



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년03월13일  
(11) 등록번호 10-1958043  
(24) 등록일자 2019년03월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
B25J 9/16 (2006.01) G05B 13/04 (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2014-7005717  
(22) 출원일자(국제) 2014년08월03일  
심사청구일자 2016년10월06일  
(85) 번역문제출일자 2014년03월03일  
(65) 공개번호 10-2014-0065405  
(43) 공개일자 2014년05월29일  
(86) 국제출원번호 PCT/EP2012/065210  
(87) 국제공개번호 WO 2013/017676  
국제공개일자 2013년02월07일  
(30) 우선권주장  
1157171 2011년08월04일 프랑스(FR)  
(56) 선행기술조사문헌  
KR1020110082394 A\*  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
소프트뱅크 로보틱스 유럽  
프랑스 파리 에프-75015 튀 드 콜로넬 피에레 아  
비아 43  
(72) 발명자  
교우아일리어, 데이비드  
프랑스, 몬트로지 에프-92120, 루 빅토 바쉬, 5  
콜레테, 시릴  
프랑스, 르 프레시스 로빈슨 에프-92350, 루 데  
폰테나이, 21  
(74) 대리인  
강명구, 김현석

전체 청구항 수 : 총 10 항

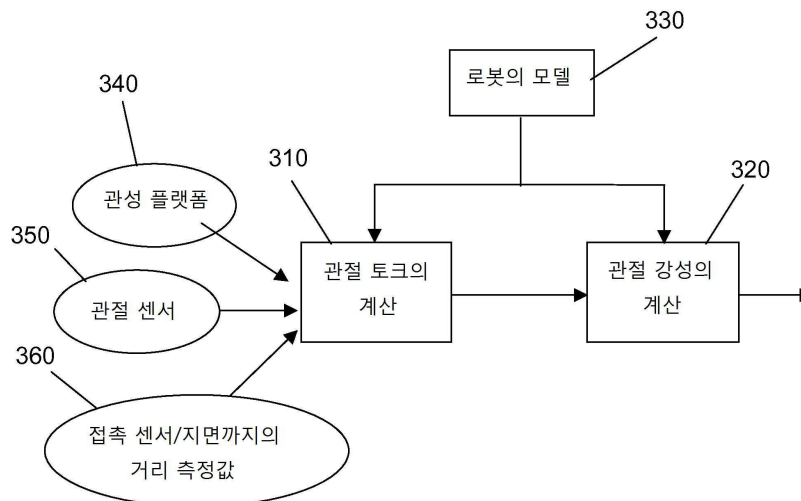
심사관 : 김태수

(54) 발명의 명칭 가변 강성의 관절을 갖는 로봇 및 상기 최적화된 강성을 계산하기 위한 방법

(57) 요약

본 발명은 지면 상에서 이동할 수 있는 결합식 로봇에 관한 것이다. 이는 로봇의 관절의 모터가 작동될 수 있는 코트를 소정의 정해진 값으로 제한하는 것으로 알려졌다. 본 발명에 따라서, 제한 토크에 해당하는 강성 계수는 로봇의 동적 균형 모델을 해결함으로써 계산된다. 특정 이펙터의 접촉 지점은 가상 지면으로부터 거리의 기준의 함수로서 잡재 이펙터의 리스트로부터 선택에 의해 결정된다. 상기 이펙터에 대한 접촉력은 균형 등식의 최적의 레졸루션에 의해 계산된다. 따라서, 해당 강성의 계수와 로봇의 동적 균형 모델에 적용된 토크가 계산된다.

대표도 - 도3



## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

한 개이상의 관절 결합식 체인(110)상에서 이동할 수 있는 로봇(100)으로서,

상기 로봇은 상기 체인(110)의 단부와 변위 표면(120)의 접촉을 감지하는 한 개이상의 센서(130)를 포함하고, 상기 체인(110)은 한 개이상의 관절(140)을 포함하며, 상기 관절(140)은 전기 모터(210)에 의해 구동되고 상기 전기 모터는 위치와 속도 중 한 개이상을 기초하고 상기 전기 모터(210)에 인가된 전류와 토크 중 한 개이상을 제한하는 제한기능을 기초하여 결정되는 명령에 의해 제어되며,

상기 제한 기능은 상기 한 개이상의 관절(140)에 인가된 토크의 함수로써 제어되고, 상기 토크는 (i) 상기 관절의 각가속도 및 중력 가속도의 차이에 기인한 관성력, (ii) 코리올리 효과와 원심력의 합 및 상기 관절에 적용되는 (a) 토크, (b) 접촉력, (c) 마찰력, (d) 섭동력의 합사이에서 로봇의 동적 균형을 모델링하는 등식의 해로서 계산되며,

상기 관절의 각가속도에 기인한 관성력의 효과, 코리올리 효과, 원심력의 효과 및 마찰력의 효과가 가변 강성 계수에 대한 오프셋에 의해 모델링되고,

상기 마찰력은 상기 관절에 대해 계산된 상기 가변 강성 계수에 의해 제한되는 것을 특징으로 하는 로봇.

#### 청구항 2

제1항에 있어서, 상기 오프셋은 로봇의 자세에 따라 변화하는 것을 특징으로 하는 로봇.

#### 청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서, 중력 가속도의 효과는 로봇의 관성 플랫폼의 측정치를 조합하여 결정된 중력 벡터 및 관절 각도에 적용되고 로봇의 형상에 따르는 관성 계수의 행렬을 기초로 계산되는 것을 특징으로 하는 로봇.

#### 청구항 4

제3항에 있어서, 중력 벡터의 계산을 위해, 체인에 고정된 이펙터의 위치를 구하여 로봇의 중심 체인의 공간 내에서 배향을 결정함으로써 명확화(disambiguation)가 수행되는 것을 특징으로 하는 로봇.

#### 청구항 5

제3항에 있어서, 로봇의 동적 균형 모델에서 고려된 접촉력의 적용 지점은 이펙터 상에 위치한 접촉 센서의 온/오프 상태의 리스트, 이펙터의 가상 지면에 대한 최소 거리의 임계값의 리스트 및 상기 리스트들의 임의의 조합을 포함하는 기준의 그룹으로부터 선택된 기준을 만족시키는 이펙터의 제1 리스트를 생성함으로써 결정되고, 상기 기준은 로봇의 모폴로지(morphology)에 의해 결정되는 것을 특징으로 하는 로봇.

#### 청구항 6

제5항에 있어서, 제1 리스트의 이펙터는 로봇 형상 데이터에 저장된 표준 자세와 로봇의 현재 자세를 비교함으로써 제2 리스트로 필터링되고, 상기 표준 자세는 이펙터의 표준 리스트를 결정하며, 상기 제2 리스트는 유사 기준에 따라 로봇의 현재 자세에 가장 근접하게 채택된 표준 자세에 해당하는 것을 특징으로 하는 로봇.

**청구항 7**

제3항에 있어서, 적용 지점에서 접촉력은 섭동력의 수직 성분 및 로봇의 중량과 상기 접촉력의 합 사이의 균형 등식에 대한 최적해를 탐지하여 결정되는 것을 특징으로 하는 로봇.

**청구항 8**

제7항에 있어서, 섭동력은 무시되는 것을 특징으로 하는 로봇.

**청구항 9**

한 개이상의 관절 결합식 체인(110) 상에서 이동할 수 있고 상기 체인(110)의 단부와 변위 표면(120)의 접촉을 감지하는 한 개이상의 센서(130)를 포함하는 로봇(100)의 관절을 구동하기 위해 전기 모터(210)에 인가되는 전류와 토크 중 한 개이상을 제한하는 제한 단계를 포함하는 방법으로서, 상기 체인(110)은 한 개이상의 관절(140)을 포함하며, 상기 전기 모터는 위치와 속도 중 한 개이상을 기초하여 결정되는 명령에 의해 제어되며,

상기 제한 단계는 상기 한 개이상의 관절(140)에 인가된 토크를 결정하여 수행되고, 상기 토크는 (i) 상기 관절의 각가속도 및 중력 가속도의 차이에 기인한 관성력, (ii) 코리올리 효과와 원심력의 합 및 상기 관절에 적용되는 (a) 토크, (b) 접촉력, (c) 마찰력, (d) 섭동력의 합사이에서 로봇의 동적 균형을 모델링하는 등식의 해로서 계산되며,

상기 관절의 각가속도에 기인한 관성력의 효과, 코리올리 효과, 원심력의 효과 및 마찰력의 효과가 가변 강성 계수에 대한 오프셋에 의해 모델링되고,

상기 마찰력은 상기 관절에 대해 계산된 상기 가변 강성 계수에 의해 제한되는 것을 특징으로 하는 방법.

**청구항 10**

프로그램 코드 명령들을 포함하고 컴퓨터에서 수행되도록 구성된 컴퓨터 프로그램을 포함한 컴퓨터로 판독가능한 매체로서, 상기 프로그램 코드 명령들은 한 개이상의 관절 결합식 체인(110) 상에서 이동할 수 있고 상기 체인(110)의 단부와 변위 표면(120)의 접촉을 감지하는 한 개이상의 센서(130)를 포함하는 로봇(100)의 관절을 구동하기 위해 전기 모터(210)에 인가되는 전류와 토크 중 한 개이상을 제한하는 프로세서에 의해 수행되며, 상기 체인(110)은 한 개이상의 관절(140)을 포함하며, 상기 전기 모터는 위치와 속도 중 한 개이상을 기초하여 결정되는 명령에 의해 제어되며,

프로그램 코드 명령들은 상기 전기 모터에 인가된 토크와 전류 중 한 개이상을 제한하기 위한 제한 코드 명령들을 포함하고, 상기 제한 코드 명령들은 상기 한 개이상의 관절(140)에 인가된 토크의 함수로써 상기 제한을 수행하도록 구성되며,

상기 토크는 (i) 상기 관절의 각가속도 및 중력 가속도의 차이에 기인한 관성력, (ii) 코리올리 효과와 원심력의 합 및 상기 관절에 적용되는 (a) 토크, (b) 접촉력, (c) 마찰력, (d) 섭동력의 합사이에서 로봇의 동적 균형을 모델링하는 등식의 해로서 계산되며,

상기 관절의 각가속도에 기인한 관성력의 효과, 코리올리 효과, 원심력의 효과 및 마찰력의 효과가 가변 강성 계수에 대한 오프셋에 의해 모델링되고,

상기 마찰력은 상기 관절에 대해 계산된 상기 가변 강성 계수에 의해 제한되는 것을 특징으로 하는 컴퓨터로 판독가능한 매체.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 지면상에서 이동할 수 있는 관절 결합식 로봇의 분야에 관한 것이다. 보다 구체적으로는, 이는 상기 로봇의 관절의 강성 제어에 적용되며, 상기 강성은 로봇 사용의 기간과 내구성에 있어서 제한 인자 및 로봇과의 상호작용의 인체공학에 있어서 상당한 인자를 구성한다.

