(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0064813
(43) 공개일자 2012년06월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B25J 5/00 (2006.01) *B60B 19/00* (2006.01)
B62D 15/00 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2010-0126020
(22) 출원일자 2010년12월10일
심사청구일자 2010년12월10일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울 성북구 안암동5가 1
(72) 발명자
정우진
서울특별시 종로구 사직로8길 4, 광화문스페이스본 105-509 (사직동)
(74) 대리인
특허법인남촌

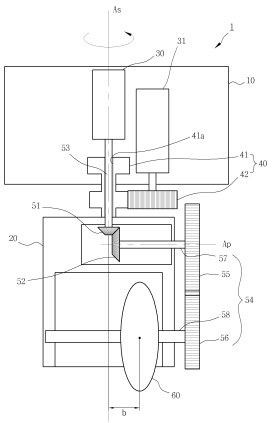
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 발명의 명칭 **듀얼 오프셋 구조를 갖는 전방향 휠 메커니즘 및 이를 이용한 전방향 이동 로봇**

(57) 요 약

본 발명은 듀얼 오프셋 구조를 갖는 전방향 휠 메커니즘 및 이를 이용한 전방향 이동 로봇에 관한 것이다. 본 발명에 따른 듀얼 오프셋 구조를 갖는 전방향 휠 메커니즘은 상기 전방향 휠 메커니즘에 의해 주행하는 주행 본체의 하부에 위치하는 캐스터 모듈과; 상기 주행 본체에 설치되는 주행 모터 및 조향 모터와; 상기 캐스터 모듈이 상기 주행 본체에 대해 조향축을 중심으로 회전 가능하게 상기 주행 본체와 상기 캐스터 모듈을 연결하며, 상기 조향 모터의 회전에 따라 상기 캐스터 모듈을 상기 조향축을 중심으로 회전시키는 조향축 어셈블리와; 상기 캐스터 모듈에 회전 가능하게 설치되는 캐스터 휠 - 상기 캐스터 휠의 회전 중심은 상기 조향축으로부터 상기 캐스터 휠의 주행 방향과 상기 캐스터 휠의 회전축 방향으로 각각 주행 방향 오프셋 및 측면 방향 오프셋 만큼 이격되도록 상기 캐스터 모듈에 설치됨 - 과; 상기 주행 모터의 회전에 따라 상기 캐스터 휠이 회전하도록 상기 주행 모터의 회전력을 상기 캐스터 휠에 전달하는 주행축 어셈블리를 포함하는 것을 특징으로 한다. 이에 따라, 주행 모터와 조향 모터가 주행 본체에 설치되고 듀얼 오프셋을 적용함으로써, 홀로노믹 주행 능력과 전방향 주행 능력의 구현이 가능하게 된다.

대 표 도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	ITAC7000100100050001000100100
부처명	정보통신산업진흥원
연구사업명	융복합형 로봇 전문인력 양성
연구과제명	실내외 로봇자율주행 기술개발을 통한 수요지향적 글로벌 리더 양성
주관기관	고려대학교산학협력단
연구기간	2010.05.01 ~ 2011.04.30이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호	20100000267
부처명	한국연구재단
연구사업명	중견연구자지원_핵심연구
연구과제명	재구성 가능한 모듈형 로봇시스템의 설계 및 제어
주관기관	고려대학교산학협력단
연구기간	2010.03.01 ~ 2011.02.28

특허청구의 범위

청구항 1

듀얼 오프셋 구조를 갖는 전방향 휠 메커니즘에 있어서,

상기 전방향 휠 메커니즘에 의해 주행하는 주행 본체의 하부에 위치하는 캐스터 모듈과;

상기 주행 본체에 설치되는 주행 모터 및 조향 모터와;

상기 캐스터 모듈이 상기 주행 본체에 대해 조향축을 중심으로 회전 가능하게 상기 주행 본체와 상기 캐스터 모듈을 연결하며, 상기 조향 모터의 회전에 따라 상기 캐스터 모듈을 상기 조향축을 중심으로 회전시키는 조향축 어셈블리와;

상기 캐스터 모듈에 회전 가능하게 설치되는 캐스터 휠 - 상기 캐스터 휠의 회전 중심은 상기 조향축으로부터 상기 캐스터 휠의 주행 방향과 상기 캐스터 휠의 회전축 방향으로 각각 주행 방향 오프셋 및 측면 방향 오프셋 만큼 이격되도록 상기 캐스터 모듈에 설치됨 - 과;

상기 주행 모터의 회전에 따라 상기 캐스터 휠이 회전하도록 상기 주행 모터의 회전력을 상기 캐스터 휠에 전달하는 주행축 어셈블리를 포함하는 것을 특징으로 하는 듀얼 오프셋 구조를 갖는 듀얼 오프셋 구조를 갖는 전방향 휠 메커니즘.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 측면 방향 오프셋은 상기 캐스터 휠의 반경과, 상기 주행축 어셈블리의 기어 감속(Gear reduction)에 각각 비례하여 설정되는 것을 특징으로 하는 듀얼 오프셋 구조를 갖는 전방향 휠 메커니즘.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 측면 방향 오프셋은 수학식 $b = k_g \times r$(여기서, b는 상기 측면 방향 오프셋이고, 상기 k_g는 상기 기어 감속(Gear reduction)이고, r은 상기 캐스터 휠의 반경이다)에 기초하여 설정되는 것을 특징으로 하는 듀얼 오프셋 구조를 갖는 전방향 휠 메커니즘.

청구항 4

제2항에 있어서,

상기 조향축 어셈블리는,

일측은 상기 캐스터 모듈과 연결되고, 타측은 상기 조향축을 중심으로 상기 주행 본체에 회전 가능하게 설치되며, 외경을 따라 기어홈이 형성된 주축부와;

상기 주축부의 상기 기어홈과 맞물리는 기어치가 형성되어 상기 조향 모터의 회전에 따라 회전하여 상기 주축부를 회전시키는 조향 전달 기어를 포함하는 것을 특징으로 하는 듀얼 오프셋 구조를 갖는 전방향 휠 메커니즘.

청구항 5

제2항에 있어서,

상기 주행축 어셈블리는,

상기 캐스터 모듈 내부에 설치되어 상기 조향축을 중심으로 회전하는 상기 주행 모터의 회전에 따라 회전하는 제1 베벨 기어와;

상기 제1 베벨 기어와 맞물려 회전하여 상기 조향축을 중심으로 하는 상기 주행 모터의 회전력을 상기 조향축과 교차하는 전달축을 중심으로 하는 회전력으로 전환하는 제2 베벨 기어와;

상기 제2 베벨 기어의 회전에 따라 회전하여 상기 제2 베벨 기어의 회전력을 상기 캐스터 휠에 전달하는 전달 기어 유닛을 포함하는 것을 특징으로 하는 듀얼 오프셋 구조를 갖는 전방향 휠 메커니즘.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 조향축 어셈블리의 상기 주축부는 상기 주행 본체와 상기 캐스터 모듈 간을 연통하는 주행축공이 형성된 통 형상을 가지며;

상기 주행축 어셈블리는 상기 주행축공을 통해 상기 주행 모터와 상기 제1 베벨 기어와 연결되어, 상기 주행 모터의 회전력을 상기 제1 베벨 기어에 전달하는 주행 샤프트를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 듀얼 오프셋 구조를 갖는 전방향 휠 메커니즘.

