

발명의 설명

발명의 명칭: 다족 보행 로봇의 블라인드

드 보행 제어 방법 및 이를 이용하는 로봇

기술분야

- [1] 본 발명은 복수의 다리를 갖는 로봇이 비전 센서 정보를 이용하지 않고 보행할 수 있도록 하는 블라인드 보행(blind walking)을 위한 제어 방법에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 로봇(Robot)은 프로그래밍된 가변 모션들을 통해 특정한 동작 및 작업 등을 수행 가능하도록 설계된 다기능 매니퓰레이터를 의미한다. 로봇은 제조, 수송, 탐사, 의료, 감시, 또는 순찰 등을 포함하는 다양한 산업들에서 널리 이용되고 있다.
- [3] 로봇은 산업용 로봇 팔과 같이 특정 위치에 물리적으로 고정되도록 구성될 수도 있으나, 하나 이상의 다리(leg), 또는 휠(wheel)을 구비하여 이동 가능하도록 구성될 수도 있다. 이동 가능한 로봇의 경우, 고정식 로봇에 비해 더욱 폭넓은 활용 및 응용이 가능하다.
- [4] 이동 가능한 로봇의 대표적인 예가, 하나 이상의 다리를 갖는 다족 로봇이다. 다족 로봇은 이동 중에 가급적 장애물들을 밟거나 장애물들과 부딪치지 않아야 하며, 장애물들과의 접촉을 회피하면서 로봇의 균형 및 속도를 안정적으로 유지하기 위한 보행 제어 기술이 요구된다.

발명의 내용

기술적 과제

- [5] 본 발명의 실시예들을 통해 해결하고자 하는 기술적 과제는, 복수의 다리를 갖는 로봇이 비전 센서 정보를 이용하지 않고도 안정적으로 보행 이동할 수 있도록 하는 다족 보행 로봇의 블라인드 보행 제어 방법 및 이를 이용하는 로봇을 제공하는 것이다.
- [6] 본 발명의 기술적 과제들은 이상에서 언급한 기술적 과제들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 기술적 과제들은 아래의 기재로부터 본 발명의 기술분야에서의 통상의 기술자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제 해결 수단

- [7] 상기 기술적 과제를 해결하기 위한, 본 발명의 실시예들에 따른 다족 보행 로봇의 블라인드 보행 제어 방법은, 평지 기반으로 결정된 궤적에 따라, 제1 터치다운(touchdown) 위치를 향해 제1 다리를 스윙(swing)시키는 단계; 상기 제1 다리의 스윙 동작 중 지형의 변화가 감지되는 경우, 상기 제1 터치 다운 위치와 상이한 제2 터치다운 위치에 상기 제1 다리가 착지되도록 상기 제1 다리의 스윙 동작을 제어하는 단계; 상기 제2 터치다운 위치를 포함하는 지형 정보를 구성하는 단계; 및 상기 구성된 지형 정보에 기초하여, 상기 제1 다리에 후행하는 제2 다리의 스윙 동작을 위한 궤적을 결정하는 단계;를 포함한다.

- [8] 상기 다족 보행 로봇의 블라인드 보행 제어 방법 중 적어도 일부는 컴퓨터에서 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체로 구현될 수 있으며, 프로그램 그 자체로 제공될 수 있다.
- [9] 한편, 상기 다족 보행 로봇의 블라인드 보행 제어 방법은 본 발명의 실시예에 따른 다족 보행 로봇에 의해 수행될 수 있다.
- [10] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 다족 보행 로봇은, 프로세서; 상기 프로세서에 의해 실행되는 컴퓨터 프로그램을 로드(load)하는 메모리; 및 상기 컴퓨터 프로그램을 저장하는 스토리지를 포함하되, 상기 컴퓨터 프로그램은, 평지 기반으로 결정된 궤적에 따라, 제1 터치다운 위치를 향해 제1 다리를 스윙시키는 동작, 상기 제1 다리의 스윙 동작 중 지형의 변화가 감지되는 경우, 상기 제1 터치다운 위치와 상이한 제2 터치다운 위치에 상기 제1 다리가 착지되도록 상기 제1 다리의 스윙 동작을 제어하는 동작, 상기 제2 터치다운 위치를 포함하는 지형 정보를 구성하는 동작, 및 상기 구성된 지형 정보에 기초하여, 상기 제1 다리에 후행하는 제2 다리의 스윙 동작을 위한 궤적을 결정하는 동작을 실행하기 위한 인스트럭션들을 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [11] 본 발명의 실시예에 따르면, 다족 보행 로봇이 비전 센서 정보를 이용하지 않고 블라인드 보행함에 있어, 평지 기반으로 결정된 궤적에 따라 로봇이 이동하는 과정에서 지형의 변화가 감지되는 경우 선행하는 다리에 블라인드 보행 제어를 적용하고, 블라인드 보행 제어에 따라 획득되는 지형 정보를 후행하는 다리에 적용해 스윙 궤적을 결정하도록 함으로써, 로봇의 불안정한 동작이 발생될 수 있는 환경이 반복되지 않도록 하며, 그에 따라 보다 안정적인 블라인드 보행이 가능하도록 할 수 있다.
- [12] 본 발명의 기술적 효과들은 이상에서 언급한 기술적 효과들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 기술적 효과들은 아래의 기재로부터 본 발명의 기술분야에서의 통상의 기술자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

