

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구  
국제사무국



(43) 국제공개일  
2010년 12월 16일 (16.12.2010)

PCT

(10) 국제공개번호  
WO 2010/143837 A2

- (51) 국제특허분류: B25J 9/22 (2006.01) B25J 13/08 (2006.01)  
B25J 9/10 (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2010/003569
- (22) 국제출원일: 2010년 6월 3일 (03.06.2010)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보: 10-2009-0050518 2009년 6월 8일 (08.06.2009) KR  
10-2010-0007542 2010년 1월 27일 (27.01.2010) KR
- (71) 출원인 (US 을(를) 제외한 모든 지정국에 대하여): (주)이지로보틱스 (EZROBOTICS LTD.) [KR/KR]; 경기도 수원시 영통구 영통동 980-3 디지털엠패이어 D동 1405호, 443-813 Gyeonggi-do (KR).
- (72) 발명자: 곽
- (75) 발명자/출원인 (US 에 한하여): 범진환 (BORM, Jin Hwan) [KR/KR]; 경기도 수원시 팔달구 우만동 600 월드메르디앙 아파트 107동 1103호, 442-754

Gyeonggi-do (KR). 김정민 (KIM, Jung Min) [KR/KR]; 경기도 수원시 영통구 영통 2동 벽적골 우성아파트 825동 704호, 443-725 Gyeonggi-do (KR). 박상욱 (PARK, Sang Wook) [KR/KR]; 경기도 수원시 영통구 영통 2동 벽적골 롯데아파트 945동 1815호, 443-725 Gyeonggi-do (KR).

(74) 대리인: 특허법인 다인 (DYNE PATENT & LAW FIRM); 서울시 강남구 역삼동 645-21 신명빌딩 3층, 135-910 Seoul (KR).

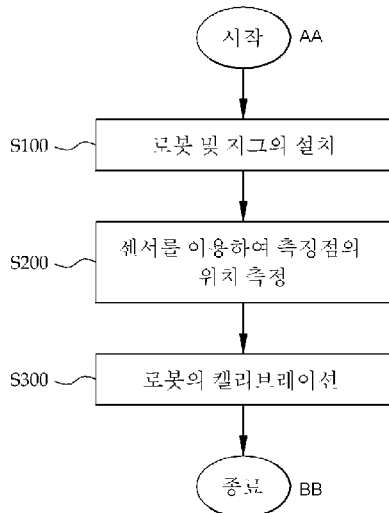
(81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

[다음 쪽 계속]

(54) Title: ROBOT CALIBRATION APPARATUS AND METHOD FOR SAME

(54) 발명의 명칭: 로봇 캘리브레이션 장치 및 그 방법

[Fig. 3]



(57) Abstract: Disclosed are a robot calibration apparatus and a method for same. The robot calibration apparatus according to the present invention comprises: a measurement jig which includes a plurality of reference points, the location information of which is known beforehand, one or more reference lines, the linear equations of which are known beforehand, and one or more reference planes, the plane equations of which are known beforehand, wherein an arbitrary point from among the plurality of reference points, an arbitrary point on the reference lines, and an arbitrary point on the reference planes are set as measurement points; a sensor which is coupled to a robot, and which measures the location of each of the plurality of measurement points selected from among the measurements on the measurement jig; and a control unit which calibrates the robot on the basis of calibration data containing location information of the plurality of measurement points measured from the sensor to control the robot, wherein at least one measurement point from among the plurality of measurement points is arranged on the reference line or the reference plane. According to the present invention, robot calibration can be performed using information for measuring an arbitrary location on the reference line or on the reference plane on the measurement jig, and restrictions on the posture of the robot are thus significantly reduced during the location measurement of the measurement points, and location information of the measurement points can be easily obtained, and the robot calibration apparatus can further be easily applied to a production line.

(57) 요약서:

[다음 쪽 계속]

- AA ... Start
- BB ... End
- S100 ... Install a robot and a jig
- S200 ... Measure the location of a measurement point using a sensor
- S300 ... Robot calibration

WO 2010/143837 A2



(84) **지정국** (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM,

TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**공개:**

- 국제조사보고서 없이 공개하며 보고서 접수 후 이를 별도 공개함 (규칙 48.2(g))

로봇 캘리브레이션 장치 및 그 방법이 개시된다. 본 발명에 따른 로봇 캘리브레이션 장치는 위치정보가 미리 알려진 복수의 참조점, 직선방정식이 미리 알려진 하나 이상의 참조선 및 평면방정식이 미리 알려진 하나 이상의 참조평면을 포함하되, 복수의 참조점 중 임의의 점, 참조선상의 임의의 점 및 참조평면상의 임의의 점이 측정점으로 설정될 수 있는 측정지그; 로봇에 결합되며, 측정지그상의 측정점들 중에서 선택된 복수의 측정점의 위치를 각각 측정하는 센서; 및 센서로부터 측정된 복수의 측정점의 위치정보를 포함하는 복수의 캘리브레이션 데이터를 기초로 로봇을 캘리브레이션하여 로봇을 제어하는 제어부;를 구비하며, 복수의 측정점 중 적어도 하나의 측정점은 참조선 또는 참조평면상에 배치되도록 구성된다. 본 발명에 따르면, 측정지그 상의 참조선 또는 참조평면 상의 임의의 위치를 측정하는 정보를 이용하여 로봇을 캘리브레이션할 수 있으므로, 측정점의 위치 측정시 로봇의 자세에 대한 제한이 크게 줄어들고 측정점의 위치 정보를 손쉽게 얻을 수 있으며, 나아가 로봇 캘리브레이션 장치를 생산라인에 쉽게 적용할 수 있게 된다.