청구항 7

제5항에 있어서,

상기 전달 기어 유닛은,

상호 평행한 회전축을 중심으로 맞물려 회전하는 제1 주행 기어 및 제2 주행 기어와;

상기 제1 베벨 기어와 상기 제1 주행 기어를 연결하여 상기 제1 베벨 기어의 회전력을 상기 제1 주행 기어로 전달하는 제1 평행 샤프트와;

상기 캐스터 휠과 상기 제2 주행 기어를 연결하여 상기 제2 주행 기어의 회전력을 상기 캐스터 휠로 전달하는 제2 평행 샤프트를 포함하는 것을 특징으로 하는 듀얼 오프셋 구조를 갖는 전방향 휠 메커니즘.

청구항 8

제1항 내지 제7항 중 어느 한 항에 따른 듀얼 오프셋 구조를 갖는 전방향 휠 메커니즘이 적용된 전방향 이동 로봇.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 듀얼 오프셋 구조를 갖는 전방향 휠 메커니즘 및 이를 이용한 전방향 이동 로봇에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 능동형 전방향 휠 메커니즘의 적용에 있어, 홀로노믹 주행 능력과 전방향 주행 능력의 구현이 가능한 듀얼 오프셋 구조를 갖는 전방향 휠 메커니즘 및 이를 이용한 전방향 이동 로봇에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 근래의 로봇 기술에 있어서, 생산을 기반으로 하는 산업분야 외에, 수술, 장애 보조, 바닥 청소, 빌딩 순찰 분야 등과 같은 비생산적인 응용 분야로 로봇 기술을 확장하기 위한 다양한 시도가 계속되고 있으며, 개인용 컴퓨터, 센서, 그리고 정보 기술의 비약적인 발전으로 인해 비생산적인 응용 분야로의 로봇 기술의 확장을 위한 시도는 더욱 가속화되는 추세이다.

[0003] 비생산적인 응용 분야, 예를 들어, 장애 보조, 바닥 청소, 빌딩 순찰 분야 등에서의 로봇의 응용에 있어서는 로봇의 주행, 이동 로봇을 전제로 하게 되며, 이동 로봇의 구현을 위해서는 휠 메커니즘(Wheel mechanism)에 대한 연구가 전제되어야 한다.

[0004] 이동 로봇의 구현을 위해 사용되는 가장 보편적인 휠 메커니즘이 차동 조향 논홀로노믹 휠 메커니즘(Differential steering nonholonomic wheel mechanism)이다. 그러나, 차동 조향 논홀로노믹 휠 메커니즘은 그 기구학적인 간결함(Simplicity)에도 불구하고, 논홀로노믹 기구학적 구속(Noncholonomic mechanical constraint) 때문에 제어가 어려운 단점이 있다.

[0005] 만약, 홀로노믹 전방향 모바일 플랫폼(Holonomic omnidirectional mobile platform)이 구현 가능하게 되면, 다양한 응용 분야, 예를 들어 자동 주행(Autonomous navigation)이나 트레일러 제어(Trailer control) 등의

분야에서 제어의 간소성을 제공할 수 있을 것이다. 즉, 홀로노믹 전방향 모바일 플랫폼(Holonomic omnidirectional mobile platform)은 쉬운 제어 알고리즘의 구현이나 이동 로봇의 풍부한 움직임을 제공하는데 이상적이다.

[0006] 또한, 이동 로봇은 콘크리트, 카펫, 타일 등과 같은 다양한 종류의 바닥 조건에서 주행하게 되므로, 휠 메커니즘은 다양한 바닥 조건에 적용 가능하도록 신뢰성(Reliability)과 내구성(Durability)을 가져야 한다.

[0007] 근래까지 다양한 종류의 전방향 휠 메커니즘(Omnidirectional wheel mechanism)이 제안되어 왔다. 대표적인 전방향 휠 메커니즘은 구름 방향을 따라 형성된 롤러의 시리즈로 구성된 유니버설 휠 메커니즘(Universal wheel mechanism)을 들 수 있다. 그러나, 유니버설 휠 메커니즘은 접촉의 단절(Discontinuity of contact)에 의해 야기되는 수직 진동(Vertical vibration)이나 부정확한 포지셔닝(Inaccurate positioning)과 같은 많은 문제를 야기하기 때문에, 이러한 문제를 해결하기 위한 많은 노력이 있어 왔다.

[0008] 또한, 전방향 휠 메커니즘과 관련하여, 동기형 주행 로봇(Synchronous drive robot)은 중심 지향 휠(Centered orientable wheel) 또는 오프-중심 지향 휠(Off-centered orientable wheel)을 사용하여 구현될 수 있다. 각 휠의 조향과 주행 모션은 기구학적인 벨트와 체인에 의해 연결되고, 각 모션은 동기되어 구동된다. 따라서, 휠 방향은 항상 동일하게 되고, 전방향 모션, 즉 모든 방향에서, 원하는 속도 방향을 조향 휠 방향에 의해 얻을 수 있다.

[0009] 그리고, 동기형 주행 로봇에서 로봇 차대(Chassis)의 방향은 바뀌지 않는 특징이 있다. 때때로, 동기형 주행 로봇에서 터렛(turret)이 로봇 차대의 방향을 변경하기 위하여 적용된다.

[0010] 동기형 구동 로봇의 주요한 장점은 전방향으로의 이동이 단지 2개의 액츄에이터의 사용에 의해 달성될 수 있다는 것이다. 이러한 구조가 동기형 조향(Synchronous steering)과 주행 모션을 보장하기 때문에, 동기형 구동 로봇의 전체 모션 제어에 상대적으로 적은 제어가 요구된다. 이는, 오도메트리(Odometry) 정보가 상대적으로 정확하고 모든 휠에 의해 주행을 위한 힘이 고르게 분산된다는 의미를 포함한다.

[0011] 반면, 동기형 구동 로봇의 단점으로는 복잡한 기구적 구조에 있다. 또한, 역회전이나 느슨한 체인 연결이 존재하는 경우에는 휠 간의 속도차가 발생하여 제어의 정확성이 떨어진다. 그리고, 전방향 이동의 달성을 위해, 휠 방향은 논홀로노믹 속도 구속(Nonholonomic velocity constraints) 때문에 이동 전에 원하는 속도 방향으로 정렬되어야 하는 단점이 있다.

[0012] 한편, 전방향 휠 메커니즘의 다른 예로는 구형 휠 메커니즘(Spherical wheel mechanism)이 있다. 구형 휠에서, 구의 회전은 구체와 구름 접촉(Rolling contact)을 형성하는 롤러에 의해 구속된다. 롤러의 역할은 실제 주행을 담당하는 드라이빙 롤러(Driving roller)와, 이를 보조하는 서포팅 롤러(Supporting roller)로 구분된다.

[0013] 여기서, 구체는 드라이빙 롤러의 구동에 의해 구동한다. 구름 접촉은 논홀로노믹 구속(Nonholonomic constraint)을 제공하고, 구체 모듈의 합성 모션(Resultant motion)은 홀로노믹으로 된다. 이와 같은 사실은 이동 로봇이 어느 시간에서나 원하는 선/각속도로 이동 가능함을 의미한다. 이와 같은 구형 휠 메커니즘의 사용에 의해, 홀로노믹 전방향 모바일 로봇의 구현이 가능하게 되고, 이동 로봇은 구체와 지면 간의 부드럽고 연속적인 접촉을 얻을 수 있다.

