



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2008-0035068
(43) 공개일자 2008년04월23일

(51) Int. Cl.

B25J 17/00 (2006.01) B25J 9/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2006-0101196

(22) 출원일자 2006년10월18일

심사청구일자 2006년10월18일

(71) 출원인

경상대학교산학협력단

경상남도 진주시 가좌동 900

(72) 발명자

윤정원

경남 사천시 사천읍 구암리 이안애아파트 106동 904호

(74) 대리인

이건철, 정영수, 김순용

전체 청구항 수 : 총 6 항

(54) 병렬 기구형 다중 플랫폼 인간형 로봇 발

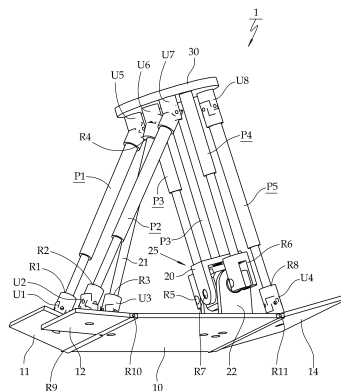
(57) 요약

본 발명은 휴머노이드 로봇에 사용되는 로봇 발 구조에 관한 것으로서 정상보행을 하는 인간과 비슷한 걸음의 생성을 가능하게 하고, 효율적인 걸음을 허락하는 병렬 기구형 다중 플랫폼 인간형 로봇 발에 관한 것이다.

본 발명은 앞-왼쪽 플랫폼, 앞-오른쪽 플랫폼, 중간 플랫폼, 뒤-플랫폼의 4개의 플랫폼으로 구성되고, 상기 중단 플랫폼은 베이스에 2개의 능동 병진 관절이 위치하여 2 자유도 회전 운동을 발생시키는 병렬 기구 부를 구비하며, 상기 앞-왼쪽 플랫폼, 앞-오른쪽 플랫폼 및 뒤-플랫폼들은 베이스의 전방 일측에 고정된 1 자유도 능동 병진 관절을 포함하는 6 자유도의 직렬관절로 이루어진 체인을 구비하면서 각각 상기 중간 플랫폼에 각각 회전가능하도록 연결된 구조이다.

본 발명에 의하면 상기 중간 플랫폼이 피치 각 운동 및 롤 각 운동을 발생시켜 사람의 발목 운동에 대응하고, 앞쪽/중간 플랫폼의 상대운동은 발의 MTP(MatertarsalPhalangeal) 관절의 운동을 발생시키며, 중간/뒤쪽 플랫폼의 상대운동은 착지 시 발의 상대운동을 발생시킴으로써 인간다운 걸음을 수행하는 효과를 얻을 수 있고, 장애자의 인공 발에도 효과적으로 적용할 수 있다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

베이스:

상기 베이스에 2개의 능동 병진 관절이 위치하여 2 자유도 회전 운동을 발생시키는 병렬 기구 부를 구비한 중간 플랫폼;

상기 베이스의 전방 일측에 상단이 고정된 1 자유도 능동 병진 관절을 포함하는 직렬관절로 이루어진 체인을 구비하고, 그 하단에 연결된 앞-왼쪽 플랫폼;

상기 베이스의 전방 타측에 상단이 고정된 1 자유도 능동 병진 관절을 포함하는 직렬관절로 이루어진 체인을 구비하고, 그 하단에 연결된 앞-오른쪽 플랫폼; 및

상기 베이스의 후방에 상단이 고정된 1 자유도 능동 병진 관절을 포함하는 직렬관절로 이루어진 체인을 구비하고, 그 하단에 연결된 뒤-플랫폼;을 포함하며, 상기 앞-왼쪽 플랫폼, 앞-오른쪽 플랫폼 및 뒤-플랫폼들은 상기 중간 플랫폼에 각각 회전가능하도록 연결된 것임을 특징으로 하는 병렬 기구형 다중 플랫폼 인간형 로봇 발.

청구항 2

제 1항에 있어서, 상기 중간 플랫폼은 병진 및 회전 운동을 발생시키는 2 자유도 병렬 기구 부 및 중간 플랫폼에 연결된 4-바 링크 체인을 구비하여 상기 2 자유도 병렬 기구 부의 운동에 따라서 상기 중간 플랫폼의 피치 각 운동과 롤 각 운동을 발생시키는 것을 특징으로 하는 병렬 기구형 다중 플랫폼 인간형 로봇 발.

청구항 3

제 1항에 있어서, 상기 중간 플랫폼은 그 앞 혹은 뒤쪽에서 회전 관절을 통하여 앞-왼쪽 플랫폼, 앞-오른쪽 플랫폼 및 뒤-플랫폼들에 연결되고, 상기 앞-왼쪽 플랫폼, 앞-오른쪽 플랫폼 및 뒤-플랫폼들 각각은 상기 중간 플랫폼에 대해 상기 1 자유도 능동 병진 관절의 작동으로 1 자유도 상대 피치 각 운동을 발생시키고, 상대 자유도를 변화시키는 것을 특징으로 하는 병렬 기구형 다중 플랫폼 인간형 로봇 발.

청구항 4

제 1항에 있어서, 상기 앞-왼쪽 플랫폼, 앞-오른쪽 플랫폼 및 뒤-플랫폼들은 6 자유도의 직렬관절로 이루어진 체인들을 구비한 것임을 특징으로 하는 병렬 기구형 다중 플랫폼 인간형 로봇 발.

청구항 5

제 4항에 있어서, 상기 앞-왼쪽 플랫폼, 앞-오른쪽 플랫폼과 뒤-플랫폼들은 유니버설 관절과 회전관절의 직렬결합을 통하여 각각의 능동 병진관절들에 연결되고, 상기 능동 병진관절들은 유니버설관절을 통하여 상기 베이스에 연결된 것임을 특징으로 하는 병렬 기구형 다중 플랫폼 인간형 로봇 발.

