



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2025년05월15일

(11) 등록번호 10-2809067

(24) 등록일자 2025년05월13일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*B25J 9/00* (2006.01) *B25J 15/02* (2006.01)  
*B25J 9/10* (2006.01) *F16M 11/04* (2006.01)  
*F16M 11/12* (2006.01) *F16M 11/18* (2006.01)

(52) CPC특허분류  
*B25J 9/0045* (2013.01)  
*B25J 15/0266* (2013.01)

(21) 출원번호 10-2021-7031748

(22) 출원일자(국제) 2020년02월28일

심사청구일자 2023년02월27일

(85) 번역문제출일자 2021년10월01일

(65) 공개번호 10-2021-0134955

(43) 공개일자 2021년11월11일

(86) 국제출원번호 PCT/CA2020/050264

(87) 국제공개번호 WO 2020/176973

국제공개일자 2020년09월10일

(30) 우선권주장

62/814,526 2019년03월06일 미국(US)

(56) 선행기술조사문헌

CN102626919 A\*

KR1020180095171 A\*

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

유니버시티 라발

캐나다 지1브이 0에이6 퀘벡 퀘벡 워 드 유니베르시뜨 2325

(72) 발명자

고세린 클레망

캐나다 쥐1브이 0에이6 퀘벡 퀘벡 워 데 비블리오 테끄 2320 유니베르시떼 라발 데파르트망 드 퀘니 메카니끄

웬 케페이

캐나다 쥐1브이 0에이6 퀘벡 퀘벡 워 데 비블리오 테끄 2320 유니베르시떼 라발 데파르트망 드 퀘니 메카니끄

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

유미특허법인

전체 청구항 수 : 총 17 항

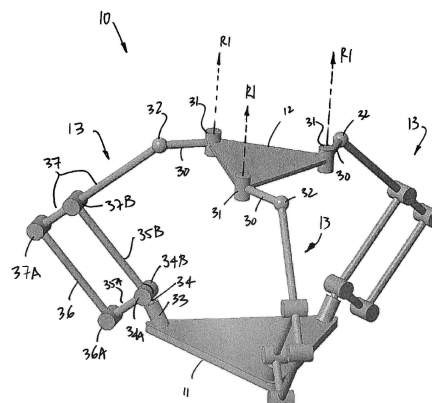
심사관 : 이성수

(54) 발명의 명칭 운동학적 잉여 작용을 갖는 병렬 메커니즘

## (57) 요약

공간 병렬 메커니즘은 플랫폼을 포함한다. 3개 이상의 레그가 베이스 또는 기초로부터 플랫폼으로 연장되도록 구성되고, 각각의 레그는 원위 링크와 원위 회전축을 중심으로 1 회전 자유도(DOF)를 제공하는 하나 이상의 원위 조인트를 갖고, 원위 조인트는 원위 링크의 원위 단부를 플랫폼에 연결한다. 근위 조인트는 원위 링크의 근위 단부에 적어도 2 회전 DOF를 제공한다. 조인트 및 링크의 조립체는 근위 조인트와 베이스 또는 기초 사이의 각각의 상기 레그에 DOF를 제공한다. 3개의 레그의 원위 회전축은 서로 평행하다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

*B25J 9/1065* (2013.01)

*F16M 11/043* (2013.01)

*F16M 11/121* (2013.01)

*F16M 11/121* (2013.01)

*F16M 11/18* (2013.01)

(72) 발명자

하튼 데이빗

캐나다 퀴1브이 0에이6 퀘벡 퀘벡 뤼 데 비블리오  
테크 2320 유니베르시떼 라발 데파르트망 드 웨니 메  
카니끄

라리베트 티에리

캐나다 퀴1브이 0에이6 퀘벡 퀘벡 뤼 데 비블리오  
테크 2320 유니베르시떼 라발 데파르트망 드 웨니 메  
카니끄

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

공간 병렬 메커니즘으로서,

플랫폼과;

베이스 또는 기조로부터 플랫폼까지 연장되도록 구성되는 적어도 3개의 레그를 포함하며, 각각의 레그는

원위 링크,

원위 회전축을 중심으로 하는 1 회전 자유도를 제공하는 적어도 하나의 원위 조인트로서, 적어도 하나의 원위 조인트는 원위 링크의 원위 단부를 플랫폼에 연결하는, 적어도 하나의 원위 조인트,

원위 링크의 근위 단부에 적어도 2 회전 DOF를 제공하는 근위 조인트, 및

근위 조인트와 베이스 또는 기조 사이의 각각의 상기 레그에 DOF를 제공하는 조인트 및 링크의 조립체를 포함하며,

3개의 레그의 원위 회전축은 서로 평행한, 공간 병렬 메커니즘.

#### 청구항 2

제1항에 있어서, 각각의 상기 레그의 적어도 하나의 원위 조인트 및 근위 조인트는 피동 조인트인, 공간 병렬 메커니즘.

#### 청구항 3

제2항에 있어서, 조인트 및 링크의 조립체는 작동 조인트를 포함하는, 공간 병렬 메커니즘.

#### 청구항 4

제1항에 있어서, 적어도 하나의 원위 조인트는 단일 회전 조인트인, 공간 병렬 메커니즘.

#### 청구항 5

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서, 근위 조인트는 구형 조인트인, 공간 병렬 메커니즘.

#### 청구항 6

제1항에 있어서, 원위 회전축을 중심으로 하는 1 회전 DOF를 제공하는 적어도 하나의 원위 조인트는 레그 중 적어도 2개에 대해 1 회전 DOF를 제공하는 4-바 메커니즘의 일부인, 공간 병렬 메커니즘.

#### 청구항 7

삭제

#### 청구항 8

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서, 조인트 및 링크의 조립체는  $\underline{R}(\underline{RR}-\underline{RRR})$ ,  $\underline{RRR}$ ,  $(3-\underline{CPR})$ ,  $(3-\underline{RPS})$ ,  $(3-\underline{RPS})$ 을 포함하는 그룹으로부터 취해지는, 공간 병렬 메커니즘.

#### 청구항 9

제8항에 있어서, 조인트의 조립체의 근위 조인트의 회전축이 베이스의 평면에 대해  $\pi$ 의 각도에 있는 공간 병렬 메커니즘.

#### 청구항 10

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서, 조인트 및 링크의 조립체는 각각의 상기 레그에 대해 동일한, 공간 병렬 메커니즘.

#### 청구항 11

공간 병렬 메커니즘으로서,

플랫폼과;

베이스 또는 기초로부터 플랫폼까지 연장되도록 구성되는 적어도 3개의 레그를 포함하며, 각각의 레그는

원위 링크,

원위 병진 방향을 중심으로 하는 1 병진 자유도를 제공하는 적어도 하나의 원위 조인트로서, 적어도 하나의 원위 조인트는 원위 링크의 원위 단부를 플랫폼에 연결하는, 적어도 하나의 원위 조인트,

원위 링크의 근위 단부에 적어도 2 회전 DOF를 제공하는 근위 조인트, 및

근위 조인트와 베이스 또는 기초 사이의 각각의 상기 레그에 DOF를 제공하는 조인트 및 링크의 조립체를 포함하며,

적어도 3개의 원위 병진 방향 축은 동일 평면상에 있는, 공간 병렬 메커니즘.

#### 청구항 12

제11항에 있어서, 각각의 상기 레그의 적어도 하나의 원위 조인트 및 근위 조인트는 피동 조인트인, 공간 병렬 메커니즘.

#### 청구항 13

제12항에 있어서, 조인트 및 링크의 조립체는 작동 조인트를 포함하는, 공간 병렬 메커니즘.

#### 청구항 14

제11항에 있어서, 적어도 하나의 원위 조인트는 프리즘 조인트인, 공간 병렬 메커니즘.

#### 청구항 15

제11항 내지 제14항 중 어느 한 항에 있어서, 근위 조인트는 구형 조인트인, 공간 병렬 메커니즘.

#### 청구항 16

제11항 내지 제14항 중 어느 한 항에 있어서, 조인트 및 링크의 조립체는  $RRR$ ,  $R(RR-RRR)$ ,  $(3-CPR)$ ,  $(3-CPR)$ ,  $(3-RPS)$ 를 포함하는 그룹으로부터 취해지는, 공간 병렬 메커니즘.

#### 청구항 17

제16항에 있어서, 조인트의 조립체의 최근위 조인트의 회전축이 베이스의 평면에 대해  $\pi$ 의 각도에 있는, 공간 병렬 메커니즘.

#### 청구항 18

제11항 내지 제14항 중 어느 한 항에 있어서, 조인트 및 링크의 조립체는 각각의 상기 레그에 대해 동일한, 공간 병렬 메커니즘.

#### 청구항 19

삭제

#### 청구항 20

삭제

청구항 21

삭제

청구항 22

삭제

청구항 23

삭제

청구항 24

삭제

청구항 25

삭제

청구항 26

삭제

청구항 27

삭제

청구항 28

삭제

청구항 29

삭제

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 관련 출원에 대한 상호 참조

[0002] 본 출원은 2018년 3월 6일에 출원되고 본원에 참조로 인용되는 미국 특허 출원 제62/814,526호에 대한 우선권을 주장한다.

[0003] 본 개시내용은 로봇 메커니즘, 모션 시뮬레이션 시스템, 비행 시뮬레이션 모션 플랫폼 및 엔터테인먼트 용례를 위한 모션 플랫폼에 사용되는 것 같은 병렬 메커니즘의 분야에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0004] 6 자유도(6-DOF) 공간 병렬 메커니즘(SPM)의 용례는 그들의 높은 페이로드 능력 및 위치결정 정밀도 특성으로 인해 로봇공학, 모션 시뮬레이터 및 고정밀 위치결정 디바이스 같은 많은 영역에서 발견할 수 있다. 병렬 메커니즘에 있어서의 문제는 그들의 제한된 모션 범위, 특히 그들의 제한된 회전 모션 범위이다. 예를 들어, 비행 시뮬레이션 용례에서, 플랫폼의 필요 페이로드는 매우 크며 메커니즘의 운동학적 구조는 크리티컬 링크(critical link)가 인장력/압축력만을 받도록 이루어져야 한다. 이들 특성을 갖는 이러한 유형의 몇몇 운동학적 구조가 존재하며 일반적으로 이들은 제한된 회전 모션 범위를 갖는다. 또한, 특정 병렬 메커니즘을 고려하면, 병진 모션 범위는 메커니즘을 확대함으로써 더 커질 수 있다. 그러나, 확대는 종종 운동학적 특이점에 의해 제한되는 회전 모션 범위에 대해 효과를 미치지 않는다.

### 발명의 내용

### 해결하려는 과제

- [0005] 본 발명의 목적은 운동학적 잉여 작동을 갖는 신규 병렬 메커니즘을 제공하는 것이다.
- [0006] 본 발명의 목적은 종래 기술의 단점을 극복하는 병렬 메커니즘을 제공하는 것이다.
- [0007] 본 발명의 또 다른 목적은 증가된 회전 작업공간을 갖는 다중 자유도 병렬 메커니즘을 제공하는 것이다.