[0014] 그러나, 구형 휠 메커니즘에 있어서, 서포팅 롤러와 관련된 구체 서포팅 구조의 디자인이 어렵고, 구체에 의한 점 접촉(point contact)으로 인해 구체에 작용하는 하중, 즉 이동 로봇의 전체 하중이 매우 작아야 한다는 제약이 있다. 또한, 구형 휠 메커니즘에서는 구체의 표면이 흙 바닥과 같은 지면 조건에서 오염되기 쉽고, 불규칙한 지면 조건을 극복하기 어려운 단점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0015] 이에 본 발명은 상기와 같은 기존의 휠 메커니즘이 갖는 문제점을 해소하기 위해 안출된 것으로서, 능동형 전방향 휠 메커니즘의 적용에 있어, 홀로노믹 주행 능력과 전방향 주행 능력의 구현이 가능한 듀얼 오프셋 구조를 갖는 전방향 휠 메커니즘 및 이를 이용한 전방향 이동 로봇을 제공하는데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0016] 상기 목적은 본 발명에 따라, 듀얼 오프셋 구조를 갖는 전방향 휠 메커니즘에 있어서, 상기 전방향 휠 메커니즘에 의해 주행하는 주행 본체의 하부에 위치하는 캐스터 모듈과; 상기 주행 본체에 설치되는 주행 모터 및 조향 모터와; 상기 캐스터 모듈이 상기 주행 본체에 대해 조향축을 중심으로 회전 가능하게 상기 주행 본체와 상기 캐스터 모듈을 연결하며, 상기 조향 모터의 회전에 따라 상기 캐스터 모듈을 상기 조향축을 중심으로 회전시키는 조향축 어셈블리와; 상기 캐스터 모듈에 회전 가능하게 설치되는 캐스터 휠 - 상기 캐스터 휠의 회전 중심은 상기 조향축으로부터 상기 캐스터 휠의 주행 방향과 상기 캐스터 휠의 회전축 방향으로 각각 주행 방향 오프셋 및 측면 방향 오프셋 만큼 이격되도록 상기 캐스터 모듈에 설치됨 - 과; 상기 주행 모터의 회전에 따라 상기 캐스터 휠이 회전하도록 상기 주행 모터의 회전력을 상기 캐스터 휠에 전달하는 주행축 어셈블리를 포함하는 것을 특징으로 하는 듀얼 오프셋 구조를 갖는 듀얼 오프셋 구조를 갖는 전방향 휠 메커니즘에 의해서 달성된다.

[0017] 여기서, 상기 측면 방향 오프셋은 상기 캐스터 휠의 반경과, 상기 주행축 어셈블리의 기어 감속(Gear reduction)에 각각 비례하여 설정될 수 있다.

[0018] 또한, 상기 측면 방향 오프셋은 수학식 $b = k_g \times r$(여기서, b는 상기 측면 방향 오프셋이고, 상기 k_g는 상기 기어 감속(Gear reduction)이고, r은 상기 캐스터 휠의 반경이다)에 기초하여 설정될 수 있다.

[0019] 여기서, 상기 조향축 어셈블리는 일측은 상기 캐스터 모듈과 연결되고, 타측은 상기 조향축을 중심으로 상기 주행 본체에 회전 가능하게 설치되며, 외경을 따라 기어홈이 형성된 주축부와; 상기 주축부의 상기 기어홈과 맞물리는 기어치가 형성되어 상기 조향 모터의 회전에 따라 회전하여 상기 주축부를 회전시키는 조향 전달 기어를 포함할 수 있다.

[0020] 그리고, 상기 주행축 어셈블리는 상기 캐스터 모듈 내부에 설치되어 상기 조향축을 중심으로 회전하는 상기 주행 모터의 회전에 따라 회전하는 제1 베벨 기어와; 상기 제1 베벨 기어와 맞물려 회전하여 상기 조향축을 중심으로 하는 상기 주행 모터의 회전력을 상기 조향축과 교차하는 전달축을 중심으로 하는 회전력으로 전환하는 제2 베벨 기어와; 상기 제2 베벨 기어의 회전에 따라 회전하여 상기 제2 베벨 기어의 회전력을 상기 캐스터 휠에 전달하는 전달 기어 유닛을 포함할 수 있다.

[0021] 그리고, 상기 조향축 어셈블리의 상기 주축부는 상기 주행 본체와 상기 캐스터 모듈 간을 연통하는 주행축공이 형성된 통 형상을 가지며; 상기 주행축 어셈블리는 상기 주행축공을 통해 상기 주행 모터와 상기 제1 베벨 기어와 연결되어, 상기 주행 모터의 회전력을 상기 제1 베벨 기어에 전달하는 주행 샤프트를 더 포함할 수 있다.

[0022] 그리고, 상기 전달 기어 유닛은 상호 평행한 회전축을 중심으로 맞물려 회전하는 제1 주행 기어 및 제2 주행 기어와; 상기 제1 베벨 기어와 상기 제1 주행 기어를 연결하여 상기 제1 베벨 기어의 회전력을 상기 제1 주행 기어로 전달하는 제1 평행 샤프트와; 상기 캐스터 휠과 상기 제2 주행 기어를 연결하여 상기 제2 주행 기어의 회전력을 상기 캐스터 휠로 전달하는 제2 평행 샤프트를 포함할 수 있다.

[0023] 한편, 상기 목적은 본 발명의 또 다른 실시 형태에 따라, 상기의 듀얼 오프셋 구조를 갖는 전방향 휠 메커니즘이 적용된 전방향 이동 로봇에 의해서도 달성될 수 있다.

발명의 효과

[0024] 상기와 같은 구성을 통해, 본 발명에 따르면, 주행 모터와 조향 모터가 주행 본체에 설치되고 듀얼 오프셋을 적용함으로써, 홀로노믹 주행 능력과 전방향 주행 능력의 구현이 가능하게 되어, 다양한 모션의 조작과 트레일러 제어 분야로의 응용이 용이한 효과를 제공하게 된다.

[0025] 또한, 주행 모터와 조향 모터의 제어를 통해 주행과 조향을 개별적으로 제어함으로써 제어의 간소성(Control Simplicity)이 제공되어, 논홀로노믹 기구적 구속(Nonholomonic mechanical constrain)의 제거를 위한 경로 계획기(Path planner)나 트랙킹 제어(Tracking control)의 효과적인 설계가 가능하게 된다.

[0026] 그리고, 캐스터 휠이 통상적인 휠 구조를 기반으로 하고 있어 지면 조건과 무관하게 신뢰할 수 있는 주행이

가능하게 되며, 주행 모터와 조향 모터의 회전을 기어 연결을 통해 전달함으로써, 내구성(Durability)을 보장할 수 있다. 따라서, 실제 응용에서의 적용이 용이하다.

[0027] 그리고, 홀로노믹 주행과 전방향 주행이 가능하게 하는 기구학적 구조가 주행 모터와 조향 모터, 그리고 이들의 회전력을 전달하는 기어 연결 구조만으로 구현함으로써, 기구학적인 간소성(Mechanical simplicity)이 제공됨과 동시에, 간소한 기구학적 구조를 통해 정확한 포지셔닝 성능(Precise positioning performance)을 제공할 수 있게 된다.

도면의 간단한 설명

[0028] 도 1은 본 발명에 따른 듀얼 오프셋 구조를 갖는 전방향 휠 메커니즘을 정면에서 바라본 도면이고,

도 2는 본 발명에 따른 듀얼 오프셋 구조를 갖는 전방향 휠 메커니즘을 측면에서 바라본 도면이고,

도 3은 내지 도 7은 본 발명에 따른 전방향 휠 메커니즘의 홀로노믹 주행 능력과 전방향 주행 능력을 설명하기 위한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0029] 이하에서는 첨부된 도면을 참조하여 본 발명을 상세히 설명한다.

[0030] 도 1은 본 발명에 따른 듀얼 오프셋 구조를 갖는 전방향 휠 메커니즘(1)을 정면에서 바라본 도면이고, 도 2는 본 발명에 따른 듀얼 오프셋 구조를 갖는 전방향 후리 메커니즘을 측면에서 바라본 도면이다.

[0031] 본 발명에 따른 듀얼 오프셋 구조를 갖는 전방향 휠 메커니즘(1)은, 도 1 및 도 2에 도시된 바와 같이, 캐스터 모듈(20), 주행 모터(30), 조향 모터(31), 캐스터 휠(60), 조향축 어셈블리(40) 및 주행축 어셈블리(51,52,53,54)를 포함한다.

