



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년12월04일  
(11) 등록번호 10-2187304  
(24) 등록일자 2020년11월30일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
B25J 19/00 (2006.01) B25J 5/00 (2006.01)  
B25J 9/10 (2006.01) B25J 9/12 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
B25J 19/0095 (2013.01)  
B25J 19/002 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2019-0060737  
(22) 출원일자 2019년05월23일  
심사청구일자 2019년05월23일  
(65) 공개번호 10-2020-0008943  
(43) 공개일자 2020년01월29일  
(30) 우선권주장  
1020180082952 2018년07월17일 대한민국(KR)  
(56) 선행기술조사문헌  
JP2011226831 A  
KR100919670 B1  
KR101506580 B1  
KR101135692 B1

(73) 특허권자  
세종대학교산학협력단  
서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)  
(72) 발명자  
곽관용  
서울특별시 서초구 신반포로23길 41, 101동 502호 (잠원동, 신반포2지구아파트)  
윤수용  
서울특별시 광진구 광나루로14길 27-5, 502호 (화양동)  
이우상  
서울특별시 관악구 난곡로64가길 41(신림동)  
(74) 대리인  
홍동우

전체 청구항 수 : 총 17 항

심사관 : 양지환

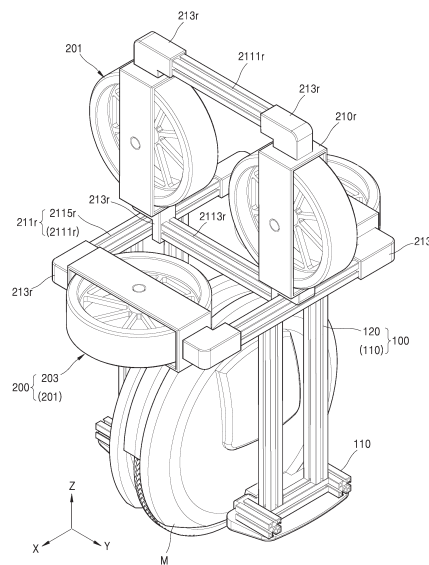
(54) 발명의 명칭 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트

(57) 요약

본 발명은 자가 균형 탑승 로봇(M)을 안정성을 시험하기 위한 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트(10)로서, 자가 균형 탑승 로봇에 위치 고정되어 탑재 가능한 유니트 바디(100)와, 상기 유니트 바디(100)에 장착되고 회전 가능하여 모멘트 변화를 통한 무게 중심 변화를 유발하는 모듈 플라이 휠(217)을 구비하는 가변 모멘트 롤 모듈(20

(뒷면에 계속)

대표도 - 도38



3)을 포함하는 가변 모멘트 모듈(200)과, 상기 모듈 플라이 휠(217)을 회전 내지 위치 변화시켜 모멘트 변화를 형성하는 구동력을 제공하는 모멘트 구동부(300)를 포함하고, 상기 유니트 바디(100)는: 자가 균형 탑승 로봇(M)의 탑승자 발판에 위치 고정 탑재되는 베이스 바디(110)와, 상기 베이스 바디(110)의 단부에 연결 배치되고 상기 가변 모멘트 롤 모듈(200)이 장착되는 프레임 바디(120)를 포함하고, 상기 가변 모멘트 롤 모듈(203)은, 자가 균형 탑승 로봇(M)의 지면 수직 기립 상태에 대하여 상기 프레임 바디(120)에 지면에 수평한 축을 중심으로 상기 모듈 플라이 휠(217)을 회동 가능하도록 지지하는 모멘트 모듈 프레임부(210r)를 포함하는 것을 특징으로 하는 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트(10)를 제공한다.

(52) CPC특허분류

*B25J 5/007* (2013.01)

*B25J 9/102* (2013.01)

*B25J 9/104* (2013.01)

*B25J 9/126* (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1415158280
부처명	산업통상자원부
과제관리(전문)기관명	한국산업기술평가관리원
연구사업명	로봇산업핵심기술개발(R&D)
연구과제명	개인지원 로봇의 안전성(ISO 13482) 인증을 위한 시험평가 기술 및 인증 프로세스
통합 플랫폼 개발	
기 여 율	1/1
과제수행기관명	세종대학교산학협력단
연구기간	2018.01.01 ~ 2018.12.31
공지예외적용	: 있음

---

**명세서**

**청구범위**

**청구항 1**

자가 균형 탑승 로봇(M)을 안정성을 시험하기 위한 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트(10)로서,  
 자가 균형 탑승 로봇에 위치 고정되어 탑재 가능한 유니트 바디(100)와,  
 상기 유니트 바디(100)에 장착되고 회전 가능하여 모멘트 변화를 통한 무게 중심 변화를 유발하는 모듈 플라이 휠(217)을 구비하는 가변 모멘트 롤 모듈(203)을 포함하는 가변 모멘트 모듈(200)과,  
 상기 모듈 플라이 휠(217)을 회전 내지 위치 변화시켜 모멘트 변화를 형성하는 구동력을 제공하는 모멘트 구동부(300)를 포함하고,  
 상기 유니트 바디(100)는: 자가 균형 탑승 로봇(M)의 탑승자 발판에 위치 고정 탑재되는 베이스 바디(110)와,  
 상기 베이스 바디(110)의 단부에 연결 배치되고 상기 가변 모멘트 롤 모듈(200)이 장착되는 프레임 바디(120)를 포함하고,  
 상기 가변 모멘트 롤 모듈(203)은, 자가 균형 탑승 로봇(M)의 지면 수직 기립 상태에 대하여 상기 프레임 바디(120)에 지면에 수평한 축을 중심으로 상기 모듈 플라이 휠(217)을 회동 가능하도록 지지하는 모멘트 모듈 프레임부(210r)를 포함하는 것을 특징으로 하는 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트(10).

**청구항 2**

제 1항에 있어서,  
 상기 모멘트 모듈 프레임부(210r)는:  
 상기 프레임 바디(120)에 위치 고정 배치되는 모듈 프레임 베이스(211r)와,  
 상기 모듈 프레임 베이스(211r)와 연결되고, 상기 모듈 플라이 휠(217)을 축회동 가능한 공간을 허용하여 배치되는 모듈 프레임 샤프트 바디(213r)를 포함하는 것을 특징으로 하는 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트(10).

**청구항 3**

제 2항에 있어서,  
 상기 가변 모멘트 롤 모듈(203)은:  
 상기 모듈 프레임 샤프트 바디(213r)에 회동 가능하게 배치되고 상기 모듈 프레임 샤프트 바디(213r)에 대하여 축회동 가능하게 배치되는 모듈 로테이션 샤프트(219)와,  
 상기 모듈 플라이 휠(217)을 포함하고, 상기 모멘트 로테이션 샤프트(219)에 상대 회동 고정되도록 연결되고 상기 모듈 플라이 휠(217)이 가동 가능하게 배치되는 모듈 로테이션 바디(215)를 포함하는 모멘트 모듈 로테이션부(214)를 포함하는 것을 특징으로 하는 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트(10).

**청구항 4**

제 3항에 있어서,  
 상기 모멘트 구동부(300)는:  
 상기 모멘트 로테이션 샤프트(219)와 연결되어 구동력을 제공하여 상기 모멘트 모듈 로테이션부(214)를 가동시키는 프레임 샤프트 구동부(310)를 포함하는 것을 특징으로 하는 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트(10).

**청구항 5**

제 4항에 있어서,

상기 프레임 샤프트 구동부(310)는:

상기 모멘트 모듈 프레임부(210r)에 위치 고정되어 장착되는 프레임 샤프트 구동 모터(311)와,

상기 프레임 샤프트 구동 모터(311)와 연결되어 구동 속도를 변화시키는 프레임 샤프트 감속기(313)와,

상기 프레임 샤프트 감속기(313) 및 상기 모멘트 로테이션 샤프트(219) 사이에 배치되어 양자를 연결시키는 프레임 샤프트 전달부(315)를 포함하는 것을 특징으로 하는 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트(10).

#### 청구항 6

제 3항에 있어서,

상기 모멘트 모듈 로테이션 바디(215)는:

상기 모듈 플라이 휠(217)을 가동 가능하게 수용하는 로테이션 메인 바디(2151)와,

상기 로테이션 메인 바디(2151)의 단부와 연결되어 상기 모듈 플라이 휠(217)이 배치되는 공간을 구획하는 로테이션 커버 바디(2153)와,

상기 모듈 플라이 휠(217)이 상기 로테이션 커버 바디(2153)에 대하여 상대 회동 가능하게 상기 모듈 플라이 휠(217) 측 및 상기 로테이션 커버 바디(2153) 측에 연결 배치되는 로테이션 플라이휠 베어링(218)를 포함하는 것을 특징으로 하는 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트(10).

#### 청구항 7

제 6항에 있어서,

상기 로테이션 커버 바디(2153)와 상기 로테이션 플라이 휠 베어링(218) 사이에는 로테이션 커버 베어링 픽서(2158)가 배치되고

상기 모듈 플라이 휠(217)과 상기 로테이션 플라이 휠 베어링(218) 사이에는 로테이션 플라이 휠 픽서(2159)가 배치되는 것을 특징으로 하는 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트(10).

#### 청구항 8

제 7항에 있어서,

상기 모멘트 구동부(300)는:

상기 모멘트 모듈 로테이션 바디(215)에 배치되고 상기 모멘트 모듈 로테이션 바디(215)의 내부에 배치되는 상기 모듈 플라이 휠(217)과 연결되어 구동력을 제공하여 상기 모듈 플라이 휠(217)을 회동시키는 로테이션 구동부(320)를 포함하는 것을 특징으로 하는 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트(10).

#### 청구항 9

제 8항에 있어서,

상기 로테이션 구동부(320)는:

상기 모멘트 모듈 로테이션 바디(215)에 위치 고정되어 장착되고 상기 모듈 플라이 휠(217)과 연결되는 로테이션 구동 모터(321)를 포함하는 것을 특징으로 하는 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트(10).

#### 청구항 10

제 9항에 있어서,

상기 로테이션 구동부(320)는:

일단은 상기 모듈 플라이 휠(217)의 상기 로테이션 구동 모터(321)와 연결되는 축의 타측에 배치되고, 타단은 상기 모멘트 모듈 로테이션 바디(215)에 회동 가능하게 연결되는 로테이션 서포트 샤프트(325)를 포함하는 것을 특징으로 하는 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트(10).

#### 청구항 11

제 10항에 있어서,

상기 로테이션 구동부(320)는:

상기 로테이션 구동 모터(321)와 상기 로테이션 서포트 샤프트(325) 사이에 배치되고 양측을 연결하는 로테이션 커플링(323)이 더 포함하는 것을 특징으로 하는 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트(10).

**청구항 12**

제 1항에 있어서,

상기 모듈 플라이 휠(217)은:

상기 모멘트 구동부(300) 측에 연결되어 회동 구동력을 제공받는 플라이 휠 허브(2172)와,

상기 플라이 휠 허브(2172)와 연결되되 상기 플라이 휠 허브(2172)로부터 방사 상으로 배치되는 복수 개의 플라이 휠 스포크(2173)와,

상기 플라이 휠 허브(2172)와 동축으로 상기 플라이 휠 허브(2172)의 외주에 배치되고 상기 플라이 휠 스포크(2173)를 통하여 상기 플라이 휠 허브(2172)와 연결되는 플라이 휠 림(2171)과,

상기 플라이 휠 스포크(2173)를 따라 가동 가능한 플라이 휠 웨이트 슬라이드(21745)를 포함하는 플라이 휠 웨이트부(2174)를 구비하는 것을 특징으로 하는 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트(10).

**청구항 13**

제 12항에 있어서,

상기 플라이 휠 웨이트부(2174)는:

상기 플라이 휠 웨이트 슬라이드(21745)에 배치 가능한 플라이 휠 웨이트(21743)과,

상기 플라이 휠 스포크(2173)와 평행하게 배치되고 상기 플라이 휠 웨이트(21743)가 길이를 따라 가동 가능하게 배치되는 플라이 휠 웨이트 가이드(21740)와,

상기 플라이 휠 웨이트 가이드(21740)의 길이 상으로 상기 플라이 휠 웨이트(21743)의 전후로 배치되는 플라이 휠 웨이트 탄성부(21741)를 포함하는 것을 특징으로 하는 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트(10).

**청구항 14**

제 13항에 있어서,

상기 플라이 휠 스포크(2173)는 복수 개가 각분할 배치되는 것을 특징으로 하는 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트(10).

**청구항 15**

제 1항에 있어서,

상기 모듈 플라이 휠(217)은 평상시 지면에 수평하게 짝수 개가 배치되는 것을 특징으로 하는 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트(10).

**청구항 16**

제 15항에 있어서,

상기 가변 모멘트 모듈(200)은 상기 유니트 바디(100)에 장착되고 회전 가능하여 모멘트 변화를 통한 무게 중심 변화를 유발하고 평상시 상기 가변 모멘트 롤 모듈(203)와 수직하게 배치되는 모듈 플라이 휠(217)을 구비하는 가변 모멘트 피치 모듈(201)을 포함하고,

상기 가변 모멘트 피치 모듈(201)의 모듈 플라이 휠은 짝수 개가 배치되는 것을 특징으로 하는 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트(10).

**청구항 17**

제 1항에 있어서,

상기 가변 모멘트 모듈(200)은, 상기 유니트 바디(100)에 장착되고 회전 가능하여 모멘트 변화를 통한 무게 중심 변화를 유발하고 자가 균형 탑승 로봇(M)의 지면 수직 기립 상태에 대하여 상기 프레임 바디(120)에 지면에 수직인 축을 중심으로 회동 가능한 모듈 플라이 휠(217)을 구비하는 가변 모멘트 피치 모듈(201)을 더 포함하는 것으 특징으로 하는 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트(10).

### 발명의 설명

#### 기술 분야

[0001] 본 발명은 테스트 유니트에 대한 것으로, 보다 구체적으로는 자가 균형 탑승 로봇의 주행 성능 내지 안전성/안정성을 테스트하기 위한 자가 균형 로봇 테스트 유니트에 관한 것이다.

#### 배경 기술

[0002] 자가 균형 탑승로봇은 로봇 내에 장착된 자이로스코프 및 가속도계 등의 센서를 이용하여 로봇이 수평을 유지하도록 제어함으로써 주행을 수행하는 장치이다.

[0003] 기본적인 주행은 탑승자의 무게중심 이동에 의해 수행된다. 탑승자가 앞으로 운행하고 싶을 때에는 몸을 앞으로 기울이고, 뒤로 운행하고 싶을 때에는 몸을 뒤로 기울이면 된다.

[0004] 다양한 타입의 탑승 로봇이 제조 판매되고 있는데, 이에 대한 수요 급증에 따라 안전 사고의 발생 빈도도 높아지고 있으며, 제조물에 대한 성능 불만도 고조되고 있다.

[0005] 하지만, 종래 기술에 따른 자가 균형 탑승 로봇의 안전성/안정성 및 주행 성능 등을 테스트 하기 위한 장치들이 있으나, 제품의 발전 속도에 비추어 다양한 테스트 환경 구현의 제약이 있다.

[0006] 특히, 사람이 탑승한 실제 상태에 대한 테스트가 필수적으로 필요하나, 종래 기술에 따른 테스트 장치는 사람 탑승 상황에 대한 실제 모사의 한계가 명확하였다.

### 발명의 내용

#### 해결하려는 과제

[0007] 따라서, 본 발명은 사람이 탑승한 상태와 유사 내지 근접 모사된 자가 균형 탑승 로봇의 테스트 실행을 하기 위한 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트를 제공하는 것을 목적으로 한다.

#### 과제의 해결 수단

[0008] 전술한 목적을 달성하기 위한 본 발명은, 자가 균형 탑승 로봇(M)을 안전성 및/또는 안정성을 시험하기 위한 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트(10)로서, 자가 균형 탑승 로봇에 위치 고정되어 탑재 가능한 유니트 바디(100)와, 상기 유니트 바디(100)에 장착되고 회전 가능하여 모멘트 변화를 통한 무게 중심 변화를 유발하는 모듈 플라이 휠(217)을 구비하는 가변 모멘트 피치 모듈(201)을 포함하는 가변 모멘트 모듈(200)과, 상기 모듈 플라이 휠(217)을 회전 내지 위치 변화시켜 모멘트 변화를 형성하는 구동력을 제공하는 모멘트 구동부(300)를 포함하는 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트(10)를 제공한다.

[0009] 상기 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트에 있어서, 상기 유니트 바디(100)는: 자가 균형 탑승 로봇(M)의 탑승자 발판에 위치 고정 탑재되는 베이스 바디(110)와, 상기 베이스 바디(110)의 단부에 연결 배치되고 상기 가변 모멘트 피치 모듈(201)이 장착되는 프레임 바디(120)를 포함할 수도 있다.

[0010] 상기 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트에 있어서, 상기 가변 모멘트 피치 모듈(201)은: 자가 균형 탑승 로봇(M)의 지면 수직 기립 상태에 대하여 상기 프레임 바디(120)에 지면에 수직인 축을 중심으로 상기 모듈 플라이 휠(217)을 회동 가능하도록 지지하는 모멘트 모듈 프레임부(210)를 포함할 수도 있다.

[0011] 상기 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트에 있어서, 상기 모멘트 모듈 프레임부(210)는: 상기 프레임 바디(120)에 위치 고정 배치되는 모듈 프레임 베이스(211)와, 상기 모듈 프레임 베이스(211)와 연결되고, 상기 모듈 플

라이 휠(217)을 축회동 가능한 공간을 허용하여 배치되는 모듈 프레임 샤프트 바디(213)을 포함할 수도 있다.

- [0012] 상기 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트에 있어서, 상기 가변 모멘트 피치 모듈(201)은: 상기 모듈 프레임 샤프트 바디(213)에 회동 가능하게 배치되고 상기 모듈 프레임 샤프트 바디(213)에 대하여 축회동 가능하게 배치되는 모듈 로테이션 샤프트(219)와, 상기 모듈 플라이 휠(217)을 포함하고, 상기 모멘트 로테이션 샤프트(219)에 상대 회동 고정되도록 연결되고 상기 모듈 플라이 휠(217)이 가동 가능하게 배치되는 모듈 로테이션 바디(215)를 포함하는 모멘트 모듈 로테이션부(214)를 포함할 수도 있다.
- [0013] 상기 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트에 있어서, 상기 모멘트 구동부(300)는: 상기 모멘트 로테이션 샤프트(219)와 연결되어 구동력을 제공하여 상기 모멘트 모듈 로테이션부(214)를 가동시키는 프레임 샤프트 구동부(310)를 포함할 수도 있다.
- [0014] 상기 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트에 있어서, 상기 프레임 샤프트 구동부(310)는: 상기 모멘트 모듈 프레임(210)에 위치 고정되어 장착되는 프레임 샤프트 구동 모터(311)와, 상기 프레임 샤프트 구동 모터(311)와 연결되어 구동 속도를 변화시키는 프레임 샤프트 감속기(313)와, 상기 프레임 샤프트 감속기(313) 및 상기 모멘트 로테이션 샤프트(219) 사이에 배치되어 양자를 연결시키는 프레임 샤프트 커플러(315)를 포함할 수도 있다.
- [0015] 상기 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트에 있어서, 상기 모멘트 모듈 로테이션 바디(215)는: 상기 모듈 플라이 휠(217)을 가동 가능하게 수용하는 로테이션 메인 바디(2151)와, 상기 로테이션 메인 바디(2151)의 단부와 연결되어 상기 모듈 플라이 휠(217)이 배치되는 공간을 구획하는 로테이션 커버 바디(2153)와, 상기 모듈 플라이 휠(217)이 상기 로테이션 커버 바디(2153)에 대하여 상대 회동 가능하게 상기 모듈 플라이 휠(217) 축 및 상기 로테이션 커버 바디(2153) 측에 연결 배치되는 로테이션 플라이휠 베어링(218)를 포함할 수도 있다.
- [0016] 상기 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트에 있어서, 상기 모듈 로테이션 커버 바디(2153)와 상기 로테이션 플라이 휠 베어링(218) 사이에는 로테이션 커버 베어링 픽서(2158)가 배치되고, 상기 모듈 플라이 휠(217)과 상기 로테이션 플라이 휠 베어링(218) 사이에는 로테이션 플라이 휠 픽서(2159)가 배치될 수도 있다.
- [0017] 상기 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트에 있어서, 상기 모멘트 구동부(300)는: 상기 모멘트 모듈 로테이션 바디(215)에 배치되고 상기 모멘트 모듈 로테이션 바디(215)의 내부에 배치되는 상기 모듈 플라이 휠(217)과 연결되어 구동력을 제공하여 상기 모듈 플라이 휠(217)을 회동시키는 로테이션 구동부(320)를 포함할 수도 있다.
- [0018] 상기 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트에 있어서, 상기 로테이션 구동부(320)는: 상기 모멘트 모듈 로테이션 바디(215)에 위치 고정되어 장착되고 상기 모듈 플라이 휠(217)과 연결되는 로테이션 구동 모터(321)를 포함할 수도 있다.
- [0019] 상기 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트에 있어서, 상기 로테이션 구동부(320)는: 일단은 상기 모듈 플라이 휠(217)의 상기 로테이션 구동 모터(321)와 연결되는 축의 타측에 배치되고, 타단은 상기 모멘트 모듈 로테이션 바디(215)에 회동 가능하게 연결되는 로테이션 서포트 샤프트(325)를 포함할 수도 있다.
- [0020] 상기 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트에 있어서, 상기 로테이션 구동부(320)는: 상기 로테이션 구동 모터(321)와 상기 로테이션 서포트 샤프트(325) 사이에 배치되고 양측을 연결하는 로테이션 커플링(323)이 더 포함할 수도 있다.
- [0021] 상기 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트에 있어서, 상기 유니트 바디(100)에 배치되고, 자가 균형 탑승 로봇(M)의 조향 레버(MS)를 조정하는 스티어링부(400)가 더 구비될 수도 있다.
- [0022] 상기 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트에 있어서, 상기 스티어링부(400)는: 상기 유니트 바디(100)에 위치 고정되어 배치되는 스티어링 구동부(410)와, 일단은 상기 스티어링 구동부(410)와 연결되고, 타단은 상기 조향 레버(MS)와 연결되어 상기 스티어링 구동부(410)의 조향 구동력을 조향 레버(MS)로 전달하는 스티어링 전달부(420)를 포함할 수도 있다.
- [0023] 상기 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트에 있어서, 상기 스티어링 전달부(420)는: 상기 유니트 바디(100)에 축회동 가동 가능하게 배치되는 전달 폴리(421)와, 일단은 상기 전달 폴리(421)에 권취 가이드 되고 타단이 조향 레버(MS)와 연결되는 전달 와이어(423)를 포함할 수도 있다.
- [0024] 상기 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트에 있어서, 상기 전달 폴리(421)는: 상기 스티어링 구동부(410)와 연결되는 센터 폴리(4211)와, 상기 센터 폴리(4211)의 외측에 이격 배치되고 상기 전달 와이어(423)의 진행 방향을 전환하는 사이드 폴리(4213)를 포함할 수도 있다.

