-기반 아이솔레이터를 포함하는 격리 어레이는, 도 5a, 5b, 및 5c에 도시된 능동 구동 시스템(140, 540B, 540C)과 같은, 그리고 도 8에 도시된 제어 시스템(142)과 같은, 능동 구동 시스템 및 제어 시스템과 각각 조합될 수 있다.
- [0118] 전술한 예시적인 시스템은 페이로드를 지지 구조물의 운동으로부터 격리시키기 위한 방법의 예시적인 실시이다. 이런 방법은, 플랫폼을 회전 가능하게 억제하지 않고, 지지 프레임에 대한 플랫폼의 회전 이동 보다는 지지 프레임에 대한 플랫폼의 선형 이동에 실질적으로 더 큰 저항을 제공할 동안, 3개의 직교 플랫폼 축선을 따라 3개의 자유도로 지지 프레임에 대해 플랫폼의 제한된 선형 이동을 허용하는 단계, 및 3개의 플랫폼 축선에 대해 3개의 자유도로 지지 프레임에 대해 플랫폼의 제한된 회전 이동을 허용하는 단계를 포함한다.

- [0119] 본 기술의 양태는 다양한 실시예에 따른 방법, 장치(시스템), 및 컴퓨터 프로그램 제품을 도시한, 블록도(도 8)를 참조하여 위에 기재되었다. 이에 대해, 도 8의 블록도는 본 기술의 다양한 실시예에 따른 시스템, 방법, 및 컴퓨터 프로그램 제품의 가능한 실시의 구성, 기능성, 및 작동을 도시하고 있다. 예를 들어, 블록도의 각각의 블록은 모듈, 세그먼트, 또는 코드의 부분을 도시할 수 있으며, 이는 특정한 논리적 기능(들)을 실시하기 위한 하나 또는 그 이상의 실행 가능한 명령을 포함하고 있다. 또한, 블록도의 각각의 블록 및 블록도의 블록들의 조합은 특정한 기능이나 동작을 수행하는 특수한 목적의 하드웨어-기반 시스템, 또는 특수한 목적의 하드웨어와 컴퓨터 명령의 조합에 의해 실시될 수 있음을 인식해야 한다.
- [0120] 또한, 블록도의 각각의 블록 및 블록도의 블록들의 조합은 컴퓨터 프로그램 명령에 의해 실시될 수 있음을 인식해야 한다. 이들 컴퓨터 프로그램 명령은 기계를 생산하기 위해 범용 컴퓨터, 특수 목적용 컴퓨터, 또는 다른 프로그램 가능한 데이터 처리 장치의 프로세서에 제공될 수 있으므로, 컴퓨터 또는 다른 프로그램 가능한 데이터 처리 장치의 프로세서를 통해 실행하는 명령은 블록도에 특정화된 기능/동작을 실시하기 위한 수단을 생성할 수 있다.
- [0121] 또한, 이들 컴퓨터 프로그램 명령은 컴퓨터, 다른 프로그램 가능한 데이터 처리 장치, 또는 다른 디바이스를 특별한 방식으로 기능하게 할 수 있는 컴퓨터 판독 가능한 매체에 저장될 수 있으므로, 컴퓨터 판독 가능한 매체에 저장된 명령은 블록도의 블록 또는 블록들에 특정화된 기능/동작을 실시하는 명령을 포함하는 제조 물품을 생산한다. 컴퓨터 프로그램 명령은, 컴퓨터 또는 다른 프로그램 가능한 장치 상에서 실행하는 명령이 블록도의 블록에 특정화된 기능/동작을 실시하기 위한 프로세스를 제공하도록, 일련의 작동 단계가 컴퓨터, 다른 프로그램 가능한 장치, 또는 다른 디바이스 상에 수행되어 컴퓨터 실시된 프로세스를 생산하도록 컴퓨터, 다른 프로그램 가능한 데이터 처리 장치, 또는 다른 디바이스 상에 로딩될 수 있다.
- [0122] 여기에 기재된 방법이 실시될 수 있는 점에 대하여 도시된 컴퓨터 시스템이 도 10의 블록도로서 제시되어 있다. 도시된 컴퓨터 시스템은 일반적으로 도면부호 1000 으로 도시되며, 또한 디스플레이(1002), 키보드(1004A) 및 포인팅 디바이스(1004B) 형태의 입력 디바이스, 컴퓨터(1006), 및 외부 디바이스(1008)를 포함한다. 포인팅 디바이스(1004B)가 마우스로서 도시되었지만, 다른 타입의 포인팅 디바이스 또는 터치-스크린 디스플레이가 사용될 수도 있음을 인식해야 한다.
- [0123] 컴퓨터(1006)는 중앙 처리 장치(CPU)(1010)와 같은 하나 또는 그 이상의 프로세서 또는 마이크로프로세서를 포함할 수 있다. CPU(1010)는 산술적 계산을 수행하며, 또한 내부 메모리, 바람직하기로는 랜덤 액세스 메모리(RAM) 및/또는 판독 전용 메모리(ROM), 가능하기로는 추가적인 메모리(1014)에 저장된 소프트웨어를 실행하는 기능을 제어한다. 상기 추가적인 메모리(1014)는 예를 들어 질량 메모리 저장부, 하드 디스크 드라이브, 광학 디스크 드라이브(CD 및 DVD 드라이브를 포함하는), 자기 디스크 드라이브, 자기 테이프 드라이브(LTO, DLT, DAT, 및 DCC 를 포함하는), 플래시 드라이브, 프로그램 카트리지, 및 비디오 게임 디바이스에서 발견되는 바와 같은 카트리지 인터페이스, EPROM 또는 PROM 과 같은 제거 가능한 메모리 칩, 홀로그램 저장부와 같은 이머징 저장 매체, 또는 본 기술분야에 알려진 바와 같은 유사한 저장 매체를 포함할 수 있다. 이런 추가적인 메모리(1014)는 컴퓨터(1006)와 물리적으로 일체이거나, 또는 도 10에 도시된 바와 같이 외부에 있거나, 또는 이 모두일 수 있다.
- [0124] 컴퓨터 시스템(1000)은 컴퓨터 프로그램 또는 다른 명령이 로딩되게 하는 다른 유사한 수단을 포함할 수도 있다. 이런 수단은, 예를 들어 소프트웨어 및 데이터가 컴퓨터 시스템(1000)과 외부 시스템 및 네트워크 사이로 전달되게 하는, 통신 인터페이스(1016)를 포함할 수 있다. 통신 인터페이스(1016)의 예는 모뎀, 이더넷 카드와 같은 네트워크 인터페이스, 무선 통신 인터페이스, 또는 직렬이나 병렬 통신 포트를 포함할 수 있다. 통신 인터페이스(1016)를 통해 전달된 소프트웨어 및 데이터는 전자, 음향, 전자기, 광학, 또는 통신 인터페이스(1016)에 의해 수신될 수 있는 다른 신호일 수 있는 신호의 형태이다. 물론 다중 인터페이스도 단일 컴퓨터 시스템(1000) 상에 제공될 수 있다.
- [0125] 컴퓨터(1006)로의 또는 컴퓨터(1006)로부터의 입력 및 출력은 입력/출력(I/O) 인터페이스(1018)에 의해 관리된다. 이런 I/O 인터페이스(1018)는, 다양한 센서로부터의 입력뿐만 아니라, 디스플레이(1002), 키보드(1004A), 외부 디바이스(1008), 및 컴퓨터 시스템(1000)의 다른 부품의 제어를 관리한다. 컴퓨터(1006)는 그래픽 처리 장치(graphic processing unit)(GPU)(1020)를 포함한다. 후자는 수학적 계산을 위해 CPU(1010)의 부속물로서 또는 대체물로서 계산 목적을 위해 사용될 수도 있다.
- [0126] 컴퓨터 시스템(1000)의 다양한 부품들은 서로 직접적으로 또는 적절한 버스에 결합함으로써 결합된다. 여기에 기재되는 바와 같은 플랫폼 안정화 시스템을 위한 제어 시스템에 사용되는 컴퓨터 시스템은 전술한 부품의 일부

를 생략할 수 있음을 인식해야 한다.