- [13] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 복수의 다리를 갖는 다족 보행 로봇의 예시적인 형태들을 나타내는 도면이다.
- [14] 도 2는 다족 보행 로봇의 보행을 위한 다리의 스윙 동작에 대한 일실시예를 설명하기 위한 도면이다.
- [15] 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 다족 보행 로봇의 블라인드 보행 제어 방법을 나타내는 흐름도이다.
- [16] 도 4 내지 도 9는 다족 보행 로봇의 블라인드 보행을 제어하는 방법에 대한 실시예들을 설명하기 위한 도면들이다.
- [17] 도 10 내지 도 13은 다족 보행 로봇의 이동에 따라 구성되는 지형 정보 및 그에 따른 다리들의 스윙 동작에 대한 실시예들을 설명하기 위한 도면들이다.

- [18] 도 14는 본 발명의 일 실시예에 따른 다족 보행 로봇의 구성을 나타내는 블록도이다.

발명의 실시를 위한 형태

- [19] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예들을 상세히 설명한다. 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명의 기술적 사상은 이하의 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있으며, 단지 이하의 실시예들은 본 발명의 기술적 사상을 완전하도록 하고, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 본 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명의 기술적 사상은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다.
- [20] 각 도면의 구성요소들에 참조부호를 부가함에 있어서, 동일한 구성요소들에 대해서는 비록 다른 도면상에 표시되더라도 가능한 한 동일한 부호를 가지도록 하고 있음에 유의해야 한다. 또한, 본 발명을 설명함에 있어, 관련된 공지 구성 또는 기능에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명은 생략한다.
- [21] 다른 정의가 없다면, 본 명세서에서 사용되는 모든 용어(기술 및 과학적 용어를 포함)는 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 공통적으로 이해될 수 있는 의미로 사용될 수 있다. 또 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 용어들은 명백하게 특별히 정의되어 있지 않는 한 이상적으로 또는 과도하게 해석되지 않는다. 본 명세서에서 사용된 용어는 실시예들을 설명하기 위한 것이며 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다. 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다.
- [22] 또한, 본 발명의 구성 요소를 설명하는 데 있어서, 제1, 제2, A, B, (a), (b) 등의 용어를 사용할 수 있다. 이러한 용어는 그 구성 요소를 다른 구성 요소와 구별하기 위한 것일 뿐, 그 용어에 의해 해당 구성 요소의 본질이나 차례 또는 순서 등이 한정되지 않는다. 어떤 구성 요소가 다른 구성요소에 "연결", "결합" 또는 "접속"된다고 기재된 경우, 그 구성 요소는 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되거나 또는 접속될 수 있지만, 각 구성 요소 사이에 또 다른 구성 요소가 "연결", "결합" 또는 "접속"될 수도 있다고 이해되어야 할 것이다.
- [23] 이하, 본 발명의 몇몇 실시예들에 대하여 첨부된 도면에 따라 상세하게 설명한다.
- [24] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른, 복수의 다리들을 갖는 다족 보행 로봇의 예시적인 형태를 도시한 개요도이다.
- [25] 도 1을 참조하면, 로봇(100)은 보행 이동이 가능한 로봇으로서, 도 1의 (a)에 도시된 바와 같이 두 개의 다리들을 갖는 휴머노이드 로봇일 수도 있고, 도 1의 (b)에 도시된 바와 같이 네 개의 다리들을 갖는 사족 보행 로봇일 수도 있다.