### 과제의 해결 수단

- [0008] 따라서, 본 개시내용의 제1 양태에 따르면, 플랫폼과; 베이스 또는 기초로부터 플랫폼까지 연장되도록 구성되는 적어도 3개의 레그를 포함하며, 각각의 레그는 원위 링크, 원위 회전축을 중심으로 하는 1 회전 자유도를 제공하는 적어도 하나의 원위 조인트로서, 적어도 하나의 원위 조인트는 원위 링크의 원위 단부를 플랫폼에 연결하는, 적어도 하나의 원위 조인트, 원위 링크의 근위 단부에 적어도 2 회전 DOF를 제공하는 근위 조인트, 및 근위 조인트와 베이스 또는 기초 사이의 각각의 상기 레그에 DOF를 제공하는 조인트 및 링크의 조립체를 포함하며, 3개의 레그의 원위 회전축은 서로 평행한 공간 병렬 메커니즘이 제공된다.
- [0009] 또한, 제1 양태에 따르면, 각각의 상기 레그의 적어도 하나의 원위 조인트 및 근위 조인트는 피동 조인트이다.
- [0010] 나아가, 제1 양태에 따르면, 조인트 및 링크의 조립체는 작동 조인트를 포함한다.
- [0011] 나아가, 제1 양태에 따르면, 적어도 하나의 원위 조인트는 단일 회전 조인트이다.
- [0012] 나아가, 제1 양태에 따르면, 근위 조인트는 관절은 구형 조인트이다.
- [0013] 나아가, 제1 양태에 따르면, 원위 회전축을 중심으로 1 회전 DOF를 제공하는 적어도 하나의 원위 조인트는 레그 중 적어도 2개에 대해 1 회전 DOF를 제공하는 4-바 메커니즘의 일부이다.
- [0014] 나아가, 제1 양태에 따르면, 레그 중 적어도 2개의 4-바 메커니즘은 각각 핑거를 지지하며, 핑거 사이의 거리가 레그의 이동의 작동에 의해 변경가능하다.
- [0015] 나아가, 제1 양태에 따르면, 조인트 및 링크의 조립체는  $R(RR-RRR)$ ,  $RRR$ , (3-CPR), (3-RPS), (3-RPS)를 포함하는 그룹으로부터 취해진다.
- [0016] 나아가, 제1 양태에 따르면, 조인트의 조립체의 최근위 조인트의 회전축이 베이스의 평면에 대해  $\pi$ 의 각도에 있다.
- [0017] 나아가, 제1 양태에 따르면, 조인트 및 링크의 조립체는 각각의 상기 레그에 대해 동일하다.
- [0018] 제2 양태에 따르면, 플랫폼과; 베이스 또는 기초로부터 플랫폼까지 연장되도록 구성되는 적어도 3개의 레그를 포함하며, 각각의 레그는 원위 링크, 원위 병진 방향을 중심으로 하는 1 병진 자유도를 제공하는 적어도 하나의 원위 조인트로서, 적어도 하나의 원위 조인트는 원위 링크의 원위 단부를 플랫폼에 연결하는, 적어도 하나의 원위 조인트, 원위 링크의 근위 단부에 적어도 2 회전 DOF를 제공하는 근위 조인트, 및 근위 조인트와 베이스 또는 기초 사이의 각각의 상기 레그에 DOF를 제공하는 조인트 및 링크의 조립체를 포함하며, 적어도 3개의 원위 병진 방향 축은 동일 평면상에 있는 공간 병렬 메커니즘이 제공된다.
- [0019] 또한, 제2 양태에 따르면, 각각의 상기 레그의 적어도 하나의 원위 조인트 및 근위 조인트는 피동 조인트이다.
- [0020] 나아가, 제2 양태에 따르면, 조인트 및 링크의 조립체는 작동 조인트를 포함한다.
- [0021] 나아가, 제2 양태에 따르면, 적어도 하나의 원위 조인트는 프리즘 조인트이다.
- [0022] 나아가, 제2 양태에 따르면, 근위 조인트는 구형 조인트이다.
- [0023] 나아가, 제2 양태에 따르면, 조인트 및 링크의 조립체는  $RRR$ ,  $R(RR-RRR)$ , (3-CPR), (3-CPR), (3-RPS)를 포함하는 그룹으로부터 취해진다.
- [0024] 나아가, 제2 양태에 따르면, 조인트의 조립체의 최근위 조인트의 회전축이 베이스의 평면에 대해  $\pi$ 의 각도에 있다.
- [0025] 나아가, 제2 양태에 따르면, 조인트 및 링크의 조립체는 각각의 상기 레그에 대해 동일하다.
- [0026] 제3 양태에 따르면, 플랫폼과; 베이스 또는 기초로부터 플랫폼까지 연장되는 적어도 3개의 레그를 포함하고, 각

각의 레그는 원위 링크, 원위 링크의 근위 단부에 적어도 2 회전 DOF를 제공하는 근위 조인트, 근위 조인트와 베이스 또는 기초 사이의 각각의 상기 레그에 DOF를 제공하는 조인트 및 링크의 조립체, 및 원위 회전축을 중심으로 1 회전 자유도(DOF)를 제공하는 적어도 하나의 원위 조인트로서, 적어도 하나의 원위 조인트는 원위 링크의 원위 단부를 플랫폼에 연결하고, 3개의 레그의 원위 회전축은 서로 평행한, 적어도 하나의 원위 조인트를 포함하고; 원위 회전축을 중심으로 1 회전 DOF를 제공하는 적어도 하나의 원위 조인트는 레그 중 적어도 2개에 대해 1 회전 DOF를 제공하는 4-바아 메커니즘의 일부이며; 레그 중 적어도 2개의 4-바아 메커니즘은 핑거를 각각 지지하고, 핑거 사이의 거리가 레그의 이동의 작동에 의해 변경가능한 그리퍼 메커니즘이 제공된다.

- [0027] 또한, 제3 양태에 따르면, 각각의 상기 레그의 적어도 하나의 원위 조인트 및 근위 조인트는 피동 조인트이다.
- [0028] 나아가, 제3 양태에 따르면, 조인트 및 링크의 조립체는 작동 조인트를 포함한다.
- [0029] 나아가, 제3 양태에 따르면, 근위 조인트는 구형 조인트이다.
- [0030] 나아가, 제3 양태에 따르면, 조인트 및 링크의 조립체는  $R(RR-RRR)$ ,  $RRR$ , (3-CPR), (3-RPS), (3-RPS)를 포함하는 그룹으로부터 취해진다.
- [0031] 나아가, 제3 양태에 따르면, 조인트 및 링크의 조립체는 각각의 상기 레그에 대해 동일하다.
- [0032] 나아가, 제3 양태에 따르면, 4-바아 메커니즘은 플랫폼 링크를 공유한다.
- [0033] 나아가, 제3 양태에 따르면, 4-바아 메커니즘은 플랫폼 링크를 각각의 원위 링크에 연결하는 추가적인 링크를 갖는다.
- [0034] 나아가, 제3 양태에 따르면, 적어도 하나의 4-바아 메커니즘에서, 추가적인 링크는 플랫폼 링크를 넘어 연장되며 상기 핑거를 지지하는 핑거 링크를 피벗식으로 지지한다.
- [0035] 나아가, 제3 양태에 따르면, 적어도 하나의 4-바아 메커니즘에서, 추가적인 링크는 V 형상을 가지며 상기 핑거를 지지하는 핑거 링크를 피벗식으로 지지한다.
- [0036] 나아가, 제3 양태에 따르면, 조인트의 조립체의 최근위 조인트의 회전축은 베이스의 평면에 대해  $\pi$ 의 각도에 있다.

### 도면의 간단한 설명

- [0037] 이제 본 발명의 바람직한 실시예를 첨부 도면을 참고하여 설명한다.
- 도 1은 본 개시내용의 실시예에 따른 운동학적 잉여 작동을 갖는 공간 병렬 메커니즘의 사시도이다.
- 도 2는 도 1의 공간 병렬 메커니즘의 하나의 레그의 기하학적 설명의 개략도이다.
- 도 3은 특이점이 회피되는 원위 링크의 배향의 범위를 나타내는 공간 병렬 메커니즘의 플랫폼의 개략도이다.
- 도 4는 한 쌍의 핑거를 갖는 그리퍼(gripper) 조립체를 특징으로 하는 공간 병렬 메커니즘의 원위 단부의 사시도이다.
- 도 5는 도 4의 공간 병렬 메커니즘의 그리퍼 연동장치의 운동학의 개략도이다.
- 도 6은 액추에이터 및 그리퍼 조립체를 갖는 도 1의 공간 병렬 메커니즘의 등각도이다.
- 도 7은 본 개시내용의 다른 실시예에 따른 운동학적 잉여 작동을 갖는 공간 병렬 메커니즘의 사시도이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0038] 도면, 더 구체적으로는 도 1을 참조하면, 운동학적 잉여 공간 병렬 메커니즘이 전체적으로 10으로 도시된다. 병렬 메커니즘(10)은 특이점을 회피하고 회전 모션 능력을 확장시키기 위해 플랫폼에서의 최대 6 자유도 플러스 추가적인 잉여 자유도를 특징으로 할 수 있는 본 개시내용의 다수의 병렬 메커니즘 중 예시적인 하나이다. 병렬 메커니즘(10)은 (잉여 자유도를 포함하는) 총 자유도만큼의 액추에이터를 사용함으로써 과잉구속을 회피하도록, 즉 액추에이터 자체에 의한 내부 힘의 발생을 회피하도록 고안된다.
- [0039] 메커니즘(10)은 베이스(11)(일명, 프레임, 기초)와 플랫폼(12)을 가지며, 베이스(11)는 플랫폼(12)의 모션을 작동시키는 복수의 레그(13)를 지지하기 위해 제공된다. 일 실시예에서, 3개 이상의 레그(13)가 존재한다. 일

실시예에 따르면, 레그 간섭을 회피하기 위해서 오직 3개의 레그(13)만이 사용된다. 베이스(11)는 한정된 표면 또는 구조인 것으로 도시되지만, 레그(13)는 기초에 직접 고정될 수 있다. 플랫폼(12)은 그 위에 어떠한 구성 요소도 갖지 않는 것으로 도시되어 있다. 그러나, 플랫폼(12)(엔드 이펙터로도 지칭됨)은 전형적으로 그 위에 장비, 시스템, 도구, 시트 등을 수용하며, 이들 모두는 병렬 메커니즘(10)의 용도에 의존한다. 아래에서 설명되는 예시적인 실시예에서, 플랫폼(12)은 그리퍼를 형성하는 한 쌍의 핑거를 지지할 수 있다. 또한, 메커니즘(10)은 도 1에 도시되는 배향에 대해 뒤집힐 수 있거나 - 베이스가 위가 되고 플랫폼(12)이 기초에 대면하게 됨 -, 또는 메커니즘(10)은 늘어질 수 있다.