- [0025] 상기 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트에 있어서, 상기 모듈 플라이 휠(217)은: 상기 모멘트 구동부(300) 측에 연결되어 회동 구동력을 제공받는 플라이 휠 허브(2172)와, 상기 플라이 휠 허브(2172)와 연결되되 상기 플라이 휠 허브(2172)로부터 방사 상으로 배치되는 복수 개의 플라이 휠 스포크(2173)와, 상기 플라이 휠 허브(2172)와 동축으로 상기 플라이 휠 허브(2172)의 외주에 배치되고 상기 플라이 휠 스포크(2173)를 통하여 상기 플라이 휠 허브(2172)와 연결되는 플라이 휠 림(2171)과, 상기 플라이 휠 스포크(2173)를 따라 가동 가능한 플라이 휠 웨이트 슬라이드(21745)를 포함하는 플라이 휠 웨이트부(2174)를 구비할 수도 있다.
- [0026] 상기 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트에 있어서, 상기 플라이 휠 웨이트부(2174)는: 상기 플라이 휠 웨이트 슬라이드(21745)에 배치 가능한 플라이 휠 웨이트(21743)과, 상기 플라이 휠 스포크(2173)와 평행하게 배치되고 상기 플라이 휠 웨이트(21743)가 길이를 따라 가동 가능하게 배치되는 플라이 휠 웨이트 가이드(21740)와, 상기 플라이 휠 웨이트 가이드(21740)의 길이 상으로 상기 플라이 휠 웨이트(21743)의 전후로 배치되는 플라이 휠 웨이트 탄성부(21741)를 포함할 수도 있다.
- [0027] 상기 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트에 있어서, 상기 플라이 휠 스포크(2173)는 복수 개가 각분할 배치될 수도 있다.
- [0028] 상기 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트에 있어서, 상기 모듈 플라이 휠(217)은 짝수 개가 배치될 수도 있다.
- [0029] 상기 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트에 있어서, 상기 모듈 플라이 휠(217)은 홀수 개가 배치될 수도 있다.
- [0030] 본 발명의 다른 일면에 따르면, 본 발명은 자가 균형 탑승 로봇(M)을 안정성을 시험하기 위한 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트(10)로서, 자가 균형 탑승 로봇에 위치 고정되어 탑재 가능한 유니트 바디(100)와, 상기 유니트 바디(100)에 장착되고 회전 가능하여 모멘트 변화를 통한 무게 중심 변화를 유발하는 모듈 플라이 휠(217)을 구비하는 가변 모멘트 롤 모듈(203)을 포함하는 가변 모멘트 모듈(200)과, 상기 모듈 플라이 휠(217)을 회전 내지 위치 변화시켜 모멘트 변화를 형성하는 구동력을 제공하는 모멘트 구동부(300)를 포함하고, 상기 유니트 바디(100)는: 자가 균형 탑승 로봇(M)의 탑승자 발판에 위치 고정 탑재되는 베이스 바디(110)와, 상기 베이스 바디(110)의 단부에 연결 배치되고 상기 가변 모멘트 롤 모듈(200)의 상기 가변 모멘트 롤 모듈(203)이 장착되는 프레임 바디(120)를 포함하고, 상기 가변 모멘트 롤 모듈(203)은, 자가 균형 탑승 로봇(M)의 지면 수직 기립 상태에 대하여 상기 프레임 바디(120)에 지면에 수평한 축을 중심으로 상기 모듈 플라이 휠(217)을 회동 가능하도록 지지하는 모멘트 모듈 프레임부(210r)를 포함하는 것을 특징으로 하는 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트(10)를 제공한다.
- [0031] 상기 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트에 있어서, 상기 모멘트 모듈 프레임부(210r)는: 상기 프레임 바디(120)에 위치 고정 배치되는 모듈 프레임 베이스(211r)와, 상기 모듈 프레임 베이스(211r)와 연결되고, 상기 모듈 플라이 휠(217)을 축회동 가능한 공간을 허용하여 배치되는 모듈 프레임 샤프트 바디(213r)를 포함할 수도 있다.
- [0032] 상기 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트에 있어서, 상기 가변 모멘트 롤 모듈(203)은: 상기 모듈 프레임 샤프트 바디(213r)에 회동 가능하게 배치되고 상기 모듈 프레임 샤프트 바디(213r)에 대하여 축회동 가능하게 배치되는 모듈 로테이션 샤프트(219)와, 상기 모듈 플라이 휠(217)을 포함하고, 상기 모멘트 로테이션 샤프트(219)에 상대 회동 고정되도록 연결되고 상기 모듈 플라이 휠(217)이 가동 가능하게 배치되는 모듈 로테이션 바디(215)를 포함하는 모멘트 모듈 로테이션부(214)를 포함할 수도 있다.
- [0033] 상기 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트에 있어서, 상기 모멘트 구동부(300)는: 상기 모멘트 로테이션 샤프트(219)와 연결되어 구동력을 제공하여 상기 모멘트 모듈 로테이션부(214)를 가동시키는 프레임 샤프트 구동부(310)를 포함할 수도 있다.
- [0034] 상기 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트에 있어서, 상기 프레임 샤프트 구동부(310)는: 상기 모멘트 모듈 프레임부(210r)에 위치 고정되어 장착되는 프레임 샤프트 구동 모터(311)와, 상기 프레임 샤프트 구동 모터(311)와 연결되어 구동 속도를 변화시키는 프레임 샤프트 감속기(313)와, 상기 프레임 샤프트 감속기(313) 및 상기 모멘트 로테이션 샤프트(219) 사이에 배치되어 양자를 연결시키는 프레임 샤프트 전달부(315)를 포함할 수도 있다.
- [0035] 상기 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트에 있어서, 상기 모멘트 모듈 로테이션 바디(215)는: 상기 모듈 플라이 휠(217)을 가동 가능하게 수용하는 로테이션 메인 바디(2151)와, 상기 로테이션 메인 바디(2151)의 단부와 연결되어 상기 모듈 플라이 휠(217)이 배치되는 공간을 구획하는 로테이션 커버 바디(2153)와, 상기 모듈 플라이 휠(217)이 상기 로테이션 커버 바디(2153)에 대하여 상대 회동 가능하게 상기 모듈 플라이 휠(217) 측 및 상기 로



테이션 커버 바디(2153) 측에 연결 배치되는 로테이션 플라이휠 베어링(218)를 포함할 수도 있다.

- [0036] 상기 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트에 있어서, 상기 로테이션 커버 바디(2153)와 상기 로테이션 플라이 휠 베어링(218) 사이에는 로테이션 커버 베어링 픽서(2158)가 배치되고, 상기 모듈 플라이 휠(217)과 상기 로테이션 플라이 휠 베어링(218) 사이에는 로테이션 플라이 휠 픽서(2159)가 배치될 수도 있다.
- [0037] 상기 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트에 있어서, 상기 모멘트 구동부(300)는: 상기 모멘트 모듈 로테이션 바디(215)에 배치되고 상기 모멘트 모듈 로테이션 바디(215)의 내부에 배치되는 상기 모듈 플라이 휠(217)과 연결되어 구동력을 제공하여 상기 모듈 플라이 휠(217)을 회동시키는 로테이션 구동부(320)를 포함할 수도 있다.
- [0038] 상기 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트에 있어서, 상기 로테이션 구동부(320)는: 상기 모멘트 모듈 로테이션 바디(215)에 위치 고정되어 장착되고 상기 모듈 플라이 휠(217)과 연결되는 로테이션 구동 모터(321)를 포함할 수도 있다.
- [0039] 상기 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트에 있어서, 상기 로테이션 구동부(320)는: 일단은 상기 모듈 플라이 휠(217)의 상기 로테이션 구동 모터(321)와 연결되는 측의 타측에 배치되고, 타단은 상기 모멘트 모듈 로테이션 바디(215)에 회동 가능하게 연결되는 로테이션 서포트 샤프트(325)를 포함할 수도 있다.
- [0040] 상기 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트에 있어서, 상기 로테이션 구동부(320)는: 상기 로테이션 구동 모터(321)와 상기 로테이션 서포트 샤프트(325) 사이에 배치되고 양측을 연결하는 로테이션 커플링(323)이 더 포함할 수도 있다.
- [0041] 상기 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트에 있어서, 상기 모듈 플라이 휠(217)은: 상기 모멘트 구동부(300) 측에 연결되어 회동 구동력을 제공받는 플라이 휠 허브(2172)와, 상기 플라이 휠 허브(2172)와 연결되되 상기 플라이 휠 허브(2172)로부터 방사 상으로 배치되는 복수 개의 플라이 휠 스포크(2173)와, 상기 플라이 휠 허브(2172)와 동축으로 상기 플라이 휠 허브(2172)의 외주에 배치되고 상기 플라이 휠 스포크(2173)를 통하여 상기 플라이 휠 허브(2172)와 연결되는 플라이 휠 림(2171)과, 상기 플라이 휠 스포크(2173)를 따라 가동 가능한 플라이 휠 웨이트 슬라이드(21745)를 포함하는 플라이 휠 웨이트부(2174)를 구비할 수도 있다.
- [0042] 상기 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트에 있어서, 상기 플라이 휠 웨이트부(2174)는: 상기 플라이 휠 웨이트 슬라이드(21745)에 배치 가능한 플라이 휠 웨이트(21743)과, 상기 플라이 휠 스포크(2173)와 평행하게 배치되고 상기 플라이 휠 웨이트(21743)가 길이를 따라 가동 가능하게 배치되는 플라이 휠 웨이트 가이드(21740)와, 상기 플라이 휠 웨이트 가이드(21740)의 길이 상으로 상기 플라이 휠 웨이트(21743)의 전후로 배치되는 플라이 휠 웨이트 탄성부(21741)를 포함할 수도 있다.
- [0043] 상기 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트에 있어서, 상기 플라이 휠 스포크(2173)는 복수 개가 각분할 배치될 수도 있다.
- [0044] 상기 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트에 있어서, 상기 모듈 플라이 휠(217)은 평상시 지면에 수평하게 짝수 개가 배치될 수도 있다.
- [0045] 상기 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트에 있어서, 상기 가변 모멘트 모듈(200)은 상기 유니트 바디(100)에 장착되고 회전 가능하여 모멘트 변화를 통한 무게 중심 변화를 유발하고 평상시 상기 가변 모멘트 롤 모듈(203)와 수직하게 배치되는 모듈 플라이 휠(217)을 구비하는 가변 모멘트 피치 모듈(201)을 포함하고, 상기 가변 모멘트 피치 모듈(201)의 모듈 플라이 휠은 짝수 개가 배치될 수도 있다.
- [0046] 상기 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트에 있어서, 상기 가변 모멘트 모듈(200)은, 상기 유니트 바디(100)에 장착되고 회전 가능하여 모멘트 변화를 통한 무게 중심 변화를 유발하고 자가 균형 탑승 로봇(M)의 지면 수직 기립 상태에 대하여 상기 프레임 바디(120)에 지면에 수직인 축을 중심으로 회동 가능한 모듈 플라이 휠(217)을 구비하는 가변 모멘트 피치 모듈(201)을 더 포함할 수도 있다.

**발명의 효과**

- [0047] 상기한 바와 같은 구성을 갖는 본 발명에 따른 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트는 다음과 같은 효과를 갖는다.
- [0048] 첫째, 본 발명에 따른 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트는, 사람이 탑승한 상태에 대한 실질적 모사 실험을 가능하게 하여 자가 균형 탑승 로봇에 대한 보다 정확한 안전 내지 성능 데이터 확보가 가능하다.

[0049] 둘째, 본 발명에 따른 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트는, 가변 모멘트 모듈 및 모멘트 구동부를 통한 다양한 실험 환경을 제공할 수 있다.

[0050] 셋째, 본 발명에 따른 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트는, 스티어링부를 통하여 실험자가 설정한 조향 형태의 테스트 환경을 제공할 수도 있다.

[0051] 넷째, 본 발명에 따른 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트는, 가변 모멘트 롤 모듈과 더불어 가변 모멘트 피치 모듈을 구비하는 가변 모멘트 모듈 및 모멘트 구동부를 통한 투휠 구조의 자가 균형 탑승 로봇 이외에도 원휠 구조의 자가 균형 탑승 로봇 등 다양한 실험 환경 하에서 직진 가동 및 선회 가동 환경 하에서의 사람의 하중 변화로 인한 외란 토크 발생 상황의 모사를 보다 정확하게 실행하는 테스트 환경을 제공할 수도 있다.

[0052] 본 발명은 도면에 도시된 일실시예들을 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허 청구 범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

**도면의 간단한 설명**

[0053] 도 1 내지 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트의 개략적인 사시도, 측면도 및 정면도이다.

도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트의 개략적인 부분 사시도이다.

도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트의 가변 모멘트 모듈의 가변 모멘트 피치 모듈에 대한 개략적인 분해 사시도이다.

도 5 내지 도 7은 본 발명의 일실시예에 따른 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트의 가변 모멘트 모듈의 측면도, 정면도 및 부분 측단면도이다.

도 8 내지 도 9는 본 발명의 일실시예에 따른 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트의 모멘트 모듈 프레임의 부분 분해 사시도이다.

도 10 및 도 11은 본 발명의 일실시예에 따른 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트의 모멘트 모듈 프레임 및 모멘트 모듈 로테이션부의 모듈 플라이 휠의 결합된 상태의 부분 측면도 및 부분 정면도이다.

도 12는 본 발명의 일실시예에 따른 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트의 모멘트 모듈 로테이션부의 부분 단면도이다.

도 13 및 도 14는 본 발명의 일실시예에 따른 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트의 모멘트 구동부의 프레임 샤프트 구동부의 개략적인 부분 분해 사시도이다.

도 15는 본 발명의 일실시예에 따른 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트의 스티어링부의 개략적인 부분 분해 사시도이다.

도 16 및 도 17은 본 발명의 일실시예에 따른 자가 균형 탑승 로봇 테스트의 모듈 플라이 휠의 변형예의 사시도 및 분해 사시도이다.

도 18은 본 발명의 일실시예에 따른 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트의 개략적인 사시도이다.

도 19는 본 발명의 일실시예에 따른 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트의 또 다른 형태의 모듈 플라이 휠의 개략적인 사시도이다.

도 20은 본 발명의 일실시예에 따른 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트의 모듈 플라이 휠의 상태를 나타내는 선도이다.

도 21은 본 발명의 일실시예에 따른 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트의 모듈 플라이 휠의 배치 상태를 나타내는 선도이다.

도 22 내지 도 23은 본 발명의 일실시예에 따른 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트의 모듈 플라이 휠의 모멘트 변화로 인한 자가 균형 탑승 로봇의 거동을 나타내는 선도이다.

도 24는 자가 균형 탑승 로봇(M)의 상단에 배치되는 본 발명의 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트의 배치 상태의 모식도이다.

도 25는 인간이 자가 균형 탑승 로봇을 전/후진시키기 위해 몸을 기울여 모멘트를 발생시키는 것과 동일한 크기로 CMG로서의 가변 모멘트 모듈의 모듈 플라이 휠로부터 외란 모멘트를 발생시킨 경우의 모사 상태를 나타내는 선도이다.

도 26 내지 도 28은 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트가 시뮬레이션 상태 및 결과를 도시하는 선도이다.

도 29는 본 발명의 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트의 블록 선도이다.

도 30 내지 도 32는 본 발명의 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트가 탑재된 자가 균형 탑승 로봇의 직진 가속 테스트 결과 선도이다.

도 33 내지 도 37은 본 발명의 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트가 탑재된 자가 균형 탑승 로봇의 선회 테스트 결과 선도이다.

도 38 내지 도 40은 본 발명의 일실시예에 따른 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트의 자가 균형 탑승 로봇에 탑재된 상태의 개략적인 사시도이다.

도 39는 본 발명의 일실시예에 따른 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트의 개략적인 부분 확대 단면도이다.

도 40은 본 발명의 일실시예에 따른 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트의 개략적인 사시도이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0054] 이하에서는 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트에 대한 도면을 참조하여 설명하기로 한다. 본 발명의 일실시예에 따른 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트(10)는 자가 균형 탑승 로봇(M)을 안전성/안정성을 시험하기 위한 장치로서, 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트(10)는 자가 균형 탑승 로봇(M)에 장착 탑재되어 테스트 실행되고, 해당 테스트 결과는 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트(10)를 통하여 확인될 수 있다.
- [0055] 본 발명의 일실시예에 따른 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트(10)는 유니트 바디(100)와 가변 모멘트 피치 모듈(201)을 구비하는 가변 모멘트 모듈(200)과, 모멘트 구동부(300)를 포함한다.
- [0056] 유니트 바디(100)는 자가 균형 탑승 로봇에 위치 고정되어 탑재 가능하고, 가변 모멘트 모듈(200)의 가변 모멘트 피치 모듈(201)은 유니트 바디(100)에 장착되고 회전 가능하여 모멘트 변화를 통한 무게 중심 변화를 유발하는 모듈 플라이 휠(217)을 구비하고, 모멘트 구동부(300)는 모듈 플라이 휠(217)을 회전 내지 위치 변화시켜 모멘트 변화를 형성하는 구동력을 제공한다.
- [0057] 보다 구체적으로, 유니트 바디(100)는 베이스 바디(110)와 프레임 바디(120)를 포함한다. 베이스 바디(110)는 자가 균형 탑승 로봇(M)의 탑승자 발판에 위치 고정 탑재되고, 프레임 바디(120)는 베이스 바디(110)의 단부에 연결 배치되고 가변 모멘트 모듈(200)의 가변 모멘트 피치 모듈(201)이 장착된다.
- [0058] 본 실시예에서 베이스 바디(110)는 자가 균형 탑승 로봇(M)의 발판에 탑재되는 프레임 구조물로 형성된다. 베이스 바디(110)의 하단은 자가 균형 탑승 로봇(M)의 발판에 고정 장착되어 하기되는 구성요소들이 자가 균형 탑승 로봇(M)에 대하여 고정된 위치를 형성하며 자가 균형 탑승 로봇(M)에 탑재된 상태를 유지할 수 있도록 한다.
- [0059] 프레임 바디(120)는 베이스 바디(110)와 연결되어 베이스 바디(110)의 상단에 배치된다. 프레임 바디(120)에는 가변 모멘트 피치 모듈(200)과, 모멘트 구동부(300) 등의 다른 구성요소들이 안정적인 배치 위치를 형성하는 장착 구조를 제공한다.
- [0060] 가변 모멘트 모듈(200)은 유니트 바디(100)에 장착되는데, 가변 모멘트 모듈(200)은 가변 모멘트 피치 모듈(201)을 포함한다. 즉, 자가 균형 탑승 로봇(M)의 직진 진행 방향(도 1에서 X 방향)에 수직인 방향(Y 방향)의 축(Y축)에 대한 회전 방향 운동을 피치 운동이라 할 때, 가변 모멘트 피치 모듈(201)은 Y축의 축회전 방향으로의 외란 토크를 형성한다.
- [0061] 보다 구체적으로, 가변 모멘트 피치 모듈(201)은 모듈 플라이 휠(217)을 구비한다. 가변 모멘트 모듈(200)의 가변 모멘트 피치 모듈(201)의 모듈 플라이 휠(217)은 회전 가능하여 모멘트 변화를 통한 무게 중심 변화를 유발한다.
- [0062] 모멘트 구동부(300)는 모듈 플라이 휠(217)을 회전시키거나 또는 위치를 변화시키는데, 모듈 플라이 휠(217)에 의하여 모듈 플라이 휠(217)이 장착 연결되는 유니트 바디(110)에 모멘트 변화를 형성하고, 궁극적으로 자가 균형 탑승 로봇(M)에 관성 변화를 이루어 소정의 균형 유지 등의 안전성/안정성 테스트 기능을 실행 가능하도록

한다.