[0032] 캐스터 모듈(20)은 주행 본체(10)의 하부에 위치한다. 여기서, 주행 본체(10)는 본 발명에 따른 휠 메커니즘에 의해 주행되어지는, 예를 들어 이동 로봇의 차대(Chassis)로서, 본 발명에서는 전방향 휠 메커니즘(1)이 이동 로봇에 적용되는 것을 예로 한다. 그리고, 캐스터 모듈(20)에는 캐스터 휠(60)이 설치되어 캐스터 모듈(20)이 이동 로봇의 휠로 동작하게 된다.

[0033] 주행 모터(30)와 조향 모터(31)는, 도 1 및 도 2에 도시된 바와 같이, 주행 본체(10)에 설치된다. 여기서, 주행 모터(30)는 본 발명에 따른 전방향 휠 메커니즘(1)의 주행을 위한 회전력을 발생하고, 조향 모터(31)는 본 발명에 따른 전방향 휠 메커니즘(1)의 조향을 위한 회전력을 발생한다. 주행 모터(30)와 조향 모터(31)에 의한 전방향 휠 메커니즘(1)의 주행 및 조향 메커니즘에 대한 상세한 설명은 후술한다.

[0034] 캐스터 휠(60)은 캐스터 모듈(20)에 회전 가능하게 설치된다. 여기서, 캐스터 휠(60)은, 도 2에 도시된 바와 같이, 그 회전 중심이 조향축(As)으로부터 캐스터 휠(60)의 주행 방향으로 주행 방향 오프셋(a)만큼 이격되도록 캐스터 모듈(20)에 설치된다. 또한, 캐스터 휠(60)은, 도 1에 도시된 바와 같이, 그 회전 중심이 조향축(As)으로부터 캐스터 휠(60)의 회전축 방향으로 측면 방향 오프셋(b)만틈 이격되도록 캐스터 모듈(20)에 설치된다.

[0035] 즉, 본 발명에서는 캐스터 휠(60)의 회전 중심이 캐스터 휠(60)의 주행 방향과 캐스터 휠(60)의 회전축 방향으로 각각 주행 방향 오프셋(a) 및 측면 방향 오프셋(b) 만큼 편심되도록 캐스터 모듈(20)에 설치됨으로써, 논홀로노믹 전방향 이동 로봇의 구현을 가능하게 하며, 이에 대한 상세한 설명은 후술한다.

[0036] 한편, 조향축 어셈블리(40)는 캐스터 모듈(20)이 주행 본체(10)에 대해 조향축(As)을 중심으로 회전 가능하게 주행 본체(10)와 캐스터 모듈(20)을 연결한다. 즉, 조향축 어셈블리(40)는 조향 모터(31)의 회전에 따라 캐스터 모듈(20)을 조향축(As)을 중심으로 회전시킨다.

[0037] 여기서, 본 발명에 따른 조향축 어셈블리(40)는, 도 1 및 도 2에 도시된 바와 같이, 주축부(41) 및 조향 전달 기어(42)를 포함할 수 있다.

[0038] 주축부(41)는 일측이 캐스터 모듈(20)과 연결되고, 타측이 조향축(As)을 중심으로 주행 본체(10)에 회전 가능하게 설치된다. 그리고, 주축부(41)에는 그 외경을 따라 기어홈이 형성된다.

[0039] 조향 전달 기어(42)는 주축부(41)의 기어홈과 맞물리는 기어치가 형성되어 조향 모터(31)의 회전에 따라 회전

하여 주축부(41)를 회전시킨다. 즉, 조향 전달 기어(42)는 조향 샤프트를 통해 조향 모터(31)와 연결되어 조향 모터(31)의 회전에 따라 회전한다. 그리고, 조향 전달 기어(42)의 회전에 따라 기어치와 기어홈이 맞물려 회전하게 되어 주축부(41)가 조향축(As)을 중심으로 주행 본체(10)에 대해 회전하게 됨으로써, 주축부(41)와 연결된 캐스터 모듈(20)이 조향축(As)을 중심으로 회전한다.

[0040] 이 때, 상술한 바와 같이, 캐스터 모듈(20)에 설치된 캐스터 휠(60)의 회전 중심이, 도 1 및 도 2에 도시된 바와 같이, 캐스터 모듈(20)의 회전축, 즉 조향축(As)에 대해 주행 방향 오프셋(a) 및 측면 방향 오프셋(b) 만큼 이격되어 위치하므로, 캐스터 모듈(20)의 조향축(As)을 중심으로 하는 회전에 따라 캐스터 휠(60)의 진행 방향이 변경됨으로써, 본 발명에 따른 전방향 휠 메커니즘(1)의 조향 방향의 조정 가능하게 된다.

[0041] 여기서, 기존의 수동형 캐스터 휠(60)은 도 2에 도시된 주행 방향 오프셋(a)만이 형성되어 있었으며, 본 발명은 캐스터 휠(60)에 측면 방향 오프셋(b)을 추가적으로 형성하여 조향을 위한 회전과 주행을 위한 회전의 커플링에 의해 발생하는 불량 조건을 해소하고 있다. 이에 대한 상세한 설명은 후술한다.

[0042] 한편, 주행축 어셈블리(51,52,53,54)는 주행 모터(30)의 회전에 따라 캐스터 휠(60)이 회전하도록 주행 모터(30)의 회전력을 캐스터 휠(60)에 전달한다. 도 1 및 도 2를 참조하여 설명하면, 본 발명에 따른 주행축 어셈블리(51,52,53,54)는 제1 베벨 기어(51), 제2 베벨 기어(52) 및 전달 기어 유닛(54)을 포함할 수 있다.

[0043] 제1 베벨 기어(51)는 캐스터 모듈(20) 내부에 설치되어 조향축(As)을 중심으로 회전하는 주행 모터(30)의 회전에 따라 회전한다. 그리고, 제2 베벨 기어(52)는 제1 베벨 기어(51)와 맞물려 회전하여 조향축(As)을 중심으로 하는 주행 모터(30)의 회전력을 조향축(As)과 교차하는 전달축(Ap)을 중심으로 하는 회전력으로 전환한다. 여기서, 제1 베벨 기어(51) 및 제2 베벨 기어(52)는 상호 맞물려 회전하여 조향축(As)을 중심으로 하는 회전력을 전달축(Ap)을 중심으로 하는 회전력으로 전환 가능하다면, 직선 베벨 기어 또는 헬리컬 베빌 기어 형태로 마련될 수 있다.

[0044] 그리고, 주행축 어셈블리(51,52,53,54)는 주행 모터(30)의 회전력을 제1 베벨 기어(51)에 전달하는 주행 샤프트(53)를 포함할 수 있다. 여기서, 조향축 어셈블리(40)의 주축부(41)는, 도 1 및 도 2에 도시된 바와 같이, 주행 본체(10)와 캐스터 모듈(20) 간을 연통하는 주행축공(41a)이 형성된 통 형상으로 마련되며, 주행 샤프트(53)는 주축부(41)의 주행축공(41a)을 통해 주행 모터(30)와 제1 베벨 기어(51)를 상호 연결할 수 있다.

[0045] 이에 따라, 조향 모터(31)의 회전력이 조향축 어셈블리(40)의 주축부(41)를 조향축(As)으로 하여 캐스터 모듈(20)로 전달되고, 동일하게 주축부(41)에 형성된 주행축공(41a)을 통해 연결되는 주행 샤프트(53)가 주행 모터(30)의 회전력을 조향축(As)을 회전축으로 캐스터 모듈(20) 측에 전달하게 된다.