청구항 6

제 1항에 있어서, 상기 능동 병진관절들은 각각 선형 액츄에이터인 것을 특징으로 하는 병렬 기구형 다중 플랫폼 인간형 로봇 발.

명 세 서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

<20>

본 발명은 인간과 같이 보다 자연스런 걸음을 허락하는 휴머노이드 로봇에 사용되는 로봇 발의 구조에 관한 것으로서, 보다 상세히는 중간 플랫폼과 이에 회전가능하게 장착된 앞-왼쪽 플랫폼, 앞-오른쪽 플랫폼, 뒤-

플랫폼들을 포함하고, 이들은 피치 각 운동 및 롤 각 운동을 포함하고, 서로에 대한 상대 자유도를 갖추어 인간의 발과 같이 자연스런 걸음을 허락하는 병렬 기구형 다중 플랫폼 인간형 로봇 발에 관한 것이다.

<21> 현재까지 개발된 대부분의 휴머노이드 로봇 발은 단일강체로 이뤄져 있어 걸음패턴 생성에 있어 정상 인간과는 다른 보행 패턴을 보이고 있다. 따라서, 걸음 시 발바닥이 항상 수평을 이루고 있어 정상 인간 보행에서 착지기(stance phase) 기간 동안 발생하는 뒤꿈치 착지(heel strike), 발 평형(foot flat), 뒤꿈치 상승(heel rise), 차고 나가기(toe off) 등의 일련의 인간의 걸음동작을 자연스럽게 발생시킬 수가 없다.

<22> 따라서, 종래의 로봇 발은 그 구조상 로봇 발이 지면과 안정된 접촉을 유지하는데 있어서 적응력이 떨어져 인간과 같은 능숙한 이동성을 구현할 수가 없었다. 최근의 휴머노이드 연구(K. Nishiwaki and S. Kagami, "Toe joint that enhances bipedal and full body motion," IEEE Int. Conf. on Rob. and Auto.(ICRA 2002), pp.3105-3110, 2002.)에서는 발에 발가락 관절을 첨부한 휴머노이드를 제시하였다. 직선의 전진방향 보행에 있어서, 1 자유도 발가락 관절의 첨가는 보다 빠른 걸음을 허락할 수 있고, 발의 상대 각 관절(MTP joint)은 자연스런 로봇걸음을 허락하며, 무릎 관절에 걸리는 과도한 토크 및 속도를 경감시키는 효과가 있다.

<23> 하지만 1 자유도 발가락 관절만으로는 회전보행 및 불규칙 지면에서의 안정되고 자연스런 걸음을 만족시킬 수가 없다. 따라서 다 자유도 플랫폼으로 구성된 로봇 발은 부드럽고 효과적인 로봇의 몸체운동을 허락할 수 있는 것이다.

<24> 또한, 휴머노이드 로봇의 걸음 구현 시, DC 서보 모터와 같은 회전용 구동기를 발에 사용하는 경우, 휴머노이드 로봇 무게에 의한 과도한 토크가 필요하고, 이때 큰 파워 모터의 사용은 구조적으로 발에 부착하기 어렵고, 반면에 큰 감속 비를 사용할 경우, 빠른 속도의 걸음을 발생시킬 수가 없어 실제 구현에 어려움이 따른다.

<25> 따라서, 작은 규모의 크기로 큰 강성을 발생시킬 수 있는 병렬 기구 부를 이용할 경우 위 문제점을 해결할 수 있어 새로운 발 구조의 제시가 필요하다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

<26> 따라서, 본 발명은 이와 같은 종래의 문제점을 해소하기 위한 것으로서 그 목적은, 발바닥을 다중 플랫폼으로 구성하여 평지, 계단, 경사, 회전, 불규칙 지면 등 다양한 지면환경에서 로봇이 사람과 유사하게 보행할 수 있고, 효율적인 걸음패턴의 생성으로 인하여 안정된 이동을 허락할 수 있는 병렬 기구형 다중 플랫폼 인간형 로봇 발을 제공하는 것이다.

<27> 그리고 본 발명의 다른 목적은 발바닥의 다축 운동을 허락하는 병렬 기구 부를 이용함으로써 로봇의 중력 및 관성에 의하여 큰 하중을 지탱할 수 있는 병렬 기구형 다중 플랫폼 인간형 로봇 발을 제공하는 것이다.

<28> 또한 본 발명의 다른 목적은 인간형 로봇 발의 적용 이외에 발이 없는 장애인의 인공 발 장치로도 적용 가능하고, 보조 장구의 움직임이 보다 인간에 가까워서 장애인의 삶의 질 향상을 유도할 수 있는 병렬 기구형 다중 플랫폼 인간형 로봇 발을 제공하는 것이다.

발명의 구성 및 작용

<29> 상기와 같은 목적을 달성하기 위해 본 발명은,

<30> 베이스:

<31> 상기 베이스에 2개의 능동 병진 관절이 위치하여 2 자유도 회전 운동을 발생시키는 병렬 기구 부를 구비한 중간 플랫폼;

<32> 상기 베이스의 전방 일측에 상단이 고정된 1 자유도 능동 병진 관절을 포함하는 직렬관절로 이루어진 체인을 구비하고, 그 하단에 연결된 앞-왼쪽 플랫폼;

<33> 상기 베이스의 전방 타측에 상단이 고정된 1 자유도 능동 병진 관절을 포함하는 직렬관절로 이루어진 체인을 구비하고, 그 하단에 연결된 앞-오른쪽 플랫폼; 및

<34> 상기 베이스의 후방에 상단이 고정된 1 자유도 능동 병진 관절을 포함하는 직렬관절로 이루어진 체인을 구비하고, 그 하단에 연결된 뒤-플랫폼;을 포함하며, 상기 앞-왼쪽 플랫폼, 앞-오른쪽 플랫폼 및 뒤-플랫폼들은 상기 중간 플랫폼에 각각 회전가능하도록 연결된 것임을 특징으로 하는 병렬 기구형 다중 플랫폼 인간형 로봇

발을 제공한다.