**배경 기술**

[0002] 예시적인 관절 결합식 로봇은 인간의 외관과 기능의 특정 속성(머리, 몸통, 두 팔, 두 손, 두 다리, 두 발 등)을 갖는 한, 휴머노이드 로봇이다. 외관 이외에, 휴머노이드 로봇이 수행할 수 있는 기능은 움직임 능력, 말하기 능력 및 "사고(reason)" 능력에 따라 달라진다. 일부 휴머노이드 로봇은 사지(limb) 또는 머리를 이용하여 걷고 몸짓을 취할 수 있다. 휴머노이드 로봇이 수행할 수 있는 몸짓의 복잡도는 점점 증가한다. 출원인에 의해 판매되고 개발되는 NAO<sup>TM</sup>과 같은 유형의 일부 로봇은 수십 개의 관절을 가질 수 있으며, 상기 관절의 움직임은 전기 모터에 의해 수행된다. 상기 모터의 명령-제어 논리는 로봇의 전기 소모(이에 따라 열의 발생)와 관절의 강성을 결정한다. 이에 따라 이는 이상적인 휴머노이드 유형으로부터 로봇을 구별하는 관절 결합식 체인의 너무 큰 강성, 로봇과 상호작용하는 사용자가 느끼는 경험, 이의 가능한 사용 기간(제한 온도를 초과 시에 강제 섀다운) 및 로봇의 안정성(충격에 대한 안전성)에 관한 결정 요소들 중 하나이다. 또한, 동일한 유형의 문제가 있는 분야는 다른 유형의 로봇, 비-휴머노이드(예컨대, 동물 로봇) 또는 더욱 일반적으로 관절 결합식 체인을 포함하는 로봇에 존재한다.

명령-제어 논리는 (일반적으로 각도를 기초로 하는) 관절의 위치, 관절의 속도(각도의 미분) 및/또는 토크의 설정점을 이용할 수 있다. 상기 명령-제어 논리는 센서에 의해 제어되고, 설정점으로 수렴을 유도할 수 있는 피드백 루프를 포함할 수 있다. 토크 설정점 또는 전류 설정점을 사용하는 명령-제어 논리는 가장 많은 비용을 요구하며 가장 덜 알려져 있다. 사실 이 경우 전류 값을 위해 정밀 센서가 필요하며 관절의 개수가 매우 많은 경우에 많은 비용을 요구한다.

관절 결합식 로봇은 고정식 기저부, 예를 들어, 특히 조립 작업을 수행하기 위한 산업용 관절 결합식 암을 갖는다. 상기 로봇의 단위 비용은, 적은 개수의 관절을 가지더라도 수만 또는 수십만 유로에 이를 수 있다. 이 경우에, 토크-기초 명령-제어 논리는 단위 비용이 주요 고려 사항이 아니라면 적합할 수 있다. 이동식 기저부, 즉 지면에 고정되지 않고 휴머노이드 로봇의 카테고리가 속하며 관절의 개수가 상대적으로 많아서 상당한 비용 제한이 따르는 관절 결합식 체인 로봇에 있어서, 주어진 정밀도를 위해 덜 비용이 훨씬 덜 들고 각 속도 및/또는 위치를 기초한 관절에 관한 명령-제어 논리가 일반적으로 이용된다. 그러나, 상기 명령-제어 논리는 몇 가지 중요한 문제점을 가지며, 장애물에 의해 모터가 목표 위치에 의해 정해진 구속 값을 달성하지 못하면, 모터는 계속해서 실제로 도달할 수 없는 위치에 도달하려고 하며, 이에 따라 로봇이 손상될 때까지 전기를 소비되고 관절 및 전체 구조의 온도를 상승시킬 수 있다. 상기 문제는, 로봇이 직립할 때 로봇 발이 단지 수평상태를 가지지 못해서 과열 현상을 유발할 때에 더욱 문제가 된다.

이 유형의 문제점을 해결하기 위하여 이전 버전의 NAO<sup>TM</sup>가 알려졌으며, 이는 안전 모드 설정의 수행을 줄이기 위해 제조자가 정한 물리적 한계점보다 실질적으로 낮은 수준으로 로봇에 인가된 토크를 제한할 수 있는 각각의 관절의 경우 강성 매개변수를 정한다. 그러나, 이 해결방법은 로봇의 체인들 중 하나가 이동 중에 장애물을 만날 때 에너지의 과소모를 방지하지 못한다. 게다가, 과도하게 빈번한 섀다운을 방지하기 위하여 비교적 높은 수준으로 정해진 일정한 제한이 당해 관절의 노후화에 대한 조기 차단을 허용하지 못한다.

또한, 각 속도 설정점으로 변환하고 관절에 적용된 토크 값을 계산하는 것이 미국 특허 출원 제US2008/258670호에 공지되었다. 그러나, 환경과 로봇의 접촉 지점에서 반응력의 이 실시 형태를 고려하지 않고, 이러한 힘은 과열을 야기하는 과도하게 높은 토크 적용의 주요 근간이다.

[0003] 삭제

[0004] 삭제

[0005] 삭제

[0006] 삭제

**발명의 내용**

[0007] 본 발명은 환경과의 접촉 지점에서 로봇에 인가된 힘의 함수로서 로봇의 체인의 관절의 강성을 변화시키기 위한 수단을 제공함으로써 이 문제점을 해결한다.

이를 위해, 본 발명은 로봇을 개시하는데, 상기 로봇은 변위 표면과 체인의 단부의 접촉의 하나 이상의 센서를 포함하는 하나 이상의 결합된 체인 상에서 이동할 수 있고, 상기 체인은 하나 이상의 관절을 포함하고, 상기 관절은 모터에 인가된 토크 및/또는 전류를 제한하기 위한 수단에 의해 그리고 위치 및/또는 속도를 기초로 결정된 명령에 의해 제어되는 전기 모터를 통하여 움직이며, 제한 수단은 하나 이상의 관절에 인가된 토크의 함수로서 제어되고, 상기 토크는 코리올리 및 원심력의 효과와 중력 가속도 및 관절의 각 가속도로 인해 관성력의 차이의 합, 및 접촉, 마찰 및 섭동력과 토크의 합 사이의 로봇의 동적 균형을 모델링하는 등식의 해로서 계산되며 상기 토크와 힘은 상기 관절에 적용되고 관절의 각 가속도, 코리올리 및 원심력과 마찰력으로 인한 관성력의 효과의 일부가 오프셋에 의해 모델링된다.

바람직하게는, 상기 오프셋은 로봇의 자세에 따라 변화한다.

바람직하게는, 중력 가속도의 효과는 로봇의 관성 플랫폼의 측정치를 조합함으로써 결정되는 중력 벡터 및 관절 각도에 적용되고 로봇의 형상에 따른 관성 계수의 행렬을 기초로 계산된다.

바람직하게는, 중력 벡터의 계산을 위해, 체인에 결부된 이펙터의 위치의 경우 해결을 위해 로봇의 중심 체인의 공간 내에서 배향을 결정함으로써 명확화(disambiguation)가 수행된다.

바람직하게는, 로봇의 동적 균형 모델(dynamic equilibrium model)에서 고려된 접촉력의 적용 지점은 이펙터 상에 위치한 접촉 센서의 온/오프 상태의 리스트, 이펙터의 가상 지면에 대한 최소 거리의 임계값의 리스트 및 상기 리스트들의 임의의 조합을 포함하는 기준의 그룹으로부터 선택된 기준을 만족시키는 이펙터의 제1 리스트를 생성함으로써 결정되고, 상기 기준은 로봇의 모폴로지(morphology)에 의해 실질적으로 결정된다.

바람직하게는, 제1 리스트의 이펙터는 로봇 형상 데이터에 저장된 표준 자세와 로봇의 현재 자세를 비교함으로써 제2 리스트로 필터링되고, 상기 표준 자세는 이펙터의 표준 리스트를 결정하며, 상기 제2 리스트는 유사 기준에 따라 로봇의 현재 자세에 가장 근접하게 채택된 표준 자세에 해당한다.

바람직하게는, 적용 지점에서 접촉력은 섭동력의 수직 성분 및 로봇의 중량과 상기 접촉력의 합 사이의 균형 등식에 대한 실질적으로 최적의 해에 대해 탐지함으로써 결정된다.

바람직하게는, 섭동력(perturbation force)은 무시된다.

본 발명은 또한, 변위 표면과 체인의 단부의 접촉의 하나 이상의 센서를 포함하는 하나 이상의 결합된 체인 상에서 이동할 수 있는 로봇의 관절을 움직이기 위해 전기 모터에 인가된 전류 및/또는 토크를 제한하기 위한 방법을 개시하며, 상기 체인은 하나 이상의 관절을 포함하고, 상기 전기 모터는 위치 및/또는 속도를 기초로 한 명령에 의해 제어되며, 상기 제한 방법은 관절에 인가되는 계산된 토크를 측정함으로써 수행되고, 상기 토크는 코리올리 및 원심력의 효과와 중력 가속도 및 관절의 각 가속도로 인해 관성력의 차이의 합, 및 접촉, 마찰 및 섭동력과 토크의 합 사이의 로봇의 동적 균형을 모델링하는 등식의 해로서 계산되며 상기 토크와 힘은 상기 관절에 적용되고 관절의 각 가속도, 코리올리 및 원심력과 마찰력으로 인한 관성력의 효과의 일부가 오프셋에 의해 모델링된다.