[0046] 한편, 전달 기어 유닛(54)은 제2 베벨 기어(52)의 회전에 따라 회전하여 제2 베벨 기어(52)의 회전력을 캐스터 휠(60)에 전달한다. 본 발명에 따른 전달 기어 유닛(54)은, 도 1 및 도 2에 도시된 바와 같이, 제1 주행 기어(55), 제2 주행 기어(56), 제1 평행 샤프트(57) 및 제2 평행 샤프트(58)를 포함할 수 있다.

[0047] 제1 주행 기어(55) 및 제2 주행 기어(56)는 상호 평행한 회전축을 중심으로 맞물려 회전한다. 여기서, 제1 주행 기어(55) 및 제2 주행 기어(56)는 스퍼 기어 또는 헬리컬 기어 형태로 마련될 수 있다.

[0048] 제1 평행 샤프트(57)는 제1 베벨 기어(51)와 제1 주행 기어(55)를 상호 연결하여 제1 베벨 기어(51)의 회전력을 제1 주행 기어(55)로 전달한다. 그리고, 제2 평행 샤프트(58)는 캐스터 휠(60)과 제2 주행 기어(56)를 상호 연결하여 제2 주행 기어(56)의 회전력을 캐스터 휠(60)로 전달함으로써, 캐스터 휠(60)이 주행 방향으로 회전하도록 한다.

[0049] 상기와 같은 구성에 따라, 주행 본체(10)에 설치된 주행 모터(30) 및 조향 모터(31)의 회전력이 상호 동일하게 조향축(As)을 회전축으로 하여 캐스터 모듈(20) 측에 전달되며, 캐스터 휠(60)의 회전 중심이 듀얼 오프셋, 즉 주행 방향 오프셋(a)과 측면 방향 오프셋(b) 만큼 조향축(As)으로부터 이격됨으로써, 본 발명에 따른 전방향 휠 메커니즘(1)이 홀로노믹 주행 능력과 전방향 주행 능력을 구현할 수 있게 된다.

[0050] 이하에서는, 도 3 내지 도 7을 참조하여 본 발명에 따른 전방향 휠 메커니즘(1)이 홀로노믹 주행 능력과 전방향 주행 능력을 구현하며, 주행 모터(30)와 조향 모터(31)의 커플링에 따라 발생하는 불량 조건을 제거하는 구조를 가짐을 상세히 설명한다.

[0051] 본 발명에 따른 전방향 휠 메커니즘(1)에 대한 설명에 앞서, 통상적인 수동형 캐스터 휠 메커니즘, 즉 주행 방향 오프셋(a) 만이 존재하는 캐스터 휠 메커니즘에, 도 3 및 도 4에 도시된 바와 같이, 2개의 모터를 적용한 예에 대해 설명한다. 즉, 도 3 및 도 4는 본 발명에 따른 전방향 휠 메커니즘(1)의 성능을 설명하기 위해

본 발명에 따른 전방향 휠 메커니즘(1)을 변형하여 통상적인 수동형 캐스터 휠 메커니즘에 적용한 것이다. 이하에서는 도 3 및 도 4에 도시된 휠 메커니즘을 능동형 캐스터 휠 메커니즘(100)이라 정의하여 설명한다.

[0052] 도 3 및 도 4에 도시된 바와 같이, 조향 모터(131)는 주행 본체(110)에 설치되고, 주행 모터(130)는 캐스터 모듈(120)에 설치됨을 알 수 있다. 그리고, 상술한 바와 같이, 주행 방향 오프셋(a) 만이 존재하고, 측면 방향 오프셋(b)은 0이다. 또한, 주행 모터(130)의 회전력은 상호 맞물려 회전하는 한 쌍의 스퍼 기어(156,157)에 의해 캐스터 휠(160)에 전달되고, 조향 모터(131)의 회전력은 본 발명에 따른 전방향 휠 메커니즘(1)의 구성에 대응하여, 주축부(141) 및 조향 전달 기어(142)로 구성된 조향축 어셈블리(140)에 의해 캐스터 모듈(120)에 전달되도록 구성된다.

[0053] 도 5는 도 3 및 도 4에 도시된 능동형 캐스터 휠 메커니즘(100)에서, 속도 입력과 캐스터 모듈(120)의 조향 센터에서 주행 본체(110)에 작용하는 합성 속도 간의 기구학적 관계를 도시하고 있다. 여기서, 도 5는 도 3 및 도 5의 상부에서 하부로 바라본 평면도적인 개념을 도시한 것이다. 도 5의 (b)는 조향 모터(131)가 동작하지 않은 상태에서 주행 모터(130)가 동작할 때의 선속도($V_{_Driving}$)를 나타낸 도면이고, 도 5의 (c)는 주행 모터(30)가 동작하지 않은 상태에서 조향 모터(131)가 동작할 때의 선속도($V_{_Steering}$)를 나타낸 도면이고, 도 5의 (a)는 도 5의 (b) 및 (c)를 합성한 합성 속도의 벡터 합을 나타낸 도면이다. 여기서, 도 6 및 도 7에 도시된 도면도 도 5에 대응하여 도시된다.

[0054] 도 5에 도시된 바와 같이, 능동형 캐스터 휠 메커니즘(100)의 조향축(As)에서의 합성 속도는 벡터 합에 의해 표현될 수 있는데, 2개의 속도 요소, 즉 조향 모터(31)에 따른 선속도($V_{_Steering}$)와 주행 모터(30)에 따른 선속도($V_{_Driving}$)는 상호 수직이 된다.

[0055] 도 3 및 도 4에 도시된 바와 같이, 기존의 수동형 캐스터 휠 메커니즘의 구조를 기본으로 하여, 주행 본체(110) 측에 조향 모터(131)를 설치하고, 캐스터 모듈(120) 측에 주행 모터(130)를 설치하는 구조는 그 구성에 간소하더라도 다음과 같은 중요한 문제점을 안고 있다.

[0056] 먼저, 조향의 조인트 레인지(Joint range)가 캐스터 모듈(120)에 설치된 주행 모터(130)와의 연결을 위한 케이블의 길이에 의해 제한된다. 즉, 주행 모터(130)가 캐스터 모듈(120) 내에 설치됨으로써, 주행 모터(130)에 전원을 공급하거나 제어 신호를 인가하기 위한 케이블에 의해 캐스터 모듈(120)의 조향 범위가 제약을 받게 되어, 수동형 캐스터 휠 메커니즘이 갖는 무한의 조향 범위를 구현할 수 없게 된다.

[0057] 또한, 주행 모터(130)가 캐스터 모듈(120)에 설치되어 캐스터 휠(160)의 부피 및 무게를 증가시키게 되고, 결과적으로 큰 관성 토크(Inertial torque)가 조향 모터(131)에 인가된다. 따라서, 조향 모터(131)의 용량을 증가시키는 원인으로 작용하게 된다.

[0058] 반면, 본 발명에 따른 전방향 휠 메커니즘(1)의 경우 주행 모터(30)가 주행 본체(10)에 설치됨으로써, 주행 본체(10)와 캐스터 모듈(20)을 걸쳐 설치되는 케이블을 제거할 수 있어 케이블의 길이에 따른 조향 레인지의 한계를 제거할 수 있고, 조향 모터(31)에 인가되는 관성 토크를 줄일 수 있다.

[0059] 한편, 본 발명에 따른 전방향 휠 메커니즘(1)에서 주행 모터(30)의 회전에 따라 발생하는 주행 각속도는, 도 1 및 도 2에 도시된 바와 같이, 조향축(As)을 따라 설치된 주행 샤프트(53)에 의해 캐스터 모듈(20) 측의 캐스터 휠(60)로 전달되는 것은 상술한 바와 같다. 따라서, 캐스터 휠(60)의 합성 각속도 ω_d는 [수학식 1]과 같이 표현할 수 있다.