- [0063] 특히, 본 발명의 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트(10)의 가변 모멘트 모듈(200)의 가변 모멘트 피치 모듈(201)은 모멘트 모듈 프레임부(210, 도 1 참조)를 더 포함하는데, 모멘트 모듈 프레임부(210)는 자가 균형 탑승 로봇(M)의 지면 수직 기립 상태에 대하여 프레임 바디(120)에 지면에 수직인 축을 중심으로 모듈 플라이 휠(217)을 회동 가능하도록 지지한다.
- [0064] 모멘트 모듈 프레임부(210)는 모듈 프레임 베이스(211)와, 모듈 프레임 샤프트 바디(213, 도 7 참조)를 포함한다. 모듈 프레임 베이스(211)는 프레임 바디(120)에 위치 고정 배치되고, 모듈 프레임 샤프트 바디(213)는 모듈 프레임 베이스(211)와 연결된다. 모듈 프레임 샤프트 바디(213)는 모듈 플라이 휠(217)을 축회동 가능한 공간을 허용하여 배치된다.
- [0065] 모듈 프레임 베이스(211)는 모듈 프레임 베이스 바디(2115)와, 모듈 프레임 베이스 바텀(2113)와, 모듈 프레임 베이스 가이드(2111)를 포함한다.
- [0066] 모듈 프레임 베이스 바디(2115)는 유니트 바디(100)의 프레임 바디(120)에 위치 고정되어 장착되는데, 본 실시예에서 모듈 프레임 베이스 바디(2115)에는 모듈 프레임 베이스 바텀(2113)와, 모듈 프레임 베이스 가이드(2111)가 각각 연결 배치된다.
- [0067] 모듈 프레임 베이스 바텀(2113)에는 하기되는 모멘트 구동부(300)의 프레임 샤프트 구동부(310)의 구성요소, 보다 구체적으로 프레임 샤프트 구동 모터(311)가 연결 지지되고, 모듈 프레임 베이스 가이드(2111)에는 하기되는 모멘트 구동부(300)의 프레임 샤프트 구동부(310)의 구성요소, 보다 구체적으로 프레임 샤프트 구동 감속기(313)를 연결 지지한다.
- [0068] 모듈 프레임 샤프트 바디(213)는 모듈 프레임 베이스(211)와 연결된다. 모듈 프레임 샤프트 바디(213)는 모듈 플라이 휠(217)을 축회동 가능한 공간을 허용하여 배치된다.
- [0069] 모듈 프레임 샤프트 바디(213)는 모듈 프레임 샤프트 바디 바텀 섹션(2131)과, 모듈 프레임 샤프트 바디 샤프트 섹션(2133)과, 모듈 프레임 샤프트 바디 어퍼 섹션(2135)를 포함한다.
- [0070] 모듈 프레임 샤프트 바디 바텀 섹션(2131)은 하단의 모듈 프레임 베이스 바디(2115)와 연결되고 모듈 프레임 샤프트 바디 어퍼 섹션(2135)은 모듈 프레임 샤프트 바디 바텀 섹션(2131)에 대응하여 이격 배치되어 모듈 플라이 휠(217) 축을 회동 가능하게 지지하는 구조를 형성하고, 모듈 프레임 샤프트 바디 샤프트 섹션(2133)은 모듈 프레임 샤프트 바디 어퍼 섹션(2135)와 모듈 프레임 샤프트 바디 바텀 섹션(2131)을 연결 지지하는 구조를 형성한다.
- [0071] 모듈 프레임 샤프트 바디 샤프트 섹션(2133)과 모듈 프레임 샤프트 바디 어퍼 섹션(2135) 및 모듈 프레임 샤프트 바디 바텀 섹션(2131) 각각의 연결부 인근에는 모듈 프레임 샤프트 바디 앵글 섹션(2137)이 배치되어 구조체의 강성을 지지하는 구조를 형성한다.
- [0072] 가변 모멘트 모듈(200)의 가변 모멘트 피치 모듈(201)은 모듈 로테이션 샤프트(219)를 포함하는데, 모듈 로테이션 샤프트(219)은 모듈 프레임 샤프트 바디(213)에 회동 가능하게 배치된다. 즉, 모듈 로테이션 샤프트(219)은 모듈 프레임 샤프트 바디 어퍼 섹션(2135) 및 모듈 프레임 샤프트 바디 바텀 섹션(2131)에 상대 회동 가능하게 배치된다.
- [0073] 본 발명의 일실시예에 따른 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트(10)는 센서부(500)를 더 구비할 수 있는데, 센서부(500)는 모멘트 로테이션 샤프트(219)에 연결되는 각도 센서로 구현된다. 본 실시예에서 센서부(500)는 각도 센서를 구비하는 것을 기술하였으나, 이 밖에 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트의 작동 상태 내지 환경을 감지하는 범위에서 다양한 센서(Gyro Sensor, Force Sensor 등)가 구비될 수도 있다.
- [0074] 또한, 가변 모멘트 모듈(200)의 가변 모멘트 피치 모듈(201)은 모멘트 모듈 로테이션부(214)를 포함하는데, 모멘트 모듈 로테이션부(214)은 모듈 플라이 휠(217)을 포함하는데, 모멘트 모듈 로테이션부(214)는 모멘트 로테이션 샤프트(219)에 상대 회동 고정되도록 연결되고, 모멘트 모듈 로테이션부(214)는 모듈 로테이션 바디(215)를 포함한다. 모듈 로테이션 바디(215)는 모듈 플라이 휠(217)이 가동 가능하게 배치되도록 하고, 모듈 플라이 휠(217)에 의한 모멘트 변화를 생성하기 위하여 모멘트 구동부(300)가 모듈 플라이 휠(217)의 위치 내지 회동 상태를 변화시키는 구동력을 제공한다.
- [0075] 모멘트 구동부(300)는 프레임 샤프트 구동부(310)와 로테이션 구동부(320)를 포함한다. 먼저, 프레임 샤프트

구동부(310)는 모멘트 로테이션 샤프트(219)와 연결되어 모멘트 로테이션 샤프트(219)의 회동을 통한 모듈 플라이 휠(217)의 회동 위치 상태를 변화시키 구동력을 제공하여 모멘트 모듈 로테이션부(214)를 가동시킨다.

- [0076] 이와 같은 구조를 통하여 모듈 플라이 휠(217) 전체는 모멘트 로테이션 샤프트(219)를 중심으로 전체 회동 가능한 구조를 취하고, 모듈 플라이 휠(217) 자체도 모멘트 모듈 로테이션부(214)의 모듈 로테이션 바디(215)의 내부에서 모듈 로테이션 샤프트(219)에 수직하는 방향을 축으로 회동 가능한, 이중 회동 구조를 취한다.
- [0077] 프레임 샤프트 구동부(310)는 프레임 샤프트 구동 모터(311)와, 프레임 샤프트 감속기(313)와, 프레임 샤프트 커플러(315)를 포함한다.
- [0078] 프레임 샤프트 구동 모터(311)는 모멘트 모듈 프레임(210)에 위치 고정되어 장착되는데, 프레임 샤프트 구동 모터(311)는 앞서 기술한 바와 같이 모듈 프레임 베이스 바텀(2113)에 위치 고정 장착된다.
- [0079] 프레임 샤프트 감속기(313)는 프레임 샤프트 구동 모터(311)와 연결되어 구동 속도를 변화시키는데, 프레임 샤프트 감속기(313)는 모듈 프레임 베이스 가이드(2111)에 위치 고정되어 장착된다.
- [0080] 프레임 샤프트 커플러(315)는 프레임 샤프트 감속기(313) 및 모멘트 로테이션 샤프트(219) 사이에 배치되어 양자를 연결시켜 프레임 샤프트 구동 모터(311)에서 생성되어 프레임 샤프트 감속기(313)를 거친 구동력을 모멘트 로테이션 샤프트(219)에 전달하여
- [0081] 모멘트 모듈 로테이션부(214)의 모듈 로테이션 바디(215)를 회전시킨다. 본 실시예에서 모듈 로테이션 바디(215)의 회동 범위는 180이하의 각도 범위를 구성하였으나, 설계 사양에 따라 다양한 변형이 가능하다.
- [0082] 모멘트 모듈 로테이션 바디(215)는 로테이션 메인 바디(2151)와, 로테이션 커버 바디(2153)와, 로테이션 플라이 휠 베어링(218)를 포함한다.
- [0083] 로테이션 메인 바디(2151)는 모듈 플라이 휠(217)을 가동 가능하게 수용한다. 로테이션 커버 바디(2153)는 로테이션 메인 바디(2151)의 단부와 연결되어 모듈 플라이 휠(217)이 배치되는 공간을 구획하고, 로테이션 플라이휠 베어링(218)은 모듈 플라이 휠(217)이 로테이션 커버 바디(2153)에 대하여 상대 회동 가능하게 모듈 플라이 휠(217) 축 및 로테이션 커버 바디(2153) 축에 연결 배치된다.
- [0084] 이와 같이, 로테이션 메인 바디(2151)와 로테이션 커버 바디(2153)에 의하여 구획되는 공간 내에 모듈 플라이 휠(217)이 배치되는데, 모듈 플라이 휠(217)의 안정적인 회동을 위하여 로테이션 플라이휠 베어링(218)의 장착 위치를 유지시키기 위한 구성요소가 더 구비될 수 있다.
- [0085] 즉, 모듈 로테이션 커버 바디(2153)와 로테이션 플라이 휠 베어링(218) 사이에 로테이션 커버 베어링 픽서(2158)가 배치되고, 모듈 플라이 휠(217)과 로테이션 플라이 휠 베어링(218) 사이에 로테이션 플라이 휠 픽서(2159)가 배치되는데,
- [0086] 로테이션 커버 베어링 픽서(2158)는 모듈 로테이션 커버 바디(2153)와 로테이션 플라이 휠 베어링(218) 사이에 배치되어, 로테이션 플라이 휠 베어링(218)이 모듈 로테이션 커버 바디(2153) 외측으로 이탈되는 것을 방지하고,
- [0087] 로테이션 플라이 휠 픽서(2159)는 모듈 플라이 휠(217)과 로테이션 플라이 휠 베어링(218) 사이에 배치되어, 로테이션 플라이 휠 베어링(218)이 모듈 플라이 휠(217) 외측으로 이탈되는 것을 방지하고, 이와 같은 구조를 통하여 모듈 플라이 휠(217)과 모듈 로테이션 바디(215)의 로테이션 메인 바디(2151)와 로테이션 커버 바디(2153) 간의 상대 회동을 원활하고 안정적으로 이루어지도록 할 수 있다.
- [0088] 여기서, 모멘트 구동부(300)의 로테이션 구동부(320)는 모멘트 모듈 로테이션 바디(215), 보다 구체적으로 로테이션 커버 바디(2153)에 위치 고정되어 장착 배치되는데, 로테이션 구동부(320)는 모멘트 모듈 로테이션 바디(215)의 내부에 배치되는 모듈 플라이 휠(217)과 연결되어 모듈 플라이 휠(217)에 회전 구동력을 제공하여 로테이션 메인 바디(2151)와 로테이션 커버 바디(2153)가 구획하는 공간에서 모듈 플라이 휠(217)의 회동이 이루어지도록 한다.
- [0089] 로테이션 구동부(320)는 로테이션 구동 모터(321)를 포함하는데, 로테이션 구동 모터(321)는 모멘트 모듈 로테이션 바디(215)에 위치 고정되어 장착되고 모듈 플라이 휠(217)과 연결된다. 또한, 본 실시예에서 로테이션 구동부(320)는 로테이션 서포트 샤프트(325)를 더 포함하는데, 로테이션 서포트 샤프트(325)는 일단이 모듈 플라이 휠(217)의 로테이션 구동 모터(321)와 연결되는 축의 타측에 배치되고, 타단은 모멘트 모듈 로테이션 바디(215)에 회동 가능하게 연결된다.

- [0090] 또한, 로테이션 구동부(320)는 로테이션 커플링(323)이 더 포함하는데, 로테이션 커플링(323)은 로테이션 구동 모터(321)와 로테이션 서포트 샤프트(325) 사이에 배치되고 양측을 연결한다.
- [0091] 이와 같은 구성을 통하여 모듈 플라이 휠(217)의 회동 상태를 안정적으로 지지하여 원활한 회동 동작을 이루도록 할 수 있다.
- [0092] 따라서, 모멘트 구동부(300)의 프레임 샤프트 구동부(310)로부터 제공되는 회전 구동력을 통하여 모듈 플라이 휠(217)의 지면에 수직인 방향의 회동이 이루어지고, 로테이션 구동부(320)의 회전 구동력을 통하여 자가 균형 탑승 로봇(M)의 정상 기립 상태에서 지면 내지 가상의 평평한 지면에 평행한 방향을 축으로 하는 모듈 플라이 휠(217)의 회전 동작 구현을 가능하게 한다.
- [0093] 한편, 본 발명의 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트(10)는 자가 균형 탑승 로봇(M)의 테스트 중 조향을 제어하는 스티어링부(400)가 더 구비될 수도 있다. 스티어링부(400)는 유니트 바디(100)에 배치되고, 자가 균형 탑승 로봇(M)의 조향 레버(MS)를 조정하는데, 스티어링부(400)는 랙앤피니언 등의 다양한 동력 전달 장치의 구현이 가능하다.
- [0094] 다만, 본 실시예에서 스티어링부(400)는 와이어-폴리 동력 전달 방식을 취하는 경우를 중심으로 설명한다.
- [0095] 보다 구체적으로, 스티어링부(400)는 스티어링 구동부(410)와, 스티어링 전달부(420)를 포함한다. 스티어링 구동부(410)는 유니트 바디(100)에 위치 고정되어 배치되고, 스티어링 전달부(420)는 일단이 스티어링 구동부(410)와 연결되고, 타단이 조향 레버(MS)와 연결되어 스티어링 구동부(410)의 조향 구동력을 조향 레버(MS)로 전달할 수도 있다.
- [0096] 스티어링 전달부(420)는 전달 폴리(421)와, 전달 와이어(423)를 포함한다. 전달 폴리(421)는 유니트 바디(100)에 축회동 가동 가능하게 배치되고,
- [0097] 전달 와이어(423)는 일단이 전달 폴리(421)에 권취 가이드 되고 타단이 조향 레버(MS)와 연결된다. 본 실시예에서 전달 와이어(423)는 전달 폴리(421)에 권취 가이드 되는데, 본 실시예에서 전달 폴리(421)는 센터 폴리(4211)와, 사이드 폴리(4213)를 포함한다.
- [0098] 센터 폴리(4211)는 스티어링 구동부(410)와 연결되고, 사이드 폴리(4213)는 센터 폴리(4211)의 외측에 이격 배치되어 전달 와이어(423)의 진행 방향을 전환하여 전달 와이어(423)의 동작을 가이드 한다.
- [0099] 한편, 경우에 따라 전달 폴리(421), 특히 센터 폴리(4211)에는 폴리 리턴 스프링(42111)이 배치되어, 스티어링 구동부(410)를 통한 스티어링 구동력의 인가가 제한되는 경우에 탄성 복원력을 통한 조향 레버(MS)의 원위치 복귀를 이루도록 하여, 스티어링 구동부(410)의 부하 부담을 최소화시킬 수도 있는 등 다양한 변형이 가능하다.
- [0100] 따라서, 제어부(미도시)를 통하여 인가되는 스티어링 구동부(410) 제어 신호에 따라 스티어링 구동부(410)가 정회전, 역회전 등의 소정의 동작을 실행하고 이에 따라 스티어링 구동부(410)에 장착된 전달 폴리의 권취 가이드 되는 전달 와이어(423)를 통한 조향 레버(MS)의 조향 제어를 이루어 소정의 자가 균형 탑승 로봇(M)의 테스트 실행을 원활하게 할 수도 있다.
- [0101] 한편, 상기 실시예에서 모듈 플라이 휠(217)의 단순한 회전 질량체의 구성을 취하였으나, 경우에 따라 모듈 플라이 휠은 가변적 모멘트 형성을 가능하게 하는 구성을 취할 수도 있다.
- [0102] 즉, 모듈 플라이 휠(217)은 플라이 휠 허브(2172)와, 복수 개의 플라이 휠 스포크(2173)와, 플라이 휠 림(2171)과, 플라이 휠 웨이트부(2174)를 포함한다.
- [0103] 플라이 휠 허브(2172)는 모멘트 구동부(300) 측에 연결되어 회동 구동력을 제공받는다. 복수 개의 플라이 휠 스포크(2173)는 플라이 휠 허브(2172)와 연결되며 플라이 휠 허브(2172)로부터 방사 상으로 배치된다.
- [0104] 플라이 휠 림(2171)은 플라이 휠 허브(2172)와 동축으로 플라이 휠 허브(2172)의 외주에 배치되고 플라이 휠 스포크(2173)를 통하여 플라이 휠 허브(2172)와 연결된다.
- [0105] 플라이 휠 웨이트부(2174)는 플라이 휠 스포크(2173)를 따라 가동 가능한 플라이 휠 웨이트 슬라이드(21745)를 포함한다.
- [0106] 플라이 휠 웨이트부(2174)는 플라이 휠 웨이트(21743)와, 플라이 휠 웨이트 가이드(21740)와, 플라이 휠 웨이트 탄성부(21741)를 포함한다.

- [0107] 플라이 휠 웨이트(21743)는 플라이 휠 웨이트 슬라이드(21745)에 배치 가능하다. 플라이 휠 웨이트 가이드(21740)는 플라이 휠 스포크(2173)와 평행하게 배치되고 플라이 휠 웨이트(21743)가 길이를 따라 가동 가능하게 배치된다.
- [0108] 플라이 휠 웨이트 탄성부(21741)는 플라이 휠 웨이트 가이드(21740)의 길이 상으로 플라이 휠 웨이트(21743)의 전후로 배치되어, 플라이 휠 웨이트(21743)의 관성으로 인한 충격 발생을 완충시킬 수 있다.
- [0109] 플라이 휠 웨이트(21743)는 테스트 환경에 따라 질량체의 중량을 선택 변경 가능한 구성을 취할 수 있어, 다양한 테스트 실행을 가능하게 할 수도 있다.
- [0110] 이와 같은 가변 모멘트 타입의 모듈 플라이 휠의 플라이 휠 스포크(2173)는 복수 개가 각분할 배치될 수 있다. 이와 같은 구성을 통하여 모멘트 변화의 안정적인 균형 상태 형성을 가능하게 할 수도 있다.
- [0111] 또한, 본 실시예에서 변형 형태의 모듈 플라이 휠은 슬라이드 탄성 지지 구조를 취하였으나, 플라이 휠 스포크(2173, 도 19 참조)가 리드 스크류 형태를 취하고(도 19 참조), 플라이 휠 웨이트(21741)가 장착된 플라이 휠 웨이트 파트(21745)가 스크류에 나선 결합되고 회전 조절을 통하여 위치 변화를 형성함으로써 관성 모멘트의 테스트 환경 변화를 이루도록 할 수도 있는 등 다양한 변형이 가능하다.
- [0112] 도 29에는 본 발명의 일실시예에 따른 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유닛(10)의 개략적인 블록 선도가 도시된다. 입력부(50)는 실험자가 테스트하고자 하는 테스트 조건 등의 입력을 가능하게 하는 구성요소로, 입력 신호는 제어부(20)로 전달된다. 제어부(20)는 저장부(30) 및 연산부(40)와 연결되며, 저장부(30)에는 테스트 동작을 위한 사전 설정 데이터 및 테스트 결과가 저장될 수 있고, 연산부(40)는 제어부(20)의 연산 제어 신호에 따라 소정의 연산 과정을 수행할 수 있다. 입력부(50)의 입력 신호와 저장부(30)의 사전 설정 데이터를 이용하여 제어부(20)는 프레임 샤프트 구동 모터(311), 로테이션 구동 모터(321) 및 스티어링 구동부(410)에 구동 제어 신호를 인가할 수 있다.
- [0113] 앞선 실시예들에서, 모듈 플라이 휠(217)은 두 개, 즉 짝수 개가 배치되는 경우에 대하여 설명하였는데, 이와 같은 복수 개의 대칭적 배치 구조를 통하여 형성되는 원치 않는 모멘트 성분의 상쇄를 통한 안정적인 테스트 환경 구현이 가능하다.
- [0114] 한편, 본 발명의 모듈 플라이 휠(217)은 홀수 개가 배치될 수도 있는데, 이와 같은 구성을 통하여 선회 동작 테스트 환경 구현을 가능하게 할 수도 있다. 본 실시예에서 세 개 이상의 홀수 개 배치 구조를 예시하였으나, 이에 국한되지 않고 1개의 배치를 홀수 개를 포함할 수도 있는 등 다양한 구성이 가능하다.
- [0115] 이러한 모듈 플라이 휠의 짝수 개 내지 홀수 개의 배치 구조에 관한 사항은 다음과 같이 기술될 수 있다. 모듈 플라이 휠(217)의 작동에 의한 모멘트 생성을 살펴보면, 모듈 플라이 휠(217, 도 20 참조)이  $\dot{\theta}_z$  축으로  $\omega$  속도로 회전할 때  $x$  방향과 수직인  $z$  방향(Gimbal)으로 회전 운동을 하면, 두 회전축에 외적인 방향으로 토크가 발생한다.

[0116] 
$$\text{Flywheel Momentum} = I_x \omega \cos\theta_z \vec{i} + I_x \omega \sin\theta_z \vec{j}$$

[0117] 
$$\text{Gimbal rate} = \dot{\theta}_z \vec{k}$$

[0118] 
$$T = \text{Gimbal rate} \times \text{Flywheel Momentum} = I_x \omega \dot{\theta}_z \cos\theta_z \vec{j} - I_x \omega \dot{\theta}_z \sin\theta_z \vec{i}$$

[0119] 원하는 방향의 pitch 방향의 토크  $I_x \omega \dot{\theta}_z \cos\theta_z \vec{j}$  만 사용하고  $I_x \omega \dot{\theta}_z \sin\theta_z \vec{i}$  방향의 토크를 상쇄하기 위해 모듈 플라이 휠의 배치는 짝수 개, 즉 2n개(n = 1,2,3 ...)의 배치 구조를 적용한다. 본 발명의 각 모듈 플라이 휠(217), 즉 Flywheel의 속도와 Gimbal의 속도의 크기는 같고 방향은 반대로 한다(도 21 참조).

[0120] 도 21의 좌측의 모듈 플라이 휠은 상기와 같이 수식화될 수 있고, 우측의 모듈 플라이 휠(CMG2)의 상태는 다음과 같이 수식화될 수 있다.

[0121] 
$$\text{Flywheel Momentum} = -I_x \omega \cos\theta_z \vec{i} + I_x \omega \sin\theta_z \vec{j}$$

[0122] 
$$\text{Gimbal rate} = -\dot{\theta}_z \vec{k}$$

[0123]  $T = \text{Gimbal rate} \times \text{Flywheel Momentum} = I_x \omega \dot{\theta}_z \cos\theta_z \vec{j} + I_x \omega \dot{\theta}_z \sin\theta_z \vec{i}$

[0124] 도 22 내지 도 24에는 CMG(Control Moment Gyroscope)로 구현되는 가변 모멘트 모듈(200)의 가변 모멘트 피치 모듈(201)의 모듈 플라이 휠(217)의 외란 토크에 의한 자가 균형 탑승 로봇(M)의 거동이 도시된다.

[0125] 가변 모멘트 모듈(200)의 가변 모멘트 피치 모듈(201)의 모듈 플라이 휠(217)의 속도가  $+\omega$ 이고 Gimbal의 속도가  $+\dot{\theta}_z$  일 때  $T = +2I_x \omega \dot{\theta}_z \cos\theta_z \vec{j}$ 의 토크가 발생하고 +pitch 방향으로 자가 균형 탑승 로봇(M)이 기울어질 때, 자가 균형 탑승 로봇(M)의 자가 균형 제어부(self-balancing controller, 미도시)의 작동에 의해 자가 균형 탑승 로봇(M)은  $+x$  방향으로 진행한다. 가변 모멘트 모듈(200)의 가변 모멘트 피치 모듈(201)의 모듈 플라이 휠(217)의 속도가  $+\omega$ 이고 Gimbal의 속도가  $-\dot{\theta}_z$  일 때  $T = -2I_x \omega \dot{\theta}_z \cos\theta_z \vec{j}$  토크가 발생해 -pitch 방향으로 탑승 로봇이 기울어져 진행을 멈추거나  $-x$  방향으로 진행한다.