## 명세서

### 발명의 명칭: 로봇 캘리브레이션 장치 및 그 방법

#### 기술분야

- [1] 본 발명은 로봇 캘리브레이션 장치 및 그 방법에 관한 것이며, 보다 상세하게는 사람을 대신하여 용접, 그라인딩(grinding), 커팅(cutting) 및 측정 등과 같은 각종 공정을 수행하는데 사용되는 로봇을 캘리브레이션하는 로봇 캘리브레이션 장치 및 그 방법에 관한 것이다.

#### 배경기술

- [2] 로봇은 사람을 대신하여 산업계 전반에 널리 사용되고 있다. 예를 들어 자동차를 생산하기 위한 각종 공정이 진행되는 생산라인에는, 각 공정에 맞는 공구가 결합된 로봇이 다수 배치되어 일방향으로 진행되는 다수의 자동차에 대한 각종 작업을 수행한다. 이와 같이 다수의 로봇에 각종 공구를 결합하여 생산라인을 구축하게 되면, 자동차를 대량으로 값싸게 생산할 수 있게 된다. 또한, 로봇은 설계된 운동 궤적을 따라 이동하면서 각종 공정을 수행하므로, 사람이 수행하는 경우와는 달리 공정의 품질을 동일한 수준으로 유지하기가 매우 쉽다. 한편, 로봇은 생산된 제품을 측정하여 검사하는 용도로도 널리 활용되고 있다.
- [3] 한편, 로봇을 이용하여 각종 공정을 수행하는 경우에는 공정 작업의 정의를 효과적으로 수행하기 위해 공정 설치 이전에 로봇을 포함한 공정 전체의 장치들의 위치 및 방향 그리고 동작 형태를 결정하여야 한다. 이때 각 로봇의 설계치를 컴퓨터에 입력하여 상기의 작업을 수행하나, 실제 로봇은 로봇의 운동을 가능하게 하는 각종 구동장치에 구동 오차나 로봇의 제작 오차, 공구의 설치 오차 등으로 말미암아 각각의 설계치에 대해 완벽하게 오차 없이 만들 수 없으며, 이러한 오차는 작지만 전파되어 궁극적으로 공정 작업을 실제로 수행할 때 큰 오차를 발생시켜 각종 공정이 완료된 제품의 불량률을 초래하며 이러한 불량률 수정하기까지 많은 시간을 필요로 한다.
- [4] 종래에는 이러한 제품 불량률 방지하기 위해서, 로봇에 결합된 비접촉 센서, 예를 들어 레이저 비전 센서(laser vision sensor)를 이용하여 로봇 주위에 배치된 측정지그 상의 다수 점(point)(사전에 위치정보가 알려져 있음)의 위치를 측정하고 측정된 각 점의 위치 정보를 이용하여 로봇 캘리브레이션을 수행한 후에, 로봇에 결합된 공구의 선단(tool center point)의 위치 오차를 최소화하는 방법이 널리 사용되고 있다. 여기서, 캘리브레이션이라 함은 로봇 베이스의 위치 및 방향, 로봇의 기구학식을 지배하는 파라미터들, 공구의 설치 위치 및 방향 등을 실제와 동일하도록 예측하기 위한 것이다.
- [5] 그런데, 종래의 캘리브레이션 방법에 있어서는, 측정지그에 설정되어 그 위치정보가 알려진 다수의 점, 예를 들어 원의 중심의 위치만을 측정해야

하므로, 측정시에 로봇이 취하는 자세가 매우 제한되며 경우에 따라서는 측정이 불가능한 문제점이 있다.

- [6] 특히, 생산 라인 상의 로봇 주위에 측정지그를 설치하여 공정 중 캘리브레이션을 수행하는 경우에는 공정 사이의 휴지기에 측정지그 상의 점에 대한 위치 측정이 이루어져야 하므로, 측정시 취해질 수 있는 로봇 자세에 대한 유연성이 보다 많이 요구된다.

### **발명의 상세한 설명**

#### **기술적 과제**

- [7] 본 발명은 상기한 문제점을 해결하기 위해서 안출된 것으로서, 본 발명의 목적은 사전에 위치정보가 미리 알려진 참조점뿐만 아니라 직선방정식이 미리 알려진 참조직선상의 임의의 점 및 평면방정식이 미리 알려진 참조평면상의 임의의 점 중 복수의 점을 선택하여 측정하고 그 측정된 점의 위치 정보를 이용하여 캘리브레이션할 수 있도록 구조가 개선되어 구조가 개선되어 캘리브레이션이 보다 쉽게 이루어질 수 있으며 나아가 생산 라인에 쉽게 적용될 수 있는 로봇 캘리브레이션 장치 및 그 방법을 제공하는 것이다. 즉, 본 발명의 목적은 측정지그 상의 참조선 또는 참조평면 상에 아무 위치나 측정하여도 측정된 위치 정보를 캘리브레이션에 사용할 수 있도록 하는 로봇 캘리브레이션 장치 및 그 방법을 제공하는 것이다.