[0060] [수학식 1]

[0061]
$$\omega_d = k_g(\omega_{d_motor} - \omega_s)$$

[0062] 여기서, k_g는 주행 모터(30)에 대한 기어 감속(Gear reduction)이고, ω_{d_motor}는 주행 모터(30)의 입력 각속도이고, ω_s는 조향 모터(31)의 회전에 따른 조향 각속도이다. [수학식 1]은 주행 모터(30)의 입력 각속도가 조향 각속도와 커플링되는 것을 의미한다. 즉, 조향 모터(31)의 회전에 의해서도 캐스터 휠(60)이 주행 방향으로 회전하는 것을 의미한다.

[0063] 만약, 측면 방향 오프셋(b)이 '0'인 것으로 가정하는 경우, 기구학적 관계는 도 6에 도시된 바와 같이 나타낼 수 있다. 도 6에 도시된 바와 같이, 두 개의 속도 요소인 $V_{_Driving}$과 $V_{_Steering}$이 수직이 아님을 확인할 수 있

는데, 이는 입력과 출력 간에 기구학적인 불량 조건(Ill-condition)이 존재함을 의미한다.

[0064] 도 6에 도시된 바와 같이, 순간 중심(Instantaneous center)이 캐스터 휠(60)의 위치로부터 멀어짐에 따라, 주행 모터(30)와 조향 모터(31)가 단위 출력 속도(Unit output velocity)를 달성하기 위해 높은 스피드의 회전을 인가하여야 한다. 여기서, 주행 모터(30) 및 조향 모터(31)의 최대 각속도를 증가시키는 것은 용이하지 않기 때문에, 측면 방향 오프셋(b)이 '0'인 상태에서는 최대 스피드가 조향 각속도와 주행 모터(30)의 입력 간의 커플링에 의해 감소되는 문제가 있다.

[0065] 따라서, 상기와 같은 커플링에 따른 불량 조건을 제거하는 것이 바람직하며, 본 발명에 따른 전방향 휠 메커니즘(1)은 측면 방향 오프셋(b)을 부가하여 이를 해결하고 있다.

[0066] 도 7은 본 발명에 따른 전방향 휠 메커니즘(1)과 같이 듀얼 오프셋, 즉 주행 방향 오프셋(a)과 측면 방향 오프셋(b)이 동시에 적용된 상태에서의 기구학적 관계를 도시한 도면이다. 여기서, 주행 방향 오프셋(a)을, 도 2에 도시된 바와 같이, a로 정의하고, 측면 방향 오프셋(b)을, 도 1에 도시된 바와 같이, b로 정의하여 설명한다.

[0067] 본 발명에 따른 전방향 휠 메커니즘(1)은, 도 7에 도시된 바와 같이, 두 개의 속도 요소가 디커플링되고, 조향을 위한 회전의 순간 중심, 즉 주행 모터(30)가 정지된 상태에서 조향 모터(31)의 회전에 따른 캐스터 모듈(20)의 회전의 순간 중심은, 도 7의 (c)에 도시된 바와 같다.

[0068] 이 경우, 캐스터 휠(60)의 각속도는 [수학식 1]에 기초하여, [수학식 2]와 같이 표현될 수 있다.

[0069] [수학식 2]

[0070] $$\omega_d = -k_g \omega_s$$

[0071] 그리고, [수학식 2]는 [수학식 3]으로 유도될 수 있으며, 결과적으로 [수학식 4]를 얻을 수 있다.

[0072] [수학식 3]

[0073] $$r\omega_d = rk_g\omega_s \quad = b\omega_s$$

[0074] [수학식 4]

[0075] $$k_g = b/r$$

[0076] 상기 수학식들에서, b는 상술한 바와 같이, 측면 방향 오프셋(b)이고, r은 캐스터 휠(60)의 반경이다.

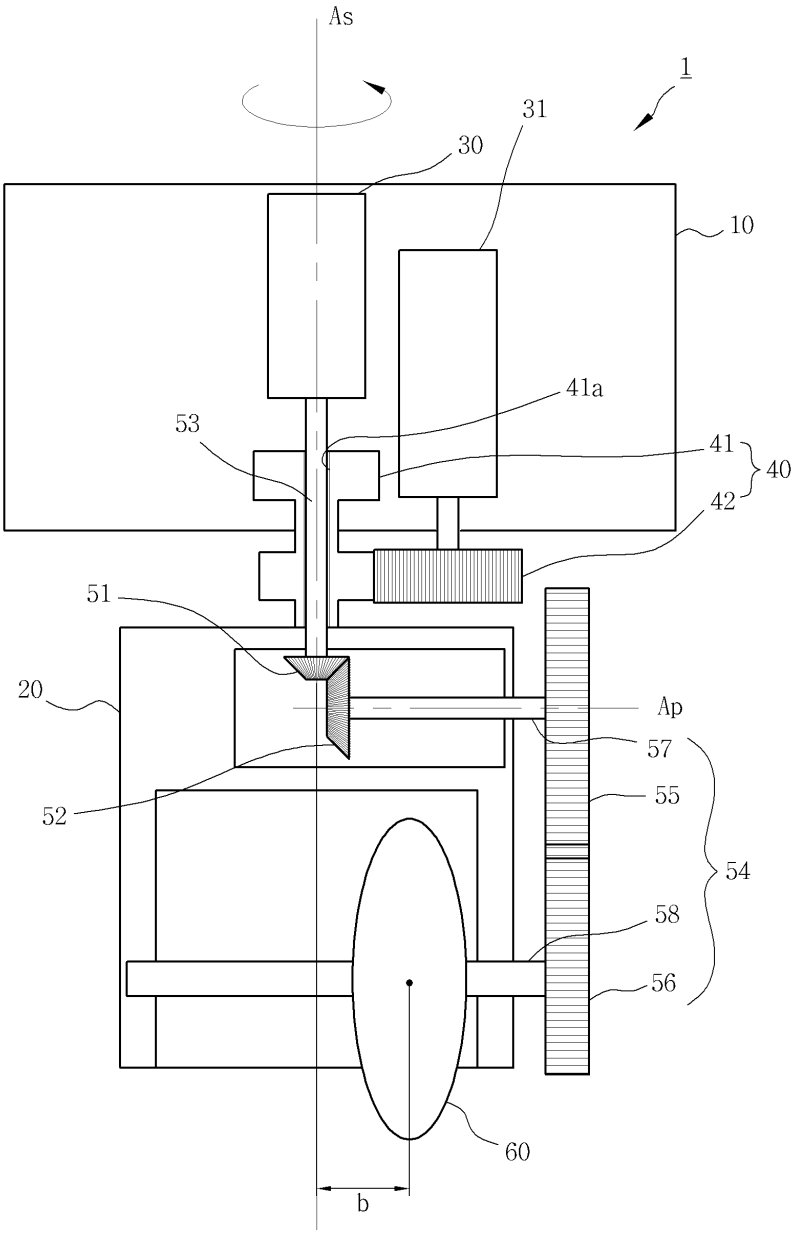
[0077] 상기 [수학식 4]를 통해 본 발명에 따른 전방향 휠 메커니즘(1)에서의 측면 방향 오프셋(b)의 크기는 캐스터 휠(60)의 반경과, 주행축 어셈블리(51,52,53,54)의 기어 감속(Gear reduction)에 각각 비례하는 것을 확인할 수 있다.