최종적으로, 본 발명은 프로그램이 컴퓨터에서 실행될 때 제10항의 방법을 실시할 수 있는 프로그램 코드 지시를 포함하는 컴퓨터 프로그램을 개시하며, 상기 프로그램은 로봇의 관절을 움직이기 위해 전기 모터에 인가된 전류 및/또는 토크를 제한하도록 구성되며, 상기 로봇은 변위 표면과 체인의 단부의 접촉의 하나 이상의 센서를 포함하는 하나 이상의 결합된 체인 상에서 이동할 수 있고, 상기 체인은 하나 이상의 관절을 포함하고, 상기 전기 모터는 위치 및/또는 속도를 기초로 한 명령에 의해 제어되며, 상기 프로그램은 상기 모터에 인가된 전류 및/또는 토크를 제한하기 위한 모듈을 포함하고, 상기 제한 모듈을 하나 이상의 관절에 인가된 토크의 함수로서 상기 제한을 수행할 수 있고, 상기 토크는 코리올리 및 원심력의 효과와 중력 가속도 및 관절의 각 가속도로 인해 관성력의 차이의 합, 및 접촉, 마찰 및 섭동력과 토크의 합 사이의 로봇의 동적 균형을 모델링하는 등식의 해로서 계산되며 상기 토크와 힘은 상기 관절에 적용되고 관절의 각 가속도, 코리올리 및 원심력과 마찰력으로

인한 관성력의 효과의 일부가 오프셋에 의해 모델링된다.

본 발명의 해결 방법에 따라 과열 및 에너지의 과소모가 매우 현저히 감소될 수 있다. 온도를 반감시키는 이용된 실시 형태는 매우 높은 토크에서 관절 모터의 작동으로 인해 야기된다. 고도로 가공된 관절, 예컨대, 발목의 경우, 안전 모드로 설정 전에 작동 기간이 4배가 될 수 있다.

로봇의 총 에너지 소모 및 총 수명은 이에 따라 상당히 향상된다.

게다가, 사용된 알고리즘은 계산 리소스에 있어서 매우 번거롭지 않다(컴퍼니 AMD로부터 지오드(Geode) TM이 프 로세서에 대해 3% 미만)(32비트, 500 MHz).

최종적으로, 결합해제된 상태로 유지되는 관절의 강성의 매개 변수화의 도입은 로봇의 자세 유형에 따라 변형을 도입하고 사용자의 선호에 부응할 수 있고, 이에 따라 로봇과의 상호작용에 따른 사용자의 경험이 풍부해진다.

[0008] 삭제

[0009] 삭제

[0010] 삭제

[0011] 삭제

[0012] 삭제

[0013] 삭제

[0014] 삭제

[0015] 삭제

[0016] 삭제

[0017] 삭제

[0018] 삭제

[0019] 삭제

[0020] 삭제

[0021] 삭제

**도면의 간단한 설명**

- 도 1은 관절 결합식 체인에 의해 상징화된 로봇을 도시하는 도면.
- 도 2는 종래 기술에 따른 로봇의 관절 모터의 명령-제어 처리의 일반적인 흐름도.
- 도 3은 본 발명의 실시 형태에 따른 로봇의 관절 모터에 대한 명령-제어 처리의 일반적인 흐름도.
- 도 4a 및 도 4b는 본 발명의 실시 형태 및 종래 기술에 각각 따르는 로봇의 오른 발과 관절의 온도를 시간에 따라 나타내는 도면.
- 도 5a 및 도 5b는 본 발명의 실시 형태 및 종래 기술에 각각 따르는 로봇의 왼발과 관절의 온도를 시간에 따라 나타내는 도면.
- 도 6은 본 발명의 실시 형태에 따른 로봇의 관절 모터의 명령-제어 처리의 특정 단계의 흐름도.
- 도 7은 도 6의 흐름도의 단계의 제1 상세도.
- 도 8a 내지 도 8f는 본 발명의 실시 형태에 따른 접촉 지점의 결정 시에 3가지의 자세로 있는 로봇을 도시하는 도면.
- 도 9는 도 6의 흐름도의 단계의 제2 상세도.
- 도 10은 몇몇 실시 형태에서 본 발명을 실시할 수 있는 물리적 및 기능적 구성의 도면.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0023] 도 1에는 관절 결합식 체인(jointed chain)에 의해 상징화된 로봇이 도시된다. 도시된 실시 형태의 로봇(100)은 5개의 관절 결합식 체인을 포함하고, 체인(110)은 몇몇 세그먼트(넓적다리, 다리, 발)로 구성된 우측 다리에 해당한다. 로봇은 지면(120) 상에서 이동할 수 있다. 로봇은 하나 이상의 관절(joint, 140), 이 실시 형태에서 발목을 포함한다. 전술된 NAO™과 같은 로봇이 25개의 관절을 포함하고, 이는 이 예시적인 실시 형태에서 임의의 방식으로 제한되지 않는다.
- [0024] 로봇은 지면(120)과 발의 접촉부의 일반적인 룰 센서(rule sensor, 130)를 포함할 것이다. 이들 센서는 예를 들어, FSR(지압 센서; ground pressure sensor)일 수 있다. 이들 FSR은 특히 본 발명의 실시예에 유용하다. 이들 FSR은 로봇이 전진하는 지면 또는 임의의 다른 표면과 각각의 발의 접촉을 감지하기 위하여 이 프레임워크 내에 제공된다. 이러한 목적으로, 예를 들어, 가요성 압전-저항 재료(piezo-resistive material)의 적어도 두 개의 층을 갖는 스트립으로 구성되며 테크스칸(Tekscan™)사의 플렉시포스(FlexiForce™)(상표명)를 이용할 수 있다. 스트립의 전기 저항은 스트립이 배치되는 표면에 가해진 수직 압력의 함수로서 감소한다. 전류의 측정에 따라 교정 이후에 압력을 측정할 수 있다. 예를 들어, 4개의 센서가 바람직하게는 각각의 발의 바닥에 제공된다.
- [0025] 도 2에는 종래 기술에 따른 로봇의 관절 모터(joint motor)의 명령-제어의 일반적인 원리가 도시된다.
- [0026] NAO™와 같은 로봇은 관절을 제어하는 액추에이터 및 센서를 구동하기 위한 대략 24개의 전자 카드를 포함한다. 관절은 통상적으로 적어도 2의 자유도를 가지며, 이에 따라 2개의 모터(210)를 갖는다. 각각의 모터는 제어 변수(q)에 의해 각이 제어된다. 관절은 또한 몇몇의 위치 센서(220), 주요하게는 MRE(자성 회전 엔코더(Magnetic Rotary Encoder))를 포함한다. 전자 제어 카드(230)는 기성 마이크로컨트롤러(off-the-shelf microcontroller)를 포함한다. 이는 회사 마이크로칩(Microchip)으로부터의 DSPIC™일 수 있다. 이는 DSP에 결합된 16-비트 MCU이다. 이 MCU는 1 ms의 루프형 서보컨트롤 사이클(looped servocontrol cycle)을 갖는다.
- [0027] 카드(240)는 로봇이 로봇에 할당된 임무를 달성할 수 있는 상위-수준의 기능을 수행한다. 카드의 프로세서는 기성 프로세서 x86일 수 있다. AMD사에서 시판중인 Geode™(32 bits, 500 MHz)와 같은 저-소비 프로세서가 바람직한 방식에서 선택될 수 있다. 카드는 또한 한 세트의 RAM 및 플래시 메모리들을 포함할 수 있다. 이 카드는 또한 통상 WiFi, WiMax 전송 계층 상에서, 선택사항으로 선택적으로 VPN 내에 캡슐화된(encapsulated) 표준 프로토콜에 의해 데이터의 모바일 통신을 위한 공용 네트워크 상에서, 로봇과 외부 개체(거동 서버, 또 다른 로봇 등)와의 통신을 관리할 수 있다. 프로세서는 통상 표준 OS에 의해 구동되며 이에 따라 통상적인 상위-수준 언어(C, C++, Python, 등) 또는 상위-수준 기능을 프로그래밍하기 위한 URBI(로봇 공학을 위한 전문 프로그래밍 언

어)와 같은 인공 지능을 위한 특수 언어를 사용할 수 있다.

[0028] 통상적으로, 전기 모터는 각도 또는 위치,  $q$ , 각 속도,  $\dot{q}$ , 및/또는 토크,  $\tau$ 를 기초로 한 설정값(setpoint)에 의해 구동될 수 있고, 토크-기반 구동은 전류-기반 구동으로 대체된다. 게다가, 규정된 관계가 제공되는데, 이는  $\tau = k_c I$  이고 여기서 적어도 특정 작동 스펙(operating span)에서  $I$ 는 모터에 공급된 전류의 강도이며,  $k_c$ 는 상수이다. 이에 따라 토크를 측정하는 것보다 전류를 측정하는 것이 상당히 용이하고, 토크 센서는 드리프트(drifting)에 매우 민감하다. 그러나, 심지어 전류 기반 제어가 다수의 모터를 갖는 로봇에 있어서 통상적이지 않다. 게다가, 전류 기반 제어는 매우 신속한 루프형 서보컨트롤 사이클(10 마이크로초의 단위) 및 상기 전류의 방향을 측정할 수 있는 전류 센서를 필요로 하고, 이는 저가 전자 제어 카드와 호환되지 않는다.

[0029] 이 방법의 단점은 감지되지 않은 장애물로 인해 수행되지 않을 수 있는 위치 설정값이 모터에 인가된 매우 높은 토크를 발생시키며, 이에 따라 고 전류, 매우 상당한 가열, 및 전기적 과소모 또는 모터 및/또는 관절의 파괴를 야기하는 것이다. 이들 단점은 로봇의 가능한 작동의 지속 기간을 상당히 감소시킨다.

[0030] 이 단점을 극복하기 위하여, 관절에 인가된 토크를 제한하기 위한 측정값을 도입할 수 있다. 이들 측정값은 0.0 내지 1.0의 값을 취할 수 있으며, 클러치-유사 결합의 기능을 하는 강성 계수를 모터 구동 회로에 도입함으로써 기계식(예를 들어, 결합해제 기어링을 갖는 휠) 또는 소프트웨어일 수 있다. 이 강성 계수가 1일 때, 모터는 최대 허용 토크를 발생시킬 수 있다. 최대 허용 토크는 바람직하게는 과열을 방지하기 위해 공급자가 지정한 값보다 실질적으로 작은 값으로 고정될 수 있다. 예를 들어, 관절의 모터가 5 내지 6 Nm의 최대 토크를 발생시키는 NAO의 경우에, 최대 강성계수에서 허용 토크는 3.2 Nm이다. 다음에 상기 강성 계수는 0이며, 모터는 결합해제되고 관절은 자유롭게 스윙운동할 수 있다. 따라서, 로봇은 넘어지는 등을 할 수 있다. 안전 모드를 설정하기 위한 절차는 국부적 또는 전체 온도가 임계값을 초과할 때 1 내지 0의 강성 계수 모두 또는 이들 중 일부를 제공한다. 로봇은 그 뒤에 더 이상 사용되지 않는다.