- [26] 그러나, 본 발명의 범위는 도 1에 도시된 로봇의 형태에 한정되지 않는다. 예를 들어, 로봇(100)은 세 개, 다섯 개, 또는 그 이상의 개수의 다리를 가질 수 있으며, 휴머노이드 로봇 또는 사족 보행 로봇 외에 다양한 형상을 가질 수 있다.
- [27] 도 1의 (a)를 참조하면, 로봇(100)은 본체(110)와 2 개의 다리들(120, 121)을 포함할 수 있으며, 각각의 다리(120, 121)는 본체(110)에 결합되고, 다리 관절에 의해 분리된 상부 부분 및 하부 부분을 가질 수 있다.
- [28] 한편, 도 1의 (b)를 참조하면, 로봇(100)은 본체(115)와 4 개의 다리들(125, 126, 127, 128)을 포함할 수 있으며, 각각의 다리(125, 126, 127, 128)는 본체(110)에 결합되고, 다리 관절에 의해 분리된 상부 부분 및 하부 부분을 가질 수 있다.
- [29] 예를 들어, 로봇(100)은 본체(110, 115) 상에 배치되고 본체(110, 115)에 대해 움직일 수 있도록 구성된 관절식 팔(articulated arm) 과 같은 하나 이상의 부속물을 더 포함할 수 있다. 상기 관절식 팔의 말단에는 물체들을 잡거나/파지하기 위한 그리퍼(gripper) 등과 같은 하나 이상의 툴들(tools)이 구비될 수 있다.
- [30] 로봇(100)은 하나의 이미징 센서(imaging sensor) 또는 카메라를 구비한 비전 시스템(vision system)을 포함할 수 있으며, 예를 들어 하나 이상의 카메라와 하나 이상의 2차원 또는 3차원 라이다(LiDAR) 센서가 로봇(100)에 장착될 수 있으나, 본 발명은 이에 한정되지 아니한다.
- [31] 로봇(100)에 장착된 각각의 센서 또는 카메라는, 로봇(100)을 주변의 환경 및 지형에 대한 이미지 데이터나 센서 데이터를 수집한다. 비전 시스템은 로봇(100)의 시야를 임의의 방향으로 이동시키기 위해 카메라를 패닝(panning) 또는 틸팅(tilting)시킬 수 있다. 비전 시스템의 카메라들 또는 센서들에 의해 수집된 이미지 데이터 또는 센서 데이터는 로봇(100)의 중앙 처리 장치에 제공될 수 있다.
- [32] 또한, 로봇(100)은, 상기한 카메라와 라이다 센서 등과 같은 비전 센서들 이외에, 로봇의 동역학 상태를 측정하기 위한 센서들을 추가로 구비할 수 있다.
- [33] 예를 들어, 로봇(100)의 동역학 상태는 로봇의 관성, 각 관절의 각도, 힘, 자세, 위치 또는 상태, 관절과 이어진 각 구성의 속도, 또는 가속도, 로봇의 무게 중심 등을 포함할 수 있다.
- [34] 상기한 바와 같은 로봇(100)의 동역학 상태를 측정하기 위해, 로봇(100)에는 관성을 측정하기 위한 IMU(Inertial Measurement Unit) 센서, 관절의 각도를 측정하기 위한 각도 센서, 관절의 힘을 측정하기 위한 전류 센서 등을 포함할 수 있으나, 본 발명은 이에 한정되지 아니한다.
- [35] 로봇(100)은 각각의 다리를 사전 계획된 궤적을 따라 스윙(swing)함으로써, 보행 이동한다. 다리의 스윙 주기는 리프팅 페이즈(lifting phase)와 터치다운 페이즈(touchdown phase)를 포함한다. 리프팅 페이즈는 지면에 닿은 다리를 들어올려 스윙 궤적의 최고점에 이를 때까지의 구간을 의미하고, 터치다운 페이즈는 다리가 스윙 궤적의 최고점부터 하강하여 지면에 착지(또는, 터치다운)할 때까지의 구간을 의미한다.