<35> 본 발명의 상기 목적과 여러 가지 장점은 이 기술 분야에 숙련된 사람들에 의해 첨부된 도면을 참조하여 아래에 기술되는 발명의 바람직한 실시 예로부터 더욱 명확하게 될 것이다.

<36>

<37> 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 일 실시 예를 상세하게 설명한다.

<38> 도 1은 본 발명에 따른 병렬 기구형 다중 플랫폼 인간형 로봇 발(1)을 전체적으로 도시한 것으로서, 앞-왼쪽 플랫폼(12), 앞-오른쪽 플랫폼(11), 중간 플랫폼(10), 뒤-플랫폼(14) 등의 4개의 플랫폼을 포함하고 있다. 그리고 이들 각각의 플랫폼(12)(11)(10)(14)들은 베이스(30)에 각각 관절로 이루어진 체인으로 연결되어 총 5 자유도를 제공하는 구조를 나타내고 있다.

<39>

<40> 도 1에서 P는 병진 관절을 의미하고, R은 회전 관절을 의미하며, U는 유니버설 관절을 의미하고, S는 볼 관절을 의미한다. 그리고 글자 아래 밑줄은 능동 관절을 의미한다.

<41> 또한, P_e 는 수동 병진 관절 중의 어느 하나를 의미하고, R_e 는 수동 회전 관절 중의 어느 하나를 의미하며, $\underline{P_e}$ 는 능동 병진 관절(구동기), 예를 들면 선형 액츄에이터와 같은 능동 병진 구동기 중의 어느 하나를 의미하고, $\underline{R_e}$ 는 능동 회전 관절(구동기), 예를 들면 롤 각 운동 또는 피치 각 운동을 일으키는 능동 회전 구동기 중의 어느 하나를 의미한다.

<42> 또한 각각의 P,R,U에 병기된 부호들은 앞-왼쪽 플랫폼(12), 앞-오른쪽 플랫폼(11), 중간 플랫폼(10), 뒤-플랫폼(14)의 특정 부분을 나타낸다.

<43> 도 1에서 앞-왼쪽 플랫폼(12), 앞-오른쪽 플랫폼(11), 중간 플랫폼(10), 뒤-플랫폼(14)에 부착된 ($U1-R1$), ($U2-R2$), ($U3-R3$), ($U6-R4$), ($U4-R8$)들은 각각 유니버설관절과 회전관절들의 결합으로 각각 볼 관절(S)의 역할을 한다.

<44> 그리고 본 발명에서는 도 1에 도시된 바와 같이, 6 자유도의 직렬관절($S-\underline{P_e}-U_e$)로 이뤄진 3개의 체인($U1-P1-U5$), ($U2-R2-P2-U7$), ($U4-R8-P5-U8$)은 앞-왼쪽 플랫폼(12), 앞-오른쪽 플랫폼(11)과 뒤-플랫폼(14) 등의 3개의 플랫폼들을 베이스(30)에 각각 연결하는 것들이다.

<45> 상기에서 ($\underline{P1}$)($\underline{P2}$)($\underline{P5}$)들은 상기 앞-왼쪽 플랫폼(12), 앞-오른쪽 플랫폼(11)과 뒤-플랫폼(14)의 능동 병진관절을 의미하고, 상기 능동 병진관절($\underline{P1}$)($\underline{P2}$)($\underline{P5}$)의 선형 변위 값에 따라서 각 앞-왼쪽 플랫폼(12), 앞-오른쪽 플랫폼(11)과 뒤-플랫폼(14)의 회전각, 즉 중간 플랫폼(10)에 대한 각도가 바뀌게 된다.

<46> 즉 상기 능동 병진관절($\underline{P1}$)($\underline{P2}$)($\underline{P5}$) 들은 각각 베이스(30)와 각 플랫폼(11)(12)(14) 사이에서 배치되어 있고, 각 플랫폼(11)(12)(14)과 능동 병진관절($\underline{P1}$)($\underline{P2}$)($\underline{P5}$)들은 각각 유니버설 관절과 회전관절의 직렬결합($U1-R1$)($U2-R2$)($U4-R8$)을 통하여 각각 연결되어 있다. 또한 상기 베이스(30)와 능동병진 관절($\underline{P1}$)($\underline{P2}$)($\underline{P5}$)들은 유니버설관절($U5$)($U7$)($U8$)을 통하여 연결되어 있다.

<47> 또한 상기 앞-왼쪽 플랫폼(12), 앞-오른쪽 플랫폼(11), 뒤-플랫폼(14)들은 각각 중간 플랫폼(10)에 각각 회전 관절($R9$)($R10$)($R11$)을 통하여 연결되어 있다.

<48> 따라서 상기 능동병진 관절($\underline{P1}$)($\underline{P2}$)들의 선형 변위값에 따라서 앞-왼쪽 플랫폼(12), 앞-오른쪽 플랫폼(11) 들은 중간 플랫폼(10)에 대한 상대 각이 변하게 된다. 비슷하게 능동 병진관절($\underline{P5}$)의 선형변위에 따라서 뒤-플랫폼(14)은 중간 플랫폼(10)에 대한 변위가 달라지게 된다. 상기에서 능동 병진관절($\underline{P1}$)($\underline{P2}$)($\underline{P5}$)들은 예를 들면 선형 액츄에이터일 수 있다.