[0031] 도 3에는 본 발명의 실시 형태에 따른 로봇의 관절 모터에 대한 명령-제어 처리의 일반적인 흐름도가 도시된다. 본 발명의 원리에 따라서, 이는 각각의 관절에 인가되는 토크의 값을 계산하는 것을 수반하고, 이에 따라 그 후에 로봇의 평형 상태가 보장되는 방식으로 상기 관절의 강성 계수가 변화한다. 모듈(310)은 도 6 및 도 7에 따른 기술 내용에서 추가로 기술될 로봇의 동역학의 설명 모드를 기초로 관절 토크를 계산한다. 이는 한편으로는 로봇(330)에 대한 영구 형상 데이터로 제공되고, 다른 한편으로는 지면(360)에 대한 거리를 측정하기 위한 방법 또는 접촉 센서로부터, 관절 센서(350)로부터 그리고 관성 플랫폼(inertial platform, 340)으로부터 발생하는 임시 데이터로 제공된다. 토크 값은 그 후에 관절 강성 계수를 계산하기 위해 모듈(320)에 제공된다.

[0032] 로봇의 형상 데이터(configuration data, 330)는 본 발명의 실시를 위해 실질적으로 그 자체 기준 프레임 내에서 로봇의 모든 몸체의 관성 행렬(M)로 구성된다. 로봇의 몸체는 이의 다양한 물리적 구성요소이다: 머리, 목, 몸통(중앙 체인), 팔, 팔뚝 및 손(상부 횡방향 체인), 넓적다리, 다리 및 발(하부 횡방향 체인). 각각의 몸체는 이의 관성 모멘트와 몸체의 질량을 제공하는 치수(6,6)의 질량 행렬(mass matrix; M)을 갖는다. 관성 모멘트는 불변량이며, 행렬(M)은 미리 로봇의 형상의 함수로서 로봇의 초기화에 대해 계산될 수 있다. NAO의 특정 특징들 중 하나의 특징은 게다가 로봇의 물리적 구성요소의 변화를 허용하고, 형상 데이터는 각각의 초기화 시에 계산된다.

[0033] 따라서, 일련의 행렬(M)이 제공되며, 각각의 행렬은 모듈 알모션(ALMotion) 내에 저장된다(추가로 도 10에 따른 기술 내용을 참조). 행렬(M)은 하기 형태를 갖는다:

[0034] 
$$M = \begin{bmatrix} M_{root} & 0_{6,6} & \dots & 0_{6,6} \\ 0_{6,6} & M_1 & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & 0_{6,6} \\ 0_{6,6} & 0_{6,6} & M_{ndof} & \dots \end{bmatrix}$$
 와 
$$M_i = \begin{bmatrix} m_i I_3 & 0_{3,3} \\ 0_{3,3} & \mathfrak{I}_i \end{bmatrix}$$

[0035] 여기서,

[0036] -  $m_i$  = 몸체(i)의 질량;

[0037] -  $S_i$  = 몸체의 자체 기준 프레임 내에서 그리고 질량의 중심에서 표현된 몸체(i)의 관성 행렬;

[0038] -  $I_3 = 3 \times 3$  단위 행렬  $I_3 =$

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

[0039] 고정된 기저를 갖는 로봇 팔의 경우에, 로봇 몸체는 일반적으로 지면에 고정된다. 이동식 기저(지면에 고정되지 않음)를 갖는 로봇의 경우에, 로봇 몸체는 고정되지 않는다. 이는 자유롭고 시스템에 의해 결정된다.

[0040] 관성 플랫폼(340)은 일반적으로 자이로미터(gyrometer) 및 가속도계(accelerometer)로 구성된다. 이는 모듈(310)에 이의 측정값을 제공한다.

[0041] 관절 센서(350)는 전술된 바와 같이 일반적으로 MRE이다. 이 센서는 관절 각도(articular angle)의 값을 모듈(310)에 제공한다.

[0042] 접촉 센서(360)는 변위 표면(예를 들어, 지면), 육상 데이터, 또는 주어진 데이터에 대해 특성 지점, 일반적으로 더브드 이펙터(dubbed effector)의 위치를 결정할 수 있다. 발의 바닥 아래에 장착된 FSR는 접촉 센서이다. 로봇의 관절 결합식 체인의 다른 부분, 예를 들어, 둔부, 발꿈치, 등, 등에 또 다른 유형의 접촉 센서 또는 FSR를 장착하는 것이 고찰될 수 있다. 그러나, 물리적 접촉 센서는 비교적 신뢰성이 있다. 공간 내에서 로봇 몸체의 배향, 위치 및 관절 각도의 값 모두를 탐지함으로써 동일한 결과를 달성할 수 있다(지표면과 접촉하는지를 결정). 공간 내에서 로봇 몸체의 배향과 위치는 FSR 및 관성 플랫폼에 의해 측정된다. 공간 내에서 로봇 몸체의 위치 및 배향과 관절 각도의 값을 기초로 공간 내에서 로봇의 몸체 모두의 위치가 직접적 기하학적 형상(direct geometry)에 의해 계산될 수 있다.

[0043] 모듈(320)은 각각의 관절의 강성 계수를 계산하도록 구성된다. 각각의 관절의 토크는 모듈(320)에 대한 입력(input)으로서 제공된다. 모듈은 각각의 관절에 적용된 강성 계수의 값을 추정하기 위해 최대 토크로 각각의 관절의 토크를 나눈다. 모듈(310)의 출력을 측정하는 로봇의 동역학적 기술 모델을 고려하는 효과에 따라, 모듈(320) 내에 강성 계수에 오프셋(offset)의 부가가 제공될 수 있다. 이 오프셋은 상수, 자세의 유형에 따른 일련의 값 또는 로봇의 사용 배경일 수 있고, 상기 값은 표로 나타내거나 또는 진화 법칙이 규정되는 상수일 수 있다.

[0044] 도 4a 및 도 4b는 본 발명의 실시 형태 및 종래 기술에 따라 로봇의 오른 발의 관절의 온도의 시간에 따른 전개를 나타낸다. 물리적으로 동일한 로봇에 대해 실험이 수행되었고, 도 4a 및 도 4b에 의해 각각 나타내진 실험들 간의 차이는 단지 제1 경우에 로봇의 형상이 본 발명의 실시 수단을 포함하지 않는 것이며, 두 번째의 경우는 이들이 포함된다는 것이다.

[0045] 이 둘 모든 경우에, 로봇은 직립 초기 위치(PoseInit)에 배치된다.

[0046] 각각의 도 4a 및 도 4b에는 본 발명의 실시 및 실시되지 않는 경우 우측 하부 관절 체인의 관절 모터 각각의 온도의 전개가 도시된다:

- 곡선 RHipRollTemp는 우측 엉덩이의 롤 관절의 전개를 나타냄;
- 선 RHipPitchTemp는 우측 엉덩이의 피치 관절의 전개를 나타냄;
- 곡선 RKneePitchTemp는 우측 무릎의 롤 관절의 전개를 나타냄;
- 곡선 RAnkleRollTemp는 우측 발목의 롤 관절의 전개를 나타냄;
- 곡선 RAnklePitchTemp는 우측 발목의 피치 관절의 전개를 나타냄.

[0047] 삭제

[0048] 삭제

[0049] 삭제

[0050] 삭제

[0051] 삭제

[0052] 제1 경우에 60° C 및 제2 경우에 42° C에 도달되는 우측 엉덩이의 피치 관절 상에서 실험이 종료 시에(대략 15분) 특히 온도의 매우 현저한 차이가 있다. 우측 다리의 온도의 전반적인 증가는 제1 경우에 50° C 및 제2 경우에 28° C이다.

[0053] 도 5a 및 도 5b는 본 발명의 실시 형태에 따라 그리고 종래 기술에 따라 로봇의 좌측 다리의 관절의 온도의 시간에 대한 전개를 나타낸다. 실험의 조건은 도 4a 및 도 4b에 의해 설명되는 것과 동일하다. 좌측 다리에 대한 결과는 발목의 피치 관절에 대해 여전히 더욱 선호되며, 이의 온도는 제1 경우에 80° C 및 제2 경우에 48° C에 도달되고, 좌측 다리의 온도의 전반적인 증가는 제1 경우에 109° C 및 제2 경우에 42° C이다. 80° C의 온도 도달은 25분 미만에서 실험의 조건 하에서 도달되며, 통상적으로 이는 로봇의 안전 모드 설정을 수반하고, 로봇의 작동 기간은 이에 따라 본 발명의 실시예에 의해 실질적으로 상당히 연장된다(약 4의 인자만큼).

[0054] 도 6은 본 발명의 실시 형태에 따르는 로봇의 관절 모터에 대한 명령-제어 처리의 특정 단계의 흐름도이다. 관절 토크를 계산하기 위하여, 로봇의 동역학적 전개를 나타내는 등식이 필요에 따라 특정 간략화 가정이 적용되는 것에 대해 허용가능한 산출 능력과 센서의 함수로서 적용된다.

[0055] 환경과 상호작용하는 확고히 고정된 물체의 구조의 일반적인 원리를 적용함으로써, 로봇 공학의 당업자는 종래의 문헌 [*"A Mathematical Introduction to Robotics Manipulation"*, MURRAY, Richard M., LI Zexiang and SASTRY, S. Shankar, CRC Press, 1994]에 주요하게 언급됨에 따라 로봇의 동역학적 모델에 대한 완전한 등식을 결정할 수 있다.

[0056] 예를 들어, 이는 다음과 같이 기술된다:

[0057] 
$$\tilde{M}(q)(\dot{T} - G) + N(q, \dot{q})T = L\tau + C'(q)W$$

[0058] 하기 기술 내용에서, q는 관절 각도로 구성되는 벡터이고,  $\dot{q}$ 는 관절 속도를 나타낸다(관절 각도 q의 시간 미분). 루트 몸체(root body)의 데카르트 속도(cartesian velocity)는  $V_{root}$ 로 지정되고, 이는 치수 6으로 형성된다. 제1의 세가지의 성분은 3개의 축(x, y, z)에 대한 루트 몸체의 병진운동 속도이다. 마지막 3개의 성분은 3개의 축(x, y, z)에 대한 회전 속도이다.  $V_{root}$ 와  $\dot{q}$ 로 구성되는 벡터는 일반 좌표 T로 불린다. C(q)는 데카르트 속도의 공간과 관절 속도의 공간 사이에서 이루어지는 변환 행렬을 나타내고, 이는 통상적으로 운동학적 야코비안(kinematic Jacobian)으로 불린다.