- [36] 도 2를 참조하면, 로봇의 보행할 때의 다리의 스윙 주기가 도시된다. 다리의 스윙 주기는, 다리가 지면에 착지된 상태인 시간 t_0 에서 시작하여 다리가 스윙하여 최고점에 도달한 t_1 을 거쳐 다리가 다시 지면에 착지하게 되는 t_2 에 이르러 종료된다.
- [37] 이때, 다리가 지면에서 들어올려져 최고점에 도달할 때까지인, t_0 에서 t_1 까지의 구간은 리프팅 페이즈가 되고, 최고점에서 다리가 하강하여 다리가 지면에 다시 착지할 때까지인 t_1 에서 t_2 까지의 구간은 터치다운 페이즈가 된다.
- [38] 본 발명의 일실시예에 따른 로봇(100)은, 카메라와 라이다 센서 등과 같은 비전 센서들을 이용하지 아니하고, 로봇(100)의 동역학 상태만을 기초로 하여 보행하는 블라인드 보행(blind walking)이 가능할 수 있다.
- [39] 블라인드 보행은, 로봇(100)에 카메라와 라이다 센서 등과 같은 비전 시스템이 구비되지 않은 경우에 수행될 수 있으나, 본 발명은 이에 한정되지 아니하며, 로봇(100)에 비전 시스템이 구비된 경우에도 주변 상황에 따라 비전 센서들 이용한 보행이 어려울 때 수행될 수도 있다.
- [40] 본 발명의 실시예에 따르면, 다족 보행 로봇(100)이 비전 센서 정보를 이용하지 않고 블라인드 보행함에 있어, 평지 기반으로 결정된 궤적에 따라 로봇(100)이 이동하는 과정에서 지형의 변화가 감지되는 경우 선행하는 다리에 블라인드 보행 제어를 적용하고, 블라인드 보행 제어에 따라 획득되는 지형 정보를 후행하는 다리에 적용해 스윙 궤적을 결정하도록 함으로써, 로봇의 불안정한 동작이 발생할 수 있는 환경이 반복되지 않도록 하며, 그에 따라 보다 안정적인 블라인드 보행이 가능하도록 할 수 있다.
- [41]
- [42] 이하, 도 3 내지 도 9를 참조하여, 본 발명에 따른 다족 보행 로봇의 블라인드 보행 제어 방법에 대한 실시예들을 보다 상세히 설명하기로 한다.
- [43] 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 다족 보행 로봇의 블라인드 보행 제어 방법을 흐름도로 도시한 것이다.
- [44] 도 3을 참조하면, 로봇(100)은, 평지 기반으로 결정된 궤적에 따라, 제1 터치다운(touchdown) 위치를 향해 제1 다리를 스윙(swing) 시킨다(S300 단계).
- [45] 로봇(100)이 블라인드 보행을 하는 경우, 지형이 평지인 것을 가정하여, 평지를 기준으로 보행 궤적이 제어될 수 있다.
- [46] 예를 들어, 도 4에 도시된 바와 같이, 로봇(100)의 제1 다리(125)가 착지되는 위치인 제1 터치다운 위치(A)는, 로봇(100)이 보행하는 지면(400)의 지형이 평지라고 가정한 상태에서 결정될 수 있다.
- [47] 한편, 로봇(100)의 제1 다리(125)가 제1 터치다운 위치(A)에 착지된 후, 후행하는 제2 다리(127)가 스윙되어 착지될 수 있으며, 제2 다리(127)가 착지되는 터치다운 위치 또한 지면(400)의 지형이 평지라고 가정한 상태에서 결정될 수 있다.
- [48] 여기서, 제3 다리(126)는 제2 다리(127)와 함께 스윙될 수 있으며, 제3 다리(126)가 착지되는 터치다운 위치도 평지를 기준으로 하여 결정될 수 있다.