<49> 또한 상기 중간 플랫폼(10)에는 도 2에 도시된 바와 같이, 3 자유도 직렬관절로 이뤄진 중간체인($\underline{P_e}(L_m)-\underline{R_e}(\phi)-R(\theta)$) 및, S-S 관절과 4-바 링크(21)로 연결된 4-바 링크 체인($U3-R3-R4-U6$)으로 구성된 2개의 체인이 연결되어 베이스(30)에 연결되어 있다.

<50> 그리고 상기 중간 플랫폼(10)은 도 2에 도시된 바와 같이, 능동 병진 관절($\underline{P_e}(L_m)$)과 능동 회전 관절($\underline{R_e}(\phi)$)을 통하여 병진 및 회전 운동을 발생시키는 2 자유도 병렬 기구 부(25)의 운동 및 4-바 링크(21)의 회전을 통한 4-바 링크 체인($U3-R3-R4-U6$)의 구속조건에 의해 중간 플랫폼(10)은 2 자유도의 회전운동(롤, 피치)을 발생시킨다.

- <51> 이러한 2 자유도 병렬 기구 부(25)의 회전운동은 베이스(30)에 고정된 2개의 능동 병진 관절(P3)(P4)의 운동에 따라 독립적으로 발생시킨다. 이러한 병진-회전 타입의 구동 기구 부는 능동 병진관절($P_e(L_m)$)- 능동 회전관절($R_e(\phi)$)과 기구적으로 등가의 개념이다.
- <52>
- <53> 상기 중간 플랫폼(10)에서 이루어지는 2 자유도의 회전운동에 대해 도 3을 참조하여 보다 구체적으로 설명한다. 상기 능동 병진 관절(P3)(P4)은 베이스(30)에 고정되어 상하운동을 각각 발생시키고, 이들 능동 병진 관절(P3)(P4)의 상하 높이의 차이에 따라 중간 플랫폼(10)의 롤 각(ϕ)이 발생한다.
- <54> 이때 중간 플랫폼(10)의 동작을 위해서 2 자유도 병렬 기구 부(25)가 구비되는데, 이는 수동 회전 관절(R5)(R6)이 상기 능동 병진 관절(P3)(P4)의 베이스(30) 반대편 상단에 각각 삽입되어 있어서, 능동 병진 관절(P3)(P4)의 상하 높이 차에 따라 수동 회전관절(R5)(R6)의 위치가 다르게 된다.
- <55> 이러한 높이 차이를 보상하기 위해 상기 수동 회전관절(R5)(R6) 및 피치 각 연결부(22) 사이에 수동 병진 관절(P1)(P2)을 각각 삽입하여 상기 능동 병진 관절(P3)(P4)의 높이 차에 따른 수동 회전관절(R5)(R6)의 위치변화에 대응하도록 하는 것이다.
- <56> 또한 상기 중간 플랫폼(10)이 순수하게 상하 병진운동(L_m) 및 롤 각(ϕ) 운동만 발생시키도록 수동 병진 관절(P3)을 상기 베이스(30)에 수직으로 연결하여 그 하단에 2 자유도 지지구(20)를 연결한다.
- <57> 이와 같은 작동 관계가 도 4에 도시되어 있다. 도 4는 2 자유도 병렬 기구 부(25)의 관절 배열을 도식적으로 나타내고 있다. 상기 2 자유도 병렬 기구 부(25)는 2 자유도 지지구(20)가 베이스(30)에 연결된 수동 병진 관절(P3) 및 그 하단의 수동 회전 관절(R7)을 구비하여 상하 운동 및 회전 운동만이 가능하다. 그러므로 상기 능동 병진 관절(P3)(P4)의 상하 높이 차에 따라서 상기 2 자유도 병렬 기구 부(25)는 롤 각(ϕ) 회전운동이 가능하도록 하는 것이다. 그리고 상기 능동 병진 관절(P3)(P4)의 상하 높이 평균값에 의해서 상기 2 자유도 병렬 기구 부(25)의 하단에 연결된 중간 플랫폼(10)의 높이가 결정된다.
- <58> 그리고 상기 2 자유도 병렬 기구 부(25)는 중간 플랫폼(10)의 피치 각(θ) 회전이 가능하도록 상기 2 자유도 지지구(20)의 하단에 피치 각 연결부(22)를 위치시키고 있다.
- <59> 즉 상기 피치 각 연결부(22)는 도 3에 도시된 바와 같이, 2 자유도 지지구(20)에 대해 피치 각(θ) 운동이 가능하도록 연결되어 결과적으로는 그 하단에 연결된 중간 플랫폼(10)이 피치 각(θ) 운동하도록 한다. 이러한 경우, 상기 피치 각 연결부(22)에 연결된 중간 플랫폼(10)은 상기 능동 병진 관절(P3)(P4)의 상하 병진 운동(L_m)과 상기 중간 플랫폼(10)의 전방 측에 위치된 4-바 링크 체인(U3-R3-R4-U6)의 구속조건에 의해서 피치 각 운동($R_e(\theta)$)을 발생시킨다.(도 2 참조)
- <60> 상기와 같이 중간 플랫폼(10)은 2개의 체인($P_e(L_m)$ - $R_e(\phi)$ - $R(\theta)$), (U3-R3-R4-U6)을 갖춤으로써 병렬구조형태의 능동 병진 관절(P3)(P4)의 상하 병진 운동과, 상기 능동 병진 관절(P3)(P4)의 상하 높이 차 및 상기 4-바 링크 체인(U3-R3-R4-U6)의 구속조건에 따라 2 자유도 회전 운동, 즉 피치 각 운동($R_e(\theta)$) 및 롤 각 운동($R_e(\phi)$)을 발생시킨다.(도 4 참조)
- <61> 도 5는 본 발명에 따른 병렬 기구형 다중 플랫폼 인간형 로봇 발(1)의 각 관절배열을 나타내고 있다. 즉, 앞-왼쪽 플랫폼(11), 앞-오른쪽 플랫폼(12) 및 뒤-플랫폼(14)들은 각각 하나의 6 자유도 직렬 관절(S-P-U)로 이뤄진 체인(U1-R1-P1-U5)(U2-R2-P2-U7)(U4-R8-P5-U8)을 가지고, 상기 앞-왼쪽 플랫폼(11), 앞-오른쪽 플랫폼(12) 및 뒤-플랫폼(14)들은 중간 플랫폼(10)의 앞 혹은 뒤쪽에서 회전 관절(R9)(R10)(R11)들을 통하여 각각 연결된다.
- <62> 결과적으로 상기 앞-왼쪽 플랫폼(11), 앞-오른쪽 플랫폼(12) 및 뒤-플랫폼(14)들의 최종 출력 변위 값들은 중간 플랫폼(10)의 2 자유도 병렬 기구 부(25)의 운동, 즉 피치 각 운동($R_e(\theta)$) 및 롤 각 운동($R_e(\phi)$) 값에 따라 결정된다.
- <63>
- <64> 그러므로 본 발명에 따른 다중플랫폼 로봇 발(1)은 도 6에 나타난 것 같이, 중간 플랫폼(10)의 2 자유도의 피치 각 운동($R_e(\theta)$) 및 롤 각 운동($R_e(\phi)$)과 중간 플랫폼(10)에 대한 앞-왼쪽, 앞-오른쪽, 뒤-플랫폼(11)(12)(14)의 각각 1 자유도 상대 회전운동의 총 5 자유도 운동을 발생시키게 된다.
- <65> 상기와 같이 본 발명은 중간 플랫폼(10)이 인간형 로봇 발목의 2 자유도 운동, 즉 피치 각 운동($R_e(\theta)$)