[0126] 도 24에는 자가 균형 탑승 로봇(M)의 상단에 배치되는 본 발명의 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유닛(10)의 배치 상태의 모식도가 도시되는데, 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유닛(10)의 가변 모멘트 모듈(200)의 가변 모멘트 피치 모듈(201)의 모듈 플라이 휠(217)에 의하여 생성되는 관성 모멘트의 변화가 자가 균형 탑승 로봇(M)의 균형 기립 상태에서부터 외란 모멘트에 의한 기울어진 상태가 형성된다.

[0127] 상기한 실시예에서와 같은 짝수 개의 가변 모멘트 모듈(200)의 가변 모멘트 피치 모듈(201)을 구비하는 경우, 즉  $2n(n = 1, 2, 3, \dots)$ 개의 CMG로서의 가변 모멘트 모듈(200)의 가변 모멘트 피치 모듈(201)을 이용한 자가 균형 탑승 로봇(M)은 진행방향(pitch)방향으로의 인간의 거동을 보여줄 수 있고, 회전은 핸들바를 조작함으로써 발생하기 때문에 회전 방향으로의 토크를 내지 않아도 된다.

[0128] 사람이 자가균형로봇에 탑승해서 선회를 하기 위해서 회전할 때 생기는 원심력을 보상하기 위해 몸을 회전 중심 방향으로 기울이게 되는데, 전 후진이 가능한  $2n$ 개의 CMG로서의 짝수 개의 모듈 플라이 휠을 구비하는 가변 모멘트 피치 모듈을 장착한 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유닛이 장착된 자가 균형 탑승 로봇(M)이 회전 운동을 실행하는 경우, 전 후진이 가능한  $2n$ 개의 CMG로서의 짝수 개의 모듈 플라이 휠을 구비하는 가변 모멘트 피치 모듈을 장착한 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유닛은 자가 균형 탑승 로봇의 진행방향으로의 토크만 발생시켜 원심력을 보상하기 어렵기 때문에 전복이 발생 할 수도 있다.

[0129] 따라서, 회전방향 안전성/안정성을 위해 이에 하나의 CMG로서의 가변 모멘트 모듈의 모듈 플라이 휠을 추가하여 자가균형 탑승 로봇의 롤방향 자세를 기울여 가변 모멘트 롤 모듈을 포함하는 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유닛에서 생성되는 토크를 통해 원심력을 보상 할 수도 있다.

[0130] 즉, 사람의 거동을 모사하는 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유닛은 자가 균형 탑승 로봇의 전 후진 안전성/안정성만 고려하는 것 뿐만 아니라 회전방향 안정성을 고려할 수 있어야 하는데,  $2n$ 개의 CMG로서의 가변 모멘트 피치 모듈의 구성은 전 후진 할 때 인간 거동 구현을 모사하고, 여기에 하나 이상의 CMG를 추가, 즉 총 세 개 이상의 복수 개의 모듈 플라이 휠을 포함하는 가변 모멘트 피치 모듈 및 가변 모멘트 롤 모듈을 포함하는 가변 모멘트 모듈을 구비하는 구성을 취하여 자가 균형 탑승 로봇을 탄 사람이 회전 운동을 할 때 원심력을 보상하는 역할을 할 수도 있는데, 달리 표현하자면,  $2n$ 개의 CMG로서의 가변 모멘트 피치 모듈을 갖는 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유닛의 경우 전 후진 할 때 인간 거동 구현을 모사하는 용도로 사용할 수도 있다.

[0131] 경우에 따라  $2n+1$ 개의 CMG로서의 가변 모멘트 피치 모듈을 갖는 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유닛의 경우 전 후진 할 때의 인간 거동 구현 모사와 함께 선회시 원심력을 보상하는 용도로 사용할 수도 있다. 또한, 롤 방향으로의 선회 동작 구현을 위한 모듈 플라이 휠이 반드시 홀수 개만 구비되지 않고 쌍을 이루어 배치되 개별 모듈 플라이 휠의 회전을 제어함으로써 롤 축의 일방향으로의 하중 편중 기능을 수행하도록 할 수도 있다.

[0132] 여기서, 이해를 용이하도록  $2n+1$ 의 CMG의 개수를 예시하였으나, 경우에 따라  $n$ 은 0을 취하여 홀수 개의 배치 구조를 취하는 범위를 포함할 수도 있는 등 다양한 변형이 가능하다.

[0133] ATD(Anthropomorphic test device)로서의 본 발명의 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유닛의 인간 거동 구현 원리는 다음과 같다. 인간이 탑승 로봇을 전/후진시키기 위해 몸을 기울여 모멘트를 발생시키는 것과 동일한 크기로 CMG로서의 가변 모멘트 모듈(200)의 가변 모멘트 피치 모듈(201)의 모듈 플라이 휠(217)로부터 외란 모멘트를 발생시켜, 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유닛이 탑재된 자가 균형 탑승 로봇(M)에 전달한다(도 25 참조).



- [0134] 본 실시예에서의 두 개의 배치되는 CMG로서의 가변 모멘트 피치 모듈을 이용해 사람의 무게중심이 이동하면서 생기는 모멘트 방향(Pitch)으로의 토크를 증가시키고 필요하지 않는 방향(Roll)의 토크는 상쇄 시켜준다.
- [0135] CMG로서의 가변 모멘트 모듈(200)의 가변 모멘트 피치 모듈(201)의 모듈 플라이 휠(217)에 의한 Torque 식으로 앞서 기술된  $I_z$  값과  $\omega$ ,  $\dot{\theta}$  값에서  $I_z$ 와  $\omega$ 는 고정하고 Gimbal의 속도  $\dot{\theta}$ 를 조절하여 사람이 발생시키는 모멘트와 동일한 토크를 생성하여 테스트 진행을 위한 물리적 모사 환경을 제공할 수 있다.
- [0136] 도 26 내지 도 28에는 본 발명의 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유닛이 탑재된 자가 균형 탑승 로봇(M)의 시물 레이션을 RecurDyn simulation을 통해 실행한 시물레이션 결과가 도시되는데, 탑승자의 pitch reference를 잘 따라 갈 수 있는지 확인해 보았으며, 실제 실험치와 시물레이션 모사값이 거의 일치함을 확인하였다.
- [0137] 도 30 내지 도 32 및 도 33 내지 도 37에는 본 발명의 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유닛의 실험 결과의 일례 들이 도시된다. 도 30 내지 도 32에는 본 발명의 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유닛의 정지 상태에서부터 출발 하여 일정 범위 내 가/감속이 이루어지는 경우에 대한 테스트 결과가, 그리고 도 33 내지 도 37에는 본 발명의 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유닛의 전진 주행 중 회전 선회 운동이 이 이루어지는 경우에 대한 테스트 결과 가 도시된다.
- [0138] 먼저, 도 30에는 테스트 조건에서 사람의 탑승시 사람에 의하여 행해지는 거동으로부터 얻어지는 피치 데이터 (실선)와, 본 발명의 CMG(Control Moment Gyroscope)로 구현되는 가변 모멘트 모듈(200)의 가변 모멘트 피치 모듈(201)의 모듈 플라이 휠(217)에 의한 피치 데이터(점선)가 도시되는데, CMG(Control Moment Gyroscope)로 구현되는 가변 모멘트 모듈(200)의 가변 모멘트 피치 모듈(201)의 모듈 플라이 휠(217)에 의한 토크는 사람에 의하여 행해지는 거동과 거의 실질적으로 동일한 토크 거동(도 31 참조)을 발생시킨다. 도 32에는 본 발명의 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유닛이 탑재된 자가 균형 탑승 로봇(M)의 직진 주행 가/감속 실험의 수행 상태를 도시하는 사진 선도이다.
- [0139] 직진 주행 이외, 선회 동작의 경우, 도 33 내지 도 37에 도시되는데, 도 33에는 선회 동작 테스트 조건에서 사 람의 탑승시 사람에 의하여 행해지는 거동으로부터 얻어지는 피치 데이터(실선)와, 본 발명의 CMG(Control Moment Gyroscope)로 구현되는 가변 모멘트 모듈(200)의 가변 모멘트 피치 모듈(201)의 모듈 플라이 휠(217)에 의한 피치 데이터(점선)가 도시되는데, CMG(Control Moment Gyroscope)로 구현되는 가변 모멘트 모듈(200)의 가변 모멘트 피치 모듈(201)의 모듈 플라이 휠(217)에 의한 토크는 사람에 의하여 행해지는 거동과 거의 실질적 으로 동일한 토크 거동(도 34 참조)을 발생시킨다.
- [0140] 자가 균형 탑승 로봇(M)의 자가 균형 제어부(미도시, self-balancing controller)는 균형을 잡기 위해 주행을 통해 보상토크를 발생하는데, 본 실험의 경우 대략 0.5초에 전진을 시작하여 대략 3초에 감속하며 9초에 정지하 는 상황이다(도 33 참조). 선회 동작은 대략 1초부터 시작하여 최종적으로 약 -25deg의 yaw angle을 가진다(도 36 참조). 도 35에는 탑승자에 의하여 실행되는 조향 레버(MS)의 조정 동작(실선)과 본 발명의 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유닛에 의한 조향 레버(MS)의 조정 동작(점선)은 거의 동일한 반응 패턴을 나타낸다. 도 37에는 본 발명의 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유닛이 탑재된 자가 균형 탑승 로봇(M)의 직진 주행 가/감속 실험의 수행 상태를 도시하는 사진 선도이다.
- [0141] 탑승자의 선회 상황에서의 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유닛은 사람이 탑승하여 얻은 피치각(Pitch angle)과 회전운동을 하기 위한 조향 레버(MS)의 각도 데이터(angle)가 재현될 수 있음을 확인 할 수 있고, 이로부터 본 발명의 자가균형 탑승 로봇 테스트 유닛을 통하여 자가 균형 탑승 로봇의 사람의 비탑승 상태에서도 사람의 동작 반응 모사가 가능한 조건으로 자가 균형 탑승 로봇의 전·후진 상황과 회전 운동 상황 등이 변형된 예에서 실험이 가능하다.
- [0142] 앞선 실시예에서의 본 발명의 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유닛은 피치 방향으로의 외란에 대응하는 토크를 발생시키는 CMG(Control Moment Gyroscope)의 가변 모멘트 피치 모듈을 구비하는 가변 모멘트 모듈에 대하여 기 술하였으나, 본 발명은 이에 국한되지 않고 다양한 변형이 가능하다. 즉, 본 발명의 자가 균형 탑승 로봇 테스 트 유닛의 가변 모멘트 모듈은 예를 들어 탑승자의 신체 하중이 직진 주행 방향에 수직인 방향으로의 변화와 같은 롤 방향의 외란 토크를 형성하기 위한 가변 모멘트 롤 모듈을 포함하는 구성을 취할 수도 있다.
- [0143] 이하에서는 가변 모멘트 모듈이 가변 모멘트 롤 모듈을 포함하는 실시예에 대하여 기술하는데, 여기서 가변 모 멘트 모듈은 가변 모멘트 롤 모듈과 가변 모멘트 피치 모듈을 모두 구비하는 경우를 중심으로 기술되나, 경우에 따라 가변 모멘트 롤 모듈만 구비하는 구성을 취할 수도 있는 등 설계 사양에 따라 다양한 변형이 가능하다.

또한, 가변 모멘트 롤 모듈의 구성과 가변 모멘트 피치 모듈의 구성요소 중 상당수는 동일 내지 유사한데, 중복된 설명을 피하도록 동일 구성요소에 대하여는 동일 명칭을 사용하며, 차이점을 중심으로 설명한다. 또한, 앞선 실시예에서의 자가 균형 탑승 로봇은 투휠 구조에 탑재되는 테스트 유니트를 중심으로 기수랐었으나, 본 실시예에서의 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트는 원휠 타입의 자가 균형 탑승 로봇에 탑재된 경우를 중심으로 설명한다.

- [0144] 도 38에는 본 발명의 다른 실시예에 다른 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트(10)이 구비되는데, 유니트 바디(100)와 가변 모멘트 모듈(200)과, 모멘트 구동부(300)를 포함하고, 가변 모멘트 모듈(200)은 가변 모멘트 롤 모듈(203)을 포함한다.
- [0145] 유니트 바디(100)는 자가 균형 탑승 로봇에 위치 고정되어 탑재 가능하고, 가변 모멘트 모듈(200)의 가변 모멘트 롤 모듈(230) 및/또는 가변 모멘트 피치 모듈(201)은 유니트 바디(100)에 장착되고 회전 가능하여 모멘트 변화를 통한 무게 중심 변화를 유발하는 모듈 플라이 휠(217)을 구비하고, 모멘트 구동부(300)는 모듈 플라이 휠(217)을 회전 내지 위치 변화시켜 모멘트 변화를 형성하는 구동력을 제공한다.
- [0146] 보다 구체적으로, 유니트 바디(100)는 베이스 바디(110)와 프레임 바디(120)를 포함한다. 베이스 바디(110)는 자가 균형 탑승 로봇(M)의 탑승자 발판에 위치 고정 탑재되고, 프레임 바디(120)는 베이스 바디(110)의 단부에 연결 배치되고 가변 모멘트 롤 모듈(200)이 장착된다. 본 실시예에서 베이스 바디(110)와 프레임 바디(120)가 개별 배치되는 구성을 취하였으나, 일체로 형성될 수도 있는 등 설계 사양에 따라 다양한 구성이 가능하다.
- [0147] 본 실시예에서 베이스 바디(110)는 자가 균형 탑승 로봇(M)의 발판에 탑재되는 프레임 구조물로 형성된다. 베이스 바디(110)의 하단은 자가 균형 탑승 로봇(M)의 발판에 고정 장착되어 하기되는 구성요소들이 자가 균형 탑승 로봇(M)에 대하여 고정된 위치를 형성하며 자가 균형 탑승 로봇(M)에 탑재된 상태를 유지할 수 있도록 한다.
- [0148] 프레임 바디(120)는 베이스 바디(110)와 연결되어 베이스 바디(110)의 상부에 연결되는데, 본 실시예에서 프레임 바디(120)는 소정의 길이를 갖는 로드 구조로 형성되나 이에 국한되는 것은 아니다. 프레임 바디(120)에는 가변 모멘트 모듈(200), 즉 본 실시예에서 가변 모멘트 피치 모듈(201) 및 가변 모멘트 롤 모듈(203) 등의 다른 구성요소들이 안정적인 배치 위치를 형성하는 장착 구조를 제공한다.
- [0149] 가변 모멘트 피치 모듈(201)에 대하여는 상기로 대체한다. 가변 모멘트 모듈(200)의 가변 모멘트 롤 모듈(200)은 유니트 바디(100)에 장착되는데, 가변 모멘트 롤 모듈(200)은 모듈 플라이 휠(217)을 구비한다. 가변 모멘트 롤 모듈(200)의 모듈 플라이 휠(217)은 회전 가능하여 모멘트 변화를 통한 무게 중심 변화에 대응하는 외란 토크를 유발한다.
- [0150] 모멘트 구동부(300)는 앞서 기술한 바와 같이 피치 모듈 플라이 휠(217)을 회동 내지 위치 변화시킴과 마찬가지로, 모듈 플라이 휠(217)을 회전시키거나 또는 위치를 변화시키는데, 모듈 플라이 휠(217)에 의하여 모듈 플라이 휠(217)이 장착 연결되는 유니트 바디(110)에 롤 방향의 모멘트 변화를 형성하고, 궁극적으로 자가 균형 탑승 로봇(M)에 관성 변화를 이루어 소정의 균형 유지 등의 안전성/안정성 테스트 기능을 실행 가능하도록 한다.
- [0151] 특히, 본 발명의 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유니트(10)의 가변 모멘트 모듈(200)은 모멘트 모듈 프레임부(210r, 도 38 참조)를 더 포함하는데, 모멘트 모듈 프레임부(210r)는 자가 균형 탑승 로봇(M)의 지면 수직 기립 상태에 대하여 프레임 바디(120)에 지면에 수직한 축을 중심으로 모듈 플라이 휠(217)을 회동 가능하도록 지지한다.
- [0152] 모멘트 모듈 프레임부(210r)는 모듈 프레임 베이스(211r)와, 모듈 프레임 샤프트 바디(213r, 도 38 참조)를 포함한다. 모듈 프레임 베이스(211r)는 적어도 일부가 프레임 바디(120)에 위치 고정 배치되고, 모듈 프레임 샤프트 바디(213r)는 모듈 프레임 베이스(211r)와 연결되어 모듈 플라이 휠(217)이 축회동 가능하게 지지한다.
- [0153] 모듈 프레임 베이스(211r)는 모듈 프레임 베이스 바디(2115r)와, 모듈 프레임 베이스 바텀(2113r)와, 모듈 프레임 어퍼 가이드(2111r)를 포함한다.
- [0154] 모듈 프레임 베이스 바디(2115r)는 유니트 바디(100)의 프레임 바디(120)에 위치 고정되어 장착되는데, 본 실시예에서 모듈 프레임 베이스 바디(2115r)에는 모듈 프레임 베이스 바디(2115r)의 길이의 중간 부분에 모듈 프레임 베이스 바텀(2113r)가 길이를 가로질러 연결되고, 모듈 프레임 어퍼 가이드(2111r)는 모듈 프레임 베이스 바텀(2113r)의 상부에 이격되어 배치된다. 본 실시예에서 피치 모듈 플라이 휠(217) 및 모듈 플라이 휠(217)은 쌍을 이루어 배치되는 구성을 취하는데,
- [0155] 모듈 프레임 베이스 바디(2115r)의 양단 및 모듈 프레임 어퍼 가이드(2111r)과 모듈 프레임 베이스 바텀(2113

r)의 양단에는 모듈 프레임 샤프트 바디(213r)가 배치되는데, 이들을 통하여 각각 모듈 프레임 베이스 바디(2115r)의 양단 측에는 모듈 플라이 휠(217)이 그리고 모듈 프레임 어퍼 가이드(2111r)과 모듈 프레임 베이스 바텀(2113r)의 양단 측에는 피치 모듈 플라이 휠(217)이 배치된다.

- [0156] 즉, 모듈 프레임 샤프트 바디(213r)는 앞선 실시예에서와는 다르게 연결 구조로 형성된다. 모듈 프레임 베이스 바디(2115r)의 단부와 모듈 플라이 휠(217)의 일단을 그리고 모듈 프레임 어퍼 가이드(2111r)과 모듈 프레임 베이스 바텀(2113r)의 단부 측과 피치 모듈 플라이 휠(217)을 연결하는 구조를 취한다.
- [0157] 경우에 따라 모멘트 구동부의 구성요소를 더 지지하는 외부 구성 요소가 더 구비될 수도 있다.
- [0158] 앞서와 마찬가지로 가변 모멘트 모듈(200)은 모듈 로테이션 샤프트(219)를 포함하는데, 모듈 로테이션 샤프트(219)의 단부는 모듈 프레임 샤프트 바디(213r)에 회동 가능하게 배치된다. 즉, 모듈 로테이션 샤프트(219)은 모듈 프레임 샤프트 바디(213r)에 상대 회동 가능하게 배치된다.
- [0159] 본 발명의 일실시예에 따른 자가 균형 탑승 로봇 테스트 유닛(10)는 센서부(500)를 더 구비할 수 있는데, 이는 앞서 기술한 바와 동일하다.
- [0160] 또한, 가변 모멘트 모듈(200)의 가변 모멘트 롤 모듈(203)은 모멘트 모듈 로테이션부(214)를 포함하는데, 모멘트 모듈 로테이션부(214)은 모듈 플라이 휠(217)을 포함한다.
- [0161] 가변 모멘트 롤 모듈(203)의 모멘트 모듈 로테이션부(214)는 앞서 기술된 가변 모멘트 피치 모듈(201)의 모멘트 모듈 로테이션부(214)와 동일하다. 다만, 앞서 기술된 가변 모멘트 피치 모듈(201)의 모멘트 모듈 로테이션부는 지면에 수직인 모듈 프레임 샤프트를 중심으로 회동 가능하고, 앞서 기술된 가변 모멘트 피치 모듈(201)의 모멘트 모듈 로테이션부의 모듈 플라이휠은 대체적으로 지면에 평행한 회전축, 즉 모듈 프레임 샤프트를 중심으로 회동하는 구조를 취하는 반면, 가변 모멘트 롤 모듈(203)의 모멘트 모듈 로테이션부(214)는 지면에 수평인 모듈 프레임 샤프트를 중심으로 회동 가능하고, 가변 모멘트 롤 모듈(203)의 모멘트 모듈 로테이션부의 모듈 플라이휠은 대체적으로 지면에 수직인 회전축을 중심으로 회동하는 구조를 취한다는 점에서 양자 간의 구성 상의 차이점이 존재한다.
- [0162] 모멘트 모듈 로테이션부(214, 도 12 참조)는 모멘트 로테이션 샤프트(219)에 상대 회동 고정되도록 연결되고, 모멘트 모듈 로테이션부(214)는 모듈 로테이션 바디(215)를 포함한다. 모듈 로테이션 바디(215)는 모듈 플라이 휠(217)이 가동 가능하게 배치되도록 하고, 모듈 플라이 휠(217)에 의한 모멘트 변화를 생성하기 위하여 모멘트 구동부(300)가 모듈 플라이 휠(217)의 위치 내지 회동 상태를 변화시키는 구동력을 제공한다.
- [0163] 모멘트 구동부(300)는 프레임 샤프트 구동부(310)와 로테이션 구동부(320)를 포함한다. 먼저, 프레임 샤프트 구동부(310)는 모멘트 로테이션 샤프트(219)와 연결되어 모멘트 로테이션 샤프트(219)의 회동을 통한 모듈 플라이 휠(217)의 회동 위치 상태를 변화시키는 구동력을 제공하여 모멘트 모듈 로테이션부(214)를 가동시킨다.
- [0164] 일례로 도 38 및 도 39에 도시된 바와 같이 프레임 샤프트 구동부(310)는 모듈 프레임 샤프트 바디(213r) 및/또는 모듈 프레임 베이스 바디(2115r)의 내부에 배치될 수도 있다. 프레임 샤프트 구동부(310)는 프레임 샤프트 구동 모터(311)와, 프레임 샤프트 감속기(313)와, 프레임 샤프트 전달부(315)를 포함한다. 프레임 샤프트 구동 모터(311)는 모듈 프레임 베이스 바디(2115r)의 내부에 위치 고정되어 장착된다.
- [0165] 프레임 샤프트 감속기(313)는 프레임 샤프트 구동 모터(311)와 연결되어 구동 속도를 변화시키는데, 프레임 샤프트 감속기(313)도 모듈 프레임 베이스 바디(2115r)의 내부에 위치 고정되어 장착된다. 프레임 샤프트 감속기와 프레임 샤프트 구동 모터 사이에는 축불일치를 상쇄시키는 커플러 등이 더 개재될 수도 있다.
- [0166] 프레임 샤프트 전달부(315)는 프레임 샤프트 감속기(313) 및 모멘트 로테이션 샤프트(219) 사이에 배치되어 양자를 연결시켜 프레임 샤프트 구동 모터(311)에서 생성되어 프레임 샤프트 감속기(313)를 거친 구동력을 모멘트 로테이션 샤프트(219)에 전달하여 모멘트 모듈 로테이션부(214)의 모듈 로테이션 바디(215)를 회전시킨다. 본 실시예에서 모듈 로테이션 바디(215)의 회동 범위는 180이하의 각도 범위를 구성하였으나, 설계 사양에 따라 다양한 변형이 가능하다.
- [0167] 평상시 가변 모멘트 롤 모듈(203)의 모멘트 모듈 로테이션 바디(215)는 지면에 수평한 상태로 배치된다(도 38 참조). 모멘트 모듈 로테이션 바디(215, 도 8 참조)는 로테이션 메인 바디(2151)와, 로테이션 커버 바디(2153)와, 로테이션 플라이휠 베어링(218)를 포함한다.
- [0168] 로테이션 메인 바디(2151)는 모듈 플라이 휠(217)을 가동 가능하게 수용한다. 로테이션 커버 바디(2153)는 로테

이션 메인 바디(2151)의 단부와 연결되어 모듈 플라이 휠(217)이 배치되는 공간을 구획하고, 로테이션 플라이휠 베어링(218)은 모듈 플라이 휠(217)이 로테이션 커버 바디(2153)에 대하여 상대 회동 가능하게 모듈 플라이 휠(217) 측 및 로테이션 커버 바디(2153) 측에 연결 배치된다.