[0059] 등식의 좌측에서 제1 용어는 결합식 체인으로 구성되는 물체의 관성 모멘트의 효과를 나타낸다.

[0060] 이 용어에 있어서:

[0061] -  $\tilde{M}$ : 일반 좌표에서 대칭 관성 행렬. 이는 행렬 M뿐만 아니라  $C(q)$ ,  $\tilde{M} = C(q)'MC(q)$  을 기초로 계산된다. 이 행렬은 로봇(q)의 관절 형상에 따르며, 이는 하나 이상의 관절이 움직이는 각각의 시간에 업데이트되어야 한다.

[0062]  $\tilde{M}$  은 dimension  $\dim(\tilde{M}) = (6 + 6 \times n_{dof}, 6 + 6 \times n_{dof})$ 의 정방 행렬이고, 여기서  $n_{dof}$ 는 로봇의 자유도의 수이다. 23 dof가 존재하는 NAO의 경우에, 행렬  $\tilde{M}$ 의 치수는  $(6 + 6 \times 23)^2$ , 즉 20,736의 값이며,

[0062] - G는 일반 좌표에서 표현된 중력으로 인한 가속도이다.

- [0063] 등식의 좌측에서 제2 용어는 시스템에 의해 수행되는 원심력과 코리올리의 효과를 나타낸다.  $N(q, \dot{q})$ 는 이들 효과와 연계된 행렬이다.
- [0064] 등식의 우측에서 제1 용어는 관절 토크의 효과를 나타낸다.
- [0065] -  $\tau$ 는 dimension  $\dim(\tau)=(n_{dof}, 1)$ 의 관절 토크의 벡터이고,  $\tau$ 는 관절 마찰 토크와 구동 토크의 합이며;
- [0066] -  $L$ 은 일반 좌표에서  $\tau$ 를 나타낼 수 있는 행렬이다.
- [0067] -  $W$ 는 몸체의 자체 기준 프레임으로 표현되는 로봇으로 구성된 각각의 몸체에 인가된 하중의 렌치(wrench)의 매트릭스이고,  $W$ 는 일반적으로 외부 환경과 몸체의 접촉에 관한 렌치인  $W_{contact}$  및 외부 섭동(perturbation)에 대한 렌치인  $W_{perturbation}$ 으로 분해된다.
- [0068] 일 실시 형태에서, 모델은 외부 섭동( $W_{perturbation}$ )와 관절 마찰의 토크뿐만 아니라 코리올리 및 원심력과 고유 가속도( $\ddot{T}$ )를 접점에서 계산하지 않음으로써 단순화된다. 이들 효과는 오프셋으로 추가로 설명된 바와 같이 고려된다.
- [0069] 단순화된 동역학 모델이 하기와 같이 기술될 수 있다:
- [0070] 
$$-\tilde{M}(q)G = L\tau + C^t(q)W_{contact}$$
- [0071] 도 6의 흐름도는 전체적으로 가능한 제한적인 다른 절차로서 스플리팅(splitting)을 고려하지 않고 이 등식을 풀기 위해 이용되는 계산 단계를 나타낸다. 이들 계산 단계는 20 ms의 사이클 시간에 따라 재현된다.
- [0072] 단계(610)에서, 가상 지면이 관성 플랫폼의 측정을 기초로 계산된다. 상기 가상 지면은 중력 벡터에 수직인 평면으로서 결정된다. 플랫폼의 측정의 신뢰도에 따라, 바람직하게는 기면과 접촉하거나 또는 접촉하지 않는 하측 몸체의 태깅(tagging)에 의해 몸통 배향의 결정에 따라 이들 측정을 교차 참조할 수 있다.
- [0073] 단계(620)에서, 벡터(q)는 각 센서의 각도가 업데이트되는 ALMemory 모듈의 덕택으로 업데이트된다. 이에 따라, 행렬(M)의 도움으로  $\tilde{M}(q)$ 을 계산할 수 있다.
- [0074] 단계(630)에서, 가상 지면에 대해 배향된 중력 가속도가 계산된다.
- [0075] 단계(640)에서, 단계(620, 630)의 출력들이 조합되어 용어  $-\tilde{M}(q)G$ 를 계산한다.
- [0076] 단계(650)에서, 힘의 계산을 위해 고려되는 접촉 지점의 리스트가 계산되고, 상기 단계는 도 8a 내지 도 8f의 실시예에 의해 도시되고 도 7에 따른 기술 내용에서 추가로 상세해진다.
- [0077] 단계(660)에서, 접촉력( $W_{contact}$ )이 계산되고, 상기 단계는 도 9에 따른 기술 내용에서 추가로 상세해진다.
- \*단계(670)에서,  $C^t(q)$ 가 계산되고, 데카르트 속도의 공간과 관절 속도의 공간 사이에 변환 행렬의 전치가 수행된다.
- [0078] 삭제
- [0079] 단계(680)에서, 단계(660)에 의해 도출된 벡터와 단계(670)에 의해 도출된 행렬의 생성이 수행된다.
- [0080] 단계(640, 680)의 출력들을 함께 부가함으로써, 고려되는 관절 토크의 벡터가 단계(690)의 출력으로서 수득된다.
- [0081] 이 벡터는 하기에서 강성 계수를 계산하기 위해 모듈(320)에 대한 입력으로서 제공되고, 상기 모듈은 로봇의 동역학적 모델로 구성될 간략화(simplification)를 고려하는 오프셋을 선택적으로 부가한다. 특히, 고유 가속도, 코리올리 힘, 또는 원심력 또는 관절 마찰 토크를 고려하지 않을 경우, 0.25의 오프셋은 환경과 다른 상호작용

없이 서 있는 자세에서 로봇에 대한 우수한 결과를 제공하는 것으로 실험적으로 결정될 수 있다. 로봇의 발이 지면에 놓이지 않을 때, 더 작은 오프셋, 예를 들어, 0.1을 선택할 수 있고, 이에 따라 로봇의 관절이 느슨해지고 보다 유연한 자세가 제공될 수 있다.

- [0082] 도 7은 도 6의 흐름도의 단계의 제1 상세도이다. 이는 접촉 지점을 결정하는 단계(650)의 하위 단계를 수반한다. 로봇의 형상 파일에서, 접촉 지점으로 되는 특정 지점의 리스트가 정해진다. NAO와 같은 휴머노이드 로봇의 경우에, 2개의 발, 2개의 둔부, 등, 머리 및 손/이마/팔꿈치 조합이 예를 들어, 이 리스트를 제한하거나 또는 이들 접촉 지점 모두를 채택할 필요 없이 선택될 것이다.
- [0083] 이들 형상 데이터는 단계(610)의 출력이 단계(710)의 수행 중에 계산됨에 따라 가상 지면에 대한 수직 거리가 결정되는 이펙터의 리스트를 결정한다.
- [0084] 지면에 가장 근접한 접촉 지점은 그 뒤에 단계(720) 동안에 결정된다.
- [0085] 감지 임계값은 로봇의 형상 파일 내에서 정해지고, 감지 임계값의 한계 내에서 지면에 인접하게 위치한 다른 이펙터가 단계(730) 동안에 결정된다.
- [0086] 도 8a 내지 도 8f는 본 발명의 실시 형태에 따른 접촉 지점의 결정에 따른 3가지의 자세를 취하는 로봇을 도시한다.
- [0087] 도 8a, 도 8c 및 도 8e는 로봇의 3가지의 다양한 자세를 나타낸다:
- [0088] -도 8a에서, 로봇은 가능한 착석한 자세들 중 하나이다;
- [0089] -도 8c에서, 로봇은 가능한 서 있는 자세들 중 하나이다;
- [0090] -도 8e에서, 로봇은 소위 "고릴라" 자세를 취한다.
- [0091] 이들 자세에 해당하는 예비 접촉 지점은 도 8b, 도 8d, 및 도 8f에 각각 도시된다.
- [0092] 접촉 지점에 대한 표시는 하기를 따른다:
- [0093] - RElbowRoll Both, 우측 팔꿈치의 롤 관절;
- [0094] - LElbowRollBoth, 좌측 팔꿈치의 롤 관절;
- [0095] - RFootFR, 우측 발, 전방 우측 센서;
- [0096] - RFootFL, 우측 발, 전방 좌측 센서;
- [0097] - RFootRR, 우측 발, 후방 우측 센서;
- [0098] - RFootRL, 우측 발, 후방 좌측 센서.
- [0099] 도 9는 도 6의 흐름도의 단계의 제2 상세도이다. 이 단계의 목적은 NAO에 인가된 접촉 하중을 계산하기 위함이다. 이 단계에서, 로봇은 접촉 지점에 의해 이의 환경과 상호작용하는 포인트형 매스(pointlike mass)로 모델링된다. 모든 접촉부가 동일한 평면에 놓인다. 게다가, 계산을 간략히 하기 위하여 정적 경우가 고려된다. 이는 하기 등식을 해결하는 단계를 수반한다:

[0100] -로봇에 인가된 힘의 합(여기서, 정적 경우에 무게의 중심)이 소멸되고, 즉  $\sum_i f_i = mg$

[0101] -모멘트의 합이 무게의 중심에서 소멸된다.

[0102] 3개의 공평면 접촉 지점을 기초로, 접촉 하중의 하이퍼스테티즘(hyperstatism)이 제공된다. 게다가, 상기 문제점의 해결 방법인 접촉 하중의 값의 무한이 제공되며, 이는 접촉력의 접선 하중이 양 등식을 따르는 상태에서 서로 상쇄될 수 있기 때문이다. 선호되는 해결방법을 찾기 위해, 계산된 접촉 하중을 최소화하고, 접선 접촉력이 0인 것으로 고려된다. 각각의 접촉부의 경우, 단지 평면에 수직인 힘의 성분만이 고려된다.

[0103]  $f_c(\vec{i}) = f_c(i)\vec{z}$  에 있어서, NAO의 접촉부(i)의 힘 벡터가  $f_c(i)$  와의 환경에 있고, 접촉력의 평균이 축  $\vec{z}$  를 따른다.