#### **과제 해결 수단**

- [8] 상기 목적을 달성하기 위해, 본 발명에 따른 로봇 캘리브레이션 장치는 위치정보가 미리 알려진 복수의 참조점, 직선방정식이 미리 알려진 하나 이상의 참조선 및 평면방정식이 미리 알려진 하나 이상의 참조평면을 포함하되, 상기 복수의 참조점 중 임의의 점, 상기 참조선상의 임의의 점 및 상기 참조평면상의 임의의 점이 측정점으로 설정될 수 있는 측정지그; 상기 로봇에 결합되며, 상기 측정지그상의 측정점들 중에서 선택된 복수의 측정점의 위치를 각각 측정하는 센서; 및 상기 센서로부터 측정된 복수의 측정점의 위치정보를 포함하는 복수의 캘리브레이션 데이터를 기초로 상기 로봇을 캘리브레이션하여 상기 로봇을 제어하는 제어부;를 구비하며, 상기 복수의 측정점 중 적어도 하나의 측정점은 상기 참조선 또는 참조평면상에 배치되는 것을 특징으로 한다.
- [9] 또한, 본 발명에 따른 로봇 캘리브레이션 방법은 로봇의 주위에 위치정보가 미리 알려진 복수의 참조점, 직선방정식이 미리 알려진 하나 이상의 참조선 및 평면방정식이 미리 알려진 하나 이상의 참조평면을 배치하는 단계; 상기 복수의 참조점 중 임의의 점, 상기 참조선상의 임의의 점 및 상기 참조평면상의 임의의 점 중 복수의 측정점을 선택하되, 상기 선택되는 복수의 측정점 중 적어도 하나의 측정점은 상기 참조선 또는 참조평면상에 배치되도록 선택하는 단계; 상기 로봇에 결합된 센서를 이용하여 상기 선택된 복수의 측정점의 위치를 측정하여 상기 복수의 측정점의 위치 정보를 얻는 단계; 및 상기 복수의

측정점의 위치 정보를 포함하는 복수의 캘리브레이션 데이터를 기초로 상기 로봇을 캘리브레이션하는 단계;를 구비하는 것을 특징으로 한다.

### 발명의 효과

- [10] 본 발명에 따르면, 측정지그 상의 참조선 또는 참조평면상에 아무 위치나 측정하여도, 그 측정 위치 정보를 캘리브레이션에 사용할 수 있으므로, 로봇의 자세에 대한 제한 없이 캘리브레이션에 사용되는 점의 위치 정보를 쉽게 얻을 수 있다.
- [11] 또한, 공정 진행 사이의 휴지기에도 캘리브레이션을 위한 측정점의 위치 정보를 용이하게 측정하여 얻을 수 있으므로, 실제 생산 라인에 쉽게 적용할 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

- [12] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 로봇 캘리브레이션 장치의 개략적인 구성도이다.
- [13] 도 2는 도 1에 도시된 캘리브레이션 장치의 작동 과정을 설명하기 위한 블록도이다.
- [14] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 로봇 캘리브레이션 방법의 개략적인 순서도이다.

### 발명의 실시를 위한 형태

- [15] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 로봇 캘리브레이션 장치의 개략적인 구성도이고, 도 2는 도 1에 도시된 캘리브레이션 장치의 작동 과정을 설명하기 위한 블록도이다.
- [16] 도 1 및 도 2를 참조하면, 본 실시예에 따른 로봇 캘리브레이션 장치(100)는 로봇 베이스의 위치 및 방향, 로봇 기구학식을 지배하는 파라미터 및 공구가 설치될 부분의 위치 및 방향 등의 기구학식을 지배하는 각종 파라미터들을 정밀하게 예측하기 위한 것이다. 로봇을 임의의 위치로 움직이도록 제어할 때에, 정밀하게 예측된 파라미터 값들을 이용하게 되면, 사용자 좌표계 혹은 로봇 기준좌표계에서 바로 본 공구 기준좌표계의 위치 및 방향 또는 공구(미도시) 선단(tool center point) 위치를 좀 더 실제와 동일하게 계산할 수 있으며, 이에 따라 공구 선단을 원하는 위치에 정확하게 배치시킬 수 있게 된다. 결국, 로봇 캘리브레이션 장치가 효과적으로 구현되면, 로봇을 보다 정밀하게 제어하여 공구 선단을 사용자가 원하는 위치에 정밀하게 이동시킬 수 있게 된다.
- [17] 로봇(10)은 베이스(11) 및 베이스(11)에 결합되는 복수의 링크(12)를 포함하도록 구성되며, 특히 본 실시예에서는 2개의 링크(12)를 가지도록 구성된다. 그리고, 로봇(10), 측정지그(20) 및 센서(30)에는 다음과 같은 다수의 좌표계가 설정된다.
- [18] [R]: 로봇(10)의 베이스 좌표계.
- [19] [MP]: 로봇 손 끝의 좌표계