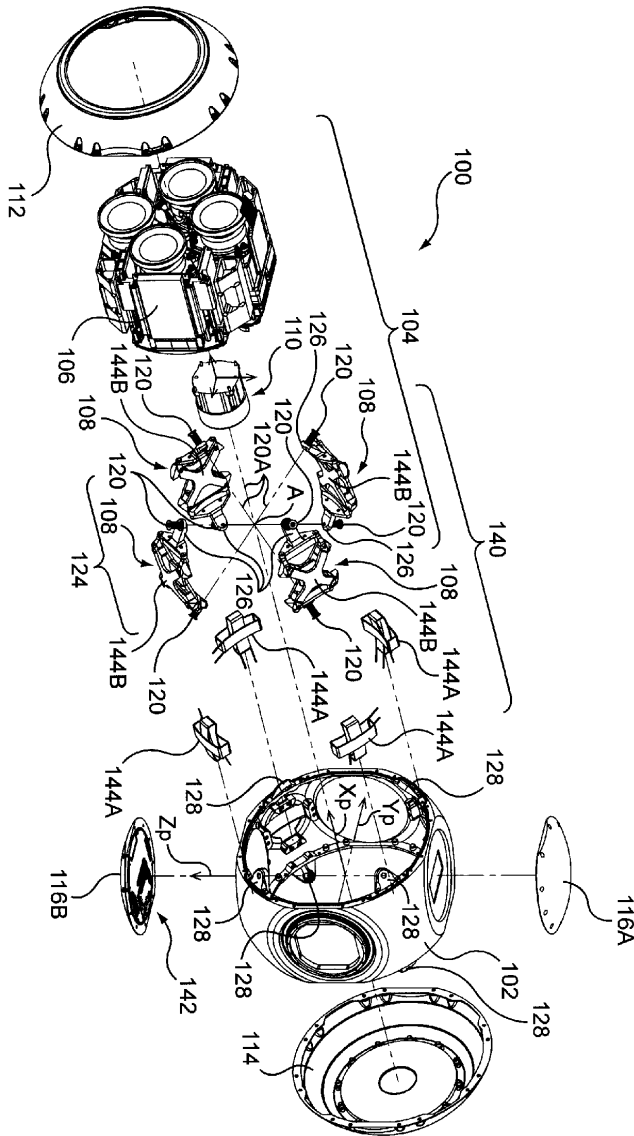
- [0127] 여기에 사용되는 바와 같이 "컴퓨터 시스템"이라는 용어는 임의의 특정한 타입의 컴퓨터 시스템에 제한되지 않으며, 또한 다른 타입의 컴퓨터 시스템뿐만 아니라 서버, 데스크탑 컴퓨터, 랩탑 컴퓨터, 스마트폰과 같은 네트워크로 연결되는 모바일 무선 통신 계산 디바이스, 태블릿 컴퓨터를 포함한다.
- [0128] 본 기술분야의 숙련자에 의해 인식되는 바와 같이, 여기에 기재된 기술의 양태는 시스템, 방법, 또는 컴퓨터 프로그램 제품으로서 구현될 수 있다. 따라서 여기에 기재된 기술의 양태는 완전한 하드웨어 실시예, 완전한 소프트웨어 실시예(펌웨어, 잔류 소프트웨어, 마이크로코드, 등을 포함하는), 또는 모두 일반적으로 여기에서는 "회로", "모듈", 또는 "시스템"으로서 지칭될 수 있는 소프트웨어와 하드웨어 양태를 조합한 실시예의 형태를 취할 수 있다. 또한, 여기에 기재된 기술의 양태는 컴퓨터 판독 가능한 프로그램 코드를 이송하는 하나 또는 그 이상의 컴퓨터 판독 가능한 매체(들)에서 구현되는 컴퓨터 프로그램 제품의 형태를 취할 수 있다.
- [0129] 여기에 기재된 기술의 양태가 컴퓨터 프로그램 제품으로서 실시되었지만, 하나 또는 그 이상의 컴퓨터 판독 가능한 매체(들)의 임의의 조합이 사용될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능한 매체는 컴퓨터 판독 가능한 신호 매체이거나 또는 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체일 수 있다. 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체는 예를 들어 전자, 자기, 광학, 전자기, 적외선, 또는 반도체 시스템, 장치, 또는 디바이스, 또는 전술한 바의 임의의 적절한 조합일 수 있지만, 그러나 이에 제한되지 않는다. 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체의 보다 구체적인 예(비-포괄적인 리스트)는 하나 또는 그 이상의 와이어를 연결하는 전기 연결부, 포터블 컴퓨터 디스켓, 하드 디스크, 랜덤 액세스 메모리(RAM), 판독 전용 메모리(ROM), 소거 가능한 프로그램 가능한 판독 전용 메모리(EPROM 또는 플래시 메모리), 광섬유, 포터블 콤팩트 디스크 판독 전용 메모리(CD-ROM), 광학 저장 디바이스, 자기 저장 디바이스, 또는 전술한 바의 임의의 적절한 조합을 포함할 것이다. 본 발명의 내용에 있어서, 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체는 명령 실행 시스템, 장치, 또는 디바이스에 의해 또는 이와 함께 사용하기 위한 프로그램을 포함하거나 또는 저장하는 임의의 유형 매체일 수 있다. 따라서 여기에 기재되는 기술의 양태를 실시할 수 있는 컴퓨터 판독 가능한 프로그램 코드는 컴퓨터(1006)의 메모리(1012)에, 또는 컴퓨터(1006)의 외부에 있는 컴퓨터 사용 가능한 또는 컴퓨터 판독 가능한 매체 상에, 또는 그 임의의 조합에 포함되거나 저장될 수 있다.
- [0130] 컴퓨터 판독 가능한 신호 매체는 여기에 구현되는 컴퓨터 판독 가능한 프로그램 코드로, 예를 들어 기저대역에서 또는 반송파의 부분으로서 전파된 데이터 신호를 포함할 수 있다. 이런 전파된 신호는 전자기, 광학, 또는 그 임의의 적절한 조합을 포함하는, 그러나 이에 제한되지 않는, 임의의 다양한 형태를 취할 수 있다. 컴퓨터 판독 가능한 신호 매체는 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체가 아니며 또한 명령 실행 시스템, 장치, 또는 디바이스에 의해 또는 이와 함께 사용하기 위한 프로그램을 통신, 전파, 또는 이송할 수 있는 임의의 컴퓨터 판독 가능한 매체일 수 있다.
- [0131] 컴퓨터 판독 가능한 매체 상에 구현되는 프로그램 코드는 무선, 유선, 광섬유 케이블, 무선주파수, 등을 포함하지만 그러나 이에 제한되지 않는 임의의 적절한 매체, 또는 전술한 바의 임의의 적절한 조합을 사용하여 전달될 수 있다. 여기에 기재되는 기술의 양태를 위한 작동을 실시하기 위한 컴퓨터 프로그램 코드는 목적 지향형 프로그래밍 언어 및 통상적인 처리 프로그래밍 언어를 포함하는, 하나 또는 그 이상의 프로그래밍 언어의 임의의 조합으로 기재될 수 있다. 상기 프로그램 코드는 완전히 사용자의 컴퓨터 상에서, 부분적으로 사용자의 컴퓨터 상에서, 독립형 소프트웨어 패키지로서, 부분적으로 사용자의 컴퓨터 상에서 그리고 부분적으로 원격 컴퓨터 상에서 또는 완전히 원격 컴퓨터 또는 서버 상에서 실행될 수 있다. 후자의 경우에, 원격 컴퓨터는 로컬 에어리어 네트워크(LAN), 또는 와이어 에어리어 네트워크(WAN)를 포함하는 임의의 타입의 네트워크를 통해 사용자의 컴퓨터에 연결될 수 있거나, 또는 외부 컴퓨터(예를 들어, 인터넷 서비스 프로바이더를 사용하는 인터넷을 통해)로의 연결이 이루어질 수 있다.
- [0132] 마지막으로, 여기에 사용되는 기술용어는 단지 특별한 실시예를 기재하기 위한 것이며, 제한적인 것으로는 의도되지 않는다. 여기에 사용되는 바와 같이, 단수 형태 "하나의(a)", "하나의(an)"는 문맥 상 다른 것을 명확하게 나타내지 않는 한 복수 형태도 포함하는 것으로 의도된다. 또한, "포함하다(comprise)" 및/또는 "포함하는(comprising)"이라는 용어는 명세서에 사용되었을 때 언급된 특징부, 정수, 단계, 작동, 요소, 및/또는 부품의 존재를 특정하지만, 그러나 하나 또는 그 이상의 다른 특징부, 정수, 단계, 작동, 요소, 부품, 및/또는 그 그룹의 존재 또는 추가를 배제하지 않음을 인식해야 한다.
- [0133] 이하의 청구범위의 대응하는 구조물, 재료, 동작, 및 모든 수단 또는 단계 플러스 기능 요소는 특정하게 청구하는 바와 같이 다른 청구된 요소와 조합하여 기능을 수행하기 위한 임의의 구조물, 재료, 또는 동작을 포함하는 것으로 의도된다. 설명은 단지 도시 및 예시를 위해서 제시되었지만, 그러나 기재된 형태에 포괄적이거나 또는

제한되는 것으로 의도되지 않는다. 청구범위의 범주로부터의 일탈 없이 본 기술분야의 숙련자에게 많은 수정 및 변경이 명백할 것이다. 실시예는 기술 및 실제 적용의 원리를 가장 잘 설명하기 위해, 그리고 본 기술분야의 숙련자가 예상되는 특별한 사용에 적합한 다양한 수정을 구비한 다양한 실시예를 위한 기술을 이해할 수 있도록 선택되고 기재되었다.