[0104] 해결될 시스템이 고려된다:

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & \dots & 1 \\ (x_1 - x_G) & (x_2 - x_G) & \dots & (x_n - x_G) \\ (y_1 - x_G) & (y_1 - x_G) & \dots & (y_n - x_G) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} f_1 \\ f_2 \\ \dots \\ f_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} mg \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

[0105]

[0106] 이는 다음과 같은 간략화된 형태로 기재될 수 있다:

[0107]  $AY = B$

[0108] 여기서,

[0109] - B는 외부 힘의 수직 성분의 벡터 합이고(접촉이 없음);

[0110] - Y는 단계(650)의 출력으로서 선택된 접촉 지점에 인가된 힘의 수직 성분의 원하는 벡터이고;

[0111] - A는 행렬이고, 이의 계수는 무게의 중심에 대해 접촉 지점의 좌표이다.

[0112] 표기법은 다음을 따른다:

[0113] -  $(x_i, y_i)$  는 선택된 접촉 지점의 좌표이고,

[0114] -  $(x_G, y_G)$  는 무게의 중심의 좌표이며,

[0115] -  $f_i$  는 선호되고 접촉 지점(i)에 인가된 수직 힘의 평균이다.

[0116] 단계(910) 중에, 로봇이 밸런싱되어야 하는 외부 힘(접촉이 없음)이 측정된다.

[0117] 단계(920) 중에, 행렬(A)의 계수가 계산된다. 이에 따라 로봇의 무게 중심은 단계(610) 동안에 결정된 가상 지면 내에 구성되어야 한다. 그 후에, 등식  $AY = B$ 의 해(solution)가 단계(930) 중에 결정되어야 한다. 접촉부의 개수(n)가 3개일 경우, 행렬(A)을 반전시켜야 한다. 0이 아닌 것으로 측정되는 상태에서, 유일해가 존재한다. n이 3보다 클 경우, 무한 해가 가능하다. 따라서, 등식  $AY = B$ 이 만족되는 구속 하에서 최적의 해를 결정하기 위한 알고리즘을 선택할 필요가 있다. 예를 들어, Y(이에 따라  $f_i$ )의 값을 구하는 것으로 구성되는 이차 해 알고리즘(quadratic solution algorithm)을 사용하기 위하여 함수  $\min_y = \frac{1}{2} \|A.Y - B\|_Q + \frac{1}{2} \|Y\|_R$  가  $Y > 0$ 의 상태에서 최소화된다.

[0118] Q와 R은 최적의 중량을 나타낸다. 이 작업의 목표는 중량(R)과 평균(Y)을 최소화하고 중량(Q)과  $AY-B$ 의 평균을 최소화하는 것으로 구성된다.

[0119] 도 10은 몇몇 실시 형태에서 본 발명의 실시를 허용하는 물리적 및 기능적 구성의 도면이다.

[0120] NAO와 같은 로봇은 바람직하게는 본 발명의 실시 형태에서 로봇의 기능을 조종할 수 있는 상위-수준 소프트웨어가 제공된다. NAOQI로 불리는 이러한 유형의 소프트웨어 구조는 특히 2009년 10월 15일에 공개된 특허 출원 WO2009/124955에 개시되어 있다. 이는 로봇과 PC 또는 원격 사이트 사이의 통신을 관리하기 위한 그리고 본 발명의 실행을 위하여 필수적인 소프트웨어 인프라구조를 제공하는 소프트웨어를 교환하기 위한 기초 기능들을 포함한다.

[0121] NAOQI는 로봇 응용에 대해 최적화된 프레임워크이며, 이는 몇몇의 언어, 특히 C++, 파이썬(Python) 및 우비(Urbi)를 지원한다.

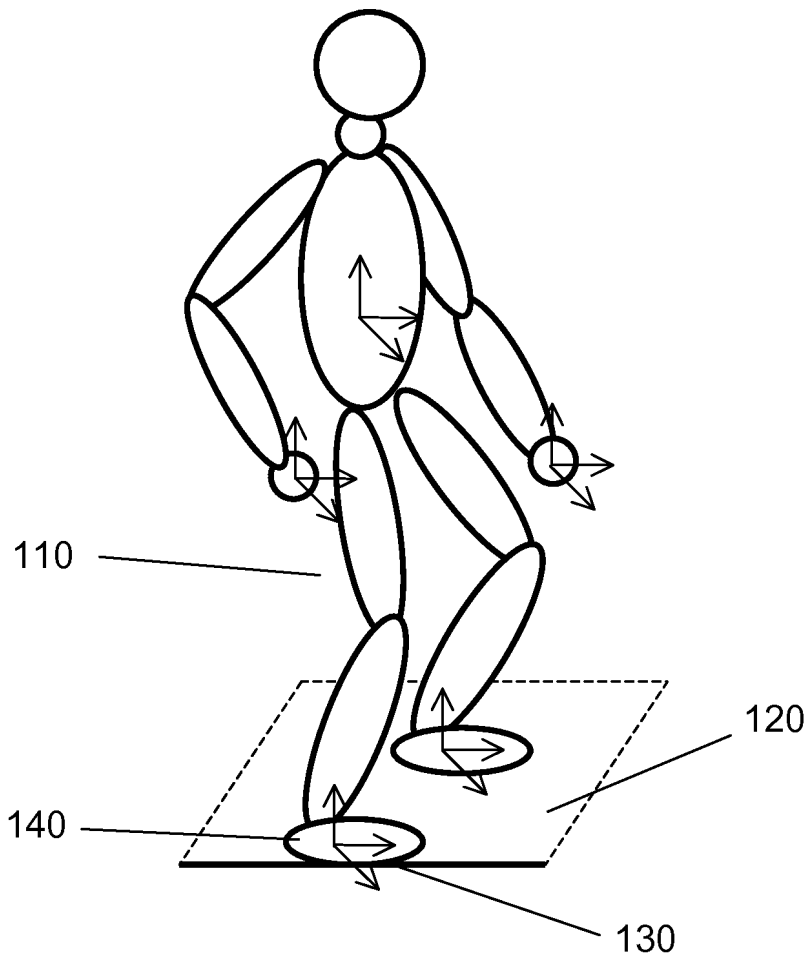
[0122] 본 발명의 문헌 내에서, NAOQI의 하기 모듈이 특히 유용하다:

\*-NAOQI의 다양한 모듈들 간에 공유된 메모리를 관리하고, 특히 초기화 시에 로딩되는 구성 요소를 수용하는 알 메모리 모듈(ALMemory module; 1010);

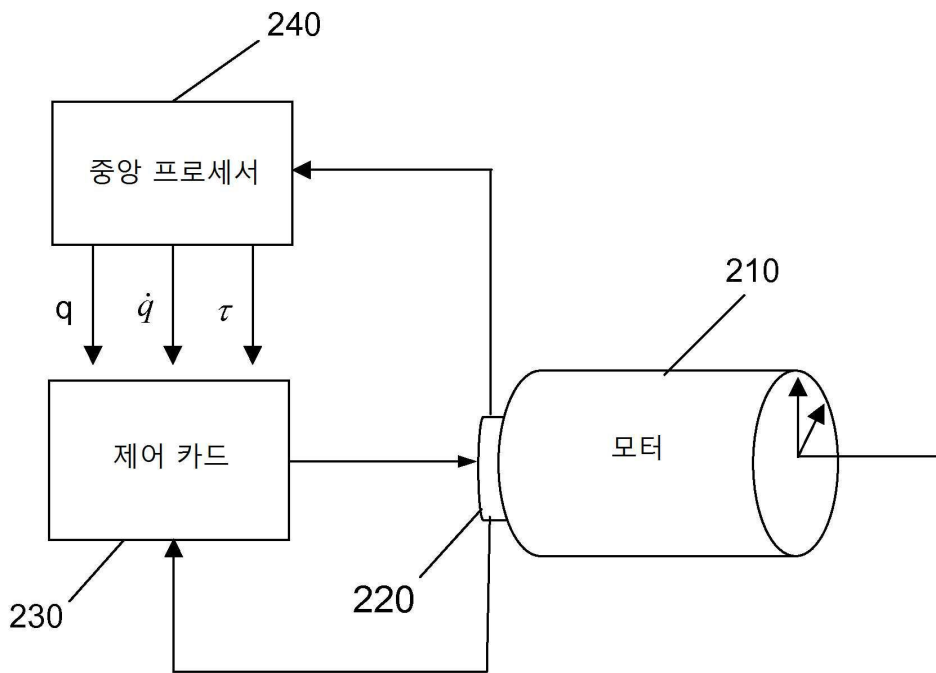
- [0123] 삭제
- [0124] -물리적 로봇(모터, 센서)과의 통신을 관리하는 DCM 모듈(1020);
- [0125] -로봇의 동작을 관리하는 알모션 모듈(ALMotion module, 1030); 코드는 이 모듈 내에서 본 발명을 실시하기 위한 알고리즘의 수행을 허용함.
- [0126] 이들 3개의 모듈은 바람직하게는 C++로 코딩된다. 도면은 또한 모듈들 간의 데이터 흐름을 나타낸다.  
\*-알모션 모듈(1030)은 알메모리 모듈(1010)로부터 센서 데이터(관성 플랫폼, FSR, 관절 각도, 등)를 복구하고;
- [0127] 삭제
- [0128] -이는 DCM 모듈(1020)에 이의 결과를 통신하고 관절의 강성 계수를 계산하는 단계를 수행하며,
- [0129] -이 모듈은 이들 계수의 적용으로부터 야기되는 관절 각도에 대한 구속 값을 알메모리 모듈(1010)에 전송함(동시에 다른 센서의 값).
- [0130] 본 명세서에 기술된 예는 본 발명의 실시 형태의 도면에 의하여 주어진다. 실시예는 본 발명의 분야를 제한하지 않고, 다음의 청구항에 의해 규정된다