- [20] [J]: 측정지그(20)의 기준 좌표계
- [21] [S]: 센서(30)의 기준 좌표계이며, 측정된 측정점의 위치 정보는 [S] 좌표계 기준으로 얻어짐.
- [22] [CLC]: 측정 대상물, 예를 들어 자동차 등과 같이 공정 대상 작업물(미도시)의 기준 좌표계
- [23]  ${}_s \bar{P}_i$ : 센서(30)에서 측정한 측정지그(20) 또는 공정 대상 작업물 상의 측정점
- [24]  ${}_J \bar{P}_i$ : 좌표계 [J]에서 본 측정 측정지그(20) 상의 참조점
- [25] 로봇 캘리브레이션 장치(100)는 측정지그(20)와, 센서(30)와, 제어부(40)를 구비한다.
- [26] 측정지그(20)는 환경 변화, 예를 들어 온도나 습도 등의 요인에 의한 변형이 최소화되는 소재로 이루어지며, 직육면체 형상의 한 쌍의 측정지그부분(201,202)을 포함하도록 구성된다. 측정지그(20)는 센서에 의해 측정되어 질 참조점, 참조선(22) 및 참조평면(23)을 각각 복수 포함한다. 참조점은 종래 기술에서 설명한 바와 마찬가지로 점(point)이며, 원(21)의 중심으로 설정된다. 그리고, 참조점의 위치정보, 즉 측정지그(20)의 기준 좌표계 [J]상에서의 위치정보, 즉 x값, y값 및 z값이 모두 알려져 있다. 참조선(22)은 각 측정지그 부분(201,202)의 모서리에 설정되며, 참조평면(23)은 각 측정지그 부분(201,202)에 형성된 면으로서 설정된다. 참조선(22) 및 참조평면(23)의 직선방정식 및 평면방정식은 측정지그(20)의 기준 좌표계 [J]상에서 미리 알려져 있다.
- [27] 그리고, 각 참조점, 참조선(22)상의 임의의 점 그리고 참조평면(23)상의 임의의 점은 각각 측정점으로 설정되며, 센서에 의해 그 위치가 측정된다. 이와 같이 측정지그(20)에는 서로 다른 속성을 가지는 3종류의 측정점, 즉 참조점, 참조선(22)상에 설정된 측정점 및 참조평면(23)상에 설정된 측정점이 있다. 그리고, 측정지그(20)상의 참조점, 참조선(22)의 직선방정식 및 참조평면(23)의 평면방정식은 레이저 트래커(laser tracker) 등과 같은 계측장비에 의해 그 위치정보가 미리 정확히 측정된다.
- [28] 또한, 본 실시예에서 측정지그(20)상의 참조선(22)은 측정지그(20)에 설정된 기준 좌표계 [J]의 x축, y축 및 z축 중 적어도 하나와 평행하며, 측정지그(20)상의 참조평면(23)은 측정지그(20)에 설정된 기준 좌표계 [J]의 x축, y축 및 z축 중 적어도 하나에 직교한다.
- [29] 한편, 도 1에 도시되어 있는 바와 같이 로봇(10), 측정지그(20) 및 센서(30)가 구성된 경우에, 측정지그(20)의 기준 좌표계 [J]와 센서의 기준 좌표계 [S]는 다음의 <수학식 1>과 같은 관계로 모델링될 수 있다.
- [30] 수학식 1

$${}^J T_S = {}^J T_{CLC} \cdot {}^{CLC} T_R \cdot {}^R F(x) \cdot {}^{MP} T_S$$

$${}^J \vec{P}_i = {}^J T_S \cdot {}^S \vec{P}_i$$

$$\begin{bmatrix} {}^J P_{x_i} \\ {}^J P_{y_i} \\ {}^J P_{z_i} \\ 1 \end{bmatrix} = {}^J T_S \begin{bmatrix} {}^S P_{x_i} \\ {}^S P_{y_i} \\ {}^S P_{z_i} \\ 1 \end{bmatrix}$$

$${}^J T_S = {}^J T_{CLC} \cdot {}^{CLC} T_R \cdot {}^R F(x) \cdot {}^{MP} T_S$$

[31] 여기서 F(x) =

$$F(\vec{\theta}, \vec{t})$$

는 로봇(10)의 전방향 키네메틱스(Forward Kinematics)이고,

$$\vec{\theta}$$

는 로봇 조인트 각도 벡터이며,

$$\vec{t}$$

는 예측하고자 하는 각종 파라미터 벡터이다. 또한,

$${}^J \vec{P}_i$$

는 측정지그(20)의 기준 좌표계에서 본 참조점, 참조선상의 임의의 점, 참조평면상의 임의의 점까지의 벡터이다. 참조점인 경우에는 측정지그(20)에 설정된 기준 좌표계 [J]상에서의  ${}^J P_x, {}^J P_y, {}^J P_z$  3개의 위치를 모두 알고 있으나, 참조선상의 임의의 점인 경우에는 1개의 직선방정식, 즉 2개의 독립적인 위치 관계만을 알 수 있으며, 참조평면상의 임의의 점인 경우에는 1개의 평면방정식, 즉 오직 1개의 위치관계만을 알 수 있다. 또한

$${}^S \vec{P}_i$$

는 센서(30)에서 측정점까지의 벡터이다. 여기서, 측정점은 이미 설명한 바와 같이 참조점 또는 참조선상의 임의의 점 또는 참조평면상의 임의의 점이다.

[32] 여기서 측정점이 참조점인 경우에는, 참조점의 위치, 즉  ${}^J P_x, {}^J P_y, {}^J P_z$ 이 모두 알려져 있으므로, <수학식 1>을 만족시킬 수 있다. 그리고, 측정지그 상의 참조점(21), 예를 들어 원의 중심점을 측정할 때마다 3개의 방정식을 얻을 수 있게 된다. 또한, 앞서 설명한 바와 같이 측정지그(20)의 기준 좌표계가 측정지그상의 참조선(22) 및 참조평면(23)과 수직이거나 평행하므로,

참조선(22)상의 임의의 점이 측정점으로서 측정되는 경우에는 <수학식 1>의  ${}^J P_x$ ,  ${}^J P_y$ ,  ${}^J P_z$  중 2가지 값만 알 수 있으므로, 참조선상의 임의의 점을 측정할 때마다 2개의 방정식을 얻을 수 있다. 그리고, 참조평면(23)의 경우에는 참조평면(23)상의 임의의 점을 측정하는 경우에는, <수학식 1>의  ${}^J P_x$ ,  ${}^J P_y$ ,  ${}^J P_z$  중 1가지 값만 알 수 있으므로, 참조평면상의 임의의 점을 측정할 때마다 1개의 방정식을 얻을 수 있다.

[33] 그리고, 상기와 같이 만들어진 다수의 방정식들을 모두 가장 잘 만족시키는 파라미터(

$$\begin{matrix} \geq \\ \mathbf{t} \end{matrix}$$

)를 최적화 기법을 이용하여 구하면 된다.