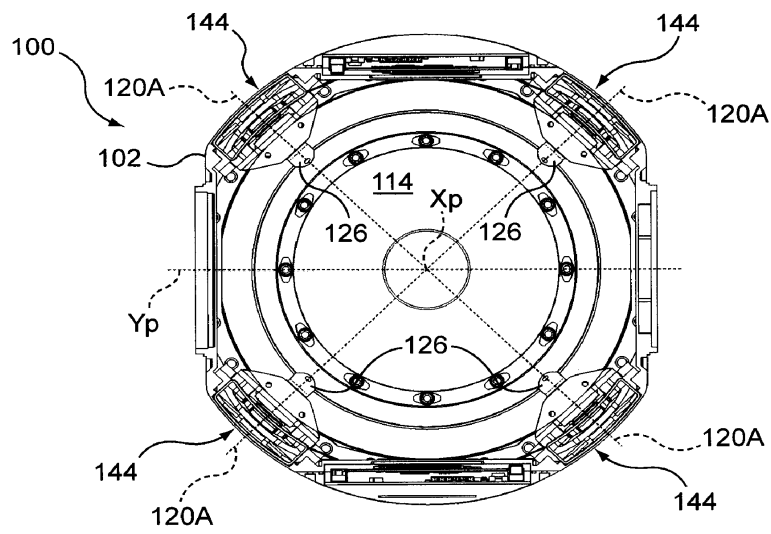
[0134] 현재 바람직한 여러 개의 실시예가 예로서 기재되었다. 본 기술분야의 숙련자라면 청구범위에 한정된 바와 같은 발명의 범주로부터의 일탈 없이 많은 변형 및 수정이 이루어질 수 있음이 명백할 것이다.