[0078] 여기서, 기구학적 파라미터가 [수학식 3] 및 [수학식 4]를 만족하는 경우, 두 속도 요소는 듀얼 오프셋이 적용된 캐스터 휠(60)에 수직임을 확인할 수 있다. 이와 같은 수직성(Orthogonality)은 우량 조건의 기구학 모델(Well-conditioned kinematic model)을 의미한다. 따라서, 측면 방향 오프셋(b)이 적용되지 않은 휠 메커니즘에 비해 빠르게 주행 가능하게 된다. 모터의 제한된 최대 속도와 함께, 듀얼 오프셋 휠 메커니즘은 다른 메커니즘에 비해 빠르게 드라이빙될 수 있다.

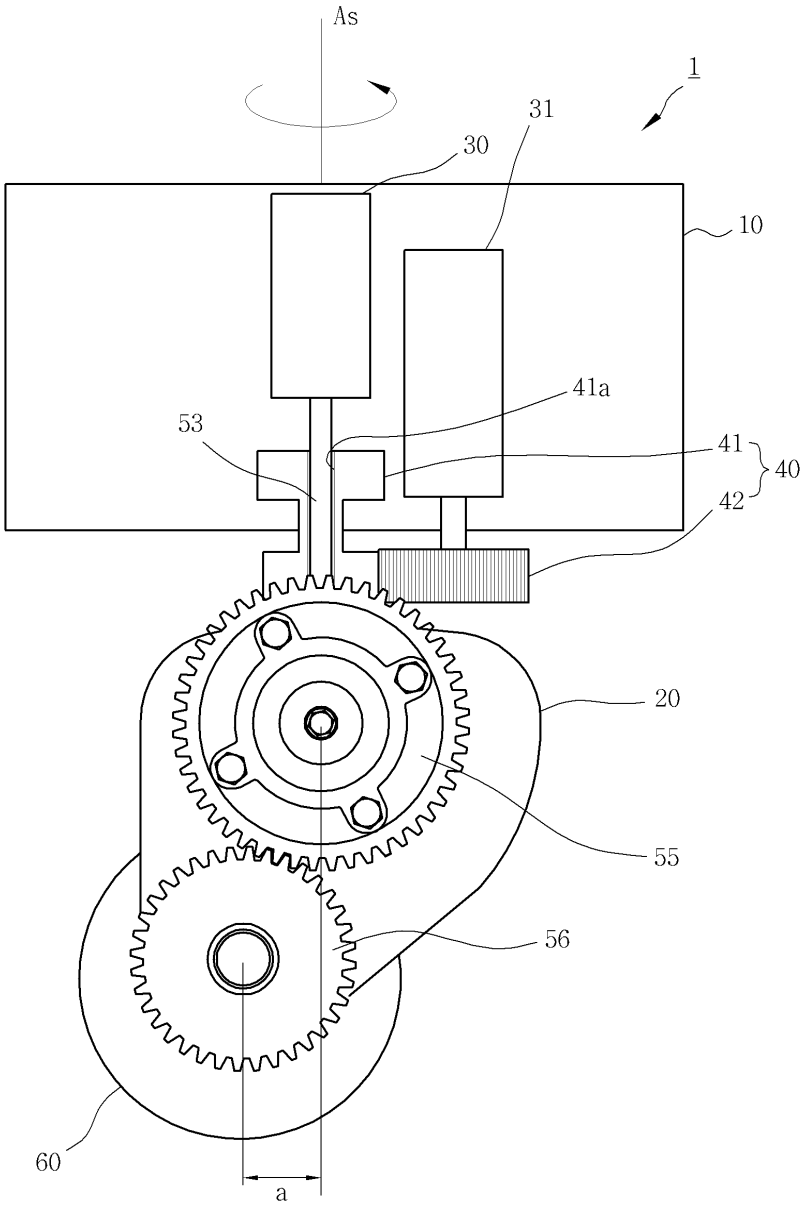
[0079] 비록 본 발명의 몇몇 실시예들이 도시되고 설명되었지만, 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 당업자라면 본 발명의 원칙이나 정신에서 벗어나지 않으면서 본 실시예를 변형할 수 있음을 알 수 있을 것이다. 발명의 범위는 첨부된 청구항과 그 균등물에 의해 정해질 것이다.