[34] 결국 참조점을 측정하면 3개의 방정식이 얻어지고, 참조선(22)상의 점을 측정하면 2개의 방정식이 얻어지며, 참조평면(23)상의 점을 측정하면 1개의 방정식이 얻어진다.

[35] 한편, 본 실시예에서는 측정지그상의 참조선(22)은 측정지그(20)에 설정된 기준 좌표계 [J]와 수직이거나 평행하며, 측정지그상의 참조평면(23)도 측정지그에 설정된 기준 좌표계 [J]와 수직이거나 평행하도록 설정되어 있으나, 참조선 및 참조평면이 기준 좌표계 [J]와 수직이거나 평행하지 않은 경우에도 다음과 같은 방법을 이용하면 앞서 설명한 결과와 동일한 정보를 얻을 수 있다.

[36] 측정점이 측정지그의 기준 좌표계 [J]에 대하여 평행이나 수직이 아닌 참조선 또는 참조평면상에 존재하는 경우에는, 다음과 같이 기준 좌표계 [J]에 평행이나 수직이 되도록 하는 새로운 좌표계 [H], 즉 일반 기준 좌표계 [H]를 지그상에 설정함으로써 앞서 설명한 방법을 동일하게 적용할 수 있게 된다. 이하에서는, 기준 좌표계 [J]에 대하여 평행이나 수직이 아닌 참조선 및 참조평면을 일반 참조선 및 일반 참조평면이라 각각 부르기로 한다.

[37] 좌표계 [J]에 대해 평행하거나 수직이 아닌 일반 참조선의 방향벡터는 다음과 같이 표시될 수 있다.

[38] 
$${}^J \vec{n} = ({}^J n_x, {}^J n_y, {}^J n_z)^T$$

[39] 또한, 좌표계 [J]에 대해 평행하거나 수직이 아닌 일반 참조평면의 법선벡터는 다음과 같이 표시될 수 있다.

[40] 
$${}^J \vec{n} = ({}^J n_x, {}^J n_y, {}^J n_z)^T$$

[41] 이와 같이 지그의 기준 좌표계 [J]에 대해 표현된 일반 참조선이나 일반 참조평면이 일반 기준 좌표계 [H]의 각 축에 직각이나 평행이 되는 [H]를 발견하고, 좌표계 [J] 및 좌표계 [H]간의 상관 관계를 알아내면, 좌표계 [J]에서의 일반 참조선이나 일반 참조평면은, 좌표계 [H]에서는 직각이나 평행이 되어

간단히 표현할 수 있다.

[42] 일반 참조선에 대한 방향 벡터나 일반 참조평면에 대한 법선 벡터가

$${}^J \vec{n} = ({}^J n_x, {}^J n_y, {}^J n_z)^T$$

이라 하면, 일반 기준 좌표계 [H]의 z축에 평행하는

$${}^J T_H$$

는 하기 <수학식 2>을 만족하는

$$\alpha, \beta$$

를 구함으로써 쉽게 구할 수 있다. 여기서, 좌표계 [J]에서 x축 방향으로  $\alpha$ 각도 만큼 회전하고 y축 방향으로  $\beta$ 각도 만큼 회전했을 때 좌표계 [H]가 된다. 즉,  $\alpha$  및  $\beta$ 는 좌표계 [J]에서 좌표계 [H]까지 회전량을 의미한다.

[43] 수학식 2

$${}^J T_H = Rotx(\alpha)Roty(\beta) = \begin{bmatrix} ?? & ?? & {}^J \vec{n} \end{bmatrix}$$

[44] 여기서,  $Rotx(\alpha)$ 는 x축 방향으로  $\alpha$ 각도만큼 회전하는 회전 매트릭스를 의미하고,  $Roty(\beta)$ 는 y축 방향으로  $\beta$ 각도만큼 회전하는 회전 매트릭스를 의미한다. 그리고, ??는 값을 알 수 없는 것을 의미한다(이하 수학식에서도 동일함).

[45] 한편, [J]에서의 일반 참조선도 일반 기준 좌표계 [H]에서는 좌표계 [H]의 x축, y축 및 z축 중 어느 한 축과 평행하다. 결국, 일반 기준 좌표계 [H]에서 일반 참조선상의 임의의 점을 측정하면,  ${}^H P_x, {}^H P_y, {}^H P_z$  중 2가지 값만 알 수 있으므로, 일반 참조선의 임의의 점을 측정할 때마다 2개의 방정식을 얻을 수 있다.

[46] 예를 들어, 일반 참조선이 일반 기준 좌표계 [H]에서 z축과 평행하며 측정점이 일반 참조선상에 존재하면, 측정점의 위치는 일반 참조선상에 있을 것이며, 좌표계 [H]에서 측정점의 위치 정보로는 x 및 y 값만 알 수 있다. 따라서, <수학식 1>은 하기 <수학식 3>과 같이 된다.