도면

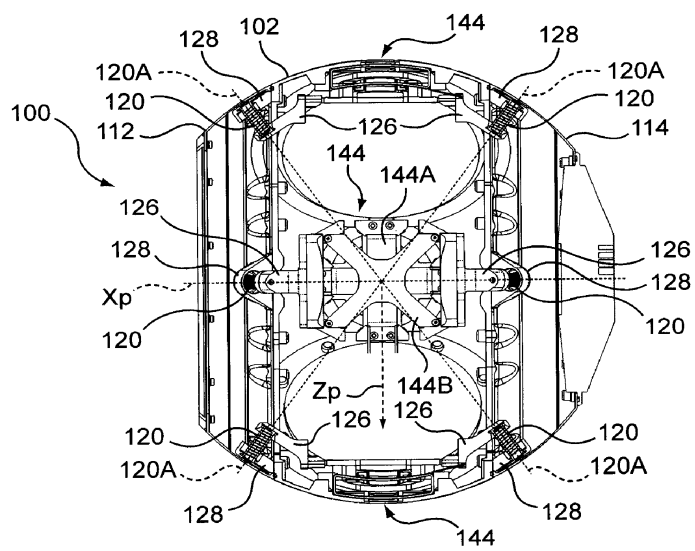
도면1



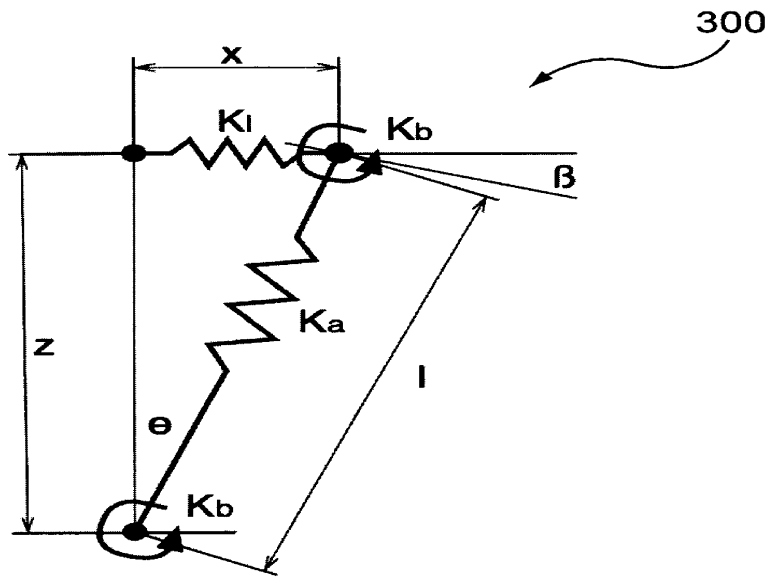
도면2a



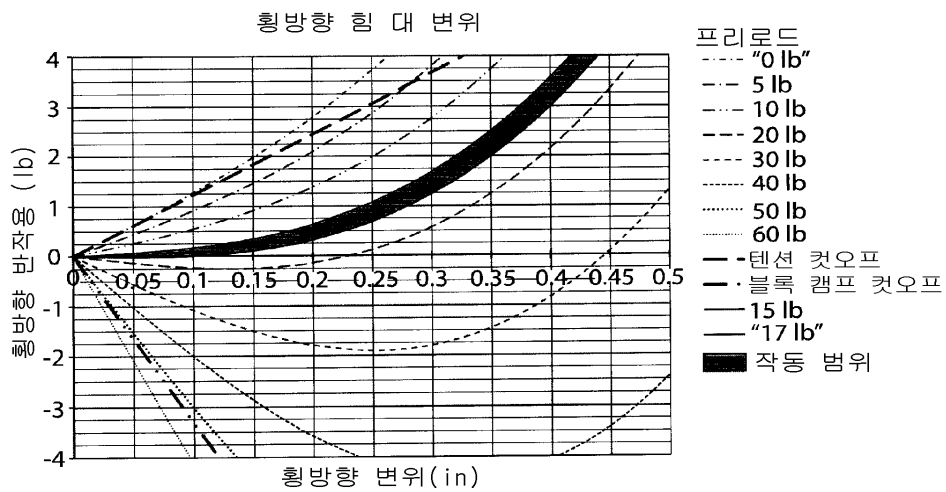
도면 2b



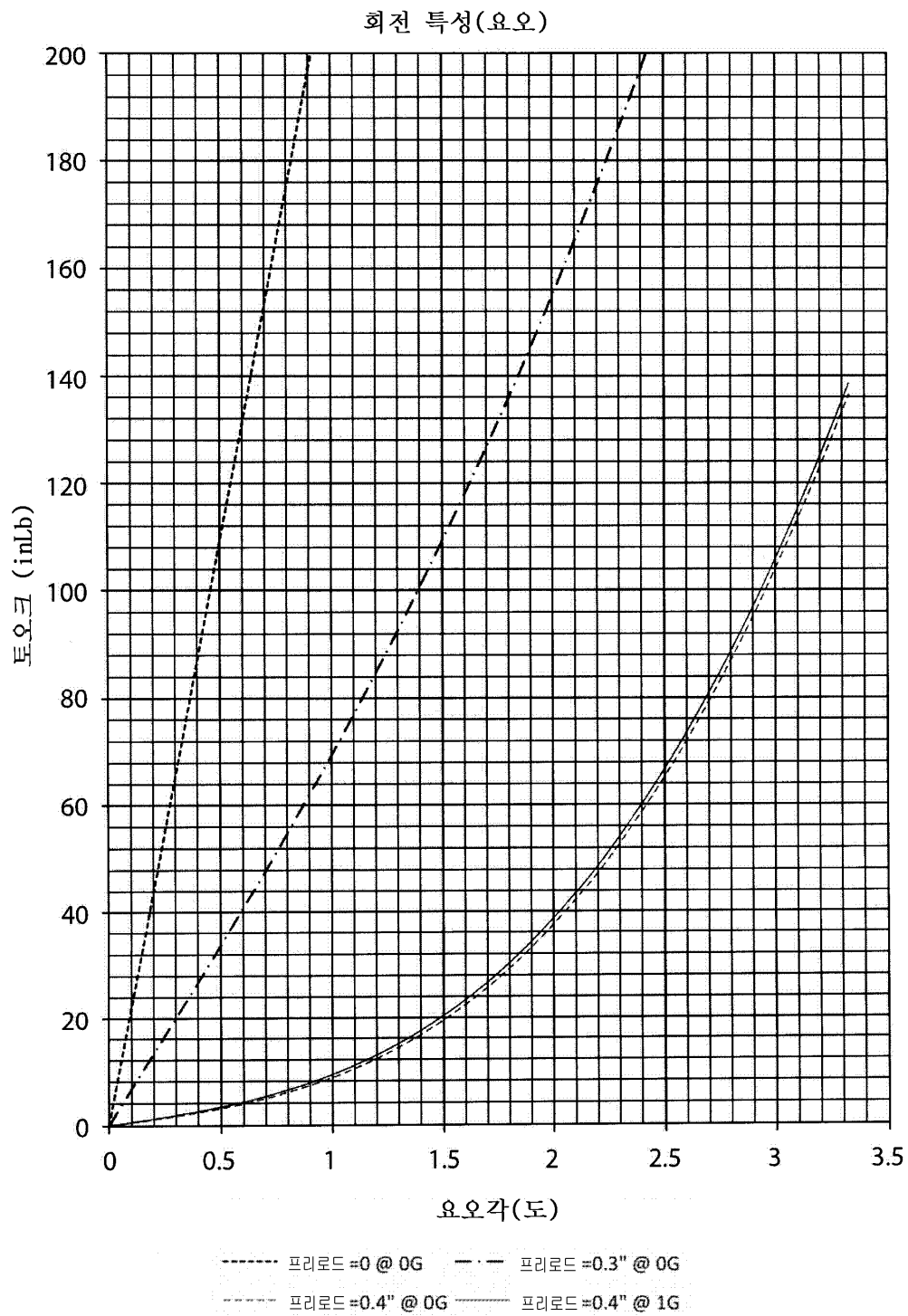
도면3a



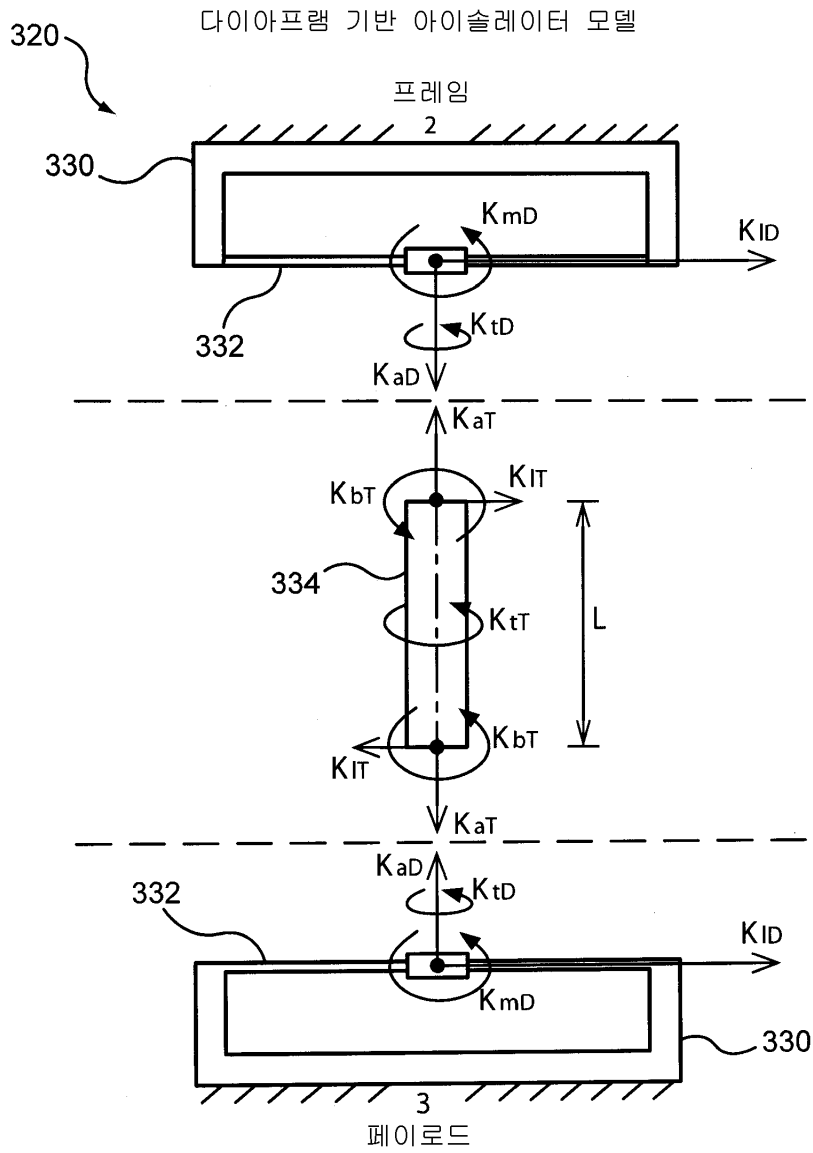