[0040] 레그(13)는 예컨대 다음과 같은 링크(일명, 바아, 연동장치, 부재)를 상호연결하는 다양한 조인트로 구성될 수 있다:

[0041] · 회전 조인트(R): 피봇, 힌지 등으로 지칭될 수 있는 1 회전 자유도(rDOF)를 제공하는 조인트

[0042] · 프리즘 조인트 또는 슬라이딩 조인트(P): 1 병진 자유도(tDOF)를 제공하는 조인트

[0043] · 원통형 조인트(C): 1 tDOF와 1 rDOF를 제공하는 조인트

[0044] · 유니버설 조인트(U): 2 rDOF를 제공하는 조인트, 2 rDOF의 회전축은 교차점(예컨대, 중심)에서 서로 교차함.

[0045] · 구형 조인트(S): 3 rDOF를 제공하는 조인트, rDOF의 회전축은 중심에서 서로 교차함.

[0046] 도 1의 실시예에서, 3개의 레그(13)는 유사하거나, 부분적으로 유사하거나, 동일하다. 레그(13) 각각은 원위 링크(30)를 갖는다. 다음의 개시내용에서, "원위"라는 표현은 플랫폼(12)에 더 가깝고, "근위"는 베이스(11)에 더 가깝다. 도시된 바와 같은 실시예에서, 원위 링크(30)는 원위 조인트(31)에 의해 그 원위 단부에서 플랫폼(12)에 연결된다. 원위 조인트(31)는 원위 회전축(R1)을 중심으로 하는 1 rDOF를 제공한다. 예를 들어, 원위 조인트(31)는 회전 조인트일 수 있다. 근위 조인트(32)는 원위 링크(30)의 근위 단부에서 2 이상의 rDOF를 제공한다. 근위 조인트(32)는 도 1에서 구형 조인트로 도시된다. 근위 조인트(32)는 유니버설 조인트 같은 다른 조인트(들) 또는 조인트 조립체일 수 있다. 일 실시예에서, 조인트(31 및 32)는 이들이 어떠한 액추에이터도 지지하지 않는다는 점에서 피동형이라고 말한다. 3개의 레그(13) 모두는 원위 링크(30), 1 rDOF를 갖는 원위 조인트(31), 및 2 이상의 rDOF를 갖는 근위 조인트(32)를 가지며, 3개의 레그(13)의 원위 회전축(R1)은 서로 평행하다. 일 실시예에서, 원위 조인트(31)는 단일 rDOF를 동시에 제공하는 조인트 세트일 수 있다. 예를 들어, 4-바아 연동장치가 단일 rDOF를 제공하기 때문에, 원위 조인트(31)는 도 4 내지 도 6에서와 같이 4-바아 연동장치로 대체될 수 있다.

[0047] 레그(13)는 근위 조인트(32)와 베이스(11) 사이의 레그(13)에 DOF를 제공하기 위해 조인트 및 링크의 임의의 적절한 조립체에 의해 베이스(11)에 연결될 수 있다. 비제한적인 실시예가 도 1 및 도 2에 도시되지만 단지 일례로서 주어지는 것이며, 다른 레그 구성이 베이스(11)를 근위 조인트(32)에 결합시키기 위해 사용될 수 있다.

[0048] 도시된 실시예에서, 도 1 및 도 2의 아키텍처는 3개의 동일한 운동학적 잉여 R(RR-RRR)SR 레그(13)에 의해 베이스(11)에 연결되는 이동 플랫폼(12)을 포함하며, R은 작동 회전 조인트를 의미하고, R은 피동 회전 조인트(예컨대, 원위 조인트(31))를 의미하며, S는 피동 구형 조인트(예컨대, 근위 조인트(32))를 의미한다. 도 1의 실시예의 레그(13) 각각에서, 제1 작동 회전 조인트(33)는 베이스(11)에 장착된다. 그 후, 동일 선상 축을 갖는 2개의 작동 회전 조인트(34A 및 34B)는 제1 이동 링크(34) 상에 장착되며 각각 도 2에도 도시되는 평면형 5-바아 연동장치의 2개의 링크(35A 및 35B)를 작동시키기 위해 사용된다. 링크(36)는 회전 조인트(36A)에 의해 링크(35A)에 연결된다. 회전 조인트(37A 및 37B)를 갖는 링크(37)는 5-바아 연동장치를 완성하며, 링크(37)는 회전 조인트(37B)를 통해 링크(35B)에 연결되고 링크(37)는 회전 조인트(37A)에 의해 링크(36)에 연결된다. 조인트(34A, 34B, 36A, 37A, 및 37B)의 회전축은 모두 서로 평행하다. 일 실시예에서, 링크(35A, 35B, 36, 및 37의 일부)는 평행사변형을 형성한다.

[0049] 링크(37)는 그 원위 단부에서 근위 조인트(32)에 연결된다. 이들 3개의 작동 조인트(33, 34A, 및 34B)의 조합은  $i$ 번째 레그(도 2에서 지점  $S_i$ )를 공간에 위치결정하기 위해 사용된다. 도 1 및 도 2에 도시된 바와 같이, 지점( $S_i$ )의 근위 조인트(32)는 그 후 원위 링크(30)에 연결되며 원위 링크는 다시 원위 조인트(31)를 사용하여 이동 플랫폼(12)에 연결된다. 일 실시예에서, 조인트(33, 34A 및 34B)는 예를 들어 양방향 회전 모터(예컨대, 전기 모터)에 의해 각각 작동된다.

[0050] R(RR-RRR)SR 레그(13)에 대한 대안으로서, RRRSR, (3-CPR)SR, (3-RPS)SR, (3-RPS)SR 및 기타 같은 다른 아키텍처가 가능하다. 일 실시예에서, 구형 조인트(32)에 대해 3 병진 자유도를 생성할 수 있는 임의의 작동 메커



니즘이 메커니즘을 위한 레그로서 사용될 수 있다.

[0051] 병렬 메커니즘(10)의 운동학을 모델링하는데 사용되는 기하학적 파라미터를 도 2를 참조하여 설명한다. 모델에서, 도 2에 도시되는 바와 같이,  $l_{ij}$  ( $i=1, 2, 3; j=1; \dots; 7$ )는  $i$ 번째 레그의  $j$ 번째 링크의 길이를 나타내며,  $s_{ij}$ 는 길이( $l_{ij}$ )의  $i$ 번째 레그의 링크( $ij$ )를 따라 규정되는 벡터이다. 평면 5-바아 연동장치의 모든 조인트(도 1의 34A, 34B, 36A, 37A 및 37B)의 회전축은 서로 평행하다. 평면 5-바아 연동장치의 조인트의 회전축은 레그(13)의 제1 조인트(도 1의 조인트(33))의 축에 수직일 수 있다. 일 실시예에서, 플랫폼(12)에 부착되는 회전 조인트(도 1의 31)의 축은 플랫폼(12)의 평면에 수직일 수 있고, 플랫폼(12)의 평면은 레그(13)의 3개의 부착 지점을 포함한다. 또한, 평면 5-R 연동장치의 베이스의 작동 조인트( $i2$  및  $i3$ )(도 1의 34A, 34B)는 단위 벡터( $e_{i2}$  및  $e_{i3}$ )와 연관되는 동일 선상 축을 갖는다. 조인트( $S_i$ )의 중심이 단위 벡터( $e_{i1}$ )와 연관되는 레그(13)의 제1 작동 조인트(33)(도 1)의 축 상에 위치될 때 발생하는 타입 I 특이점과 멀리 유지되도록 하기 위해서, 링크( $i1$ )(도 1의 링크(34))는 베이스(12)에 대하여 둔각( $\alpha$ )(도 2)을 형성하도록 설계된다. 일 실시예에서, 각도( $\alpha$ )는  $\pi$ 와 동일하도록 선택된다. 모터( $i2$  및  $i3$ )의 관성의 영향을 감소시키기 위해서, 이들은 조인트(33) 상에서 제1 액추에이터의 축에 가능한 가깝게 배치된다(도 1). 이들 모터(예컨대, 전자 양방향 모터)는 각각 평면 5-바아 연동장치의 링크( $i6$  및  $i2$ )(도 1의 35A 및 35B)를 구동한다. 구형 조인트가 플랫폼(12)에 직접 부착되는 많은 다른 구형 병렬 메커니즘과 대조적으로, 본 병렬 메커니즘(10)에서는, 이들은 링크( $i3$  및  $i4$ )(도 1에서 링크(30 및 37) 사이에 위치된다. 본 개시내용의 일 실시예에 따른 이러한 구성은, 플랫폼(12)에 부착되는, 즉 그 회전축이 플랫폼(12)의 평면에 수직인 원위 조인트(31)의 축의 특정 방향과 함께, 아래에서 설명되는 바와 같이 특이점 및 역운동학 분석에 대한 장점을 산출할 수 있다. 또한, 근위 조인트(32)와 플랫폼(12) 사이의 여분의 링크(30)로 인해, 병렬 메커니즘(10)은 9 자유도와 9개의 액추에이터(각 레그(13)에 3개)를 가지며 이는 잉여가 순수하게 운동학적이라는 것을 의미한다는 것을 지적해야 한다. 따라서, 작동 잉여가 없으며 액추에이터에 의해 대립하는 힘도 생성되지 않는다.

[0052] 병렬 메커니즘(10)의 예시적인 아키텍처가 설명되었으므로, 그 운동학적 모델링에 대해 설명한다. 도 1 및 도 2를 참조하면, 베이스 프레임(11) 및 이동 프레임(12)은 각각  $Oxyz$  및  $O'x'y'z'$ (도 2)로 나타내는 베이스(11) 및 이동 플랫폼(12)의 도심에 부착된다. 벡터( $p$ )는  $O$ 에 대한  $O'$ 의 위치를 나타내며, 행렬( $Q$ )은 베이스(11)에 대한 이동 플랫폼(12)의 배향이다. 벡터( $r_i$ )는  $S_i$ 의 위치를 나타낸다. 벡터( $n$ )는 플랫폼에 부착되는 회전 조인트의 축을 따르는 단위 벡터이며,  $d_i$ 는 이동 프레임에서 표현되는 플랫폼에 부착되는 회전 조인트의 중심의 위치 벡터이다.  $d_i$ 를 제외하고, 모든 벡터는 베이스 프레임에서 표현된다. 운동학을 유도하기 위해 사용되는 병렬 메커니즘(10)의 구속 방정식은 다음과 같이 기재될 수 있다. 먼저, 제4 링크의 길이에 대한 구속조건이 다음과 같이 기재된다:

[0053] 
$$(\mathbf{p} + \mathbf{Q}\mathbf{d}_i - \mathbf{r}_i)^T (\mathbf{p} + \mathbf{Q}\mathbf{d}_i - \mathbf{r}_i) = l_{i4}^2, \quad i = 1, 2, 3. \quad (1)$$

[0054] 또한, 제4 링크는 다음을 산출하는 플랫폼에 부착되는 R 조인트의 축에 직교해야 한다:

[0055] 
$$\mathbf{n}^T (\mathbf{p} + \mathbf{Q}\mathbf{d}_i - \mathbf{r}_i) = 0. \quad (2)$$

[0056] 방정식 (1) 및 (2)는 로봇의 기하학적 구속조건이다. 방정식 (1)이 먼저 고려된다. (1)의 시간 도함수는 다음을 산출한다:

[0057] 
$$\mathbf{s}_{i4}^T \dot{\mathbf{p}} + \mathbf{s}_{i4}^T \dot{\mathbf{Q}}\mathbf{d}_i = \mathbf{s}_{i4}^T \dot{\mathbf{r}}_i \quad (3)$$

[0058] 여기서,

[0059] 
$$\mathbf{s}_{i4} = \mathbf{p} + \mathbf{Q}\mathbf{d}_i - \mathbf{r}_i. \quad (4)$$

[0060] (3)의 좌변의 두번째 항은 다음과 같이 기재될 수 있다:

[0061] 
$$\mathbf{s}_{i4}^T \dot{\mathbf{Q}}\mathbf{d}_i = \mathbf{s}_{i4}^T \boldsymbol{\Omega}\mathbf{Q}\mathbf{d}_i = \mathbf{s}_{i4}^T [\boldsymbol{\omega} \times (\mathbf{Q}\mathbf{d}_i)] = [(\mathbf{Q}\mathbf{d}_i) \times \mathbf{s}_{i4}]^T \boldsymbol{\omega} \quad (5)$$

[0062] 여기서,  $\omega$ 는 플랫폼의 각속도 벡터이고  $\Omega$ 는 각속도 텐서, 즉

$$[0063] \quad \dot{\mathbf{Q}} = \mathbf{\Omega Q}. \quad (6)$$

[0064] 이다.