도면

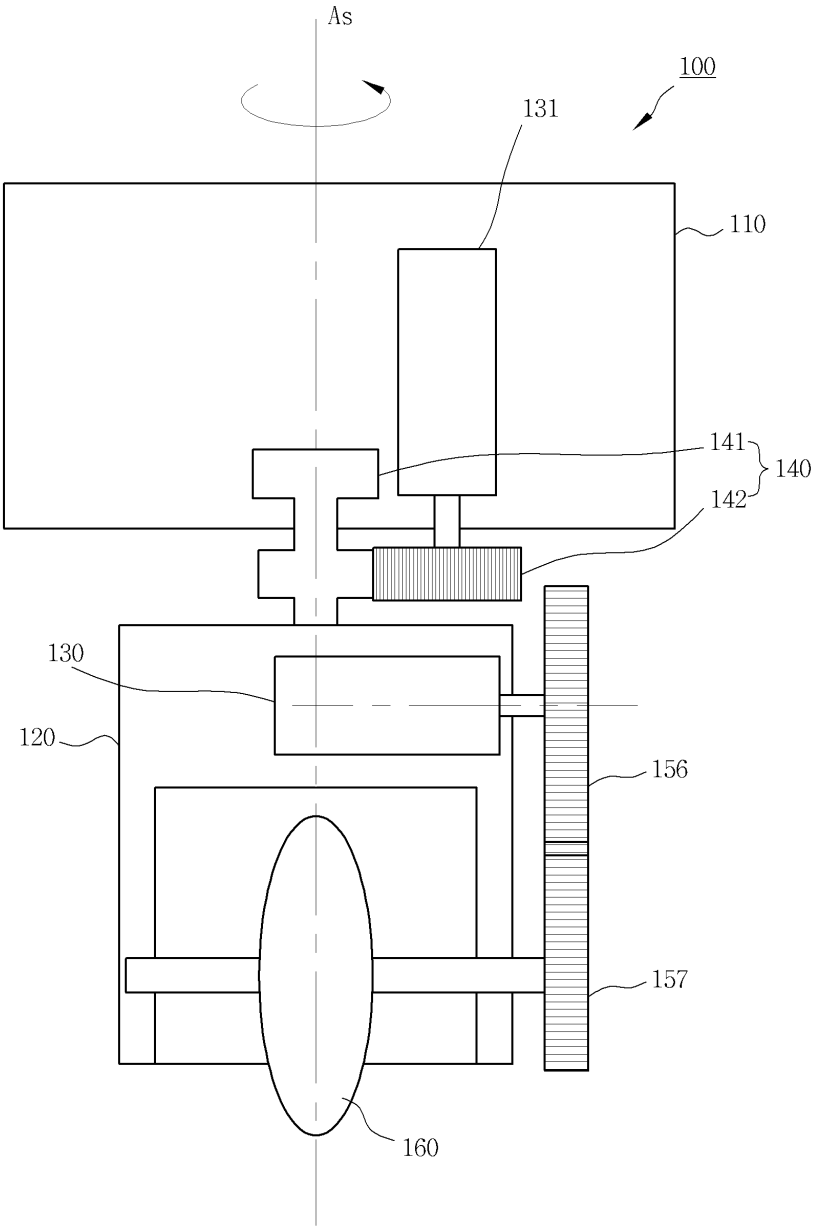
도면1



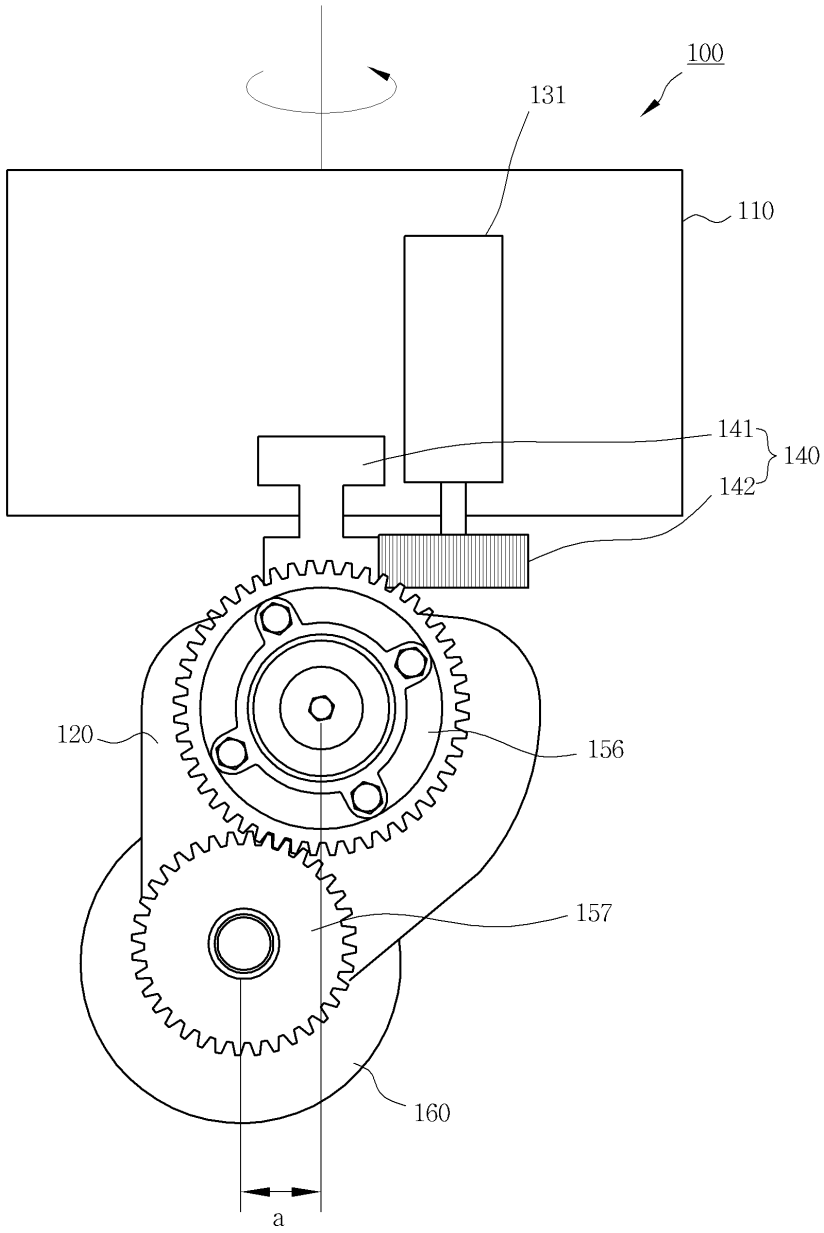
도면2



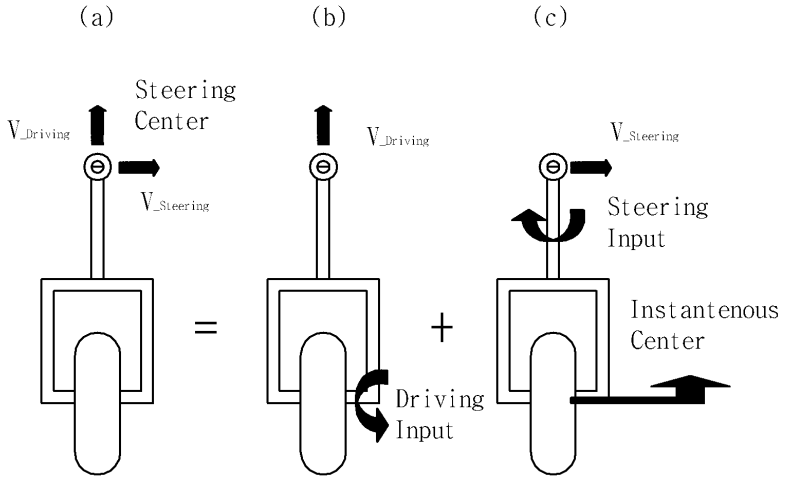
도면3



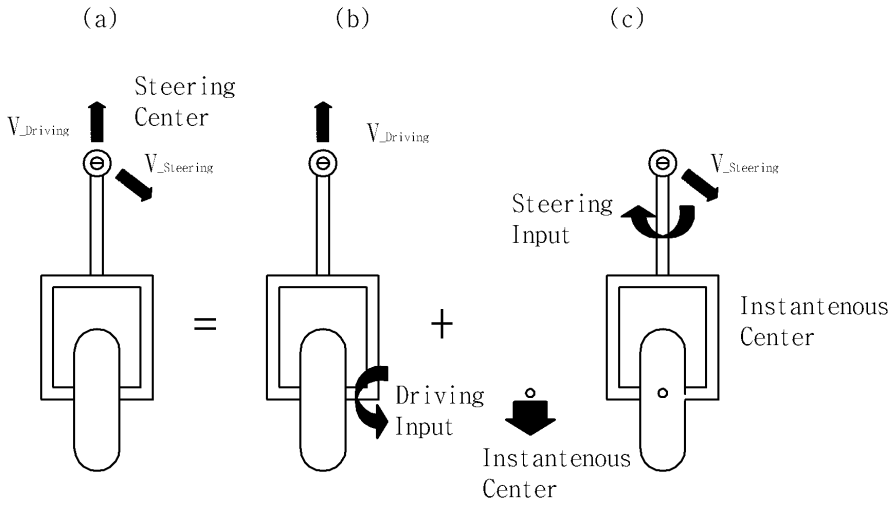
도면4



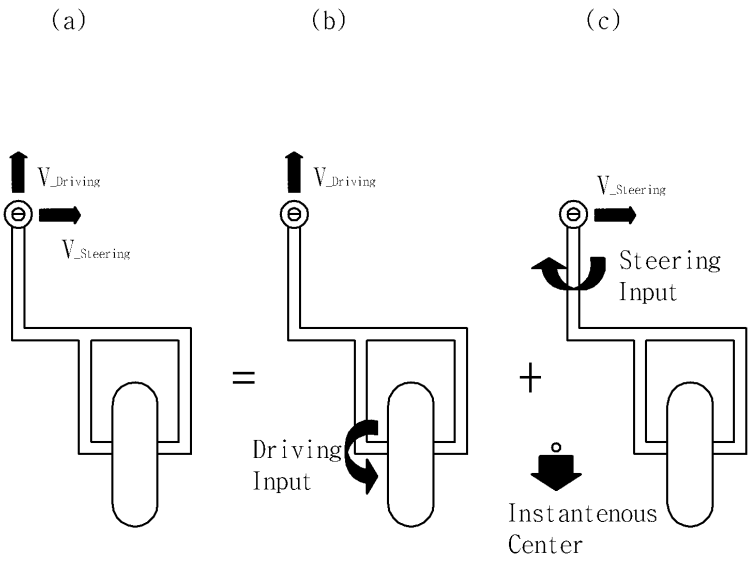
도면5


(a)
(b)
(c)
Steering
Center
V_Driving
V_Steering
V_Driving
V_Steering
Steering
Input
Instantenous
Center
=
+
Driving
Input

도면6


(a)
(b)
(c)
Steering
Center
V_Driving
V_Steering
V_Driving
V_Steering
Steering
Input
Instantenous
Center
=
+
Driving
Input
Instantenous
Center

도면7


(a)
(b)
(c)
V_Driving
V_Steering
=
V_Driving
Driving
Input
V_Steering
Steering
Input
+
Instantenous
Center