도면3b



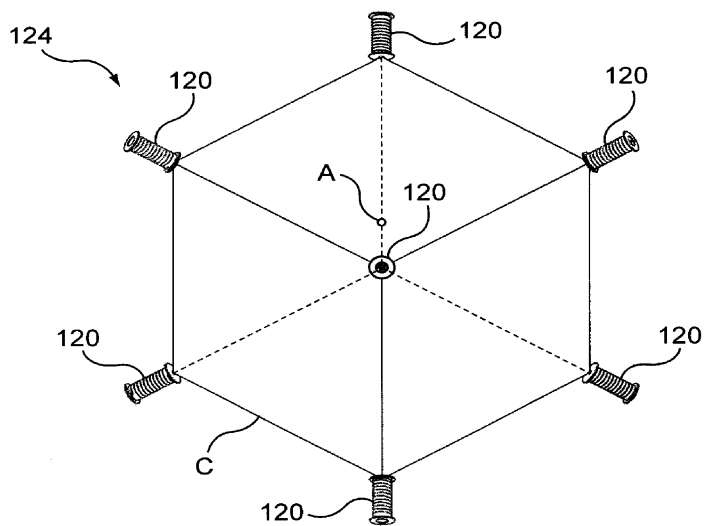
도면3c



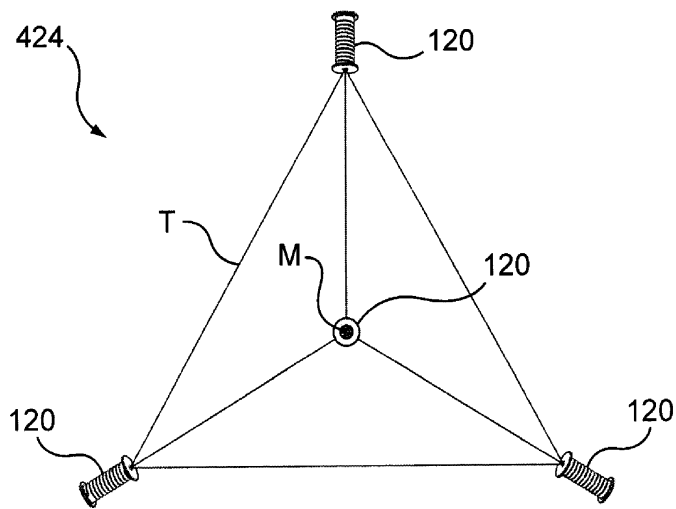
도면3d



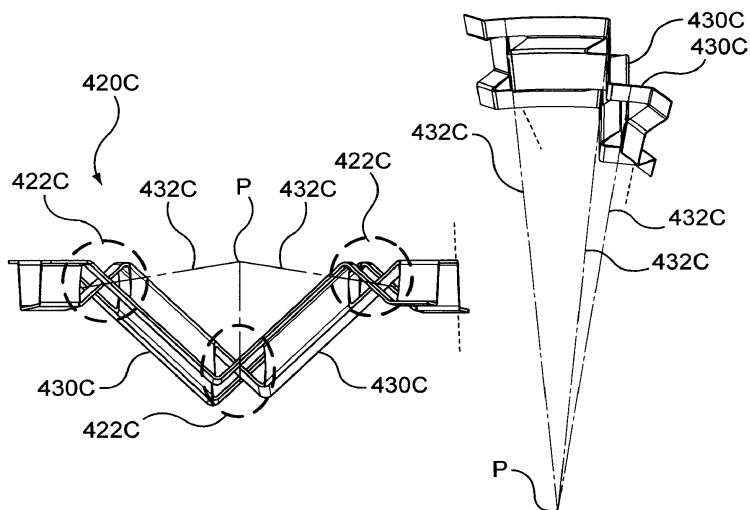
도면4a



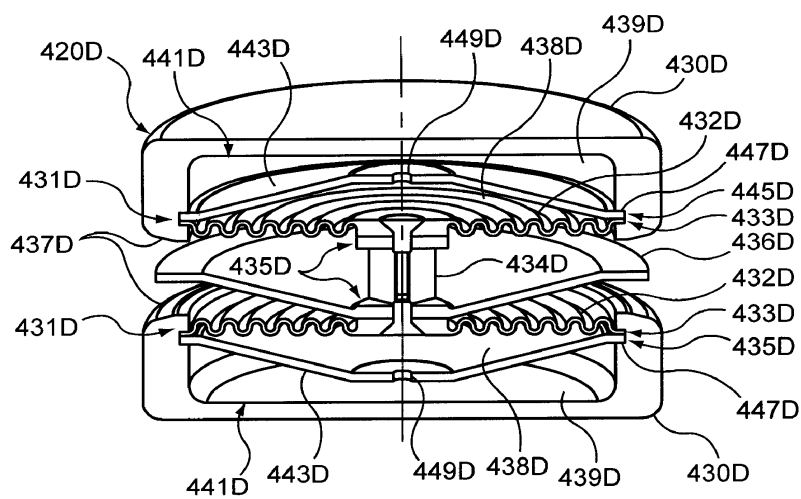
도면4b



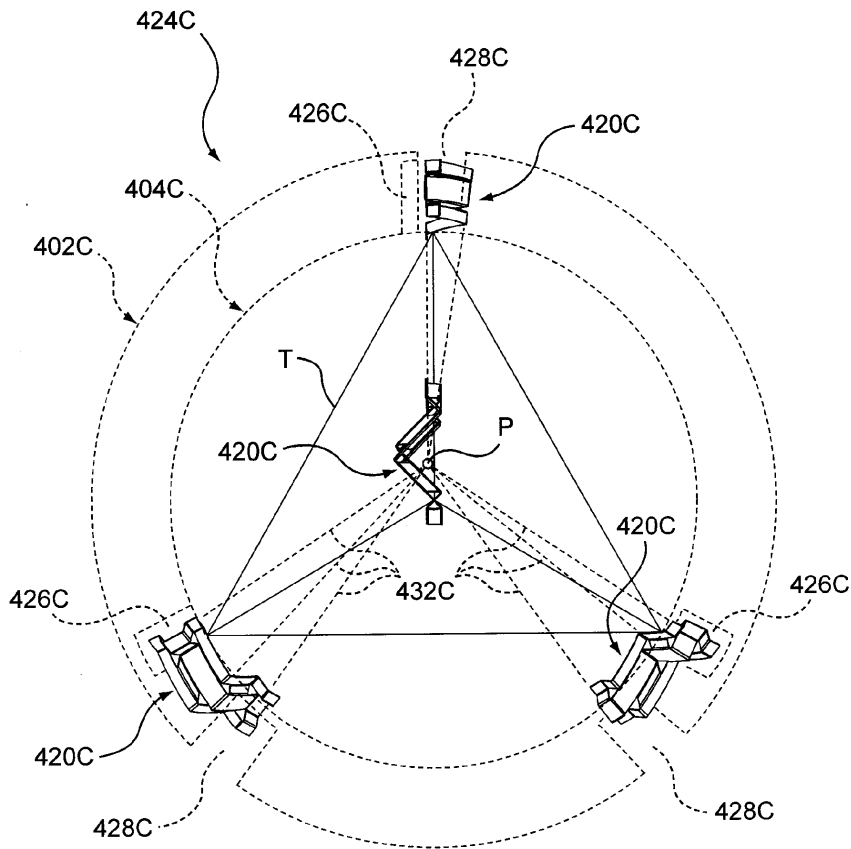