[0065] 또한, (3)의 우변은 다음과 같이 기재될 수 있다:

$$[0066] \quad \mathbf{s}_{i4}^T \dot{\mathbf{r}}_i = \mathbf{s}_{i4}^T (\mathbf{M}_i \dot{\boldsymbol{\theta}}_i) = \mathbf{K}_i \dot{\boldsymbol{\theta}}_i \quad (7)$$

[0067] 여기서,  $\dot{\boldsymbol{\theta}}_i = [\dot{\theta}_{i1} \ \dot{\theta}_{i2} \ \dot{\theta}_{i3}]^T$ 은  $i$ 번째 레그의 작동 조인트 속도의 벡터이며,

$$[0068] \quad \mathbf{K}_i = \mathbf{s}_{i4}^T \mathbf{M}_i, \quad i = 1, 2, 3 \quad (8)$$

[0069] 은  $1 \times 3$  행렬이고,  $\mathbf{M}_i$ 는 지점( $\mathbf{S}_i$ )을 위치결정하기 위해 사용되는 3-DOF 메커니즘으로서 고려될 때의  $i$ 번째 레그의 야코비안 행렬(Jacobian matrix)이다. 이 행렬은 도 1에 도시된 바와 같이 레그의 운동학을 고려하여 쉽게 얻어진다. 하나는 다음을 얻는다:

$$[0070] \quad \mathbf{J}_i \dot{\mathbf{r}}_i = \mathbf{W}_i \dot{\boldsymbol{\theta}}_i, \quad i = 1, 2, 3 \quad (9)$$

[0071] 여기서,

$$[0072] \quad \mathbf{J}_i = \begin{bmatrix} \mathbf{e}_{i2}^T \\ \mathbf{s}_{i3}^T \\ -\frac{l_{i7}}{l_{i3}} \mathbf{s}_{i5}^T \end{bmatrix}, \quad i = 1, 2, 3 \quad (10)$$

[0073] 이고,

$$[0074] \quad \mathbf{W}_i = \begin{bmatrix} w_{i11} & 0 & 0 \\ 0 & \mathbf{s}_{i3}^T (\mathbf{e}_{i2} \times \mathbf{s}_{i2}) & 0 \\ 0 & w_{i32} & \mathbf{s}_{i5}^T (\mathbf{e}_{i3} \times \mathbf{s}_{i6}) \end{bmatrix} \quad (11)$$

[0075]이며,

$$[0076] \quad w_{i11} = (\mathbf{r}_i - \mathbf{s}_{i1})^T (\mathbf{e}_{i2} \times \mathbf{e}_{i1}) \quad (12)$$

$$[0077] \quad w_{i32} = \left(1 + \frac{l_{i7}}{l_{i3}}\right) \mathbf{s}_{i5}^T (\mathbf{s}_{i2} \times \mathbf{e}_{i2}) \quad (13)$$

$$[0078] \quad \mathbf{s}_{i3} = \mathbf{r}_i - \mathbf{s}_{i1} - \mathbf{s}_{i2} \quad (14)$$

$$[0079] \quad \mathbf{s}_{i5} = \mathbf{s}_{i2} + \mathbf{s}_{i7} - \mathbf{s}_{i6} \quad (15)$$

[0077] 이다.

[0078] 마지막으로, 행렬( $\mathbf{M}_i$ )는 다음과 같이 기재될 수 있다:

$$[0079] \quad \mathbf{M}_i = \mathbf{J}_i^{-1} \mathbf{W}_i, \quad i = 1, 2, 3. \quad (16)$$

[0080] 전체적 메커니즘의 운동학을 조합하기 위해, 이제 (3), (5), 및 (7)을 조합하여 다음을 얻을 수 있다:

$$\begin{bmatrix} \mathbf{s}_{14}^T & [(\mathbf{Q}\mathbf{d}_1) \times \mathbf{s}_{14}]^T \\ \mathbf{s}_{24}^T & [(\mathbf{Q}\mathbf{d}_2) \times \mathbf{s}_{24}]^T \\ \mathbf{s}_{34}^T & [(\mathbf{Q}\mathbf{d}_3) \times \mathbf{s}_{34}]^T \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{\mathbf{p}} \\ \boldsymbol{\omega} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{K}_1 & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{K}_2 & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{K}_3 \end{bmatrix} \dot{\boldsymbol{\theta}} \quad (17)$$

[0081]

[0082] 여기서, 0은 3차원 제로 라인 벡터, 즉  $\mathbf{0} = [0 \ 0 \ 0]$ 을 의미하며  $\dot{\boldsymbol{\theta}} = [\dot{\theta}_1^T \ \dot{\theta}_2^T \ \dot{\theta}_3^T]^T$ 은 9개의 작동 관절 속도를 포함하는 벡터이다. 행렬( $\mathbf{K}_i$ )은 차원이  $1 \times 3$ 이며, (17)의 우변에 나타나는 제1 행렬은 차원이  $3 \times 9$ 이다. 방정식 (17)은 (1)에 의해 주어지는 제1 세트의 기하학적 구속조건으로부터 얻어지는 3개의 속도 방정식을 포함한다.

[0083] 이제 (2)에 의해 주어지는 제2 세트의 기하학적 구속조건을 고려한다. 상기 도함수와 유사하게, (2)의 시간 도함수는 다음을 산출하고:

$$\dot{\mathbf{n}}^T \mathbf{s}_{i4} + \mathbf{n}^T (\dot{\mathbf{p}} + \dot{\mathbf{Q}}\mathbf{d}_i - \dot{\mathbf{r}}_i) = 0 \quad (18)$$

[0084]

[0085] 이는 다음과 같이 기재될 수 있고:

$$\mathbf{s}_{i4}^T \dot{\mathbf{n}} + \mathbf{n}^T \dot{\mathbf{p}} + \mathbf{n}^T \dot{\mathbf{Q}}\mathbf{d}_i = \mathbf{n}^T \dot{\mathbf{r}}_i \quad (19)$$

[0086]

[0087] 여기서

$$\mathbf{n} = \mathbf{Q}[\mathbf{z}']_{O'} \quad (20)$$

[0088]

[0089] 이고,

[0090]  $[\mathbf{z}']_{O'} = [0 \ 0 \ 1]^T$ 은  $z'$ 축을 나타내고 이동 프레임에서 표현되며,

$$\dot{\mathbf{n}} = \dot{\mathbf{Q}}[\mathbf{z}']_{O'} = \boldsymbol{\Omega}\mathbf{n}. \quad (21)$$

[0091]

[0092] 이다.

[0093] (5)에 주어진 것과 유사한 도함수에 의해 그리고 (21)을 사용하여, (19)의 첫번째 항을 다음과 같이 기재할 수 있고:

$$\mathbf{s}_{i4}^T \dot{\mathbf{n}} = (\mathbf{n} \times \mathbf{s}_{i4})^T \boldsymbol{\omega} \quad (22)$$

[0094]

[0095] (19)의 세번째 항은 다음과 같이 기재할 수 있다:

$$\mathbf{n}^T \dot{\mathbf{Q}}\mathbf{d}_i = [(\mathbf{Q}\mathbf{d}_i) \times \mathbf{n}]^T \boldsymbol{\omega}. \quad (23)$$

[0096]

[0097] (22)와 (23)를 더하여 다음을 산출한다:

$$(\mathbf{n} \times \mathbf{s}_{i4})^T \boldsymbol{\omega} + [(\mathbf{Q}\mathbf{d}_i) \times \mathbf{n}]^T \boldsymbol{\omega} = [(\mathbf{Q}\mathbf{d}_i - \mathbf{s}_{i4}) \times \mathbf{n}]^T \boldsymbol{\omega}. \quad (24)$$

[0098]

[0099] 이제

$$\mathbf{c}_i = \mathbf{Q}\mathbf{d}_i - \mathbf{s}_{i4} \quad (25)$$

[0100]

[0101] 로 하고, 이는 지점( $O'$ )으로부터 조인트( $S_i$ )의 중심까지의 벡터이다. 그리고, (19)는 다음과 같이 기재될 수

있고:

$$\mathbf{n}^T \dot{\mathbf{p}} + (\mathbf{c}_i \times \mathbf{n})^T \boldsymbol{\omega} = \mathbf{n}^T \dot{\mathbf{r}}_i \quad (26)$$

여기서

$$\mathbf{n}^T \dot{\mathbf{r}}_i = \mathbf{n}^T (\mathbf{M}_i \dot{\boldsymbol{\theta}}_i) = \mathbf{K}_{i+3} \dot{\boldsymbol{\theta}}_i, \quad i = 1, 2, 3 \quad (27)$$

이고,

$\mathbf{M}_i$ 은 (16)에서 정의되며,

$$\mathbf{K}_{i+3} = \mathbf{n}^T \mathbf{M}_i \quad (28)$$

은  $1 \times 3$  차원의 행렬이다. (26)을 행렬 형태로 다시 기재하면, 다음을 얻는다:

$$\begin{bmatrix} \mathbf{n}^T & (\mathbf{c}_1 \times \mathbf{n})^T \\ \mathbf{n}^T & (\mathbf{c}_2 \times \mathbf{n})^T \\ \mathbf{n}^T & (\mathbf{c}_3 \times \mathbf{n})^T \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{\mathbf{p}} \\ \boldsymbol{\omega} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{K}_4 & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{K}_5 & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{K}_6 \end{bmatrix} \dot{\boldsymbol{\theta}}. \quad (29)$$

방정식 (29)는 (2)에 의해 주어진 제2 세트의 구속조건으로부터 얻어지는 3개의 속도 방정식을 포함한다.