[47] 수학식 3

$$\begin{bmatrix} {}^H P_{x_i} \\ {}^H P_{y_i} \\ ?? \\ 1 \end{bmatrix} = {}^H T_J {}^J T_S \begin{bmatrix} {}^S P_{x_i} \\ {}^S P_{y_i} \\ {}^S P_{z_i} \\ 1 \end{bmatrix}$$

- [48] <수학식 3>으로부터, 일반 참조선에서는 2개의 방정식을 얻을 수 있다.
- [49] 그리고, 기준 좌표계 [J]에서의 일반 참조평면도 일반 기준 좌표계 [H]에서는 좌표계 [H]의 x축, y축 및 z축 중 어느 한 축과 직교한다. 결국, 일반 기준 좌표계 [H]에서 일반 참조평면상의 임의의 점을 측정하면,  ${}^H P_x$ ,  ${}^H P_y$ ,  ${}^H P_z$  중 1가지 값만 알 수 있으므로, 일반 참조평면상의 임의의 점을 측정할 때마다 1개의 방정식을 얻을 수 있다.
- [50] 예를 들어, 일반 참조평면이 일반 기준 좌표계 [H]에서 z축과 평행하며 측정점이 일반 참조평면상에 존재하면, 측정점의 위치는 일반 참조평면상에 있을 것이며, 좌표계 [H]에서 측정점의 위치 정보로는 오직 z값만을 알 수 있다. 따라서, <수학식 1>은 하기 <수학식 4>와 같이 된다.
- [51] 수학식 4

$$\begin{bmatrix} ?? \\ ?? \\ {}^H P_{z_i} \\ 1 \end{bmatrix} = {}^H T_J {}^J T_S \begin{bmatrix} {}^S P_{x_i} \\ {}^S P_{y_i} \\ {}^S P_{z_i} \\ 1 \end{bmatrix}$$

- [52] <수학식 4>로부터, 일반 참조평면에서는 1개의 방정식을 얻을 수 있다.
- [53] 한편, 로봇 캘리브레이션 장치(100)에 포함된 센서(30)는 로봇(10)에 결합된다. 센서(30)는 비접촉 센서, 예를 들어 레이저 비전 센서(laser vision sensor)이며, 측정지그(20) 상의 참조점들, 참조선상의 임의의 점 및 참조평면상의 임의의 점 중에서 선택된 복수의 측정점의 위치를 각각 측정하여 캘리브레이션 데이터를 얻는다. 여기서, 선택되는 측정점들 중 적어도 하나는 참조선(22)상에 있거나 참조평면(23)상에 있으며, 캘리브레이션 데이터는 측정된 측정점의 위치 정보를 포함한다. 이 밖에도, 캘리브레이션 데이터에는 로봇 조인트의 위치 및 방향 등 다양한 정보가 포함되어 있다. 그리고, 캘리브레이션 데이터의 개수는 캘리브레이션에 적합할 정도로 미리 설정되므로, 측정되는 측정점은 캘리브레이션 데이터의 개수만큼 선택된다. 그리고, 센서(30)에 의해 측정된 측정점의 위치 정보는 저장부(50)에 저장된다.
- [54] 제어부(40)는 복수의 캘리브레이션 데이터를 이용하여 최소자승법 등과 같은 공지의 데이터 프로세싱 과정을 거쳐 로봇을 캘리브레이션한다. 이와 같이 로봇이 캘리브레이션되면, 로봇을 임의의 위치로 이동시킬 때에 보다 정밀하게 예측된 파라미터 값들을 이용할 수 있게 되므로, 로봇을 정밀하게 제어할 수 있게 된다. 예를 들어, 로봇이 측정용으로 사용되는 경우에는 로봇에 카메라가 설치되며, 캘리브레이션 결과를 이용하며, 카메라의 기준 좌표계를 보다

정밀하게 제어할 수 있게 되어 카메라 기준 좌표계 원점의 위치 오차를 최소화할 수 있게 된다. 또한, 카메라 기준 좌표계 원점의 위치 오차를 줄이기 위해서는 모터의 회전량을 정밀하게 연산하여 모터를 제어할 수 있게 된다. 이와 같은 캘리브레이션 결과, 공구 선단의 위치 오차를 최소화할 수 있게 된다.

- [55] 그리고, 제어부(40)는 저장부(50) 및 비접촉 센서(30)와 전기적으로 연결되어 제어동작을 수행한다. 즉, 제어부(40)는 비접촉 센서(30)에 의해 측정된 측정점의 위치 정보를 저장부(50)에 저장하며, 제어부(40)에 의한 연산이 필요한 경우에는 저장부(50)에 저장된 각 측정점의 위치 정보를 독출한다.
- [56] 이하, 상술한 바와 같이 구성된 로봇 캘리브레이션 장치(100)를 이용하여 캘리브레이션하는 과정의 일례를 도 3을 참조하면서 설명하기로 한다. 여기서는, 로봇(10)이 생산라인, 예를 들어 자동차의 생산라인에 설치되어 용접 작업을 수행할 수 있도록 용접건(미도시)이 로봇(10)에 결합된 경우를 상정하여 설명하기로 한다.
- [57] 먼저, 로봇(10)의 주위에 측정지그(20)를 설치한다. 이 때, 측정지그(20)는 로봇 주위에 하나 설치될 수도 있으며, 경우에 따라서는 복수의 측정지그(20)가 설치될 수 있다(S100).
- [58] 그리고, 용접 공정 사이의 휴지기에 또는 용접 공정이 최초로 이루어지기 전에 비접촉 센서(30)를 이용하여 측정점의 위치를 측정한다(S200). 이 때, 선택되는 측정점은 참조점(21), 참조선(22)상의 임의의 점 또는 참조평면(23)상의 임의의 점이다.
- [59] 이와 같이 참조점의 위치 측정을 복수 회 수행하여, 캘리브레이션에 적합한 최소한의 방정식이 얻어지면, 얻어진 복수의 방정식을 이용하여 로봇을 캘리브레이션한다(S300). 이와 같이 캘리브레이션이 완료되면, 용접건 선단의 위치 오차를 최소화할 수 있게 된다.
- [60] 상술한 바와 같이 본 실시예에서는 로봇(10)의 특정 지점, 즉 공구 선단의 위치를 캘리브레이션하는데 있어서, 종래와 달리 3가지 속성의 측정점, 즉 측정지그상의 참조점(원(21) 중심)뿐만 아니라 참조선(22)상의 임의의 점 및 참조평면(23)상의 임의의 점을 이용할 수 있으므로, 측정지그상의 측정점의 측정시 로봇이 취하는 자세에 대한 제한이 없게 된다. 즉, 측정지그(20)상의 원(21) 중심을 측정하는 경우에 비해서 참조선(22)상의 점을 측정하는 경우에 로봇의 자세에 대한 제한이 훨씬 적으며, 나아가 원(21) 중심이나 참조선(22)상의 점을 측정하는 경우에 비해서 참조평면(23) 상의 점을 측정하는 경우에 로봇의 자세에 대한 제한이 훨씬 적다. 따라서, 측정지그(20)에 설정된 측정점의 측정은 로봇(10)이 취할 수 있는 자세에 대한 제한 없이 즉각적으로 쉽게 이루어질 수 있게 된다.
- [61] 특히, 공정의 진행 사이에 로봇(10)이 공정을 진행하지 않고 대기하는 휴지기는 일반적으로 짧으며, 짧은 휴지기에 측정점을 측정하고 측정된 위치 정보를 이용하여 캘리브레이션을 하기 위해서는 측정점에 대한 신속한 측정이