도면4c



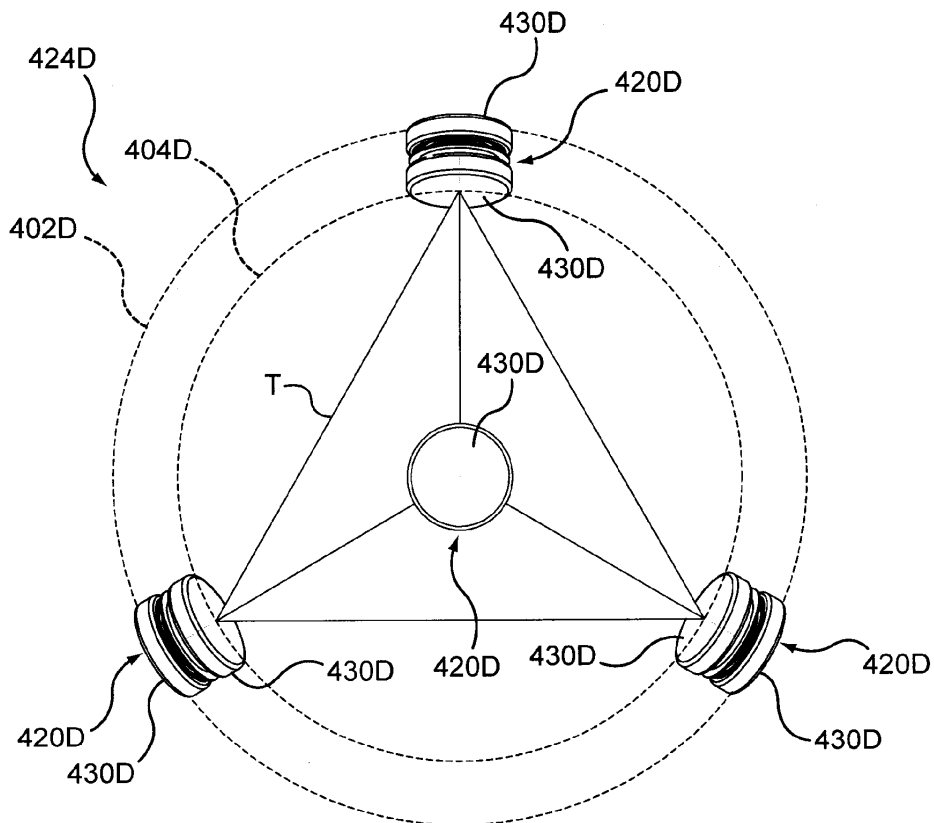
도면4d



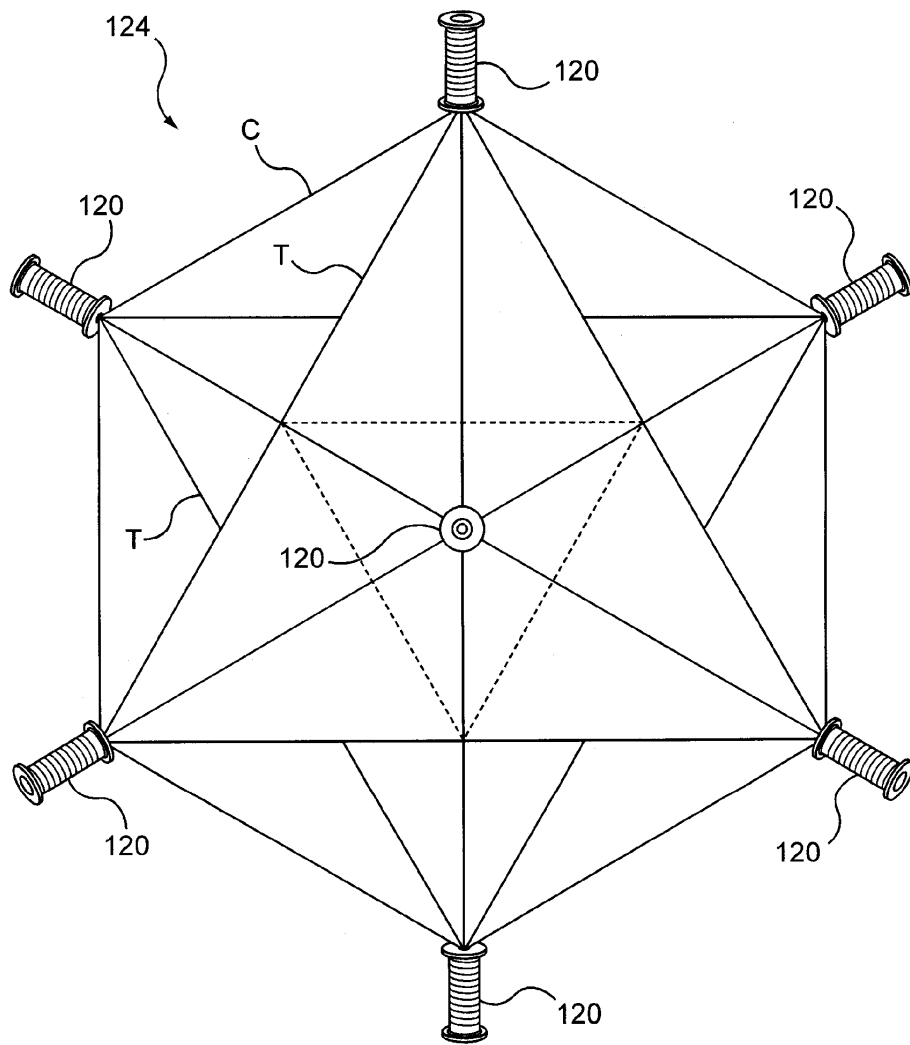
도면4e



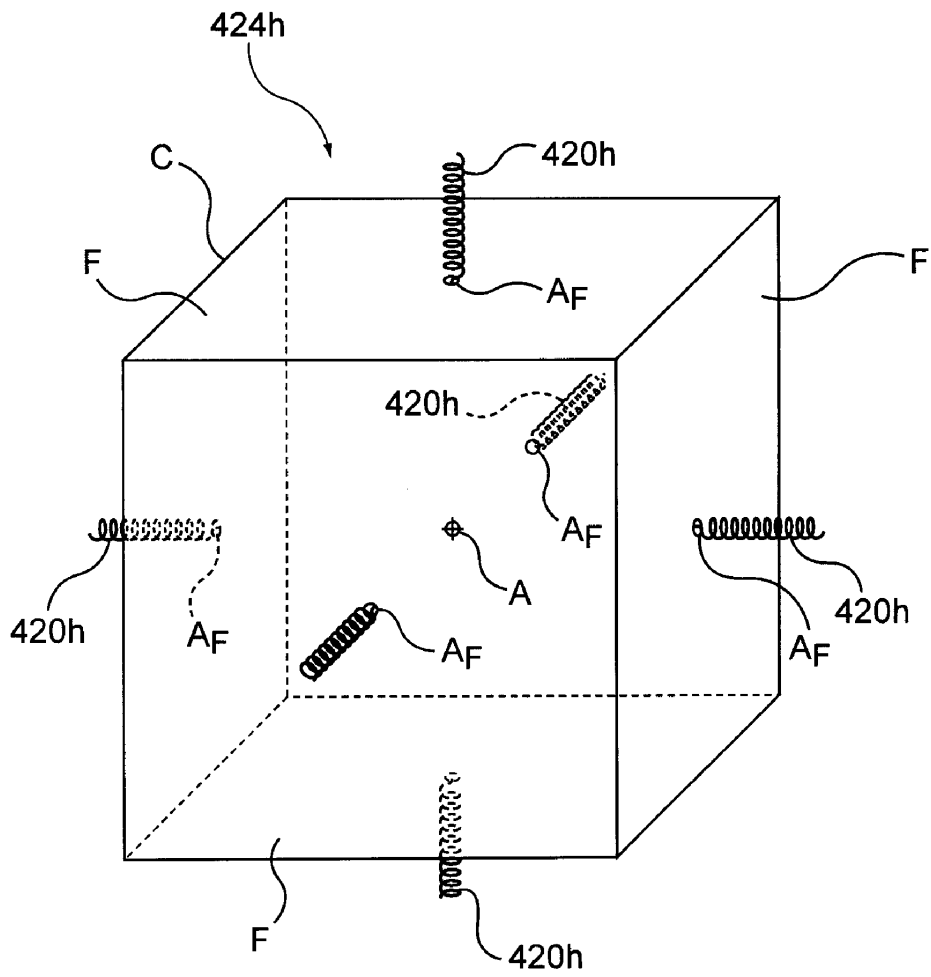
도면4f



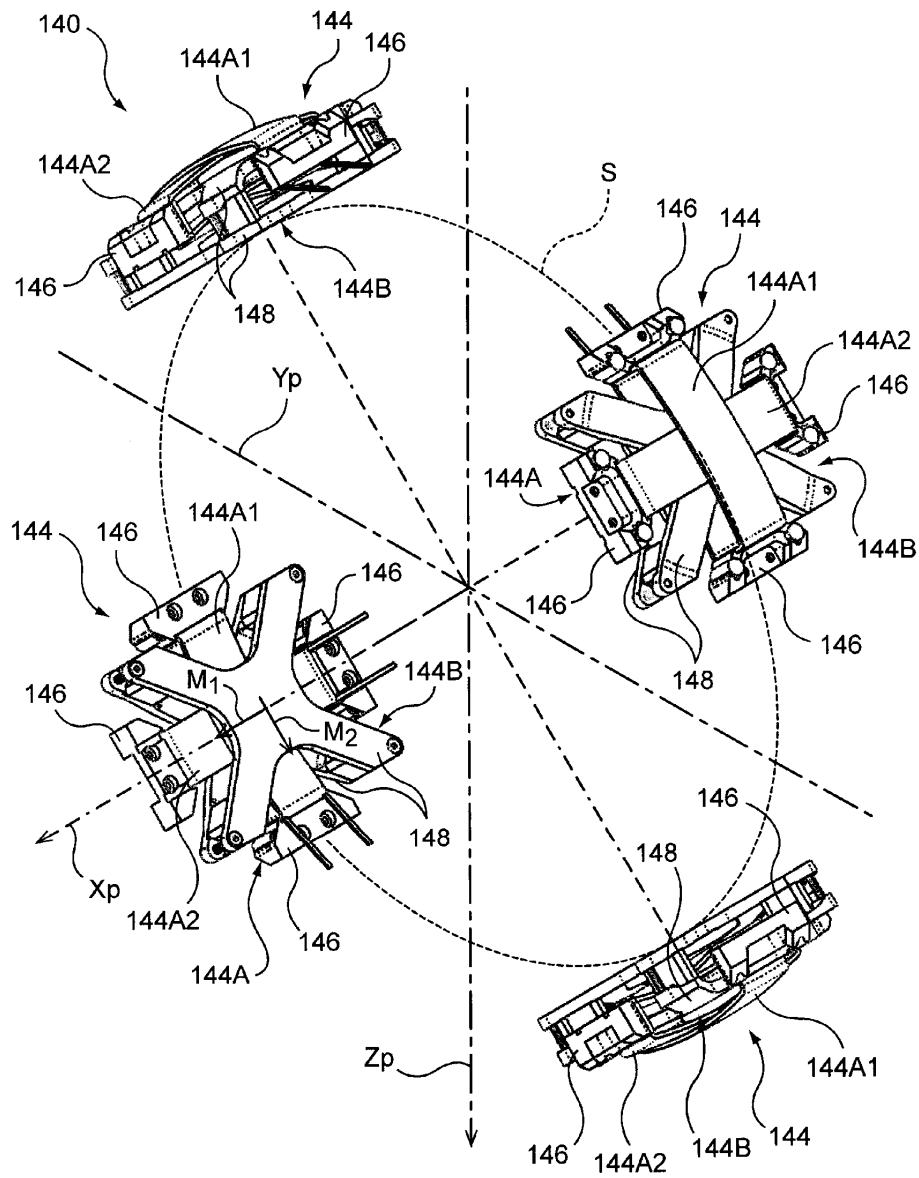
도면4g



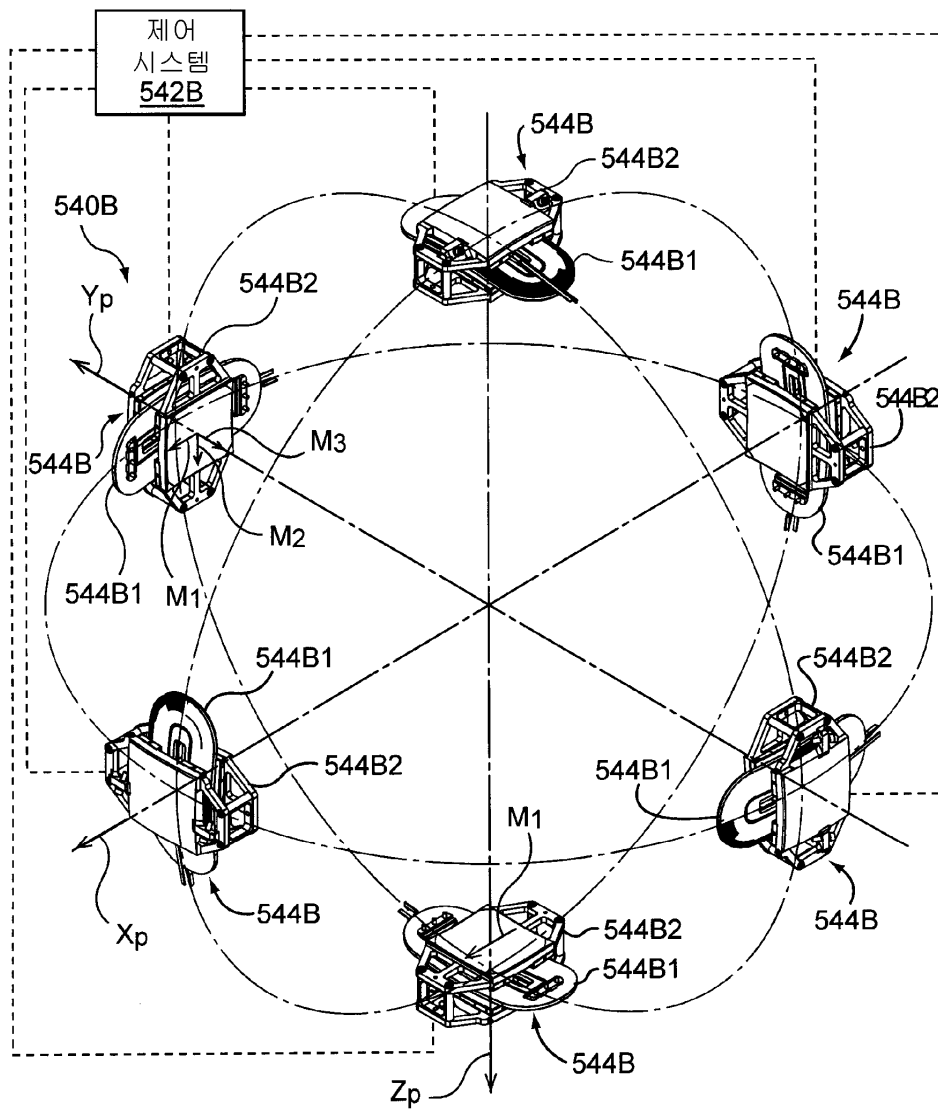