마지막으로, (17)과 (29)를 조합하고 구성요소를 재배열하면, 다음이 얻어지고:

$$\mathbf{J} \mathbf{t} = \mathbf{K} \dot{\boldsymbol{\theta}} \quad (30)$$

여기서,  $\mathbf{t} = [\dot{\mathbf{p}}^T \ \boldsymbol{\omega}^T]^T$  는 플랫폼 의 데카르트 속도의 벡터이고, 행렬  $\mathbf{J}$ 와  $\mathbf{K}$ 는 다음 형태를 갖고:

$$\mathbf{J} = \begin{bmatrix} \mathbf{s}_{14}^T & [(\mathbf{Qd}_1) \times \mathbf{s}_{14}]^T \\ \mathbf{n}^T & (\mathbf{c}_1 \times \mathbf{n})^T \\ \mathbf{s}_{24}^T & [(\mathbf{Qd}_2) \times \mathbf{s}_{24}]^T \\ \mathbf{n}^T & (\mathbf{c}_2 \times \mathbf{n})^T \\ \mathbf{s}_{34}^T & [(\mathbf{Qd}_3) \times \mathbf{s}_{34}]^T \\ \mathbf{n}^T & (\mathbf{c}_3 \times \mathbf{n})^T \end{bmatrix} \quad (31)$$

[0114]

$$\mathbf{K} = \begin{bmatrix} \mathbf{K}_1 & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \mathbf{K}_4 & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{K}_2 & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{K}_5 & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{K}_3 \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{K}_6 \end{bmatrix} \quad (32)$$

[0115]

여기서, 위에서 언급한 바와 같이,  $\mathbf{0}$ 은  $1 \times 3$  차원의 제로 행렬을 의미한다. 방정식 (30)은 (6+3)-DOF 운동학적 잉여 병렬 메커니즘(10)의 속도 방정식을 나타낸다. 행렬  $\mathbf{J}$ 는 차원이  $6 \times 6$ 이고  $\mathbf{K}$ 는 차원이  $6 \times 9$ 인 것을 관찰할 수 있다. 행렬의 차원은 실제로 9 자유도와 9개의 액추에이터를 갖는 메커니즘의 잉여를 반영한다.

[0117]

공간적 병렬 로봇의 제한된 배향적 작업공간의 주된 이유 중 하나는 특이점의 발생이다. 실제로, 로봇을 확장 하여 병진 작업공간을 항상 증가시킬 수 있지만 이러한 동작은 배향적 작업공간에 영향을 미치지 않는다. 따라

서, 특이점 분석은 병렬 로봇의 성능 평가의 중요한 구성요소이다. 이 섹션에서는, 제안된 잉여 하이브리드 병렬 메커니즘(10)의 특이 구성(singular configuration)을 쉽게 피할 수 있으며, 이는 전형적인 병렬 메커니즘보다 더 큰 배향적 작업공간을 생성함을 보여준다.

[0118] 병렬 메커니즘(10)의 아키텍처의 특이점은 2개의 카테고리, 레그 중 하나에서 발생하는 특이점(직렬 및 병렬)과 플랫폼의 병렬 (타입 II) 특이점으로 분할될 수 있다. 도 1 및 2의 레그(13)는 직렬 및 병렬 구성요소를 포함하기 때문에, 레그(13) 중 하나에서 발생하는 특이점은 어느 하나의 타입일 수 있다. 그러나, 도 1 및 도 2의 레그(13)의 단순한 아키텍처 - 평면형 5-바아 연동장치와 직렬인 하나의 회전 조인트 - 로 인해, 레그(13)에서 발생하는 특이점의 분석은 간단하다. 레그(13)의 타입 I (직렬) 특이점은 (11)에서 정의된 행렬( $W_i$ )이 특이적일 때 발생한다. 이러한 특이점은 구형 조인트(32)(도 1)가 제1 회전 조인트(33)의 축 상에 위치하는 경우에 발생한다. 이러한 경우, 하나는 행렬( $W_i$ )을 특이적이게 만드는  $\alpha = 0$ 이다. 이것은 제1 조인트를 수평, 즉  $\alpha = \pi$ 이 되게 하는 것 - 이는 이러한 구성이 도달될 수 없게 함 - 에 의해 최종 설계에서 회피된다.

[0119] 타입 I 특이점은 또한  $s_{i3}$ 가  $(e_{i2} \times s_{i2})$ 에 직교하는 경우 또는  $s_{i5}$ 가  $(e_{i3} \times s_{i6})$ 에 직교하는 경우에 발생한다. 이러한 구성이 작업공간의 한계에 대응하게 하도록 5-바아 연동장치의 적절한 치수설정에 의해 이러한 구성을 회피하는 것이 오히려 간단하다. 레그에서 발생할 수 있는 타입 II (병렬) 특이점은 (10)에서 정의되는 행렬( $J_i$ )의 특이점에 대응한다. 이 행렬에서, 첫번째 행은 항상 마지막 2개의 행과 직교한다. 따라서, 마지막 2개의 행이 선형적으로 종속적이 되는 경우에 특이점이 발생할 수 있다. 행렬의 구조로부터, 이 조건은 링크  $i5$  및  $i7$ 의 정렬에 대응한다. 이러한 구성은 실제로 쉽게 회피될 수 있다. 요약하면, 레그(13)의 가능한 특이점은 병렬 메커니즘(10)의 컨트롤러에 의해 쉽게 처리될 수 있는 그들의 물리적 한계에 대응한다.

[0120] 이제, 이동 플랫폼(12)의 특이 구성(메커니즘(10)의 병렬 특이점)은 병렬 또는 하이브리드 로봇에 대해 가장 제한적이 될 수 있다. 실제로, 이러한 특이점은 고흐-스테ewart(Gough-Stewart) 플랫폼과 같은 공간 병렬 메커니즘의 배향적 작업공간을 크게 제한한다. 병렬 특이점(타입 II 특이점)은  $\det(J) = 0$ 일 때 발생하며, 여기서  $J$ 는 (31)에서 정의된 야코비안 행렬이다. 여기서 이러한 특이점을 분석하기 위해 기하학적 접근법이 사용된다. 도 1 및 도 2의 메커니즘(10)에서, 조인트( $S_i/32$ ) 다음에 링크( $i4/30$ ) 및 플랫폼(12)에 부착되는 원위 조인트(31)가 오는 것이 관찰된다. 이러한 배열에서, 2개의 라인이 발견되고 각각의 다리에 대응하는 플러커 좌표(Plücker coordinate)에 의해 표현될 수 있다: 도 2에서 파선으로 나타낸 바와 같이 그 중 하나는 단위 벡터( $n$ )를 따르며 다른 것은 벡터( $s_{i4}$ )를 따른다. 각각의 레그(13)에서, 이들 2개의 라인은 조인트( $S_i$ )의 중심에서 교차하며 이들은 서로 수직이다. (30)에서 정의된 야코비안 행렬( $J$ )은 단순히 이러한 6개의 플러커 라인의 조합이다. GLG(Grassmann Line Geometry)를 도입함으로써, 메커니즘(10)의 특이점 조건이 기하학적으로 결정될 수 있다. 특이점 분석을 단순화하기 위해, 6개의 라인을 독립적으로 조사되는 2개의 세트로 분할할 수 있다. 제1 세트는 단위 벡터( $n$ )를 따르는 3개의 라인을 포함하며, 다른 세트는 벡터( $a_{i4}$ )를 따르는 4개의 라인에 의해 형성된다. 도 2로부터,  $n$ 을 따르는 3개의 라인은 공간에서 서로 평행하고,  $s_{i4}$ 를 따르는 3개의 라인은 동일 평면 상에 있음을 관찰할 수 있다. 이들 6개의 플러커 라인을 분할하는 합리성은 수학적으로 증명될 수 있다. 라인은  $z$  축이 플러커 좌표  $[b_j \ m_j \ n_j ; p_j \ q_j \ r_j]; j=1, \dots, 6$ 에 의해 3개의 단위 벡터( $n$ )의 방향에 있는 벡터( $s_{i4}$ )에 의해 형성되는 평면에 위치하는 임의의 프레임에서 표현된다고 상정한다. 세트 1에 속하는 라인에 대해서는, 플러커 좌표는 다음이며,

$$J_n = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & p_1 & q_1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & p_2 & q_2 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & p_3 & q_3 & 0 \end{bmatrix} \quad (33)$$

[0121]

[0122] 세트 2에 속하는 라인의 플러커 좌표는 다음과 같이 표현될 수 있다:

$$\mathbf{J}_a = \begin{bmatrix} b_4 & m_4 & 0 & 0 & 0 & w_4 \\ b_5 & m_5 & 0 & 0 & 0 & w_5 \\ b_6 & m_6 & 0 & 0 & 0 & w_6 \end{bmatrix}. \quad (34)$$

[0123]

[0124] 행렬( $\mathbf{J}_n$ )의 각각의 라인은 행렬( $\mathbf{J}_a$ )의 것과 선형 독립적이며 그 반대도 마찬가지라는 것을 알 수 있다. GLG에 따르면, 공간 평행 라인 또는 동일 평면상 라인에 대한 선형 독립적인 라인의 최대 수 - 여기서는 3 세트 각각에 대한 경우 임 - 는 3개이다. 2개의 세트 중 어느 하나에 대해, 3개의 라인이 한 점에거 교차하거나 이드이 평면 상에서 서로 평행한 경우 특이점이 발생할 수 있다. 그러나, 이러한 특이점은 다음 하위 섹션에서 설명되는 바와 같이 병렬 메커니즘(10)에 대해 쉽게 회피될 수 있다.

[0125] A. 세트 1의 특이점

[0126] 이 경우,  $n$ 을 따른  $i$ 번째 라인( $i=1, 2, 3$ )이 점( $S_i$ )을 통과하고 플랫폼에 부착되는  $i$ 번째 회전 조인트의 축 주위로 회전하도록 규제된다. 그것의 가능한 위치는  $I_{i4}$ 와 동등한 반경의 원통의 윤곽을 형성한다. 따라서 평행 축을 갖는 3개의 원통이 있다. 각 원통에 대해 1개씩 3개의 라인이 동일 평면상에 있을 때 특이점이 발생할 수 있다. 이러한 가능성을 회피하는 방법은 원통이 서로 충분히 멀리 떨어져 있는 것을 보장하도록, 즉 직선이 3개의 원통 모두를 통과할 수 없는 것을 보장하도록 플랫폼에 대해 링크( $i4$ )를 비교적 짧게 만드는 것이다. 이는 설계 단계에서 쉽게 달성될 수 있다.