- [49] 그리고 제4 다리(128)는 제1 다리(125)와 함께 스윙될 수 있으며, 제4 다리(128)가 착지되는 터치다운 위치 또한 평지를 기준으로 하여 결정될 수 있다.
- [50] 도 4를 참조하여 설명한 로봇(100)의 스윙 동작 및 궤적은 블라인드 보행을 설명하기 위한 예시로서, 본 발명은 이에 한정되지 아니하며, 각 다리들(125, 126, 127, 128)의 스윙 순서 등은 변경 가능할 수 있다.
- [51] 제1 다리의 스윙 동작 중에 지형의 변화가 감지되는 경우(S310 단계), 제1 터치다운 위치와 상이한 제2 터치다운 위치에 제1 다리가 착지되도록 제1 다리의 스윙 동작을 제어한다(S320 단계).
- [52] 한편, S310 단계에서 지형의 변화가 감지되지 않는 경우에는, 후행하는 나머지 다리들도 평지 기반으로 결정된 착지 위치에 따라 스윙 되어, 로봇(100)이 보행할 수 있다.
- [53] S310 단계에서 감지되는 지형의 변화는, 로봇(100)이 보행하는 지면의 높이의 변화 및 경사도의 변화 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [54] 예를 들어, 도 5에 도시된 바와 같이, 로봇(100)이 보행하는 지형에, 평지인 제1 지면(400) 보다 높은 제2 지면(410)이 존재할 수 있으며, 제1 지면(400)과 제2 지면(410) 사이에 경사면(530)이 형성될 수 있다.
- [55] 이 경우, 제1 지면(400)과 제2 지면(410) 사이 높이 차(H)에 의해, 평지 기준으로 결정된 제1 다리(125)의 착지 위치인 제1 터치다운 위치(A)는 지면 아래에 위치하게 되며, 그에 따라 로봇(100)의 제1 다리(125)는 제1 터치다운 위치(A)에 착지하기 이전에 제2 지면(410)에 충돌하게 될 수 있다.
- [56] 이와 같이, 제1 다리(125)가 제1 터치다운 위치(A)에 착지하기 이전에 제2 지면(410)과의 충돌에 의한 충격이 감지되는 경우, 로봇(100)이 보행하는 지면의 지형이 변화된 것으로 판단될 수 있다.
- [57] 예를 들어, S310 단계에서, 제1 다리(125)의 터치다운 페이즈에서 측정되는 로봇(100)의 동역학 상태를 기초로 하여 제1 다리(125)에 가해지는 충격이 감지될 수 있으며, 로봇(100)의 동역학 상태는 로봇에 대한 관성 정보, 관절의 각도 정보, 관절의 힘 정보 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [58] 구체적으로, 로봇(100)이 보행하는 동안, IMU 센서에 의해 로봇의 관성이 측정되고, 각 관절의 각도와 함께 전류 센서를 통한 각 관절의 힘이 측정될 수 있으며, 제1 다리(125)가 제1 터치다운 위치(A)에 착지하는 과정에서 위와 같이 측정되는 관성, 관절의 각도 및 힘을 기초로 하여 제1 다리(125)가 제2 지면(410)에 접촉해 가해지는 충격이 감지될 수 있다.
- [59] 로봇(100)이 평지를 기준으로 보행 궤적을 제어하는 과정에서 상기한 바와 같은 지형 변화에 따른 충격이 감지되는 경우, 블라인드 보행 제어(blind walking control) 알고리즘이 적용되어 일정 범위의 높이 변화량 또는 경사도 변화량에 대해서는 이를 극복하고 새로운 터치다운 위치에 다리가 착지되도록 할 수 있다.

- [60] 예를 들어, 로봇(100)의 제1 다리(125)가 제1 터치다운 위치(A)에 착지하기 이전에 충격이 감지되는 경우, 충격이 감지된 위치와 로봇(100)의 동역학 상태 등을 고려하여 해당 위치를 새로운 터치다운 위치로 결정할 수 있다.
- [61] 도 6을 참조하면, 로봇(100)이 평지인 제1 지면(400)을 보행하는 상태에서, 제1 다리(125)의 다음 착지 위치인 제1 터치다운 위치(A)가 평지를 기준으로 설정되며, 제1 터치다운 위치(A)가 제1 지면(400)보다 높은 제2 지면(410) 아래에 위치할 수 있다.
- [62] 도 7을 참조하면, 제1 다리(125)가 제1 터치다운 위치(A)를 향해 스윙 되어 착지하는 과정에서, 높이 차(H)에 의해 제1 다리(125)는 제2 지면(410)에 충돌하게 되며, 그에 따라 상기한 바와 같이 로봇(100)의 동역학 상태에 기초하여 충격이 감지될 수 있다.
- [63] 이 때, 제2 지면(410)의 높이(H)가 일정 높이 이하인 경우에는, 블라인드 보행 제어 알고리즘에 따라 높이 차(H)가 극복되어, 제1 다리(125)의 착지 위치가 이전에 설정된 제1 터치다운 위치(A)에서 제2 지면(410) 상의 제2 터치다운 위치(B)로 변경될 수 있다.
- [64] S320 단계에서 제1 다리(125)가 제2 터치다운 위치에 착지되면, 로봇(100)은 제2 터치다운 위치를 포함하는 지형 정보를 구성한다(S330 단계).
- [65] S330 단계에서, 지형 정보는 제2 터치다운 위치의 3차원 좌표 정보를 포함할 수 있으며, 3차원 좌표 정보는 로봇 내부 좌표계 상에서 제2 터치다운 위치를 나타낼 수 있다.
- [66] 한편, 지형 정보는 로봇(100)이 보행하면서 다리들이 착지한 위치들에 대한 정보를 포함하여, 로봇 내부 좌표계 상의 가상 맵(virtual map) 형태로 구성되어 메모리에 저장되며, 이후 로봇(100)의 보행 궤적 제어에 활용될 수 있다.
- [67] 이를 위해, 로봇(100)이 보행하는 동안 제1 다리(125)의 착지 위치들에 각각 대응되는 3차원 좌표 정보가 수집되고, 수집된 3차원 좌표 정보에 따라 제1 다리(125)의 인접한 착지 위치들 사이를 내삽(interpolation)하여 로봇(100)이 보행하는 지형에 대한 좌표 정보가 생성되며, 생성된 지형에 대한 좌표 정보가 메모리에 저장될 수 있다.
- [68] 즉, 상기한 바와 같이 순차적으로 수집되는 인접한 착지 위치들 사이를 내삽하여 서로 연결함으로써, 로봇(100)이 보행하는 지형에 대한 정보가 가상 맵으로 생성될 수 있다.
- [69] 그 후, 로봇(100)은, S330 단계에서 구성된 지형 정보에 기초하여, 제1 다리에 후행하는 제2 다리의 스윙 동작을 위한 궤적을 결정한다(S340 단계).
- [70] 예를 들어, 제2 다리의 착지 위치는 평지를 기반으로 하여 제3 터치다운 위치로 결정되어 있을 수 있으며, 앞선 제1 다리의 터치다운 페이즈에서 지형 변화가 감지되어 제1 다리의 착지 위치가 변경된 경우에는, 제2 다리의 착지 위치가 기존 제3 터치다운 위치에서 제4 터치다운 위치로 변경될 수 있다.