도면4h



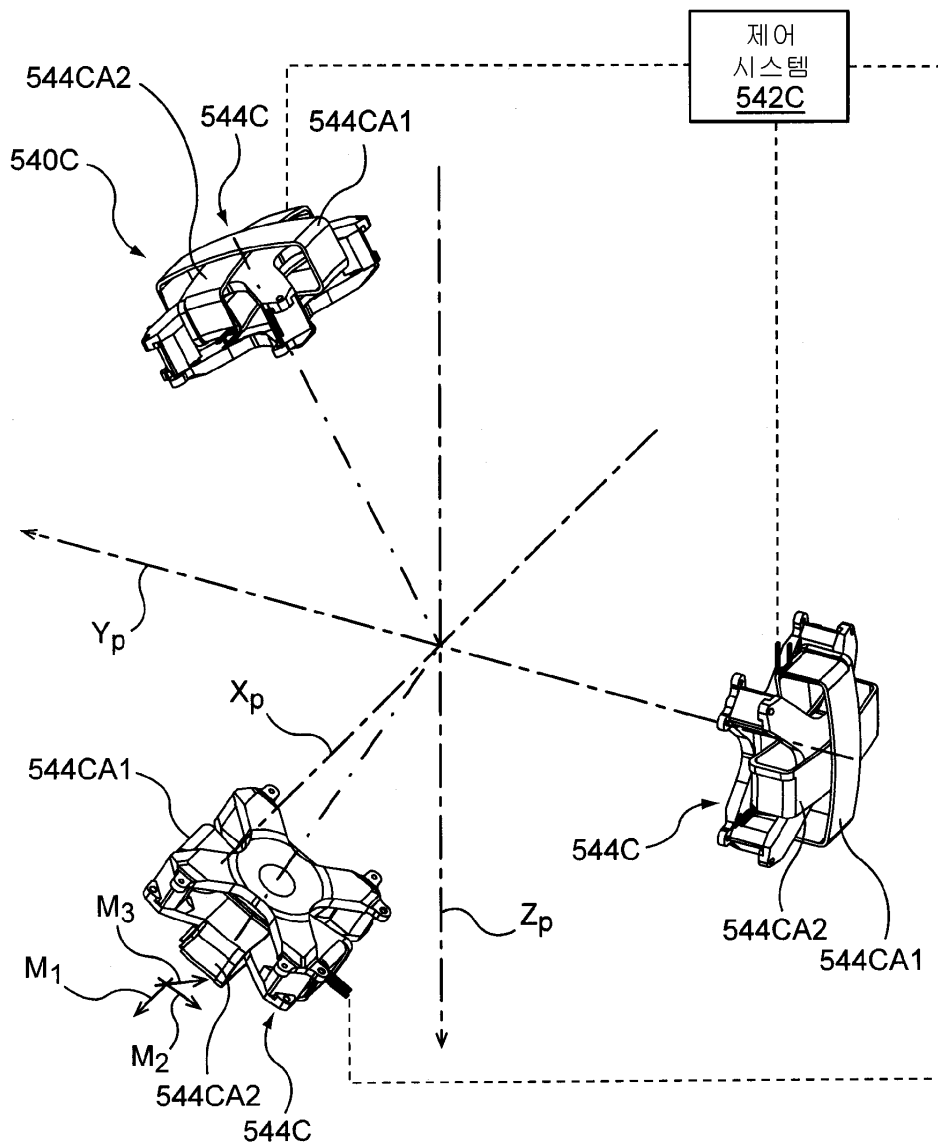
도면5a



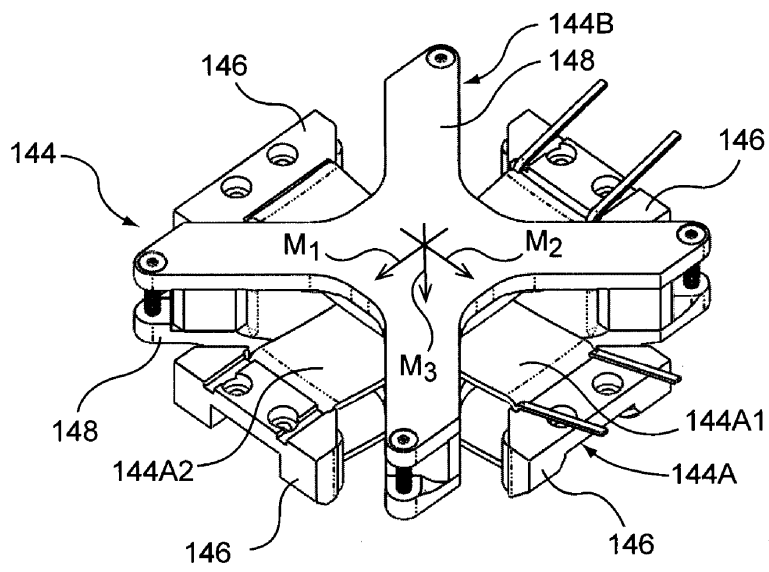
도면5b



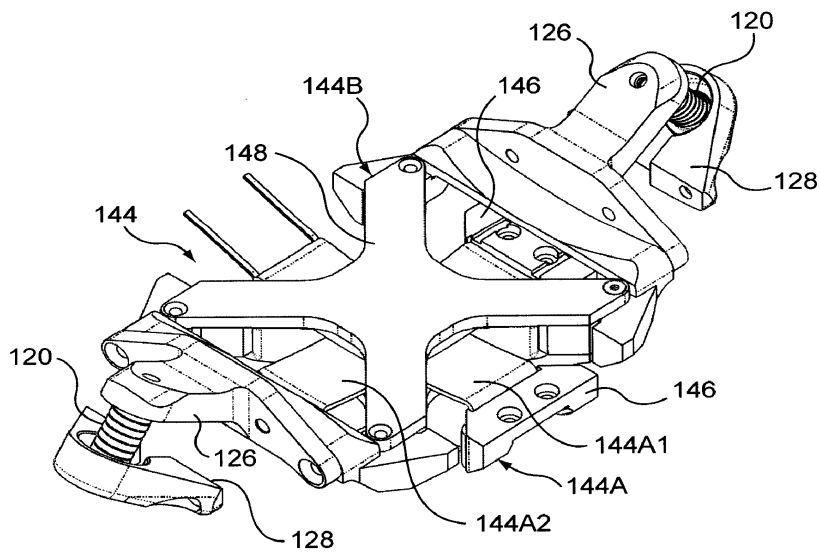
도면5c



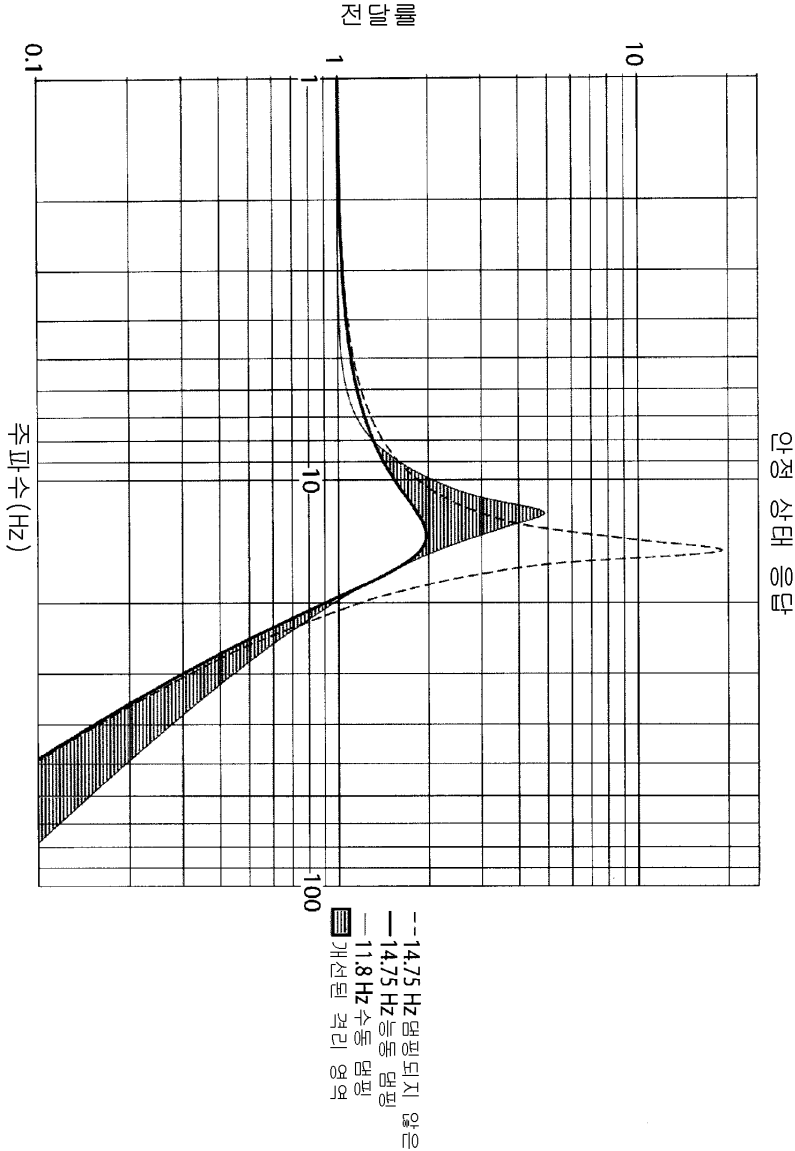
도면6a



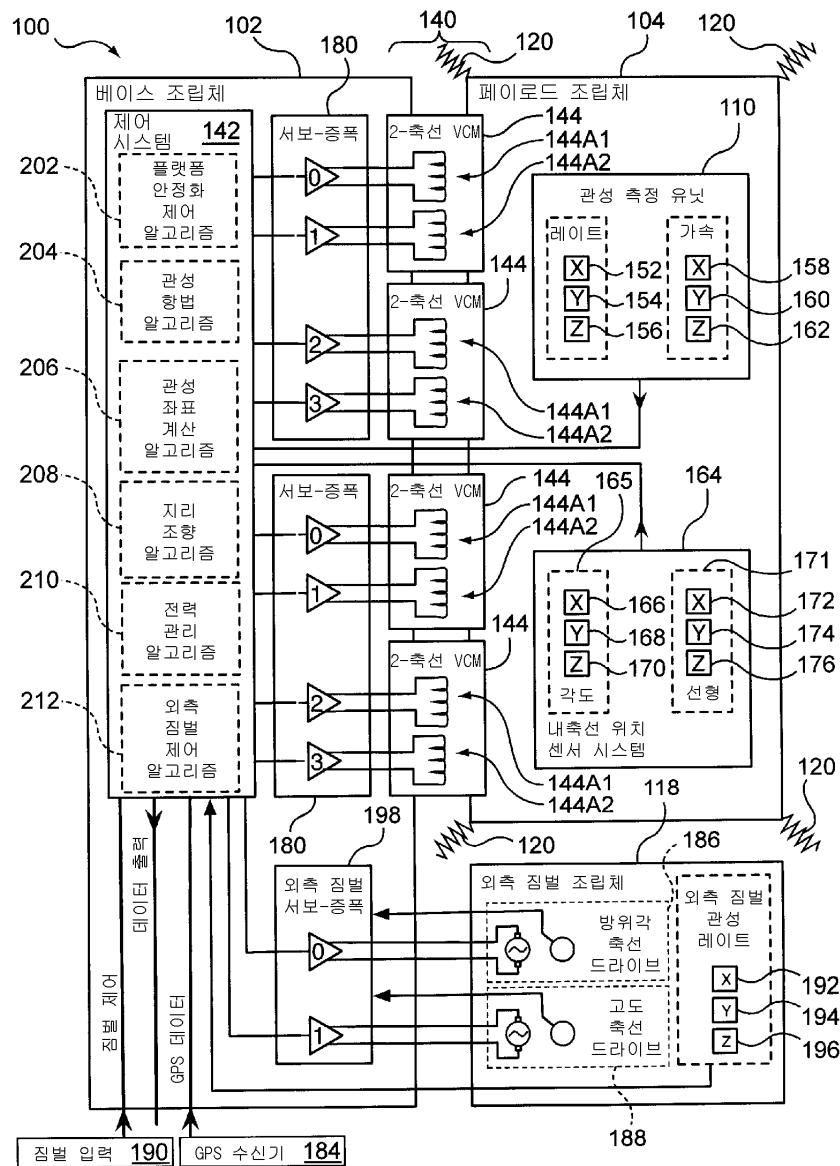