- [0169] 이와 같이, 로테이션 메인 바디(2151)와 로테이션 커버 바디(2153)에 의하여 구획되는 공간 내에 모듈 플라이 휠(217)이 배치되는데, 모듈 플라이 휠(217)의 안정적인 회동을 위하여 로테이션 플라이휠 베어링(218)의 장착 위치를 유지시키기 위한 구성요소가 더 구비될 수 있다.
- [0170] 즉, 로테이션 커버 바디(2153)와 로테이션 플라이 휠 베어링(218) 사이에 로테이션 커버 베어링 픽서(2158)가 배치되고, 모듈 플라이 휠(217)과 로테이션 플라이 휠 베어링(218) 사이에 로테이션 플라이 휠 픽서(2159)가 배치되는데, 로테이션 커버 베어링 픽서(2158)는 로테이션 커버 바디(2153)와 로테이션 플라이 휠 베어링(218) 사이에 배치되어, 로테이션 플라이 휠 베어링(218)이 로테이션 커버 바디(2153) 외측으로 이탈되는 것을 방지하고, 로테이션 플라이 휠 픽서(2159)는 모듈 플라이 휠(217)과 로테이션 플라이 휠 베어링(218) 사이에 배치되어, 로테이션 플라이 휠 베어링(218)이 모듈 플라이 휠(217) 외측으로 이탈되는 것을 방지하고, 이와 같은 구조를 통하여 모듈 플라이 휠(217)과 모듈 로테이션 바디(215)의 로테이션 메인 바디(2151)와 로테이션 커버 바디(2153) 간의 상대 회동을 원활하고 안정적으로 이루어지도록 할 수 있다.
- [0171] 여기서, 모멘트 구동부(300)의 로테이션 구동부(320)는 모멘트 모듈 로테이션 바디(215), 보다 구체적으로 로테이션 커버 바디(2153)에 위치 고정되어 장착 배치되는데, 로테이션 구동부(320)는 모멘트 모듈 로테이션 바디(215)의 내부에 배치되는 모듈 플라이 휠(217)과 연결되어 모듈 플라이 휠(217)에 회전 구동력을 제공하여 로테이션 메인 바디(2151)와 로테이션 커버 바디(2153)가 구획하는 공간에서 모듈 플라이 휠(217)의 회동이 이루어지도록 한다.
- [0172] 로테이션 구동부(320, 도 12 참조)는 로테이션 구동 모터(321)를 포함하는데, 로테이션 구동 모터(321)는 모멘트 모듈 로테이션 바디(215)에 위치 고정되어 장착되고 모듈 플라이 휠(217)과 연결된다. 또한, 본 실시예에서 로테이션 구동부(320)는 로테이션 서포트 샤프트(325)를 더 포함하는데, 로테이션 서포트 샤프트(325)는 일단이 모듈 플라이 휠(217)의 로테이션 구동 모터(321)와 연결되는 축의 타측에 배치되고, 타단은 모멘트 모듈 로테이션 바디(215)에 회동 가능하게 연결된다.
- [0173] 또한, 로테이션 구동부(320)는 로테이션 커플링(323)이 더 포함하는데, 로테이션 커플링(323)은 로테이션 구동 모터(321)와 로테이션 서포트 샤프트(325) 사이에 배치되고 양측을 연결한다.
- [0174] 이와 같은 구성을 통하여 모듈 플라이 휠(217)의 회동 상태를 안정적으로 지지하여 원활한 회동 동작을 이루도록 할 수 있다.
- [0175] 따라서, 모멘트 구동부(300)의 프레임 샤프트 구동부(310)로부터 제공되는 회전 구동력을 통하여 모듈 플라이 휠(217)의 지면에 수평한 축을 중심으로 하는 회동이 이루어지고, 로테이션 구동부(320)의 회전 구동력을 통하여 자가 균형 탑승 로봇(M)의 정상 기립 상태에서 지면 내지 가상의 평평한 지면에 수직한 방향을 축으로 하는 모듈 플라이 휠(217)의 회전 동작 구현을 가능하게 한다.
- [0176] 한편, 앞선 실시예에서와 마찬가지로 가변모멘트 롤 모듈(203)의 모듈 플라이 휠(217)의 경우에도 단순한 회전 질량체의 구성이 아닌 경우에 따라 모듈 플라이 휠은 가변적 모멘트 형성을 가능하게 하는 구성을 취할 수도 있다.
- [0177] 즉, 모듈 플라이 휠(217, 도 19 참조)은 플라이 휠 허브(2172)와, 복수 개의 플라이 휠 스포크(2173)와, 플라이 휠 림(2171)과, 플라이 휠 웨이트부(2174)를 포함한다.
- [0178] 플라이 휠 허브(2172)는 모멘트 구동부(300) 측에 연결되어 회동 구동력을 제공받는다. 복수 개의 플라이 휠 스포크(2173)는 플라이 휠 허브(2172)와 연결되며 플라이 휠 허브(2172)로부터 방사 상으로 배치된다.
- [0179] 플라이 휠 림(2171)은 플라이 휠 허브(2172)와 동축으로 플라이 휠 허브(2172)의 외주에 배치되고 플라이 휠 스포크(2173)를 통하여 플라이 휠 허브(2172)와 연결된다.
- [0180] 플라이 휠 웨이트부(2174)는 플라이 휠 스포크(2173)를 따라 가동 가능한 플라이 휠 웨이트 슬라이드(21745)를 포함한다.
- [0181] 플라이 휠 웨이트부(2174)는 플라이 휠 웨이트(21743)와, 플라이 휠 웨이트 가이드(21740)와, 플라이 휠 웨이트 탄성부(21741)를 포함한다.

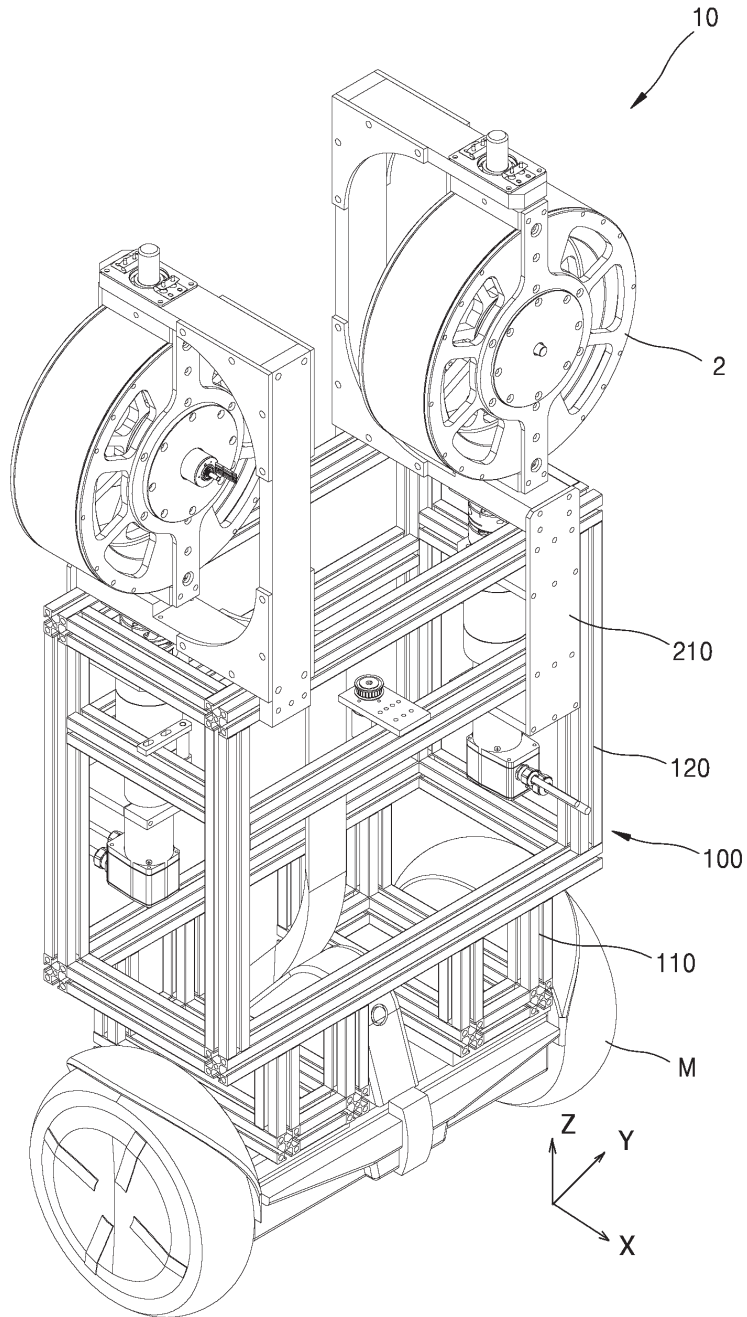
- [0182] 플라이 휠 웨이트(21743)는 플라이 휠 웨이트 슬라이드(21745)에 배치 가능하다. 플라이 휠 웨이트 가이드(21740)는 플라이 휠 스포크(2173)와 평행하게 배치되고 플라이 휠 웨이트(21743)가 길이를 따라 가동 가능하게 배치된다.
- [0183] 플라이 휠 웨이트 탄성부(21741)는 플라이 휠 웨이트 가이드(21740)의 길이 상으로 플라이 휠 웨이트(21743)의 전후로 배치되어, 플라이 휠 웨이트(21743)의 관성으로 인한 충격 발생을 완충시킬 수 있다.
- [0184] 플라이 휠 웨이트(21743)는 테스트 환경에 따라 질량체의 중량을 선택 변경 가능한 구성을 취할 수 있어, 다양한 테스트 실행을 가능하게 할 수도 있다.
- [0185] 이와 같은 가변 모멘트 타입의 롤 모듈 플라이 휠의 플라이 휠 스포크(2173)는 복수 개가 각분할 배치될 수 있다. 이와 같은 구성을 통하여 모멘트 변화의 안정적인 균형 상태 형성을 가능하게 할 수도 있다.
- [0186] 또한, 본 실시예에서 변형 형태의 롤 모듈 플라이 휠은 슬라이드 탄성 지지 구조를 취하였으나, 플라이 휠 스포크(2173, 도 19 참조)가 리드 스크류 형태를 취하고(도 19 참조), 플라이 휠 웨이트(21741)가 장착된 플라이 휠 웨이트 파트(21745)가 스크류에 나선 결합되고 회전 조정을 통하여 위치 변화를 형성함으로써 관성 모멘트의 테스트 환경 변화를 이루도록 할 수도 있는 등 다양한 변형이 가능하다.
- [0187] 이와 같은 구성을 통하여 이로부터 본 발명의 자가균형 탑승 로봇 테스트 유닛을 통하여 자가 균형 탑승 로봇의 사람의 비탑승 상태에서도 사람의 동작 반응 모사가 가능한 조건으로 자가 균형 탑승 로봇의 전·후진 상황과 회전 운동 상황 등이 변형된 예에서 실험이 가능하다.
- [0188] 상기 실시예들은 본 발명을 설명하기 위한 일례들로, 본 발명이 이에 국한되는 것은 아니고 다양한 변형이 가능하다.
- [0189] 상기 실시예들은 본 발명을 설명하기 위한 일례들로, 본 발명이 이에 국한되는 것은 아니고 다양한 변형이 가능하다.

**부호의 설명**

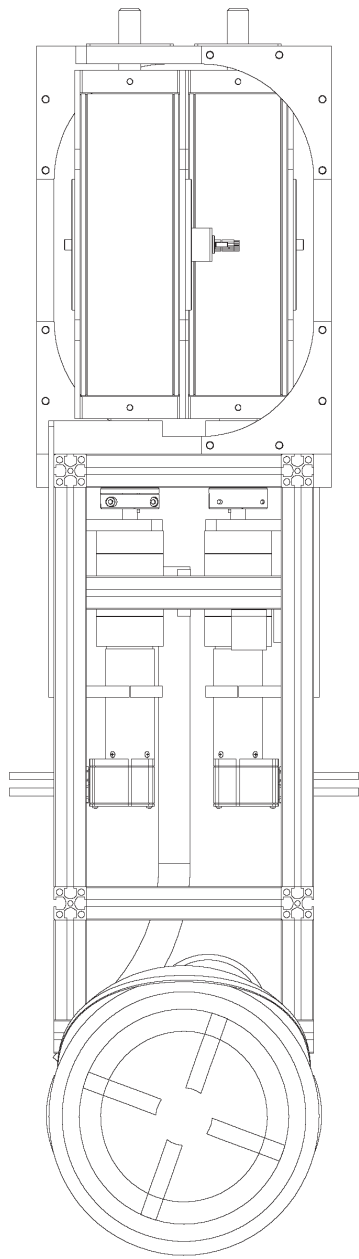
- [0190] 10...자가 균형 탑승 로봇 테스트 유닛
  - 100...유닛 바디
  - 300...모멘트 구동부
  - 500...센서부
  - 200...가변 모멘트 모듈
  - 400...스티어링부