**도면**

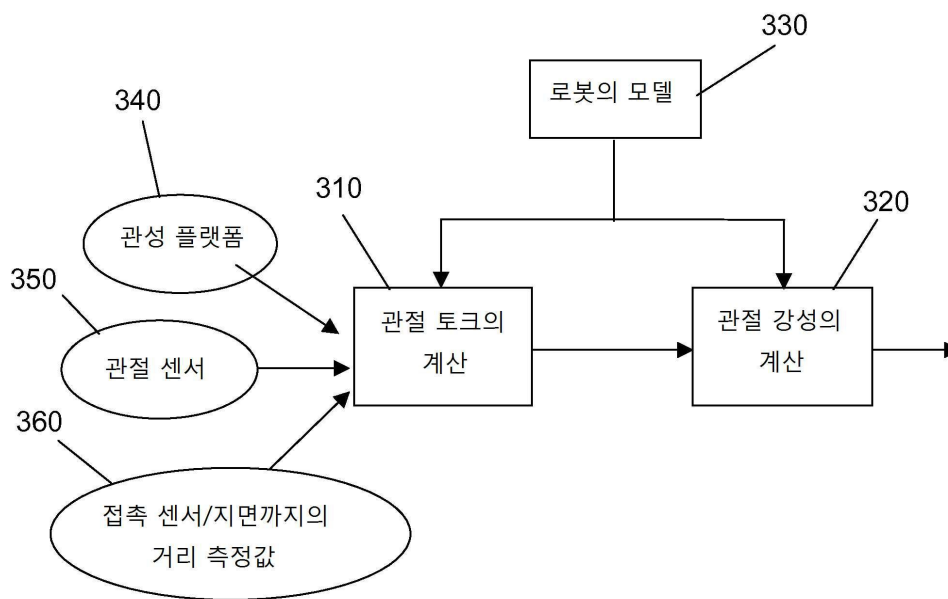
**도면1**



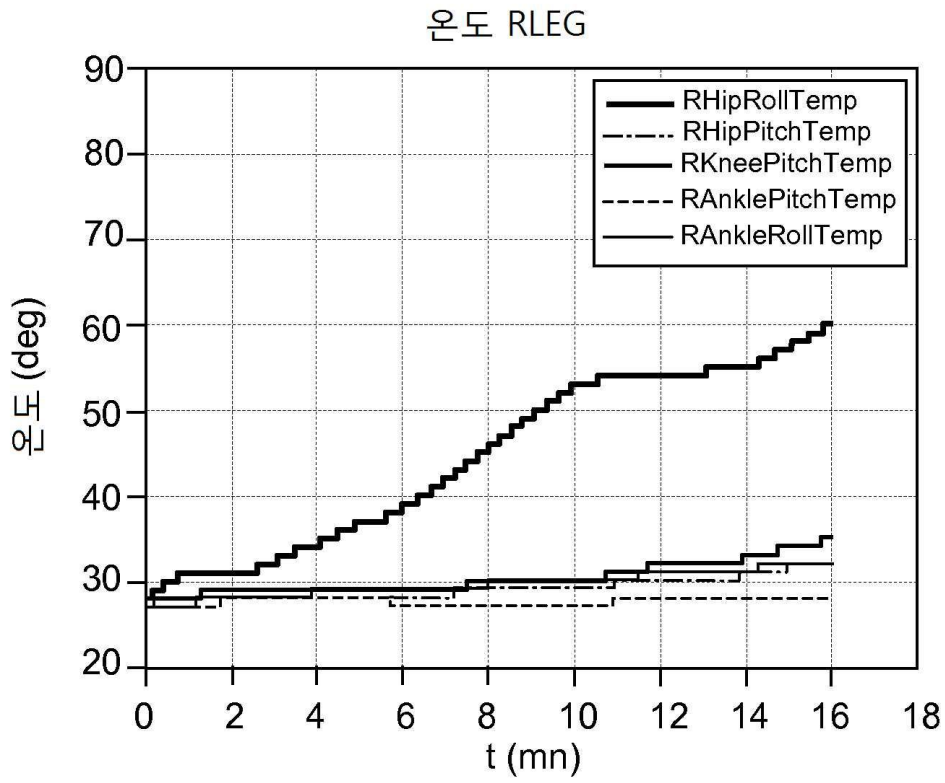
도면2



도면3

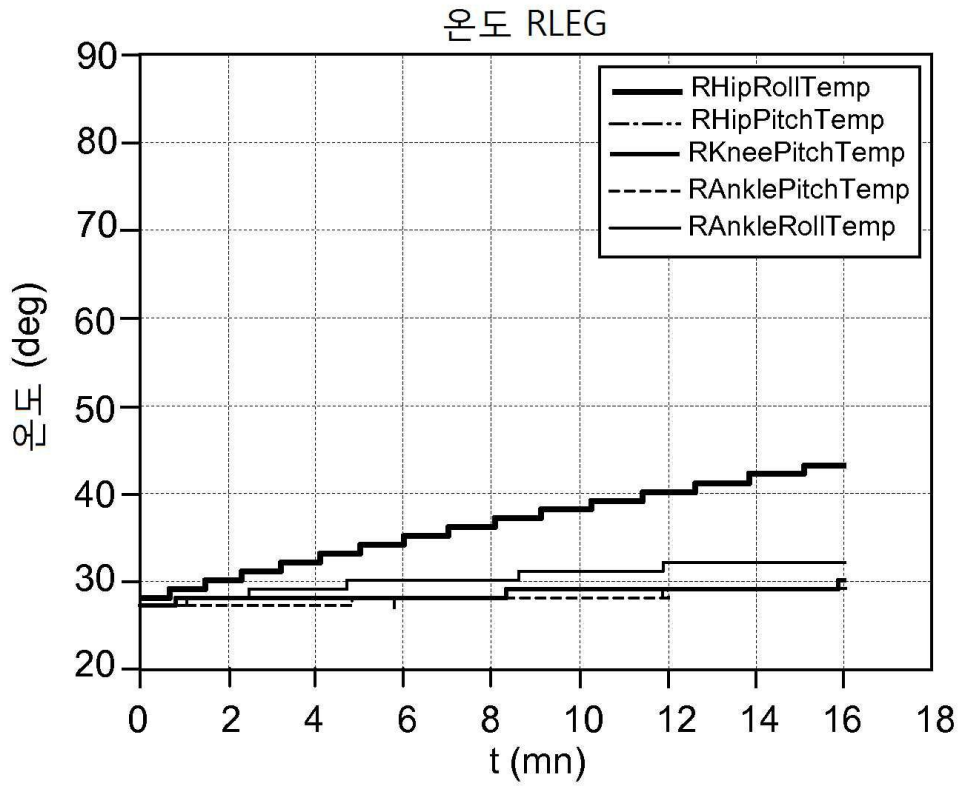


도면4a



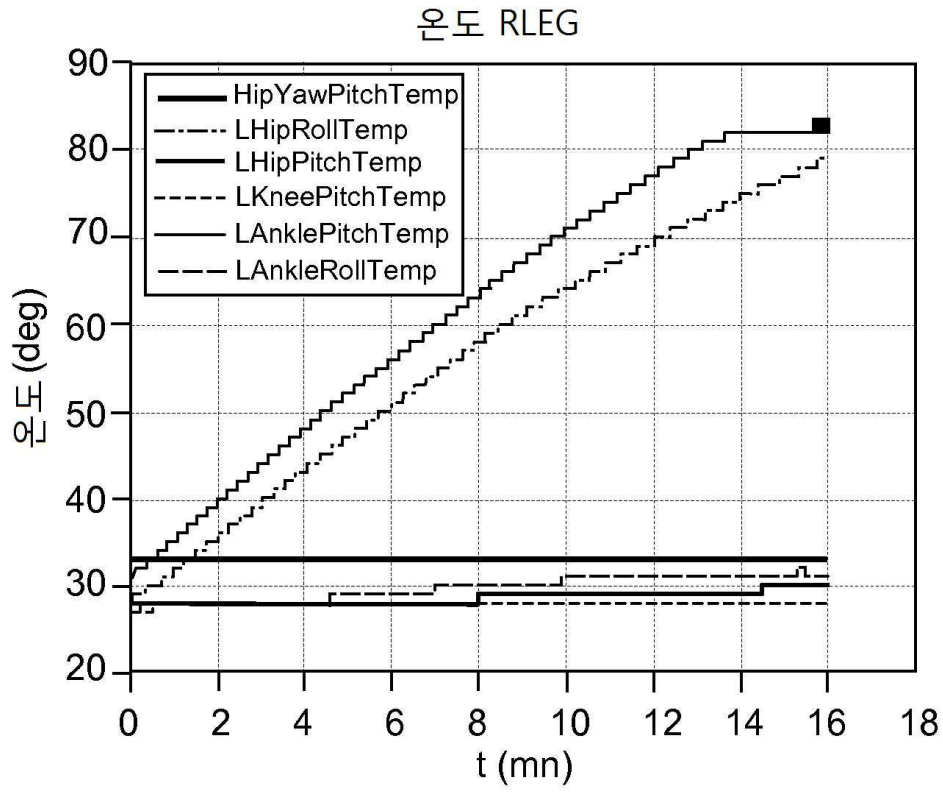
종래기술에 따른 온도의 전개

도면4b



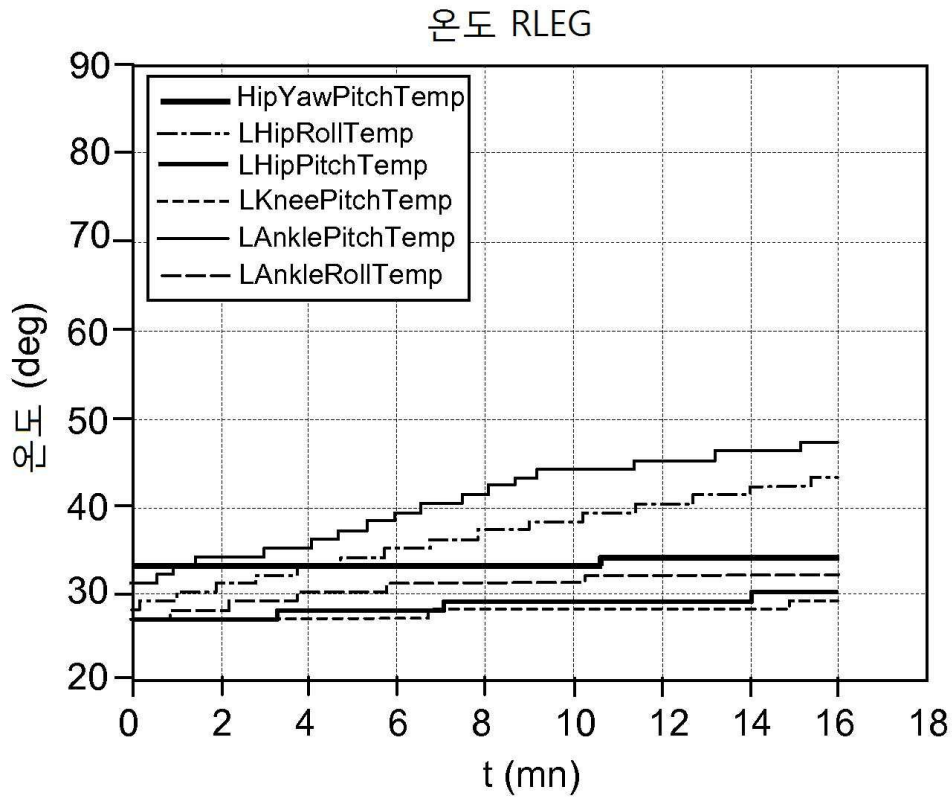
본 발명의 실시 형태에 따른 온도의 전개

도면5a



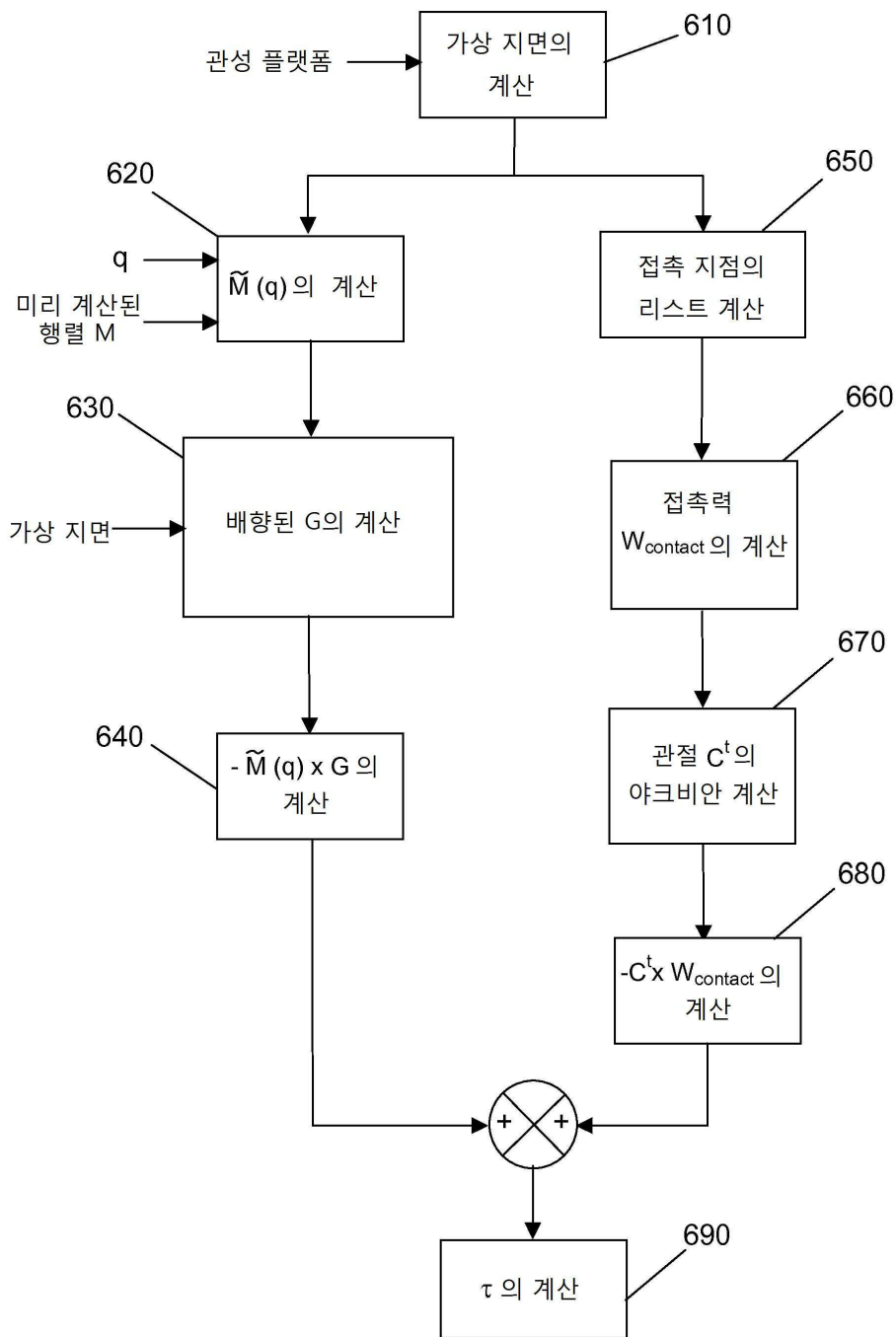
종래기술에 따른 온도의 전개

도면5b

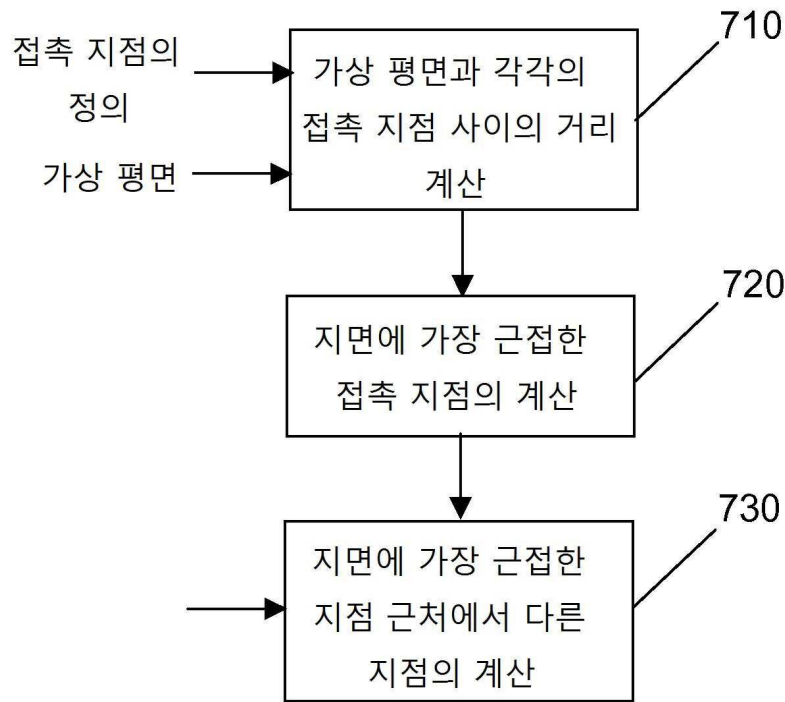