- [71] 이 때, 로봇 내부 좌표계의 3차원 좌표 상에서, 평지 기반으로 결정된 제2 다리의 제3 터치다운 위치와 제1 다리의 제1 터치다운 위치는 동일한 높이를 가지며, 제2 다리의 새로운 착지 위치인 제4 터치다운 위치는 제1 다리의 변경된 제2 터치다운 위치와 동일한 높이를 가지도록 결정될 수 있다.
- [72] 도 8을 참조하면, 로봇(100)의 제1 다리(125)가 제2 지면(410) 상에 착지된 상태에서, 후행하는 제2 다리(127)의 착지 위치는 평지를 가정하여 제3 터치다운 위치(C)로 설정되며, 제3 터치다운 위치(C)는 제2 지면(410) 아래에 위치할 수 있다.
- [73] 이 경우, 앞선 제1 다리(125)의 스윙 동작에서 파악된 지형 정보(예를 들어, 제2 지면(410) 상의 제2 터치다운 위치(B)에 대한 3차원 좌표 정보)에 기초하여, 제2 다리(127)의 착지 위치가 제2 지면(410) 상의 제4 터치다운 위치(D)로 변경 설정될 수 있다.
- [74] 도 9를 참조하면, 제2 다리(127)의 착지 위치가 제3 터치다운 위치(C)에서 제2 지면(410) 상의 제4 터치다운 위치(D)로 미리 변경 설정되어, 제2 다리(127)는 변경된 궤적에 따라 제4 터치다운 위치(D)를 향해 스윙될 수 있다.
- [75] 상기한 바와 같이, 후행하는 제2 다리(127)는 제2 지면(410) 상의 제4 터치다운 위치(D)로 착지 위치가 변경된 상태에서 스윙 동작을 시작하므로, 제1 다리(125)의 착지 시 제2 지면(410)과의 충돌에 따른 충격이 반복하여 발생되지 않으며, 지면의 높이 차(H)를 극복하기 위한 블라인드 보행 제어 알고리즘이 반복하여 수행될 필요가 없을 수 있다.
- [76]
- [77] 이하, 도 10 내지 도 13을 참조하여, 다족 보행 로봇의 이동에 따라 구성되는 지형 정보 및 그에 따른 다리들의 스윙 동작에 대한 실시예들을 보다 상세히 설명하기로 한다.
- [78] 도 10을 참조하면, 로봇(100)이 보행하는 동안 수집되는 제1 다리(125)의 착지 위치들을 이용하여 지형 정보를 나타내는 로봇 내부 좌표계 상의 3차원 좌표들을 가지는 가상 맵(1000)이 생성될 수 있다.
- [79] 한편, 제1 다리(125)에 후행하는 제2 다리(127)는, 위와 같이 생성된 가상 맵(1000)에 따른 지형 정보에 기초하여 착지 위치들이 결정될 수 있다.
- [80] 구체적으로, 도 10의 (a)의 경우, 로봇(100)의 제1 다리(125)와 제2 다리(127)는 평지 기준으로 결정된 궤적에 따라 착지 위치들이 설정되어 보행할 수 있다.
- [81] 로봇(100)의 보행 중 도 10의 (b)에 도시된 바와 같이 일정 범위 이내의 높이(h1)만큼 높은 지면이 존재하는 경우, 제1 다리(125)의 평지 기반 터치다운 페이즈에서 높은 지면과의 충돌이 발생하고, 그에 따라 제1 다리(125)의 착지 위치가 높은 지면 상의 제2 터치다운 위치(B)로 변경될 수 있다.
- [82] 이 경우, 제1 다리(125)의 변경된 착지 위치에 따라 해당 지면의 위치 및 높이(h1) 등이 3차원 가상 맵(1000)에 반영되며, 해당 지형 정보를 가지는 가상 맵(1000)에 기초하여 후행하는 제2 다리(127)의 착지 위치가 변경 설정될 수 있다.