[0127] B. 세트 2의 특이점

[0128] 여기서, 이러한 라인의 세트에 대해, 운동학적 잉여 레그를 사용하는 장점은 가장 생생하게 반영된다. 이 세트에 속하는 3개의 동일 평면상 플러커 라인이 공통 점에서 교차하거나 서로 평행할 때 타입 II 특이점이 발생한다. 그러나, 플랫폼의 구성을 변경하지 않고 운동학적 잉여를 사용하여 3개의 링크( $i4$ ) 중 단지 하나를 재배향함으로써 이러한 특이 구성을 회피할 수 있다. 또한, 원칙적으로 이러한 특이점의 세트를 회피하기 위해서 단지 2개의 잉여 레그를 사용하면 충분하지만, 병렬 메커니즘(10)이 유리한 구성에 있고 플랫폼(12)을 특이점으로 부터 멀리 유지할 수 있도록 3개의 레그가 사용된다는 것에 유의한다. 3개의 잉여 레그에 의해, 예를 들어 링크( $i4$ )와 플랫폼 사이의 상대 각도를 잘 조절된 배치로 유지할 수 있어, 플랫폼의 모든 구성에서 특이점을 완전히 회피할 수 있다. 레그 특이점을 제외하고, 병렬 메커니즘(10)은 2개의 상이한 종류의 타입 II 특이점만을 가지며, 이들 양자 모두는 병렬 메커니즘(10)을 동작시키는 컨트롤러에 의해 쉽게 회피될 수 있다.

[0129] 따라서, 위에서 입증된 바와 같이, 적절한 설계 및 병렬 메커니즘(10)의 컨트롤러에 의한 궤도 계획에 의해 모든 타입 II 특이점을 회피할 수 있다. 병렬 메커니즘(10)의 잉여는 예를 들어 베이스 모터로부터 그리퍼를 동작시키기 위해 더 활용될 수 있다. 실제로, 이전 섹션에서, 특이 구성을 회피하기 위해서 잉여가 사용되었으며, 이는 플랫폼(12)의 주어진 위치 및 배향에 대해 무수히 많은 비특이 구성(non-singular configuration)을 남겨둔다. 플랫폼(12) 및 링크( $i4$ )를 다시 고려하면, 도 3에 도시된 바와 같이 링크( $i4$ )가 도시된 범위 내에 포함되는 소정 각도, 즉  $\beta_1 \in ]\beta_1^{\min}, \beta_1^{\max}[$   $= ]30^\circ, 150^\circ$  [에 유지되는 경우, 타입 II 특이점은 결코 발생할 수 없다(3개의 라인은 결코 중속적이 될 수 없다)는 것을 쉽게 관찰할 수 있다.

[0130] 따라서, 병렬 메커니즘(10)의 플랫폼 및 링크( $i4$ )는, 부정정 차수(degrees of redundancy) 중 2개가 각도( $\beta_i$ )를 변화시킴으로써 그리퍼를 동작시키는 데 사용되도록 변형될 수 있다. 이를 위해, 플랫폼(12)의 원위 조인트(31) 중 적어도 2개가, 도 4에 도시된 바와 같이 플랫폼(12)의 운동학을 변경하지 않고, 평행한 평행사변형 4-바아 연동장치(40)로 대체된다. 도 4 및 도 5에서, 4-바아 연동 장치(40)는 12로 표시되는 공통 3-프롱 링크(three-pronged link)를 공유하는 것으로 도시되는데, 이것이 플랫폼(12)으로서 간주될 수 있기 때문이다. 플랫폼 링크(12)는 원위 링크(31') 및 4-바아 연동장치(40)를 형성하는 추가적인 링크(40A)에 의해 원위 링크(30')에 연결된다. 일 실시예에서, 원위 링크(30')는 도 1에서와 같은 원위 링크(30)와 동등하다. 그러나, 혼란을 피하기 위해서, 4-바아 연동장치(40)의 일부인 원위 링크를 원위 링크(30')라 지칭한다. 위에서 언급한 바와 같이, 도시되지는 않지만, 도 4 및 도 5의 그리퍼 조립체는, 도시되는 4개의 4-바아 연동장치(40)에 대한 대안으로서, 2개의 4-바아 연동장치(40), 및 2개의 4-바아 연동장치(40)에 연결되는 원위 링크(30)를 가질 수 있다. 40' 및 40"로 표시되는 4-바아 연동장치(40) 중 2개는 핑커(41)를 각각 지지할 수 있다. 도 4에서, 일



실시예에 따르면, 4-바아 연동장치(40')에서, 추가적인 링크(40A)는 다른 원위 조인트(31')에 의해 추가적인 링크(41)에 연결되는 핑거 링크(40A')를 갖도록 플랫폼 링크(12)를 넘어 연장된다. 핑거(41)는 링크(40A')에 연결된다. 핑거 링크(40A')는 다른 핑거(41)를 향해 배향되도록 만곡된 형상, 굴곡부 등을 가질 수 있다. 전술한 바와 같은 배치에 의해, 핑거 링크(40A') 및 따라서 그 위의 핑거(41)는 4-바아 연동장치(40')의 원위 링크(30)에 대해 일정한 배향에 있다.

[0131] 도 4를 참조하면, 4-바아 연동장치(40')에서 원위 링크(30')에 직접 장착되는 핑거(41)를 갖고, 따라서 핑거 링크(40A')가 필요하지 않는 것도 고려된다. 도 5의 실시예에서, 브라켓(41')은 4-바아 연동장치(40")의 핑거(41)를 4-바아 연동장치(40')의 핑거(41)에 대면하도록 위치결정하기 위해 사용될 수 있다. 도 5에 도시되는 바와 같이, 4-바아 연동장치(40")는 4-바아 연동장치(40')와 유사한 구성을 가질 수 있는데, 즉 이는 다른 원위 조인트(31')에 의해 추가적인 링크(41)에 연결되는 핑거 링크(40A")를 가질 수 있다. 핑거(41)는 핑거 링크(40A")에 연결된다. 추가적인 링크(41)는 4-바아 연동장치(40")의 핑거(41)를 4-바아 연동장치(40')의 핑거(41)와 대면하도록 위치결정하기 위해 V 형상을 가질 수 있다.

[0132] 도 4 및 5의 배치에서, 일 실시예에 따르면, 링크(30', 40A, 40A', 40A", 41)의 이동 방향은 플랫폼(12)의 평면 내에 놓이며, 조인트(31')의 회전축은 평면에 대해 직교한다. 또한, 핑거(41)는 서로에 대해 일정한 배향에 있다.

[0133] 도 6을 참조하면, 그리퍼의 핑거(41)를 가질뿐만 아니라 3개의 레그(13) 모두의 조인트(33, 34A 및 34B)에 장착되는 액추에이터(42)도 갖는 병렬 메커니즘(10)의 사시도가 도시된다. 도 6의 그리퍼는 도 4의 것이지만, 도 5의 것일 수도 있다. 그리퍼의 핑거(41)는 이들 연동장치(40) 중 2개, 즉 40' 및 40"에 장착된다. 핑거(41)는 핑거(41)의 평탄부가 서로 대면하는 삼각형 본체를 갖는 것으로 도시되어 있다. 그러나, 예를 들어 2개 이상의 지골(phalange)이 서로 관절연결되는 다른 배치가 고려된다. 이들 지골은 플랫폼(12)의 이동을 작동시키는 것과 별개의 그들 자신의 작동 시스템을 가질 수 있거나 피동적으로 구동될 수 있다.

[0134] 연동장치(40)의 근위 링크 또는 부재는 핑거(41)가 동일한 배향을 유지하면서 원형 경로를 추종하도록 동일한 길이를 가질 수 있다. 플랫폼(12)의 형상은 각각 독립적으로 제어될 수 있는 핑거(41)의 대칭 평행 이동을 허용한다. 핑거(41)의 개방 거리( $\delta_1$  및  $\delta_3$ )는 메커니즘의 기하학적 파라미터 및 각도( $\beta_1$  및  $\beta_3$ )와 관련하여 기재된다. 도 5는 그리퍼 연동장치의 운동학을 도시한다. 가상 회전 조인트는 초기 아키텍처의 등가 회전 조인트를 나타낸다. 개방 거리( $\delta_1$  및  $\delta_3$ )와 각도( $\beta_1$  및  $\beta_3$ ) 사이의 관계는 다음과 같이 기재할 수 있다:

$$\delta_1 = A\left(\frac{1}{2} + \cos \beta_1\right), \delta_3 = A\left(\frac{1}{2} - \cos \beta_3\right) \quad (37)$$

[0135]

[0136] 여기서, 기하학적 파라미터(A)는 핑거 각각의 최대 개방이다. 현재 설계에서, 핑거(41)의 개방의 최대값은 25 mm이다.  $\beta_1$  및  $\beta_3$ 의 값은 60도와 120도 사이에서 제한된다. 이 식을 사용하면, 병렬 메커니즘(10)은 그리퍼를 동작시킬 때 특이점으로부터 상당히 멀리 유지된다는 것을 쉽게 나타낼 수 있다.

[0137] 본 명세서에 제시된 방정식에 기초하면, 병렬 메커니즘(10)의 역운동학의 유도는 간단하다. 플랫폼(12)의 규정된 위치 및 배향뿐만 아니라 그리퍼의 각 핑거(41)의 규정된 개방에 대해 - 대응하는 각도( $\beta_i$ )의 중간 범위에서 선택되는 플랫폼(12)에 연결되는 제3 링크의 배향과 함께 - 9개 모터의 관절 좌표가 쉽게 계산된다.

[0138] 도 7을 참조하면, 상기 공간 병렬 메커니즘의 다른 실시예가 10'로 도시된다. 공간 병렬 메커니즘(10')은 도 1 및 도 2의 공간 병렬 메커니즘(10)과 수많은 구성요소를 공유하며, 따라서 유사 요소는 유사 참조 번호를 갖는다. 메커니즘(10)은 베이스(11)(일명, 프레임) 및 플랫폼(12)을 가지며, 베이스(11)는 플랫폼(12)의 모션을 작동시키는 복수의 레그(13')를 지지하도록 제공된다. 일 실시예에서, 3개 이상의 레그(13')가 있지만, 간략화를 위해 도 7에서는 오직 하나만이 도시된다. 일 실시예에 따르면, 레그 간섭을 회피하기 위해서 오직 3개의 레그(13')가 사용된다. 베이스(11)는 규정된 표면인 것으로 도시되지만, 레그(13')는 기초에 직접 고정될 수 있다. 플랫폼(12)은 그 위에 어떠한 구성요소도 갖지 않는 것으로 도시되어 있다. 그러나, 플랫폼(12)(엔드 이펙터로도 지칭됨)은 전형적으로 그 위에 장비, 시스템, 도구, 시트 등을 수용하며, 이들 모두는 병렬 메커니즘(10)의 용도에 의존한다. 또한, 메커니즘(10)은 도 7에 도시된 배향에 대해 뒤집힐 수 있으며, 베이스(11)가 위가 되고 플랫폼(12)은 기초 상에 있게 된다.