및 롤 각 운동($Re(\phi)$)을 발생시키고, 2 자유도 회전 운동 이외에 앞/중간 플랫폼의 상대운동이 같을 때, 즉 도 6에서 피치 각(θ_2)과 피치 각(θ_3)들이 동일할 때는 발의 MTP(Metatarsal Phalangeal) 관절의 운동을 발생시킨다.

<66> 또한 중간/뒤-플랫폼의 상대 운동은 피치 각(θ_4)이 형성될 때이며, 이는 걸음 중 로봇의 착지 시, 뒷발의 상대운동을 발생시키고, 앞-오른쪽, 앞-왼쪽 플랫폼의 상대운동이 다를 때, 즉 도 6에서 피치 각(θ_2)과 피치 각(θ_3)들이 다를 때에는, 회전(turning) 시 앞-오른쪽, 앞-왼쪽 플랫폼(11)(12) 간의 상대운동을 발생시킬 수 있다.

<67>

<68> 도 7은 본 발명에 따른 인간형 로봇 발(1)의 링크-관절 관계 다이어그램을 나타내고 있다. 흰색박스는 수동관절을 나타내고, 사선으로 채워진 박스는 능동 관절을 의미하며, 박스 사이의 선들은 링크들을 나타낸다. 운동형태 및 자유도 관점에서 중간 플랫폼(10)에 연결된 도 3의 병진-회전 형태의 2 자유도 병렬 기구 부(25)를 직렬 능동 관절($Pe-Re$)로 고려하는 것이 가능하고, 다음의 Grubler 공식을 이용하여 주어진 기구 부의 운동을 정의할 수 있다.

$$M = d(n - g - 1) + \sum_{i=1}^g f_i \quad (1)$$

<69>

<70> (1) 여기서 d , n , g , 및 i 는 주어진 기구 부의 모든 관절 공간의 자유도, 지면을 포함한 링크의 수, 관절 구속조건의 수, 그리고 i 번째 관절의 자유도를 각각 나타낸다. 여기서 4개 플랫폼의 총 5 자유도의 운동은 다음과 같이 검증된다.

$$M_{5dof} = 6(13 - 16 - 1) + 1 \times 8 + 2 \times 3 + 3 \times 5 = 5$$

<72>

도 6에 표시된 뒤-플랫폼(14)에 연결된 회전 관절(R_{11})과 체인($U_4-R_8-P_5-U_8$)을 중간 플랫폼(10)으로부터 분리한다면 최종 로봇 발(1)의 자유도는 다음과 같이 4 자유도가 된다.

$$M_{4dof} = 6(10 - 12 - 1) + 1 \times 6 + 2 \times 2 + 3 \times 4 = 4$$

<74>

따라서, 중간 플랫폼(10)에 S- Pe -S 체인을 발가락 목적으로 앞쪽 플랫폼에 혹은 인간과 같이 뒤꿈치 착지(heel strike)를 허락하도록 뒤-플랫폼에 중간 플랫폼(10)을 기준으로 상대 피치 각 운동을 발생시킬 수 있도록 추가 혹은 삭제할 수 있어 하나의 플랫폼을 모듈화하여 다양한 형태의 발바닥 및 발가락의 상대운동을 하는 운동을 쉽게 구현할 수 있다.

<75>

본 발명은 상기에서 도면을 참조하여 특정 실시 예에 관련하여 상세히 설명하였지만 본 발명은 이와 같은 특정 구조에 한정되는 것은 아니다. 당 업계의 통상의 지식을 가진 자라면 이하의 특허청구범위에 기재된 본 발명의 기술 사상 및 권리범위를 벗어나지 않고서도 본 발명을 다양하게 수정 또는 변경시킬 수 있을 것이다. 그렇지만 그와 같은 수정 또는 변형 구조들은 모두 명백하게 본 발명의 권리범위 내에 속하게 됨을 미리 밝혀 두고자 한다.

발명의 효과

<76>

상기와 같이 본 발명에 의하면 정상보행을 하는 인간과 비슷한 걸음의 생성을 가능하게 하고, 효율적인 걸음을 허락하는 다중 플랫폼 및 병렬기구 구조를 구비함으로써 다양한 지면에 대처할 수 있도록 발바닥의 상대운동을 허락하고, 병진 구동기의 사용을 통하여 큰 하중 및 충격을 지탱할 수 있는 효과를 얻을 수 있다.