도면

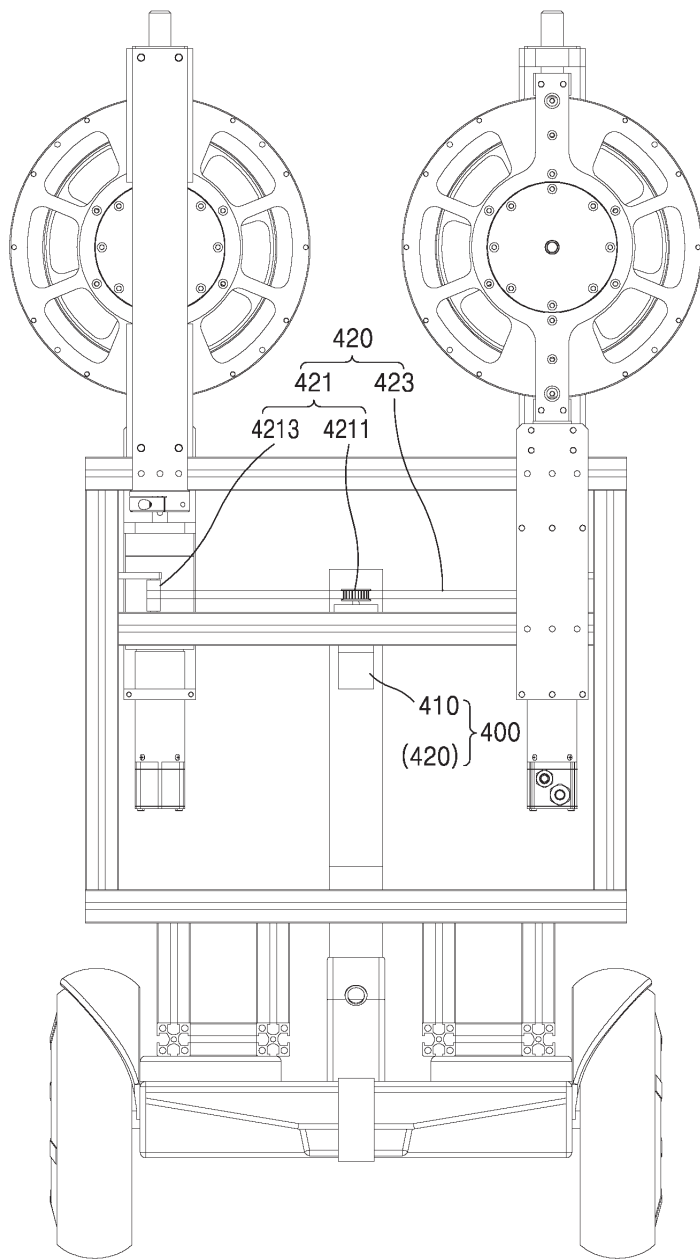
도면1



도면2

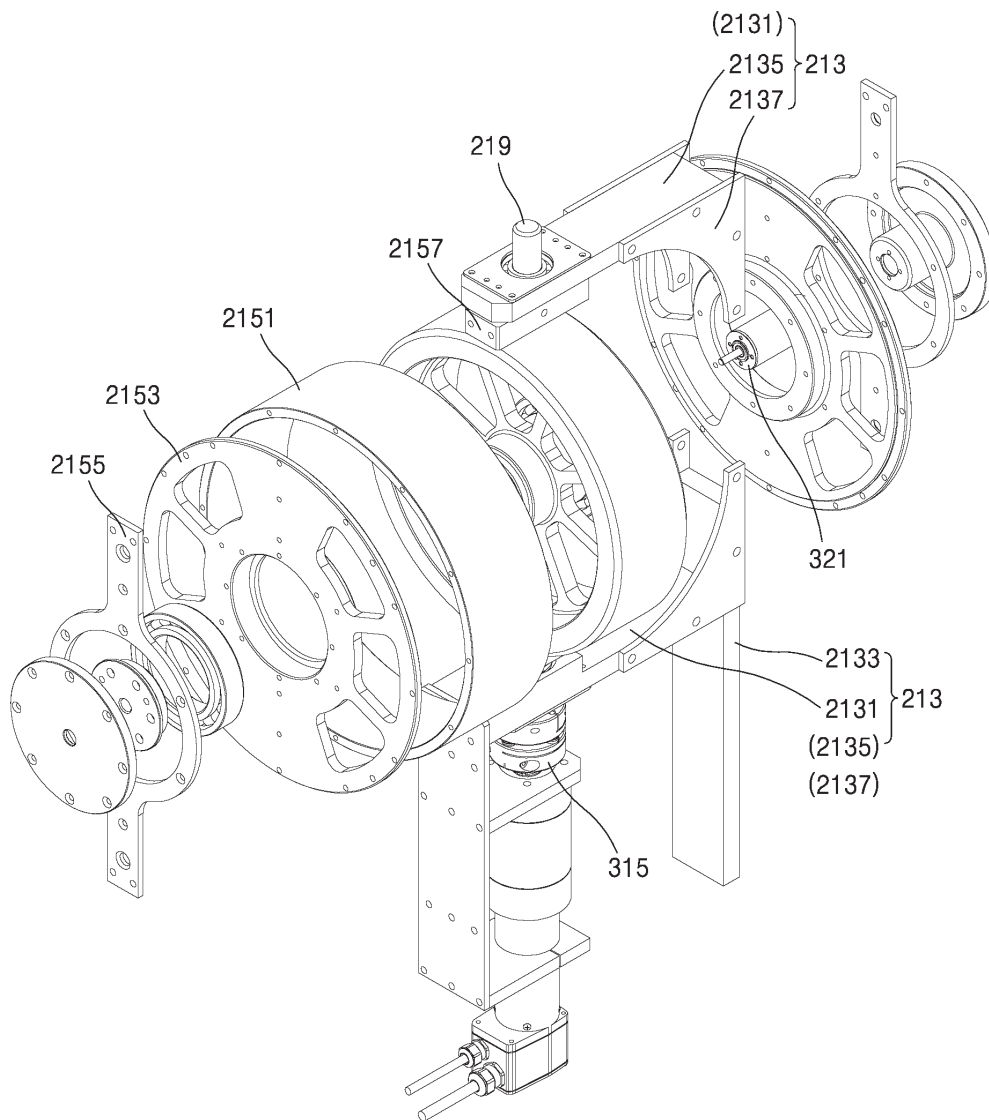


도면3

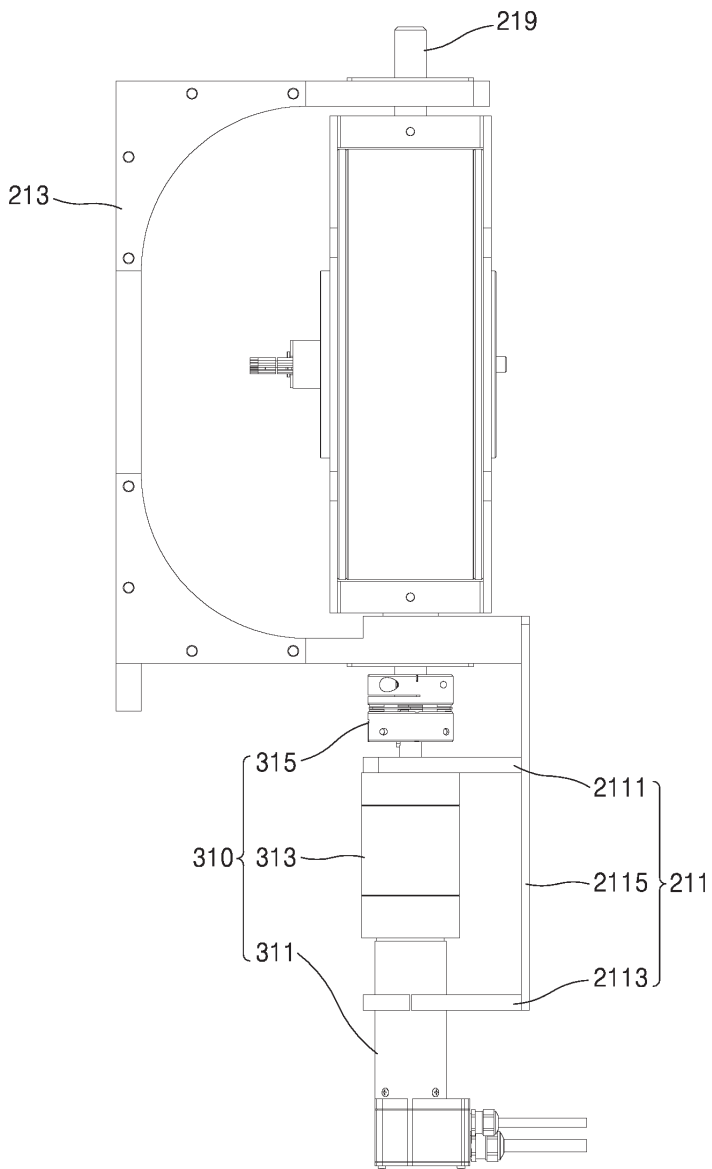




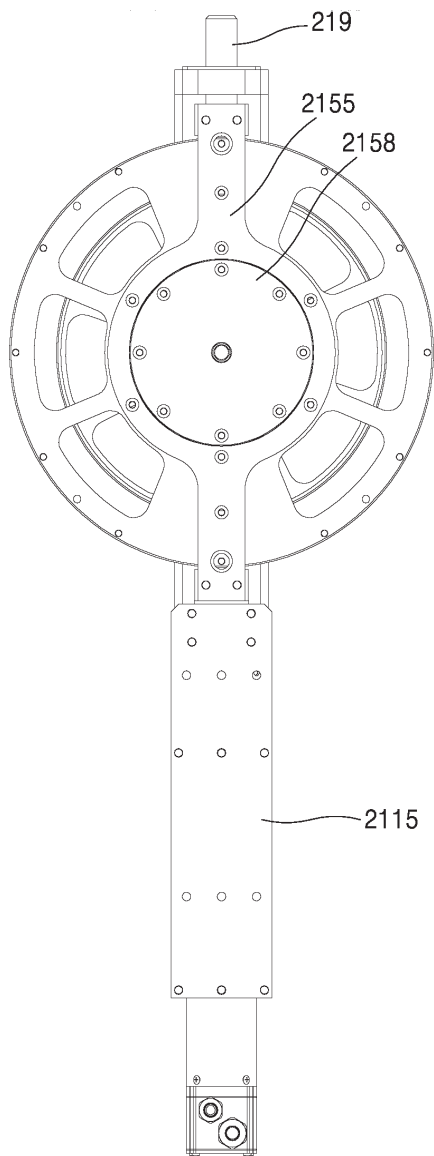
도면4



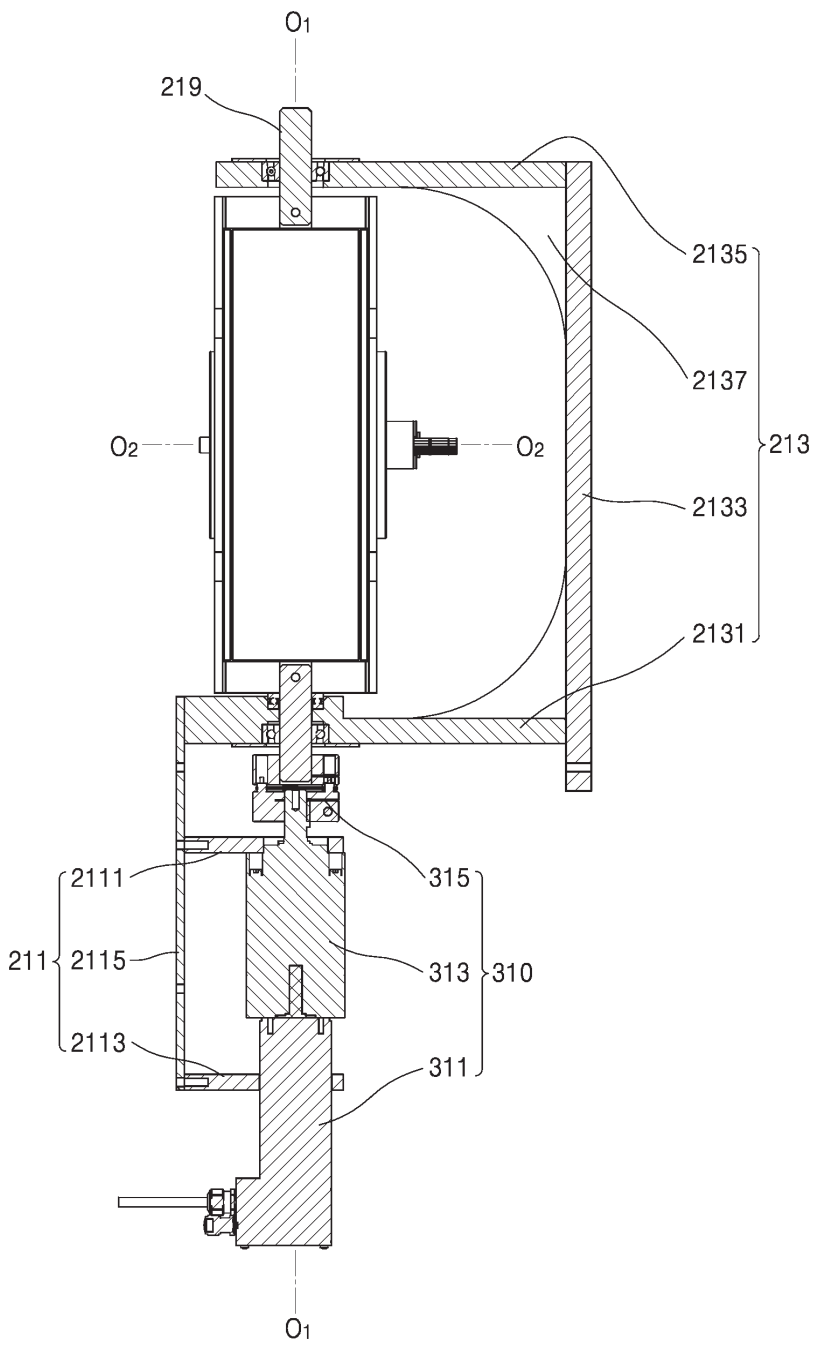
도면5



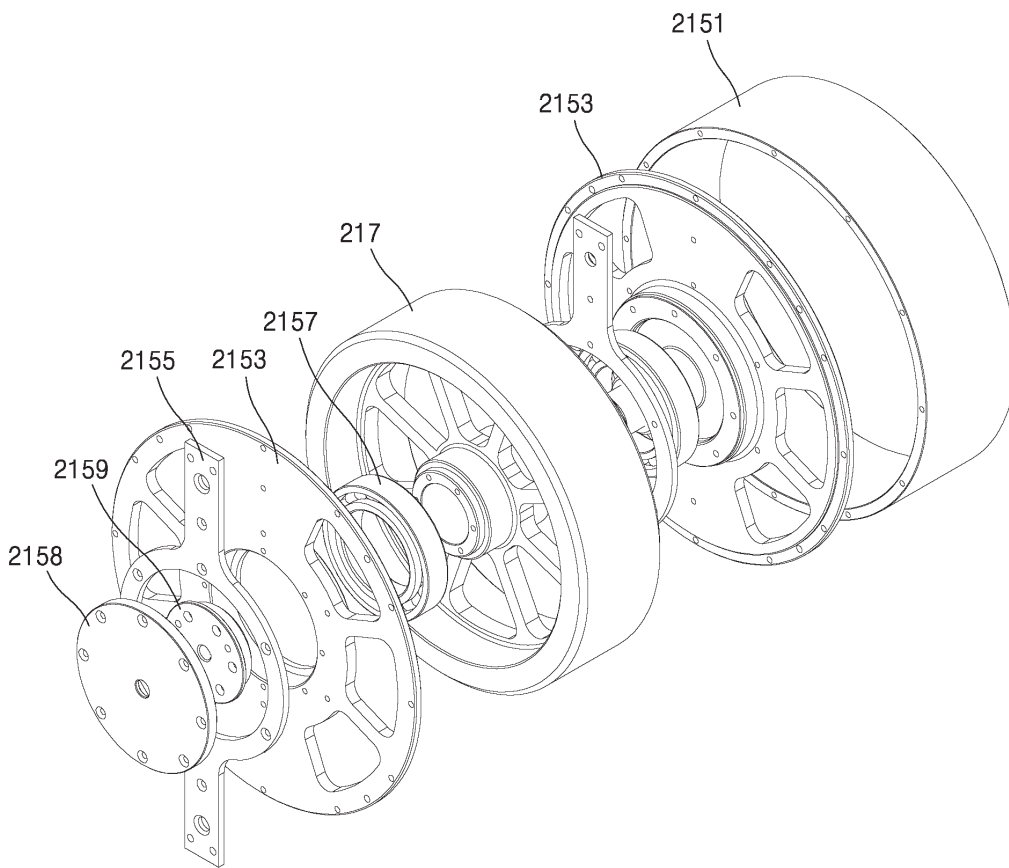
도면6



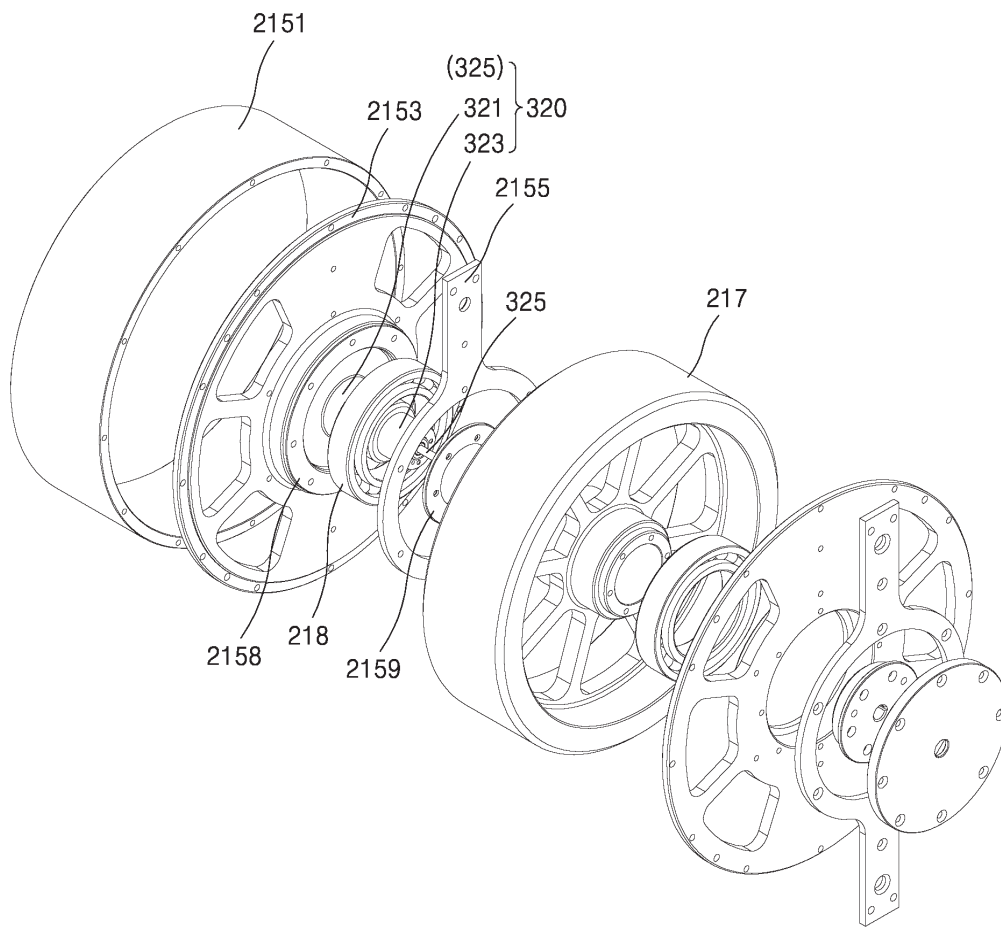
도면7



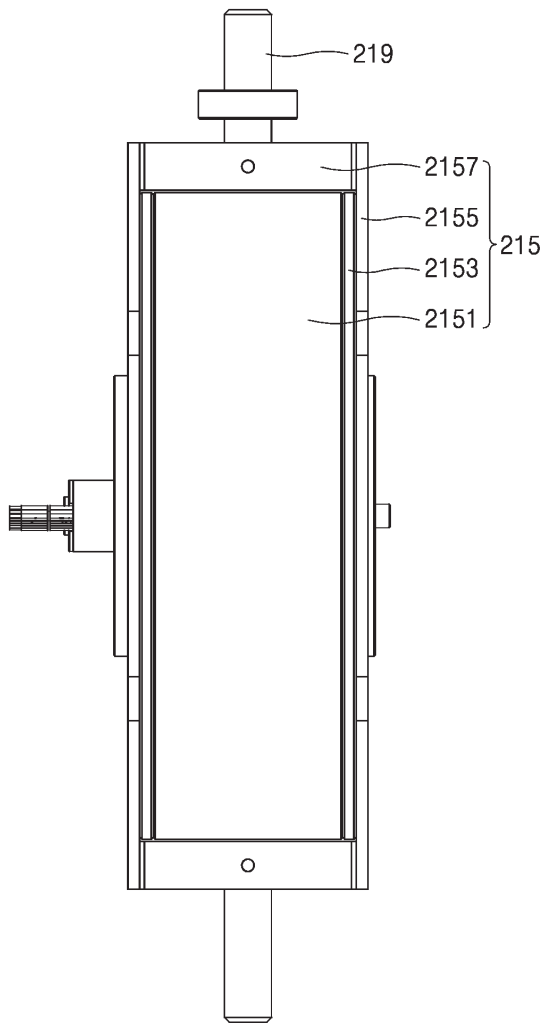
도면8



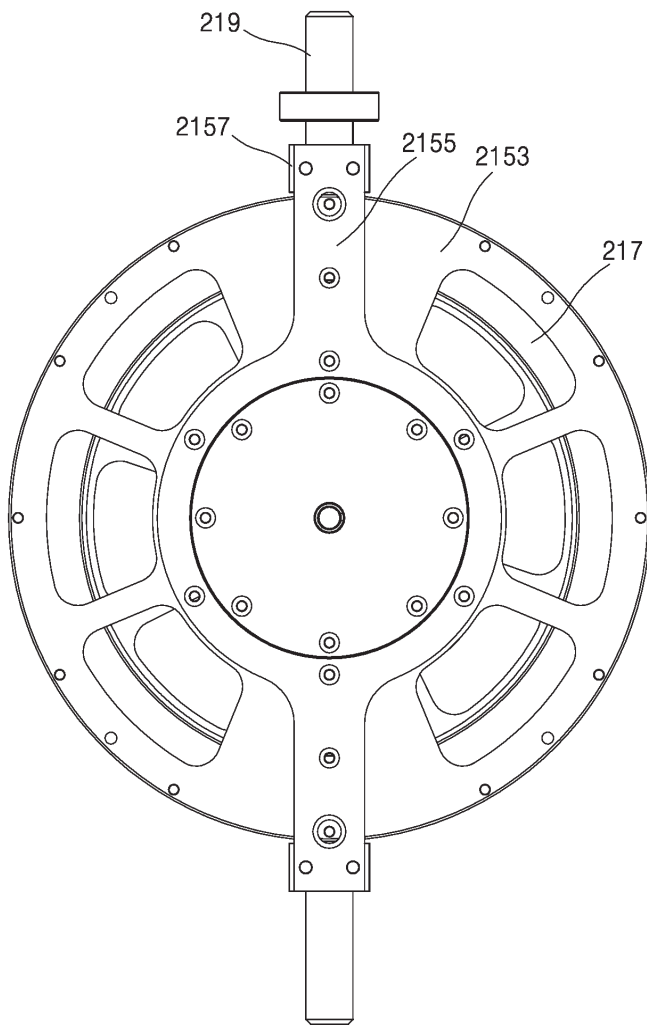
도면9



도면10

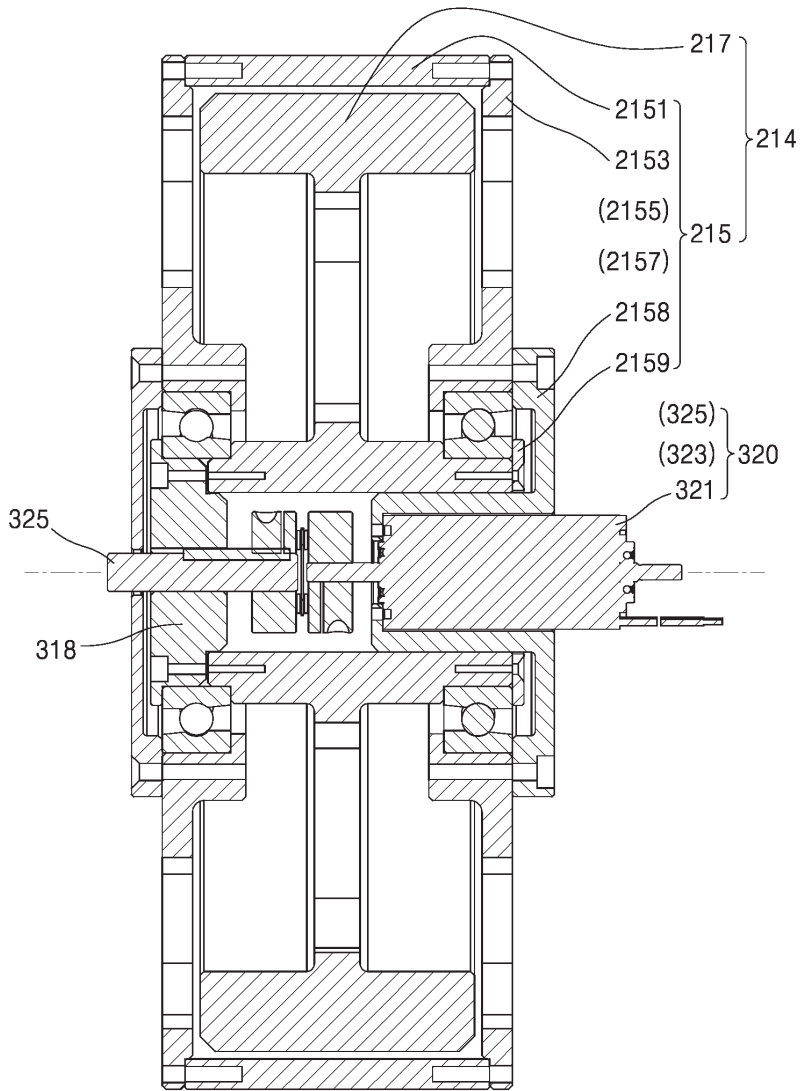


도면11

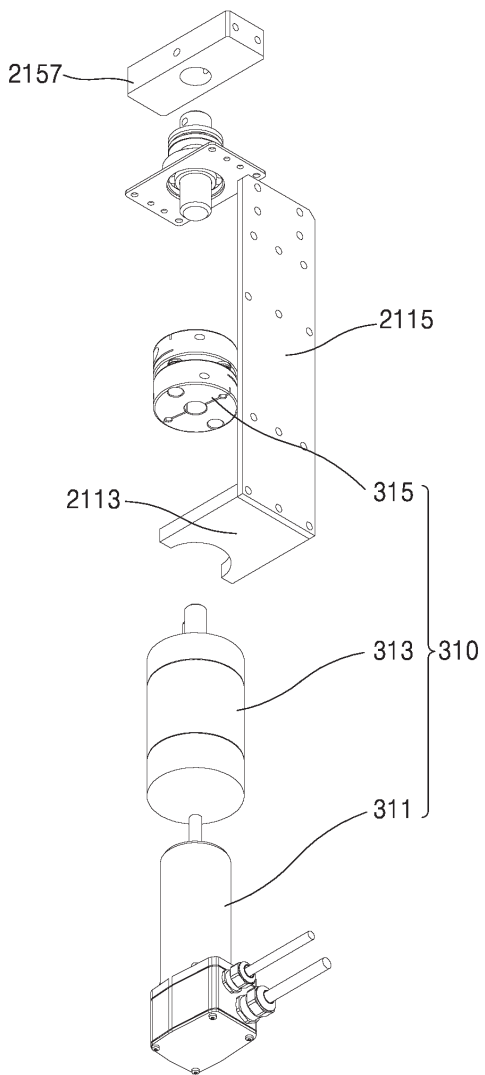




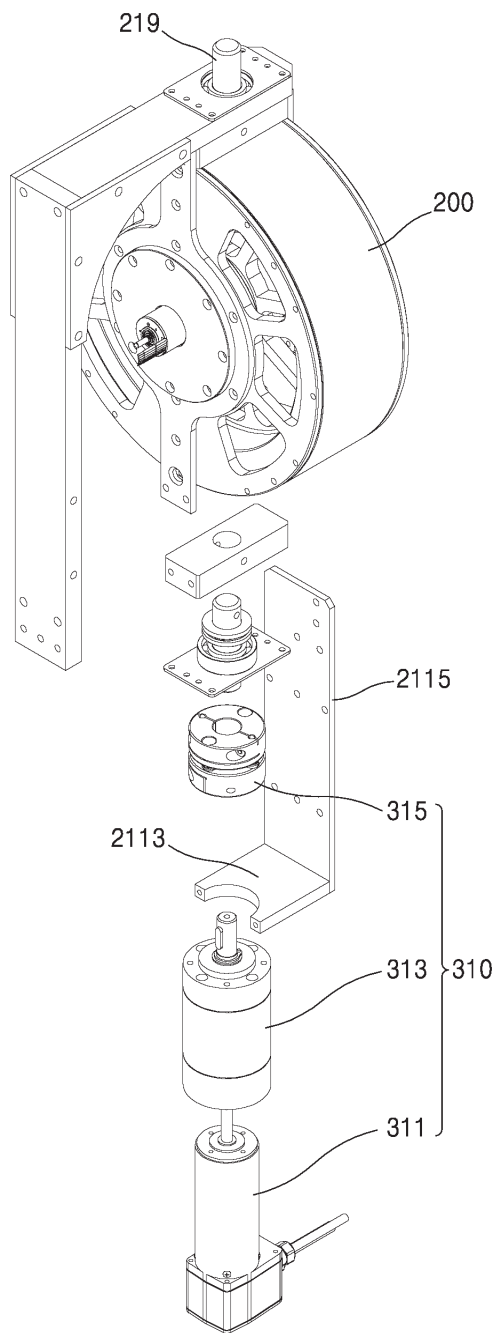
도면12