이루어져야 하며, 이러한 신속한 측정은 본 실시예의 장치 및 방법에 의해 쉽게 달성될 수 있다. 왜냐하면, 앞서 설명한 같이 본 실시예에서는 참조점(원(21)의 중심)뿐만 아니라 참조선(22)상의 점이나 참조평면(23)상의 점도 측정점으로 설정되며, 참조점을 측정하는 경우에 비해 참조선상의 점이나 참조평면상의 점을 측정하는 경우에 로봇(10)의 자세에 대한 제한이 훨씬 더 적기 때문이다.

[62] 이상, 본 발명을 바람직한 실시예들을 들어 상세하게 설명하였으나, 본 발명은 상기 실시예들에 한정되지 않으며, 본 발명의 기술적 사상 내에서 당 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의하여 여러 가지 많은 변형이 가능함은 명백하다.

## 청구범위

- [청구항 1] 위치정보가 미리 알려진 복수의 참조점, 직선방정식이 미리 알려진 하나 이상의 참조선 및 평면방정식이 미리 알려진 하나 이상의 참조평면을 포함하되, 상기 복수의 참조점 중 임의의 점, 상기 참조선상의 임의의 점 및 상기 참조평면상의 임의의 점이 측정점으로 설정될 수 있는 측정지그; 로봇에 결합되며, 상기 측정지그상의 측정점들 중에서 선택된 복수의 측정점의 위치를 각각 측정하는 센서; 및 상기 센서로부터 측정된 복수의 측정점의 위치정보를 포함하는 복수의 캘리브레이션 데이터를 기초로 상기 로봇을 캘리브레이션하여 상기 로봇을 제어하는 제어부;를 구비하며, 상기 복수의 측정점 중 적어도 하나의 측정점은 상기 참조선 또는 참조평면상에 배치되는 것을 특징으로 하는 로봇 캘리브레이션 장치.
- [청구항 2] 제 1항에 있어서, 상기 참조선은 상기 측정지그에 설정된 기준 좌표계상의 x축, y축 및 z축 중 어느 하나와 평행하며, 상기 참조평면은 상기 측정지그에 설정된 기준 좌표계상의 x축, y축 및 z축 중 어느 하나와 직교하는 것을 특징으로 하는 로봇 캘리브레이션 장치.
- [청구항 3] 제 1항에 있어서, 상기 참조선들 중 적어도 하나의 참조선은 상기 측정지그에 설정된 기준 좌표계상의 x축, y축 및 z축과 각각 평행하지 않은 일반 참조선이며, 상기 참조평면들 중 적어도 하나의 참조평면은 상기 측정지그에 설정된 기준 좌표계상의 x축, y축 및 z축과 각각 직교하지 않는 일반 참조평면이며, 상기 제어부는, 상기 기준 좌표계와, 상기 일반 참조선이 x축, y축 및 z축 중 어느 하나와 평행하며 상기 일반 참조평면이 x축, y축 및 z축 중 어느 하나와 직교하는 일반 기준 좌표계 간의 상관 관계를 연산하여 상기 로봇의 캘리브레이션에 사용하는 것을 특징으로 하는 로봇 캘리브레이션 장치.
- [청구항 4] 로봇의 주위에 위치정보가 미리 알려진 복수의 참조점, 직선방정식이 미리 알려진 하나 이상의 참조선 및 평면방정식이 미리 알려진 하나 이상의 참조평면을 배치하는 단계; 상기 복수의 참조점 중 임의의 점, 상기 참조선상의 임의의 점 및 상기 참조평면상의 임의의 점 중 복수의 측정점을 선택하되, 상기

선택되는 복수의 측정점 중 적어도 하나의 측정점은 상기 참조선 또는 참조평면상에 배치되도록 선택하는 단계;

상기 로봇에 결합된 센서를 이용하여 상기 선택된 복수의 측정점의 위치를 측정하여 상기 복수의 측정점의 위치 정보를 얻는 단계; 및

상기 복수의 측정점의 위치 정보를 포함하는 복수의 캘리브레이션 데이터를 기초로 상기 로봇을 캘리브레이션하는 단계;를 구비하는 것을 특징으로 하는 로봇 캘리브레이션 방법.

[청구항 5]

제 4항에 있어서,

상기 참조점, 참조선 및 참조평면은 상기 로봇 주위에 배치되는 측정지그에 형성되며,

상기 참조선은 상기 측정지그에 설정된 기준 좌표계상의 x축, y축 및 z축 중 어느 하나와 평행하며,

상기 참조평면은 상기 측정지그에 설정된 기준 좌표계상의 x축, y축 및 z축 중 어느 하나와 직교하는 것을 특징으로 하는 로봇 캘리브레이션 방법.