- [83] 도 10의 (c)를 참조하면, 가상 맵(1000)의 지형 정보에 따라 제2 다리(127)의 착지 위치가 높은 지면상의 제4 터치다운 위치(D)로 변경되고, 제2 다리(127)는 제4 터치다운 위치(D)를 착지 위치로 하여 스윙 동작될 수 있다.
- [84] 도 11의 (a)의 경우, 로봇(100)의 제1 다리(125)와 제2 다리(127)는 평지 기준으로 결정된 궤적에 따라 착지 위치들이 설정되어 보행할 수 있다.
- [85] 로봇(100)의 보행 중 도 11의 (b)에 도시된 바와 같이 일정 범위 이내의 깊이(h2) 만큼 낮은 지면이 존재하는 경우, 제1 다리(125)의 터치다운 페이지스에서 평지 기반으로 설정된 제1 터치다운 위치(A)를 지나 낮은 지면과의 충돌이 발생하고, 그에 따라 제1 다리(125)의 착지 위치가 낮은 지면 상의 제2 터치다운 위치(B)로 변경될 수 있다.
- [86] 이 경우, 제1 다리(125)의 변경된 착지 위치에 따라 해당 지면의 위치 및 깊이(h2) 등이 3차원 가상 맵(1000)에 반영되며, 해당 지형 정보를 가지는 가상 맵(1000)에 기초하여 후행하는 제2 다리(127)의 착지 위치가 변경 설정될 수 있다.
- [87] 도 11의 (c)를 참조하면, 가상 맵(1000)의 지형 정보에 따라 제2 다리(127)의 착지 위치가 낮은 지면상의 제4 터치다운 위치(D)로 변경되고, 제2 다리(127)는 제4 터치다운 위치(D)를 착지 위치로 하여 스윙 동작될 수 있다.
- [88] 한편, 본 발명에 따른 다족 보행 로봇의 블라인드 보행 제어 방법은, 상기한 바와 같은 계단 형태의 지형 뿐 아니라 경사면 형태의 지형에도 적용 가능할 수 있다.
- [89] 도 12의 (a)의 경우, 로봇(100)의 제1 다리(125)와 제2 다리(127)는 평지 기준으로 결정된 궤적에 따라 착지 위치들이 설정되어 보행할 수 있다.
- [90] 로봇(100)의 보행 중 도 12의 (b)에 도시된 바와 같이 일정 범위 이내의 각도($\theta 1$) 만큼 상승하는 경사면이 존재하는 경우, 제1 다리(125)의 평지 기반 터치다운 페이지스에서 경사진 지면과의 충돌이 발생하고, 그에 따라 제1 다리(125)의 착지 위치가 경사진 지면 상의 제2 터치다운 위치(B)로 변경될 수 있다.
- [91] 여기서, 도 10 및 도 11을 참조하여 설명한 계단 형태의 지형과 경사면 형태의 지형은, 제1 다리(125)의 터치다운 페이지스에서 측정되는 로봇의 동역학 상태, 예를 들어 로봇의 관성, 관절의 각도 또는 힘의 방향 등에 따라 서로 구별될 수 있다.
- [92] 이 경우, 제1 다리(125)의 변경된 착지 위치에 따라 해당 지면의 위치 및 경사각($\theta 1$) 등이 3차원 가상 맵(1000)에 반영되며, 해당 지형 정보를 가지는 가상 맵(1000)에 기초하여 후행하는 제2 다리(127)의 착지 위치가 변경 설정될 수 있다.
- [93] 도 12의 (c)를 참조하면, 가상 맵(1000)의 지형 정보에 따라 제2 다리(127)의 착지 위치가 경사진 지면상의 제4 터치다운 위치(D)로 변경되고, 제2 다리(127)는 제4 터치다운 위치(D)를 착지 위치로 하여 스윙 동작될 수 있다.
- [94] 도 13의 (a)의 경우, 로봇(100)의 제1 다리(125)와 제2 다리(127)는 평지 기준으로 결정된 궤적에 따라 착지 위치들이 설정되어 보행할 수 있다.