<77>

그리고 본 발명에 의하면 인간과 유사한 걸음패턴 생성을 가능하게 함으로써 인간형 로봇의 이동성을 향상시킬 수 있고, 평지, 계단, 경사 및 불규칙 지면에서 로봇의 걸음에 유연한 발 움직임을 적용하여 전체 로봇의 안정성에 크게 기여할 수 있다.

<78>

또한 본 발명에 의하면 인간형 로봇 발의 적용 이외에 발이 없는 장애인의 인공 발 장치로도 적용 가능하며, 이 경우 보호 장구의 움직임이 보다 인간에 가까워서 장애인의 삶의 질 향상을 유도할 수 있는 효과가 얻어지는 것이다.

도면의 간단한 설명

- <1> 도 1은 본 발명에 따른 병렬 기구형 다중 플랫폼 인간형 로봇 발을 전체적으로 도시한 외관 사시도;

<2> 도 2는 본 발명에 따른 인간형 로봇 발에 구비된 중간 플랫폼의 회전운동을 개략적으로 도시한 구성도;

<3> 도 3은 본 발명에 따른 인간형 로봇 발에서 회전-병진의 2 자유도 병렬 기구 부에 구비된 관절 배열을 도시한 구성도;

<4> 도 4는 본 발명에 따른 인간형 로봇 발에서 회전-병진의 2 자유도 병렬 기구 부에서 이루어지는 동작관계를 설명한 작동 설명도;

<5> 도 5는 본 발명에 따른 인간형 로봇 발에서 중간 플랫폼과 앞쪽/뒤-플랫폼의 링크-관절 연결관계를 도시한 개략 구성도;

<6> 도 6은 본 발명에 따른 인간형 로봇 발에서 얻어지는 총 5 자유도 운동을 도시한 설명도;

<7> 도 7은 본 발명에 따른 병렬 기구형 다중 플랫폼 인간형 로봇 발의 링크-관절 관계를 전체적으로 도시한 다이어그램(diagram) 이다.

<8> <도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명>

<9> 10.... 중간 플랫폼 11.... 앞-오른쪽 플랫폼

<10> 12.... 앞-왼쪽 플랫폼 14.... 뒤-플랫폼

<11> 20.... 2 자유도 지지구 21.... 4-바 링크

<12> 22.... 피치 각 연결부 25.... 2 자유도 병렬 기구 부

<13> 30.... 베이스 U1,U2,U3,U4,U5,U6,U7,U8.... 유니버설 관절

<14> P1,P2,P3,P4,P5.... 능동 병진관절(구동기)

<15> P1,P2,P3.... 수동 병진관절

<16> R1,R2,R3,R4,R5,R6,R7,R8,R9,R10,R11.... 회전 관절

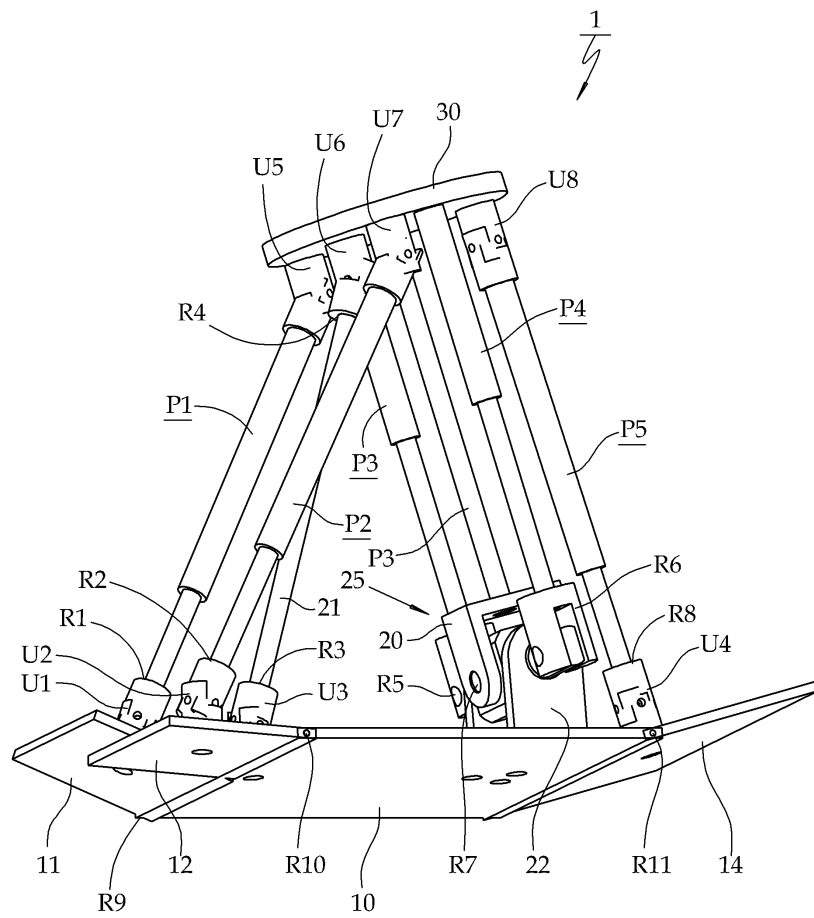
<17> S.... 볼 관절 $\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4$ 피치 각