[청구항 6]

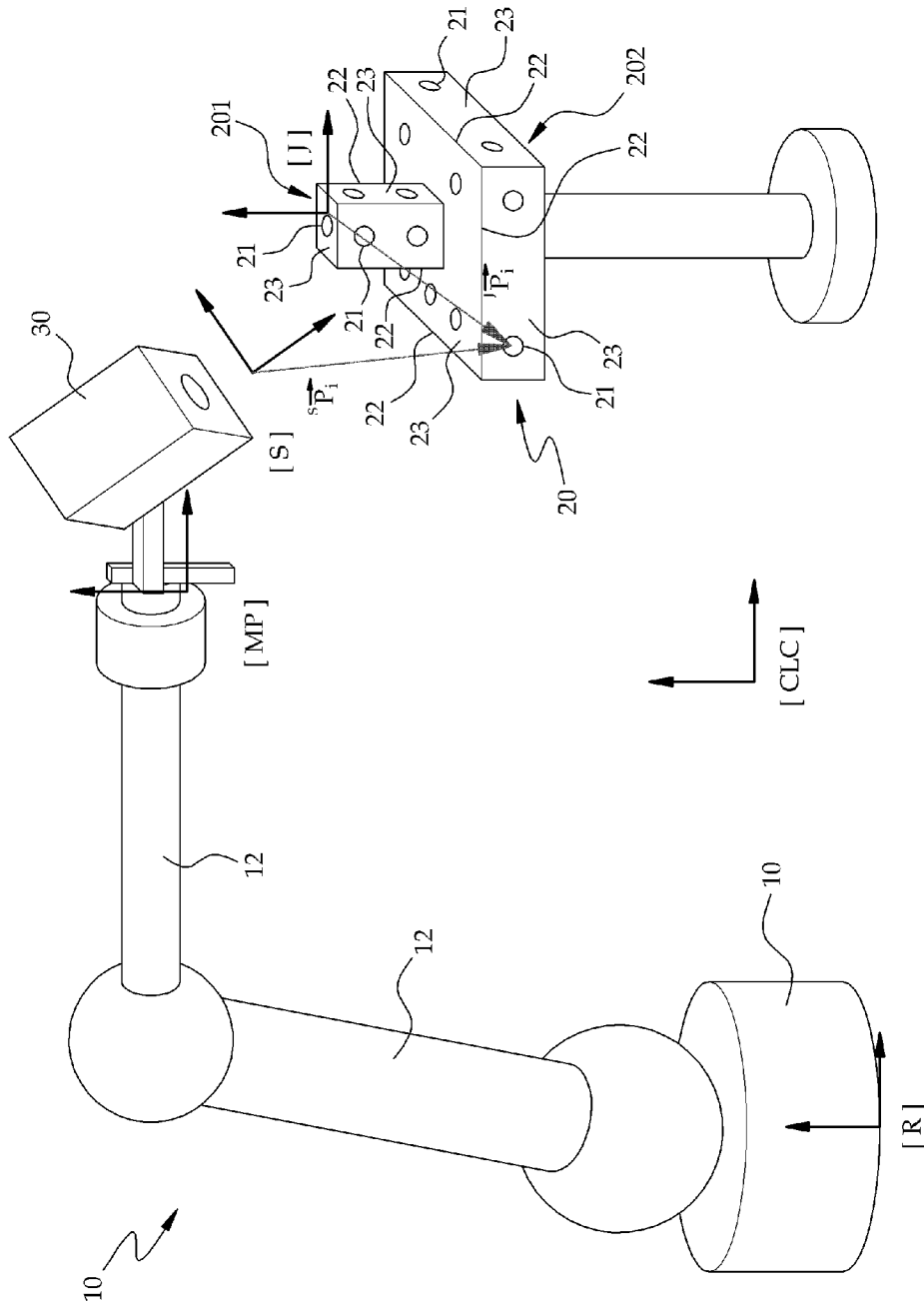
제 4항에 있어서,

상기 참조선들 중 적어도 하나의 참조선은 상기 측정지그에 설정된 기준 좌표계상의 x축, y축 및 z축과 각각 평행하지 않은 일반 참조선이며,

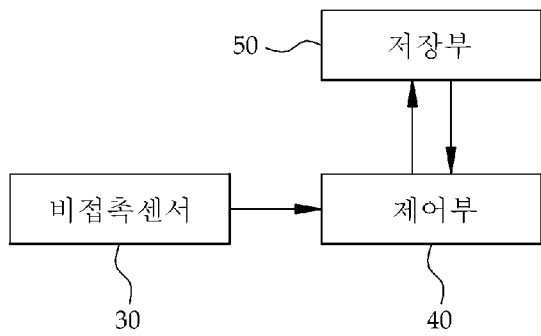
상기 참조평면들 중 적어도 하나의 참조평면은 상기 측정지그에 설정된 기준 좌표계상의 x축, y축 및 z축과 각각 직교하지 않은 일반 참조평면이며,

상기 기준 좌표계와, 상기 일반 참조선이 x축, y축 및 z축 중 어느 하나와 평행하며 상기 일반 참조평면이 x축, y축 및 z축 중 어느 하나와 직교하는 일반 기준 좌표계 간의 상관 관계를 연산하여 단계;를 더 구비하는 것을 특징으로 하는 로봇 캘리브레이션 방법.

[Fig. 1]



[Fig. 2]



[Fig. 3]