[0139] 도 7의 실시예에서, 3개의 레그(13')는 유사하거나, 부분적으로 유사하거나, 또는 동일하다. 각각의 레그(1

3')는 원위 링크(30)를 갖는다. 원위 링크(30)는 원위 조인트(31)에 의해 원위 단부에서 플랫폼(12)에 연결된다. 원위 조인트(31)는 병진 방향(T1)에 대해 1 tDOF를 제공한다. 예를 들어, 원위 조인트(31)는 슬라이딩 조인트일 수 있다. 근위 조인트(32)는 원위 링크(30)의 근위 단부에서 2 이상의 rDOF를 제공한다. 근위 조인트(32)는 도 7에서 구형 조인트인 것으로 도시된다. 근위 조인트(32)는 유니버설 조인트 같은 다른 조인트(들) 또는 조인트 조합체일 수 있다. 일 실시예에서, 조인트(31 및 32)는 이들이 어떠한 액추에이터도 지지하지 않는다는 점에서 피동형이라고 말한다. 3개의 레그(13) 모두는 원위 링크(30), 1 tDOF를 갖는 원위 조인트(31), 및 2 이상의 rDOF를 갖는 근위 조인트(32)를 가지며, 3개의 레그(13')의 병진 방향(T1)은 공통 평면에, 즉 동일 평면상에 놓인다. 일 실시예에서, 3개의 원위 조인트(31) 모두의 병진 방향(T1)은 서로 교차할 수 있다.

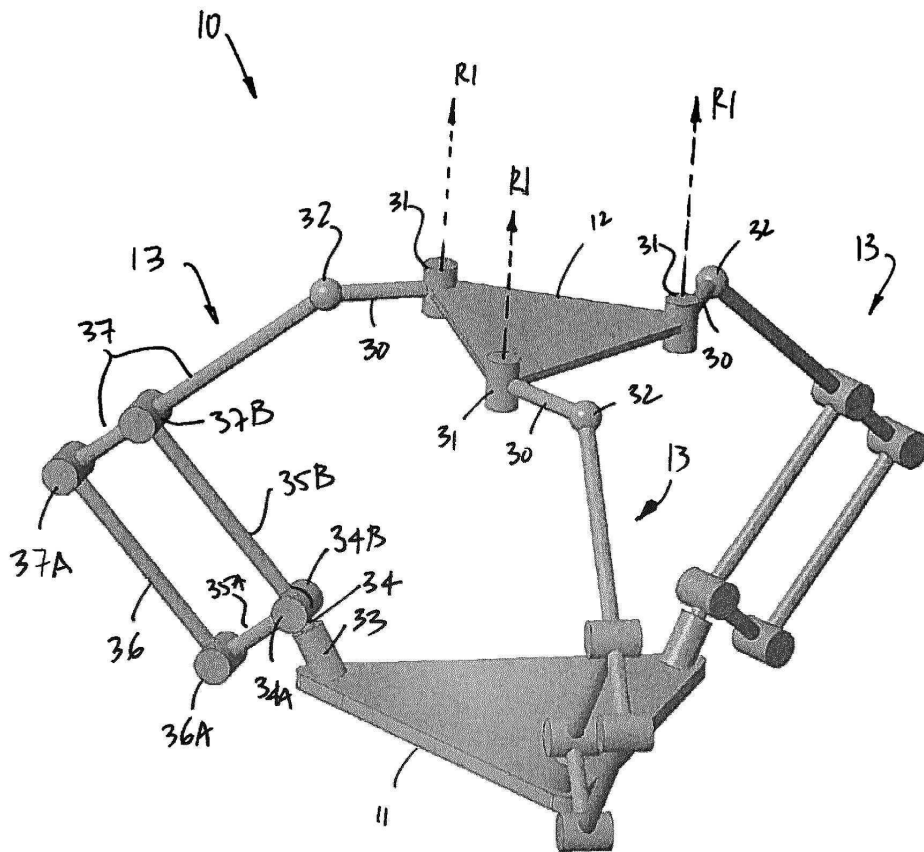
[0140] 레그(13')는 근위 조인트(32)와 베이스(11) 사이의 레그(13)에 DOF를 제공하기 위해 임의의 적절한 세트의 조인트 및 링크에 의해 베이스(11)에 연결될 수 있다. 3-RRRSP 배치를 갖는 비제한적인 실시예가 도 7에 도시되어 있지만 단지 일례로서 주어지는 것이며, 다른 구성이 베이스(11)를 근위 조인트(32)에 결합시키기 위해 사용될 수 있다. 3-RRRSP는 작동 베이스 조인트(70) 및 링크(71)를 포함한다. 작동 조인트(72)는 링크(71)의 원위 단부에 장착된다. 링크(73)의 근위 단부가 작동 조인트(72)에 연결된다. 작동 조인트(74)는 링크(73)의 원위 단부에 있다. 링크(75)가 작동 조인트(74)에 대한 그 근위 연결부로부터 근위 조인트(32)까지 연장된다. 일 실시예에서, 조인트(72 및 74)의 회전축은 서로 평행하다. 일 실시예에서, 조인트(72 및 74)의 회전축은 작동 조인트(70)의 회전축에 대해 평행하지 않다. 또 다른 실시예에서, 조인트(70, 72, 및 74)는 3-RRRSP 명명법으로 전술한 바와 같이 모두 회전 조인트이다. 3-RRRSP 레그(13')에 대한 대안으로서, RRRSP, R(RR-RRR)SP, (3-CPR)SP, (3-CPR)SR, (3-RPS)SP 및 기타와 같은 다른 아키텍처가 가능하다. 본질적으로, 구면 조인트(32)에 3 병진 자유도를 생성할 수 있는 임의의 작동 메커니즘이 메커니즘을 위한 레그로서 사용될 수 있으며, 레그를 플랫폼에 연결하는 원위 조인트는 임의의 1-DOF 조인트 또는 메커니즘일 수 있다.

[0141] 본 개시내용의 공간 병렬 메커니즘(10 및 10')을 동작시키는 컨트롤러는 하나 이상의 처리 유닛을 포함할 수 있다. 비일시적 컴퓨터 판독가능 메모리가 처리 유닛(들)에 통신가능하게 연결될 수 있으며, 공간 병렬 메커니즘(10 및/또는 10')의 플랫폼(12)의 이동을 제어하기 위한 방법을 수행하기 위해 처리 유닛에 의해 실행가능한 컴퓨터 판독가능 프로그램 명령어를 포함할 수 있다. 상기 방법은 플랫폼을 현재의 위치 및 배향으로부터 원하는 위치 및 배향으로 이동시키는 명령어를 수신하는 단계; 플랫폼의 현재의 위치 및 배향으로부터 플랫폼의 원하는 위치 및 배향으로의 변위에 있어서 공간 병렬 메커니즘에서의 적어도 하나의 특이점을 식별하는 단계; 운동학적 잉여 작동을 갖는 적어도 하나의 레그의 링크의 보정 배향을 계산하는 단계로서, 링크의 보정 배향은 공간 병렬 메커니즘이 플랫폼의 현재의 위치 및 배향으로부터 플랫폼의 원하는 위치 및 배향으로의 상기 변위에서의 적어도 하나의 특이점을 회피할 수 있게 하는, 계산 단계; 및/또는 상기 링크를 보정 배향으로 이동시키고 링크의 상기 보정 배향을 통해 플랫폼을 원하는 위치 및 배향으로 이동시켜 적어도 하나의 특이점을 회피하기 위해 공간 병렬 메커니즘의 DOA 중 적어도 일부에 제어 신호를 송신하는 단계를 포함할 수 있다.