<18> ϕ ... 롤 각 Re(θ).... 피치 각 운동

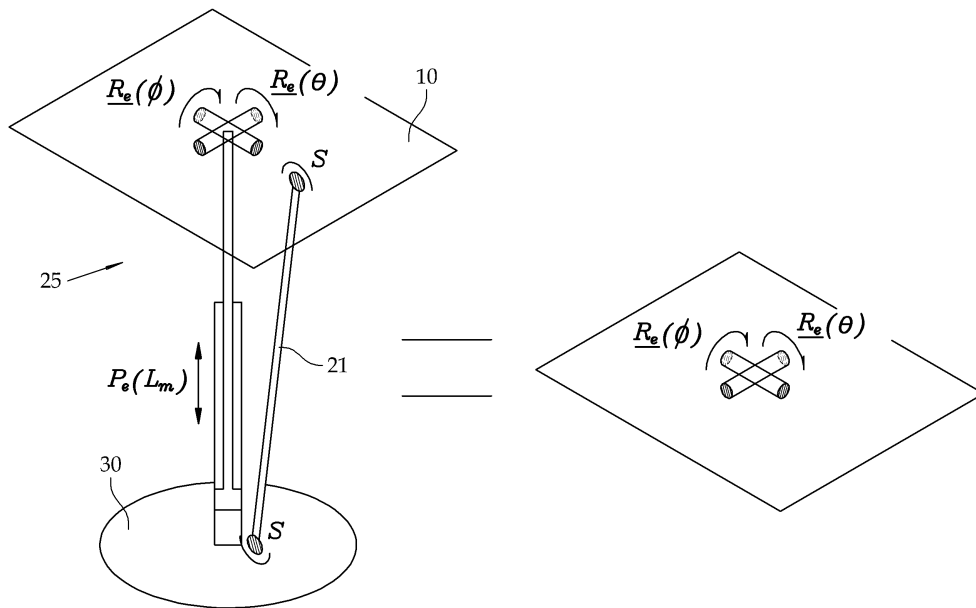
<19> Re(ϕ)... 롤 각 운동 Lm.... 상하 병진운동

도면

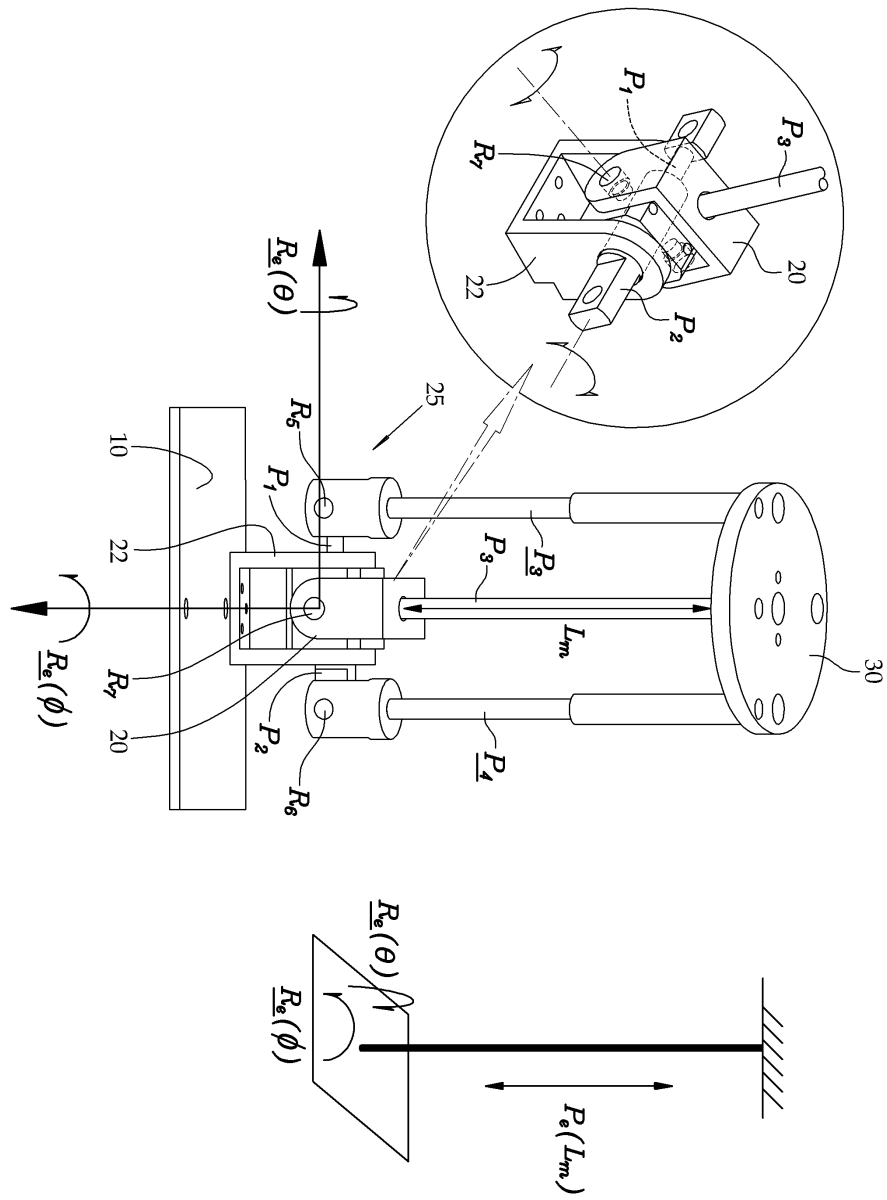
도면1