도면6b



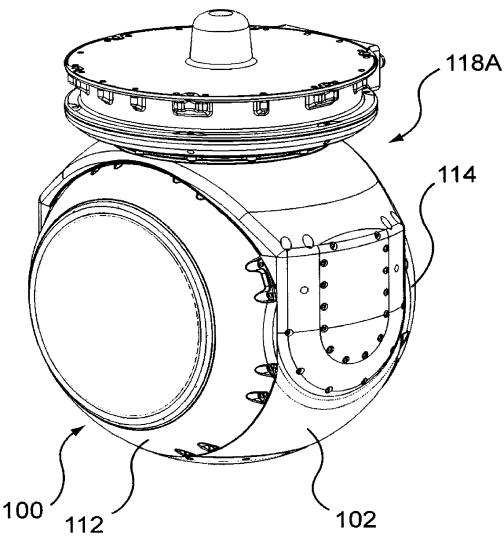
도면7



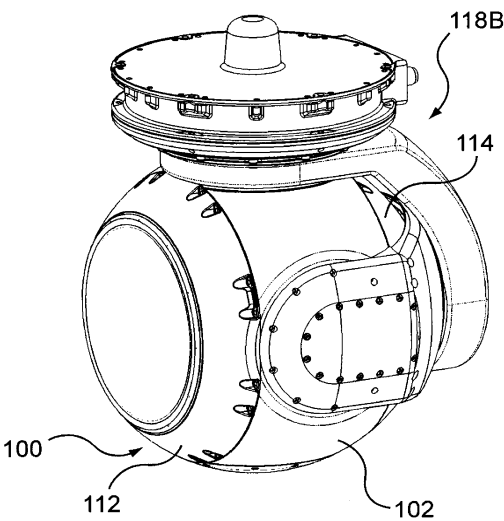
도면8



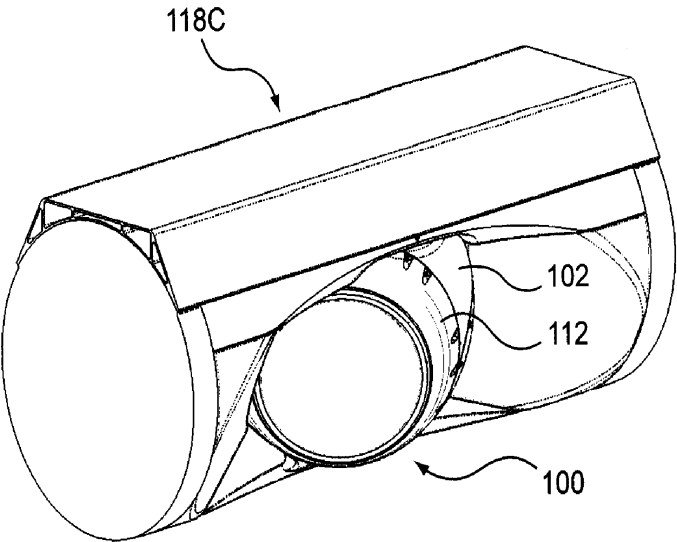
도면9a



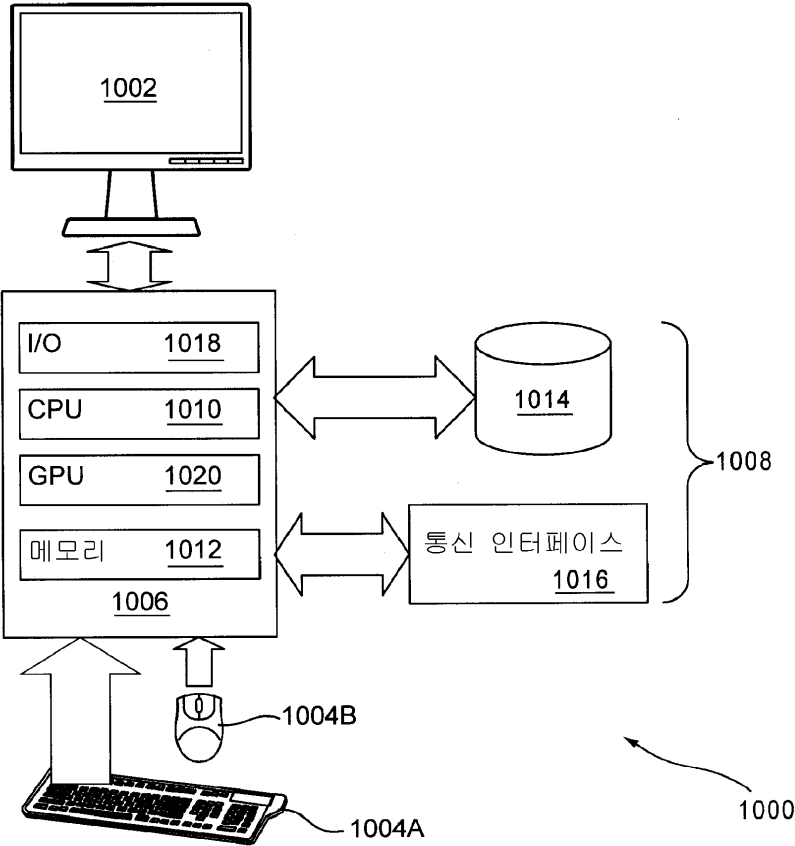
도면9b



도면9c



도면10



-종래기술-