본 발명의 실시형태에 따른 온도의 전개

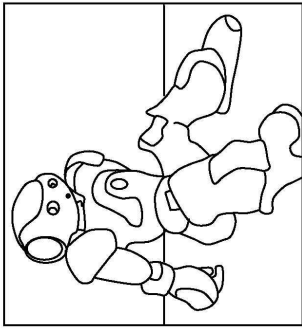
도면6



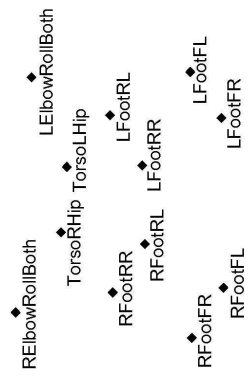
도면7



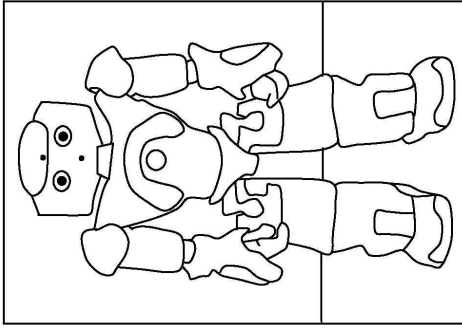
도면8



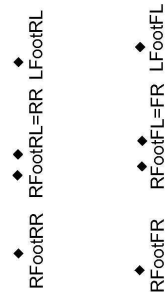
도. 8a



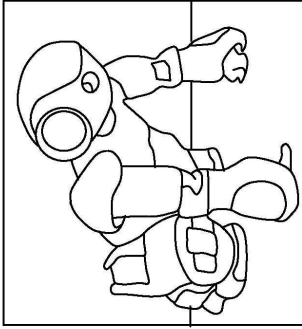
도. 8b



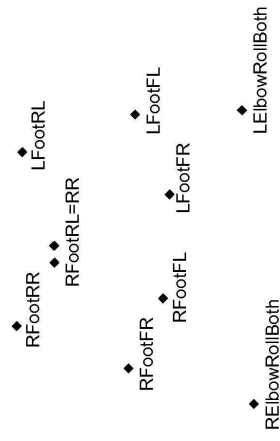
도. 8c



도. 8d

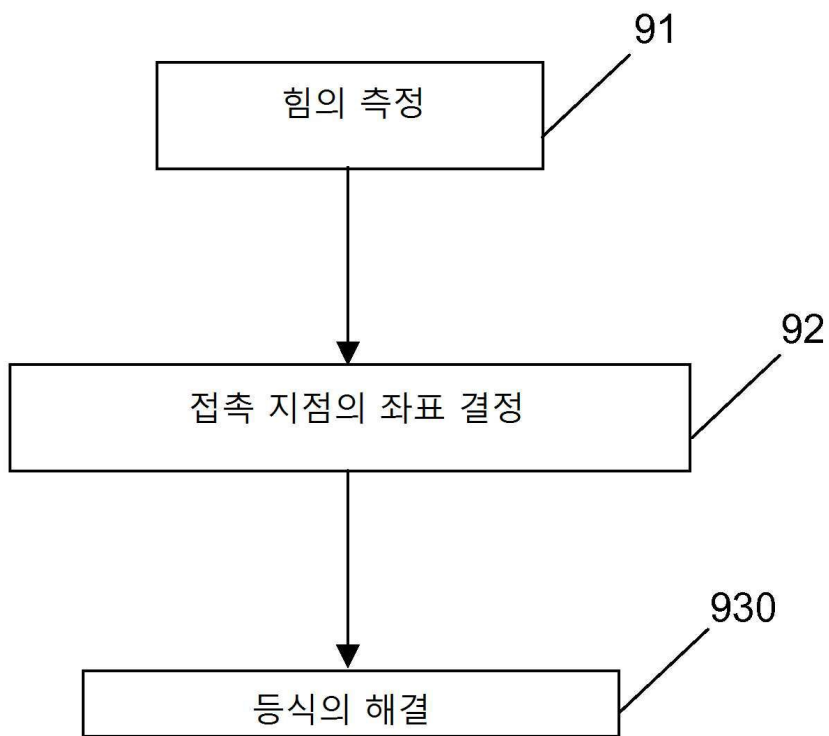


도. 8e



도. 8f

도면9



도면10