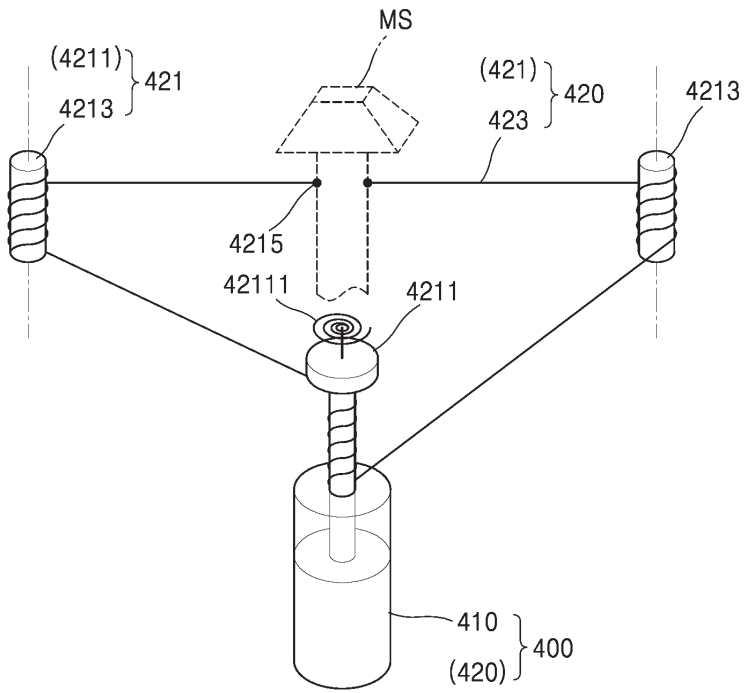
도면13



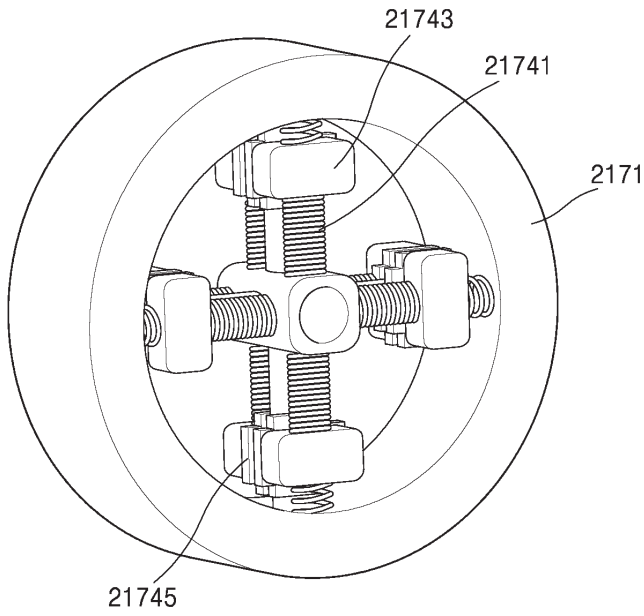
도면14



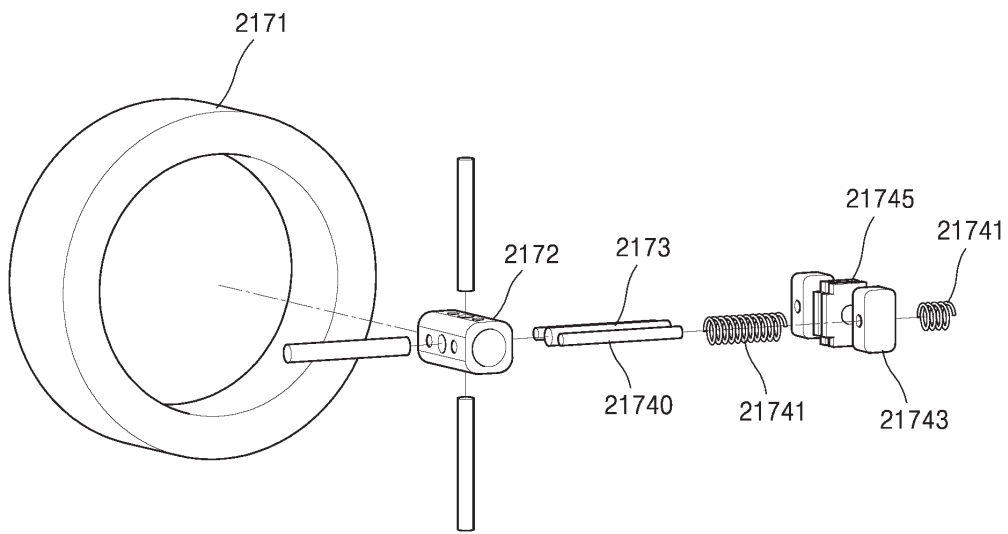
도면15



도면16



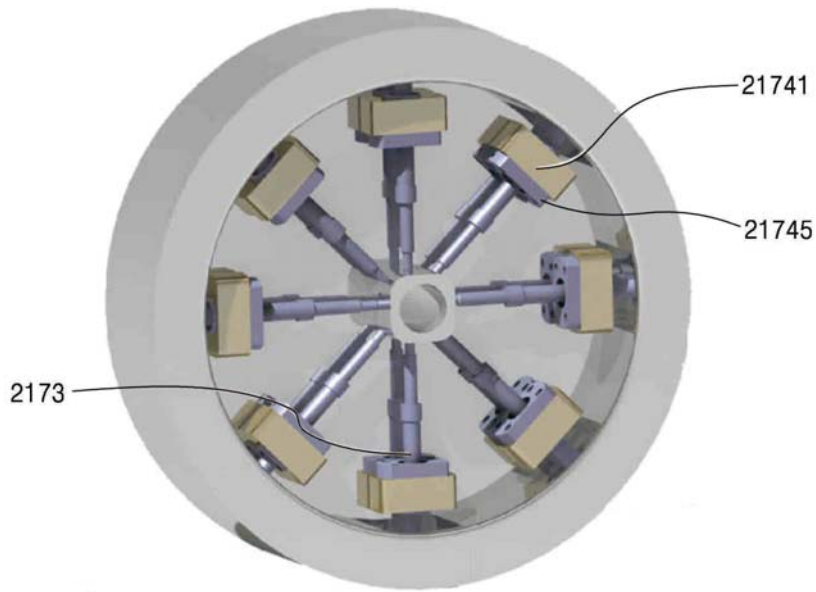
도면17



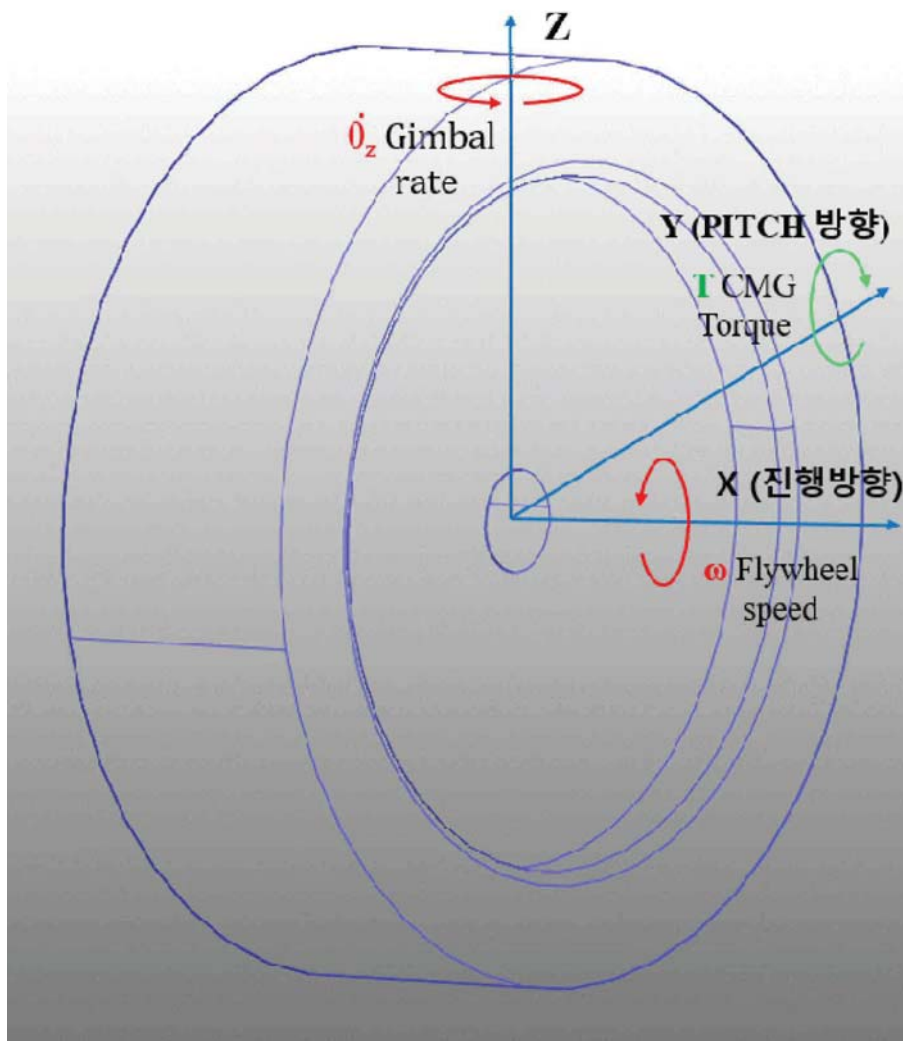
도면18



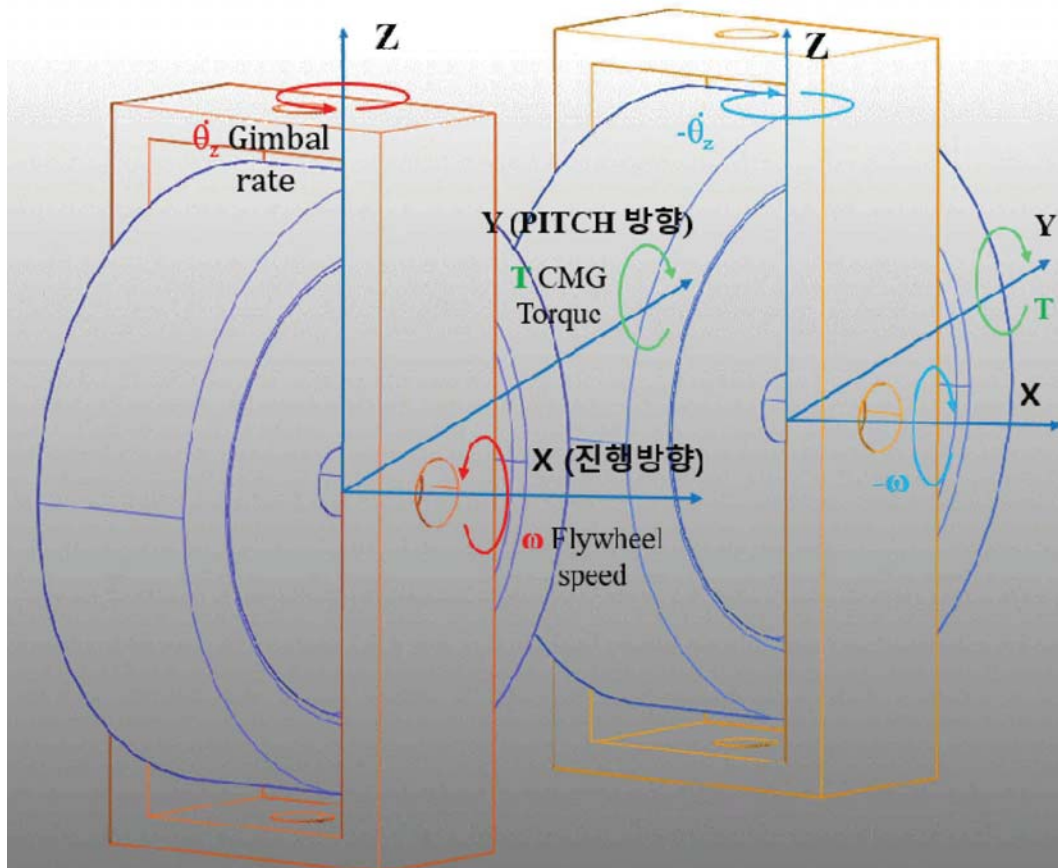
도면19



도면20

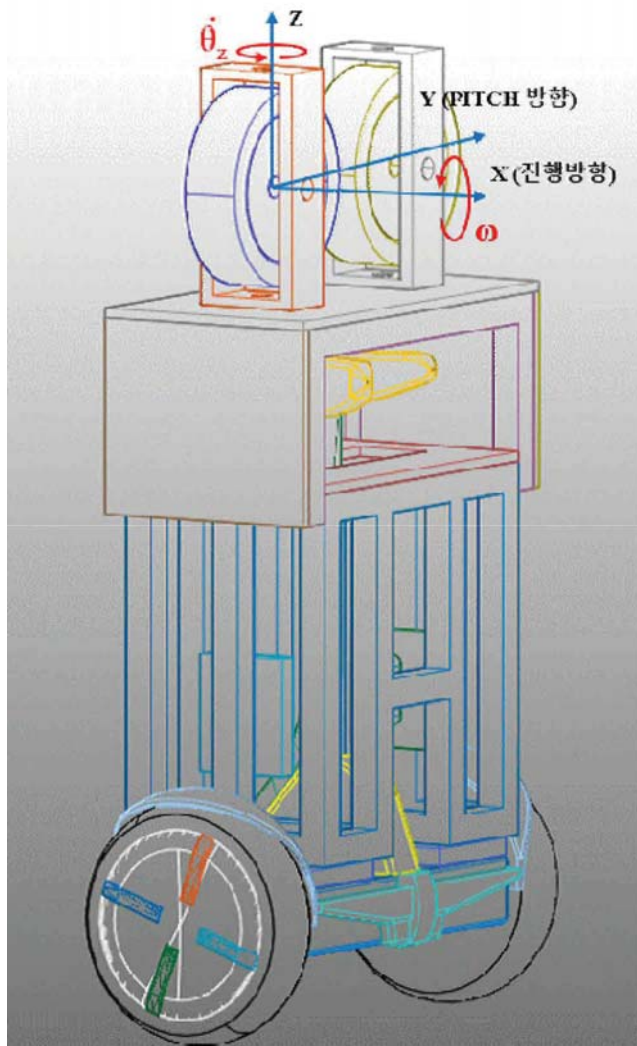


도면21

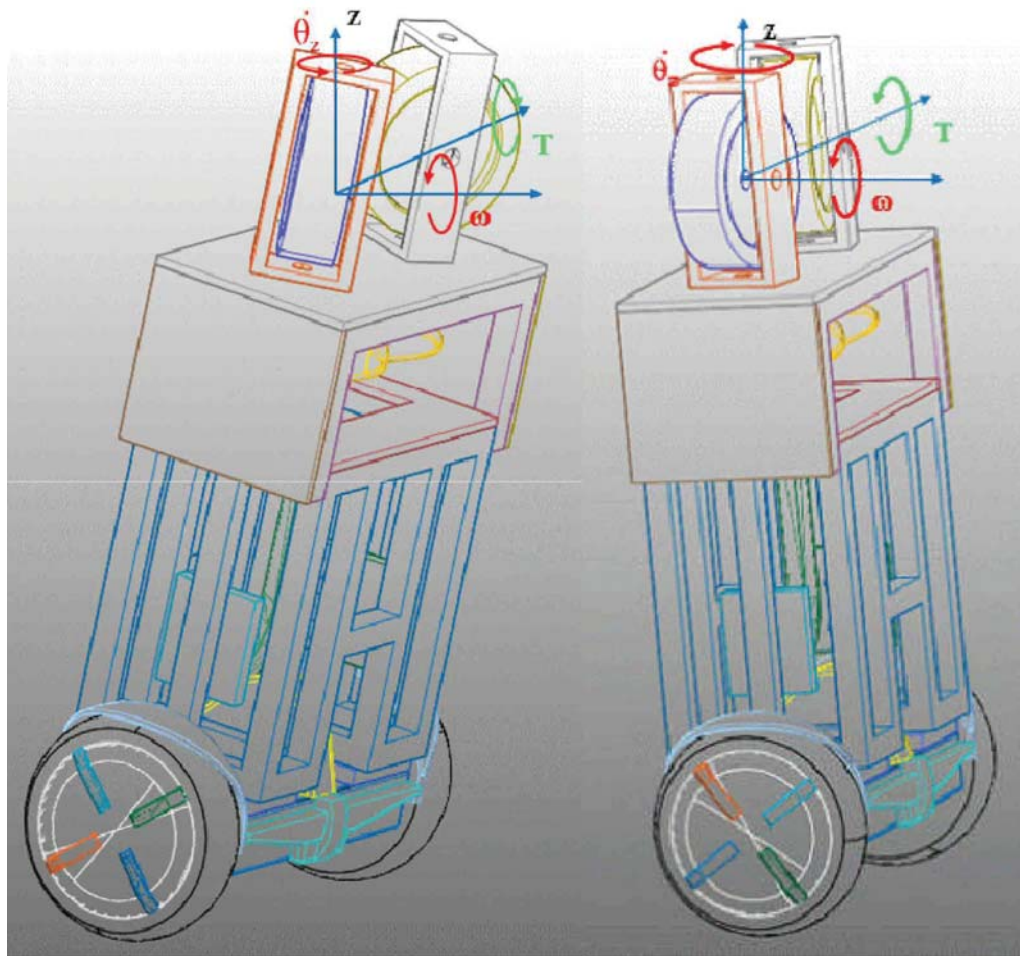




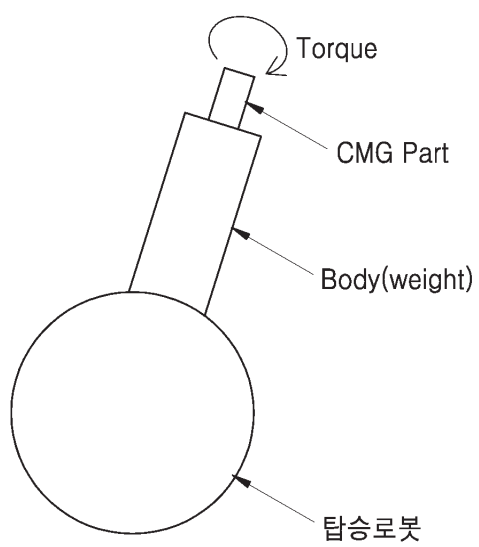
도면22



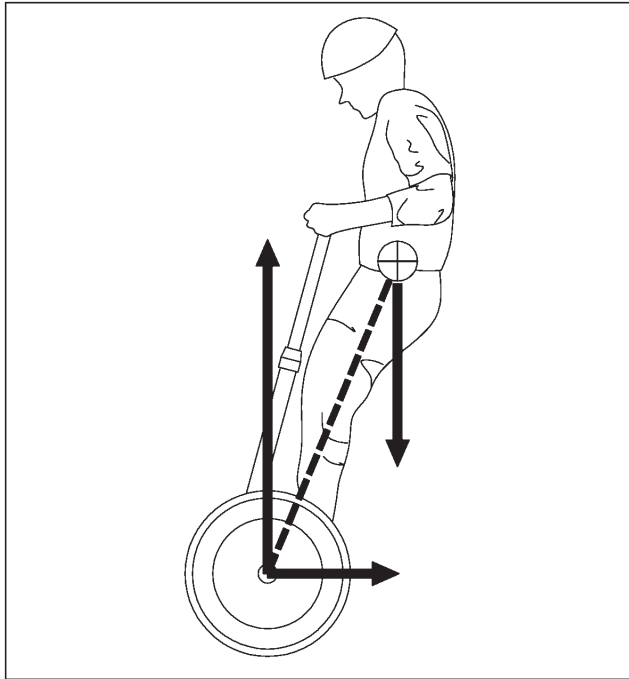
도면23



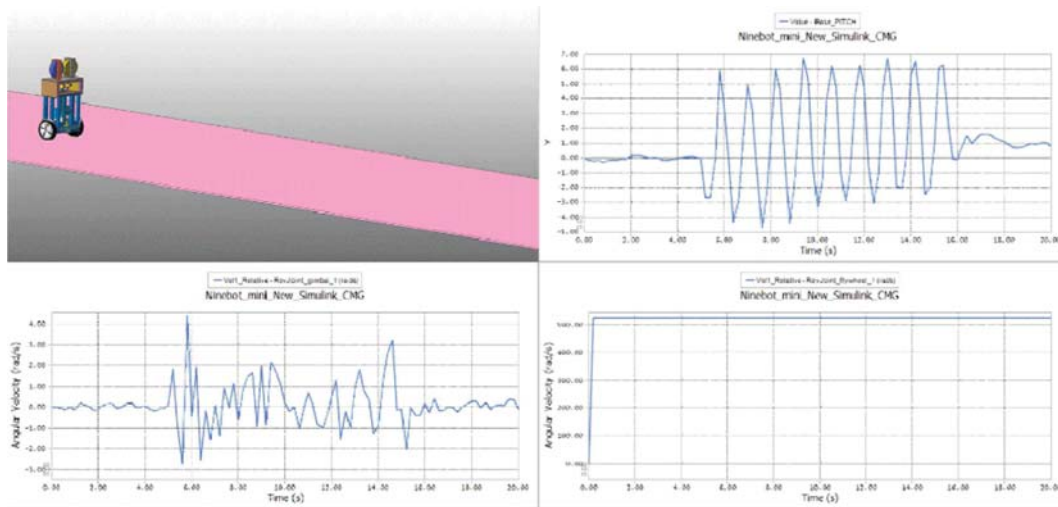
도면24



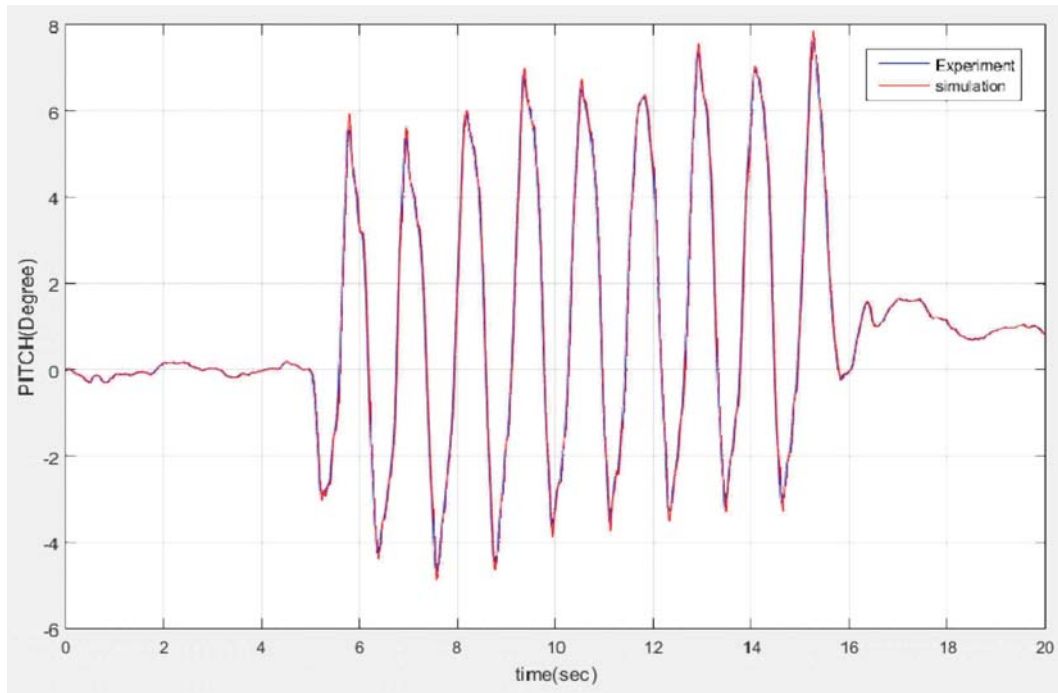
도면25