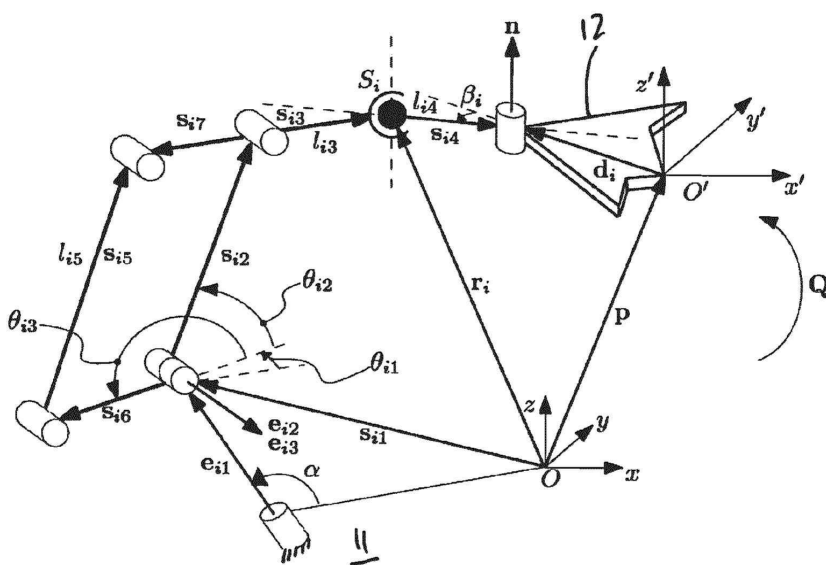


도면

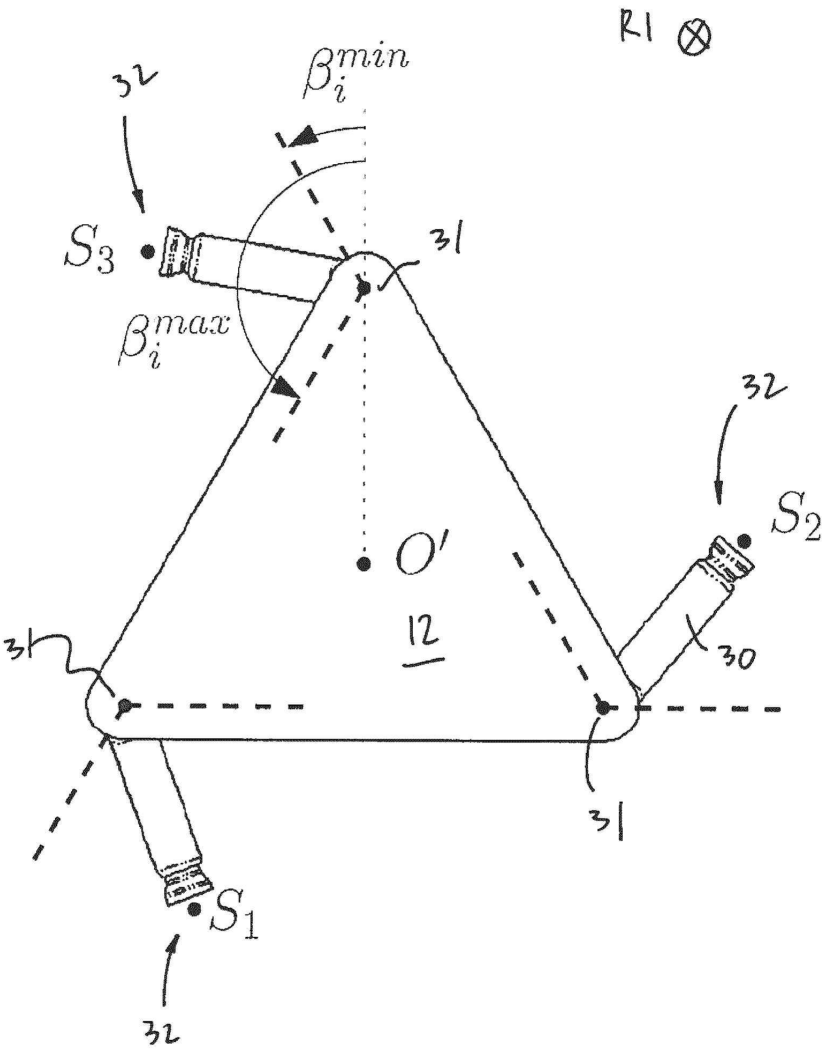
도면1



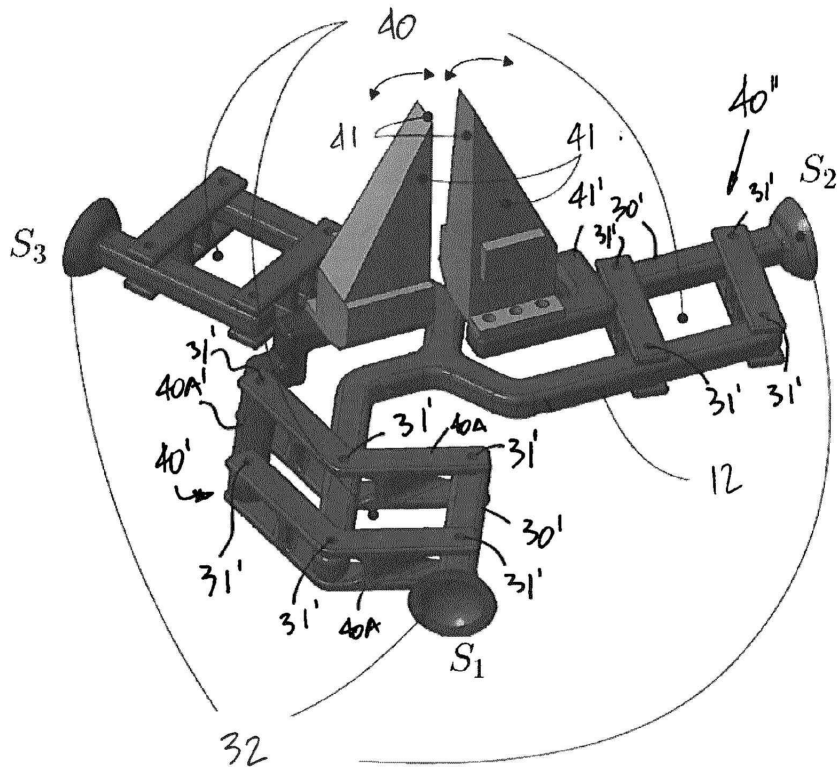
도면2



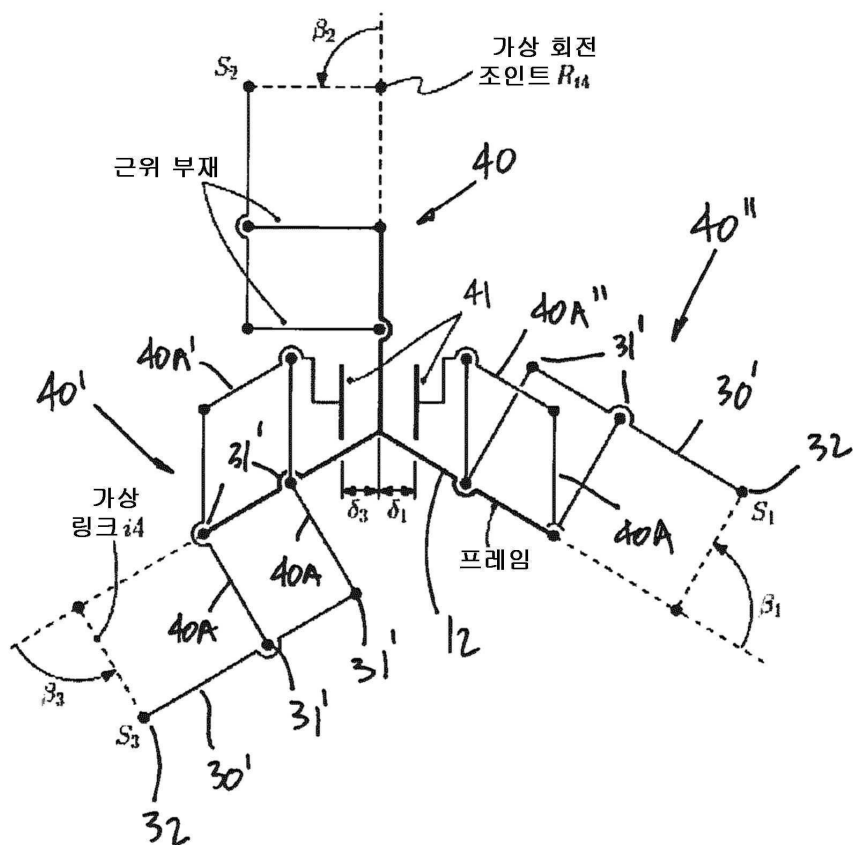
도면3



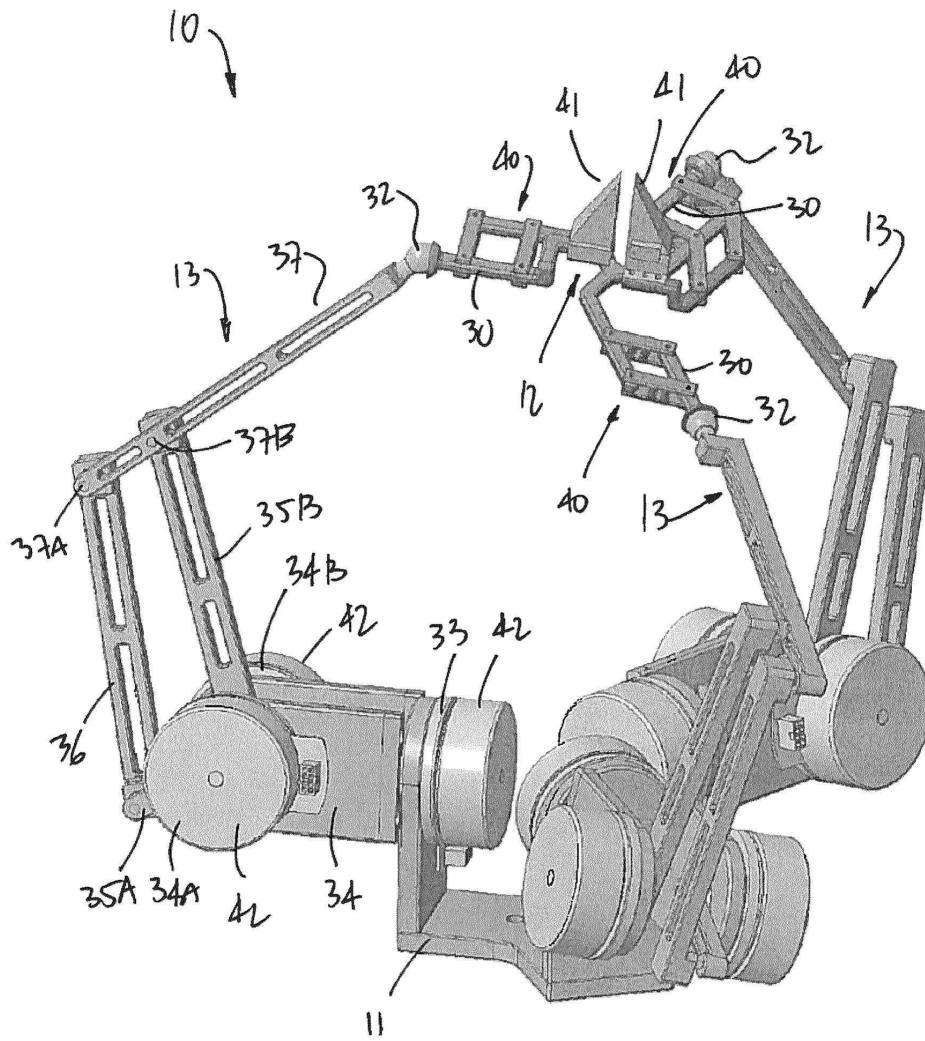
도면4



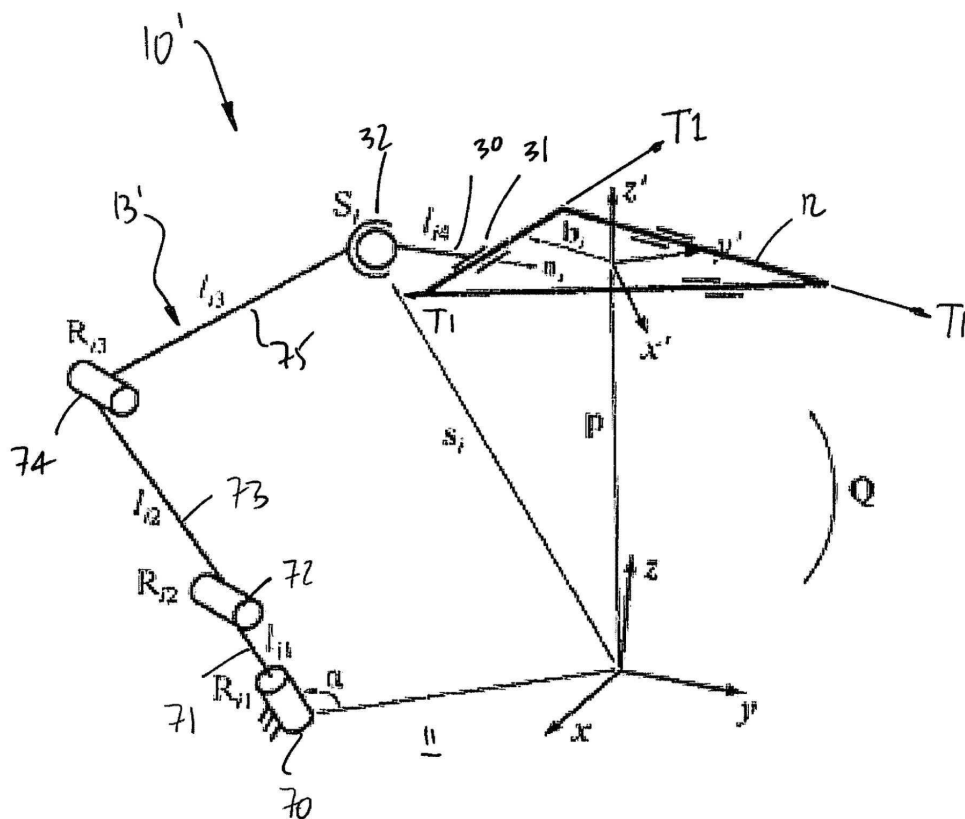
도면5



도면6



도면7



【심사관 직권보정사항】

【저작권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 15

【변경전】

제11항 내지 제14항 중 어느 한 항에 있어서, 근위 조인트는 구형 조인트인, 공간 평렬 메커니즘.

【변경후】

제11항 내지 제14항 중 어느 한 항에 있어서, 근위 조인트는 구형 조인트인, 공간 병렬 메커니즘.