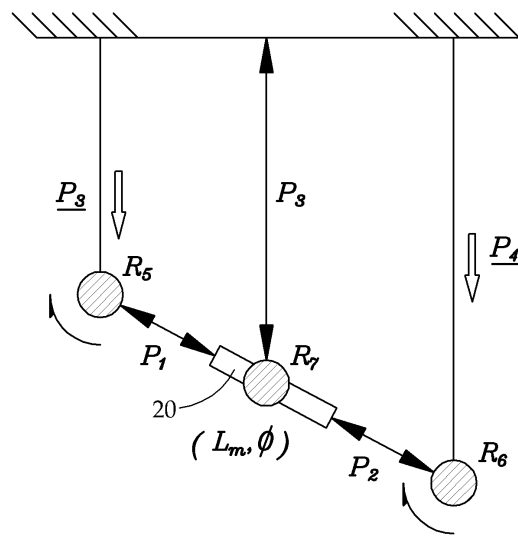
도면2



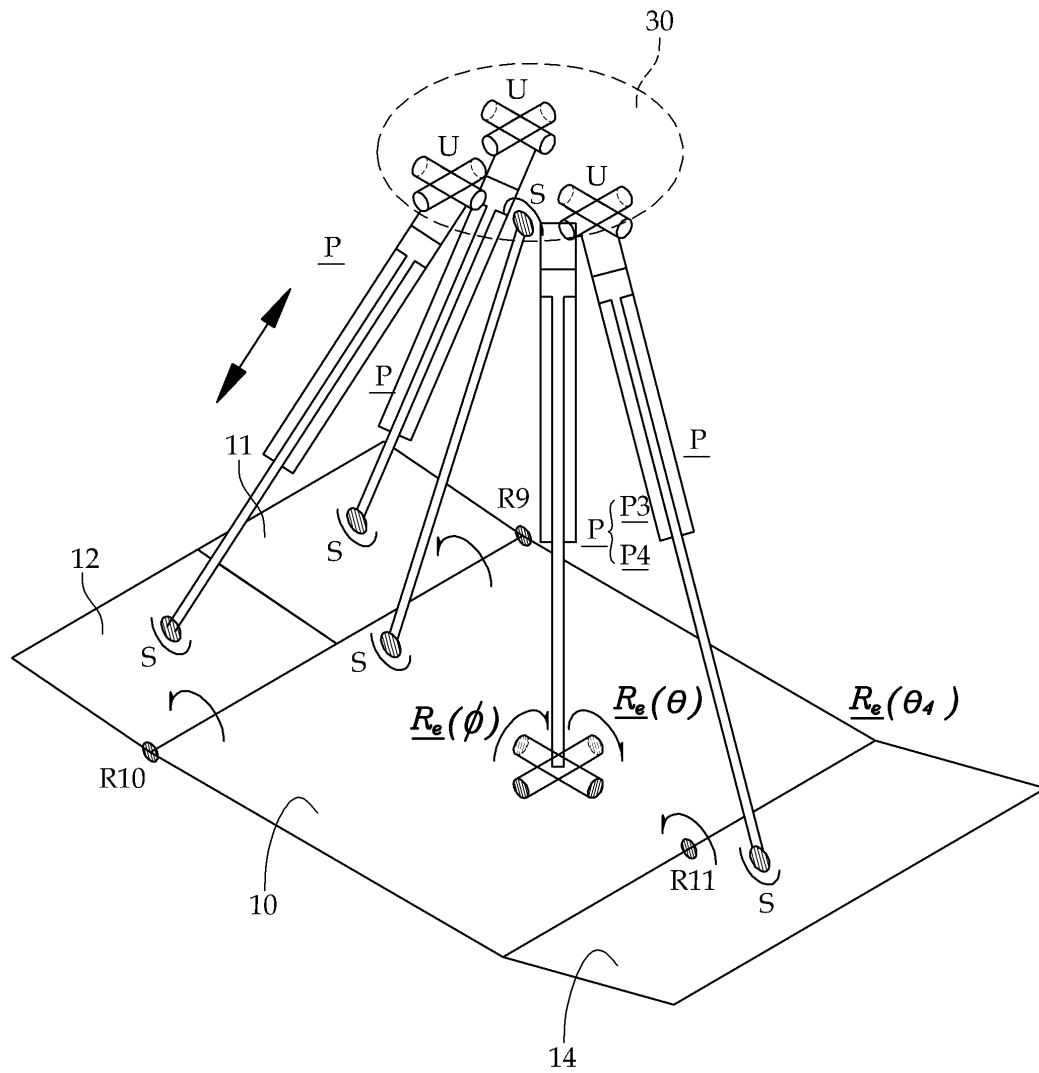
도면3



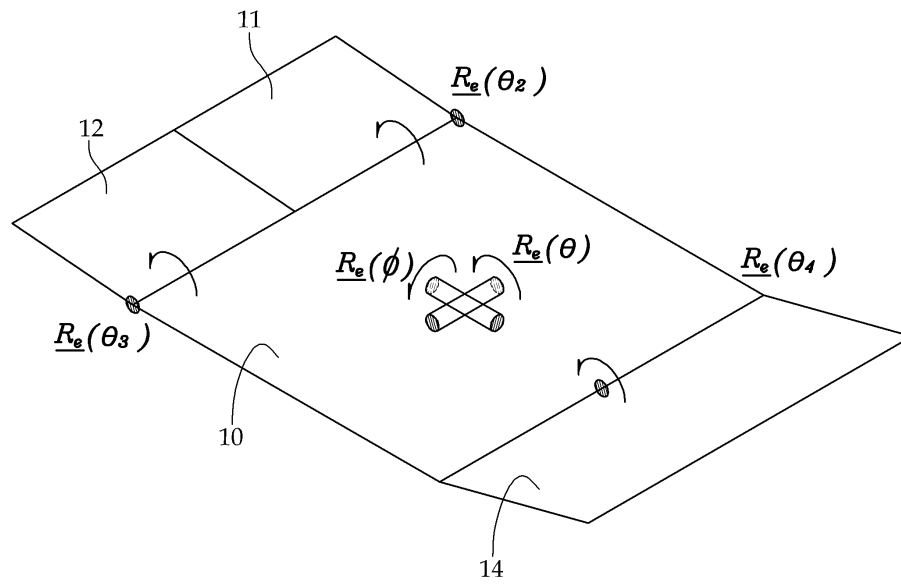
도면4



도면5



도면6



도면7