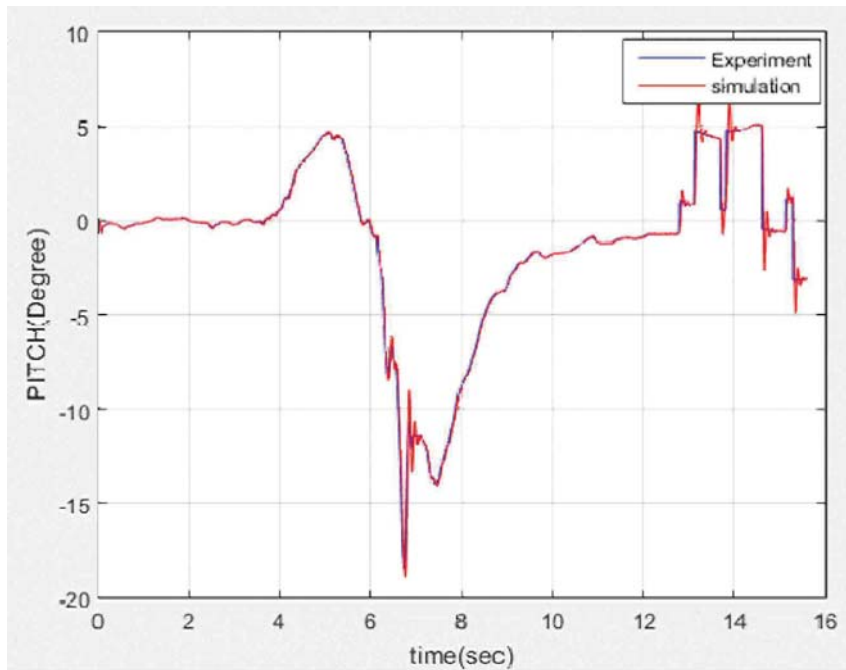
도면26



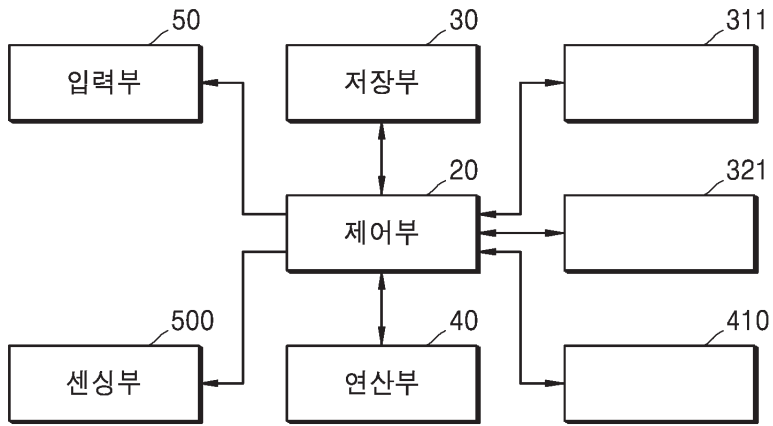
도면27



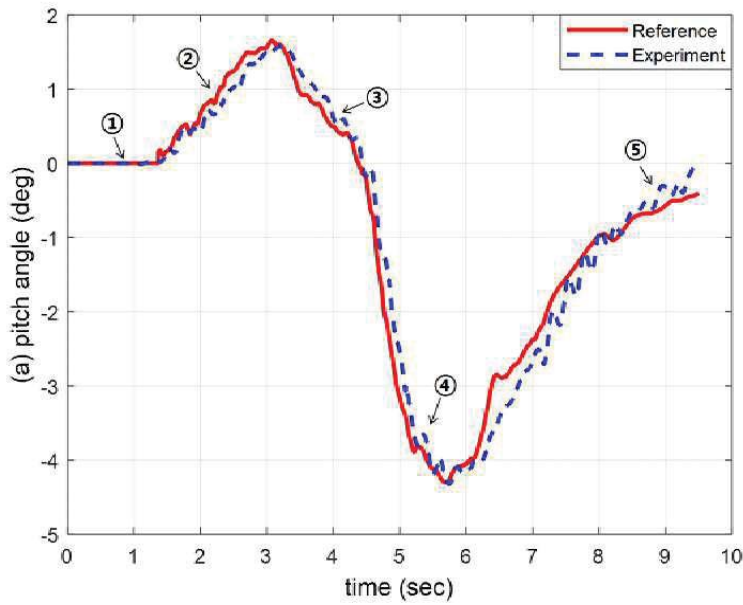
도면28



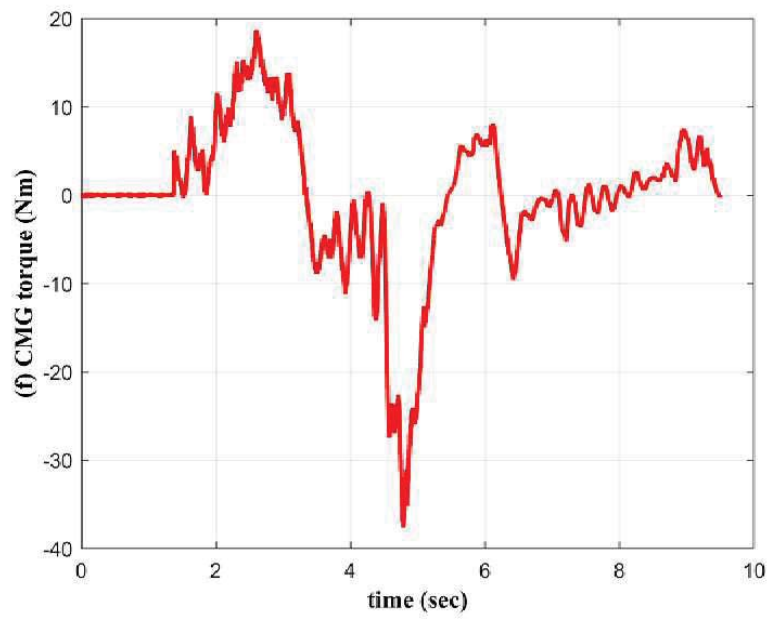
도면29



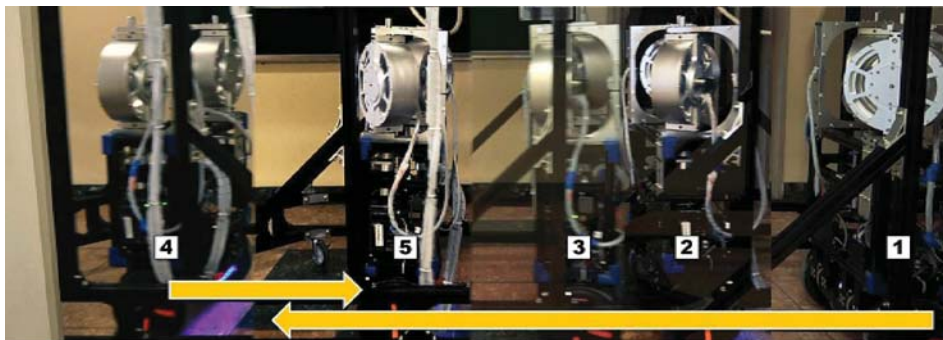
도면30



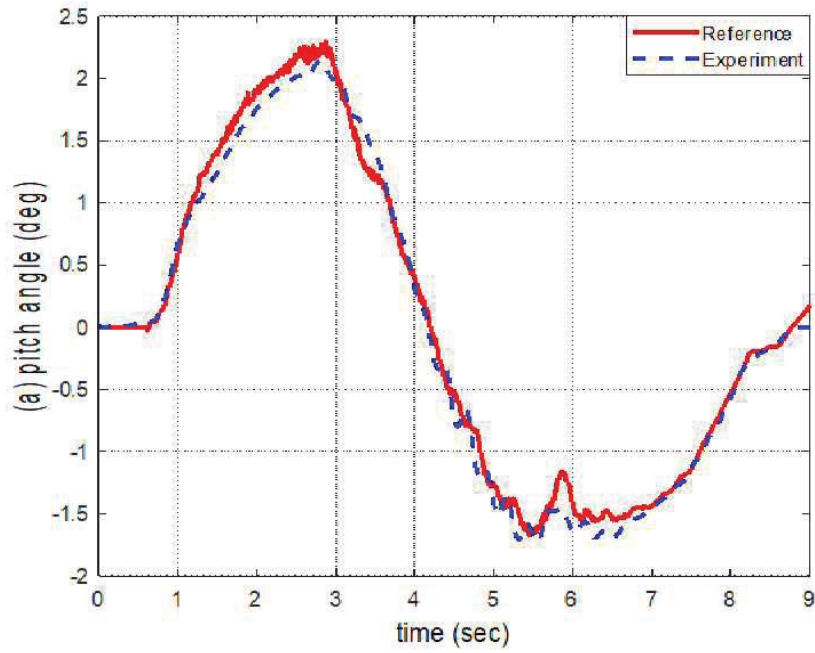
도면31



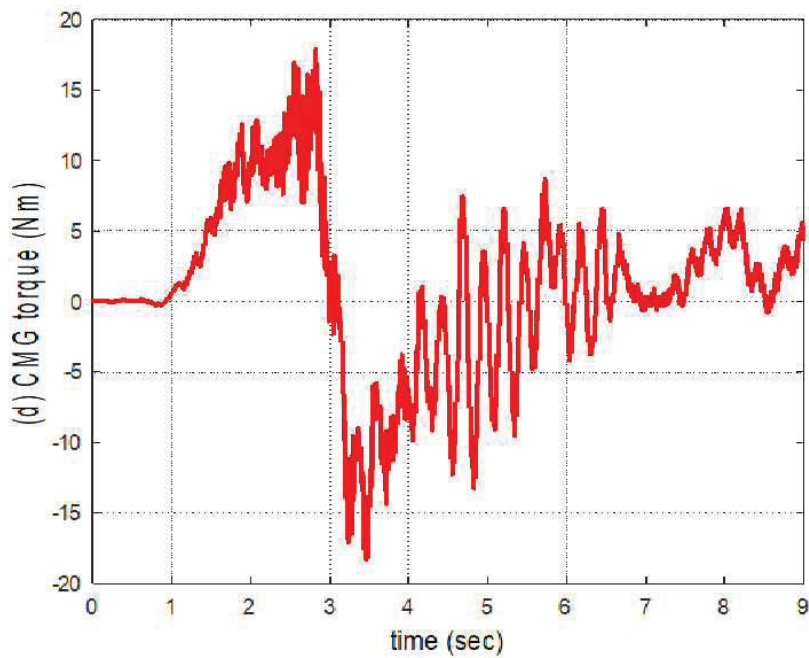
도면32



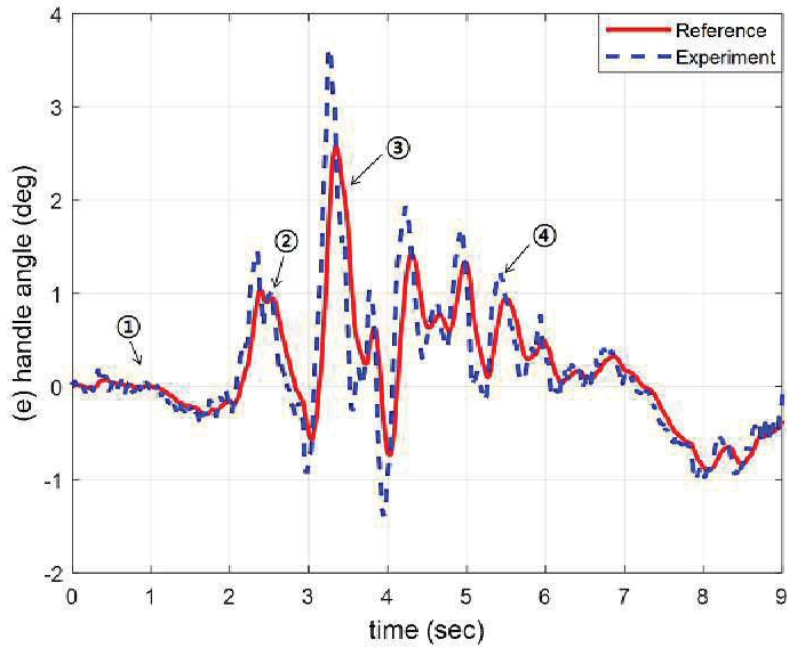
도면33



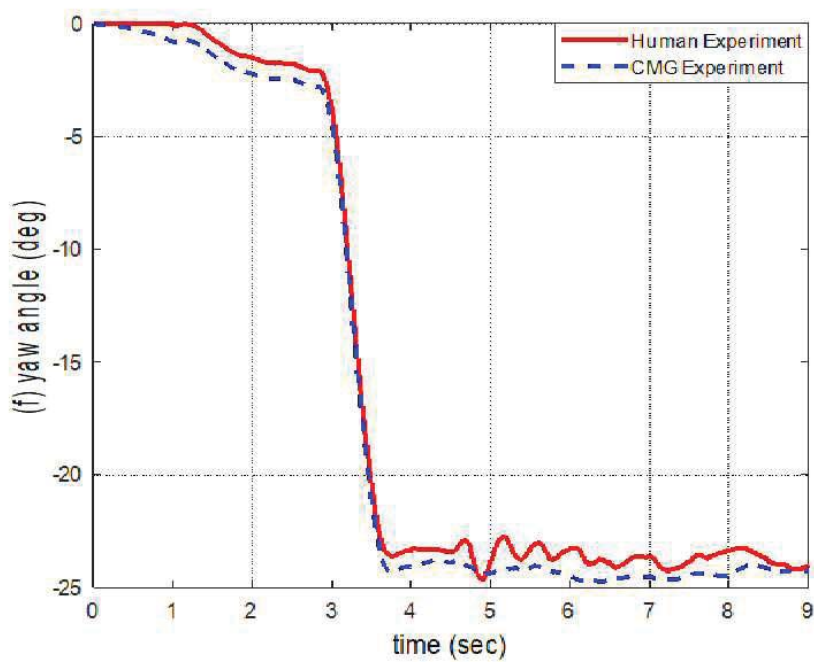
도면34



도면35

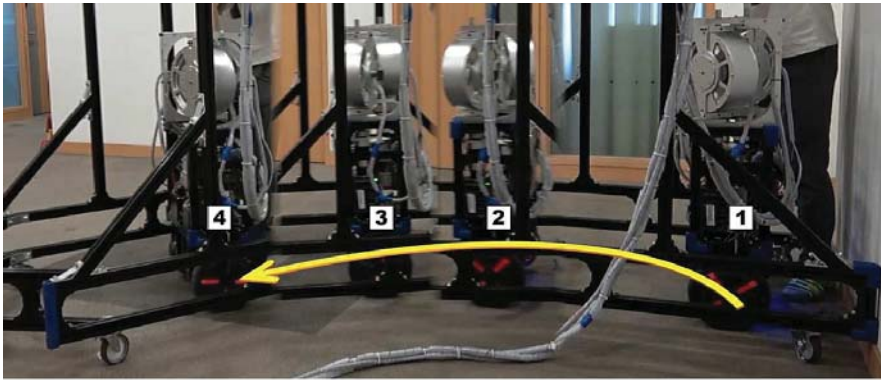


도면36

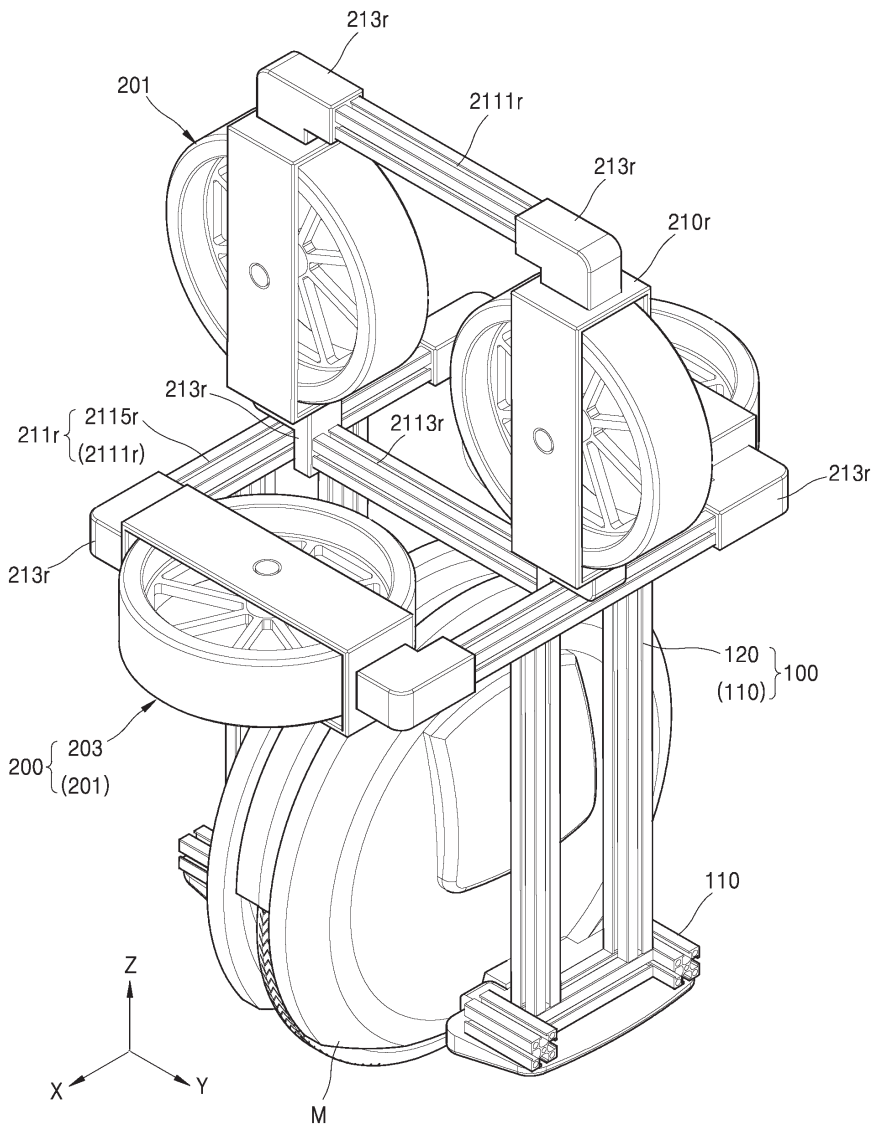




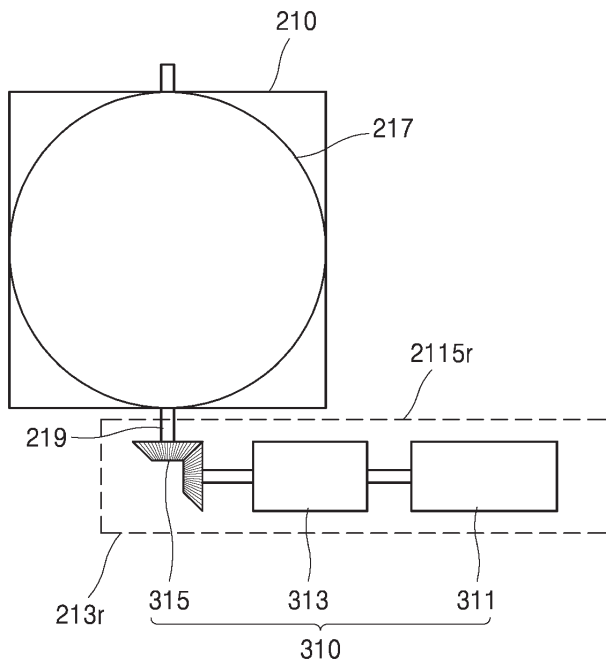
도면37



도면38



도면39



도면40