- [95] 로봇(100)의 보행 중 도 13의 (b)에 도시된 바와 같이 일정 범위 이내의 각도(02)만큼 하강하는 경사면이 존재하는 경우, 제1 다리(125)의 터치다운 페이즈에서 평지 기반으로 설정된 제1 터치다운 위치(A)를 지나 경사진 낮은 지면과의 충돌이 발생하고, 그에 따라 제1 다리(125)의 착지 위치가 하강 경사진 지면 상의 제2 터치다운 위치(B)로 변경될 수 있다.
- [96] 이 경우, 제1 다리(125)의 변경된 착지 위치에 따라 해당 지면의 위치 및 경사각(02) 등이 3차원 가상 맵(1000)에 반영되며, 해당 지형 정보를 가지는 가상 맵(1000)에 기초하여 후행하는 제2 다리(127)의 착지 위치가 변경 설정될 수 있다.
- [97] 도 13의 (c)를 참조하면, 가상 맵(1000)의 지형 정보에 따라 제2 다리(127)의 착지 위치가 하강 경사진 지면상의 제4 터치다운 위치(D)로 변경되고, 제2 다리(127)는 제4 터치다운 위치(D)를 착지 위치로 하여 스윙 동작될 수 있다.
- [98] 한편, 상기한 바와 같이 구성되는 지형 정보(예를 들어, 가상 맵)는, 메모리에 저장되어, 이후 로봇(100)의 블라인드 보행을 위한 보행 궤적 제어에 활용될 수 있다.
- [99] 구체적으로, 로봇(100)의 복귀 시, 메모리에 저장된 지형 정보(예를 들어, 가상 맵)에 기초하여, 선행하는 제1 다리(125)의 스윙 동작을 위한 궤적 또한 결정될 수 있으며, 상기한 바와 같이 후행하는 나머지 다리들의 스윙 동작을 위한 궤적이 결정될 수 있다.
- [100] 상기에서는 도 10 내지 도 13을 참조하여, 일정 범위의 높이 차를 가지는 계단형의 지형과 일정 범위의 각도를 가지는 경사면의 지형에 대해 본 발명에 따른 다족 보행 로봇의 블라인드 보행 제어 방법을 설명하였으나, 본 발명은 이에 한정되지 아니하며, 돌출 또는 함몰된 형태의 지형이나 수풀 지형, 모래 지형 또는 눈이 쌓인 지형 등 다양한 험지에서의 블라인드 보행에 적용될 수 있다.
- [101]
- [102] 도 3 내지 도 13을 참조하여 설명한 바와 같은 다족 보행 로봇의 블라인드 보행 제어 방법은, 본 발명의 실시예에 따른 로봇에 의해 수행될 수 있다. 한편, 상기에서는 로봇(100)이 4개의 다리들을 가지는 사족 보행 로봇인 경우를 예로 들어 본 발명의 실시예들을 설명하였으나, 본 발명은 이에 한정되지 아니하며, 도 1의 (a)에 도시된 바와 같이 2개의 다리들을 가지는 휴머노이드 로봇이나 3개 또는 5개 이상의 다리들을 가지는 다족 보행 로봇들에 적용될 수 있다.
- [103]
- [104] 이하에서는, 도 14를 참조하여 본 발명의 다양한 실시예들에서 설명된 방법들이 구현되는 예시적인 컴퓨팅 장치(500)에 대하여 설명하도록 한다. 예를 들어, 도 14의 컴퓨팅 장치(500)는 본 발명의 실시예에 따른 로봇의 적어도 일부 구성요소로 구현될 수 있다.
- [105] 도 14를 참조하면, 컴퓨팅 장치(500)는 하나 이상의 프로세서(510), 버스(550), 통신 인터페이스(570), 프로세서(510)에 의하여 수행되는 컴퓨터 프로그램(591)을 로드(load)하는 메모리(530)와, 컴퓨터 프로그램(591)을 저장하는 스토리지

(590)를 포함할 수 있다. 다만, 도 14에는 본 발명의 실시예와 관련 있는 구성요소들만이 도시되어 있다. 따라서, 본 발명이 속한 기술분야의 통상의 기술자라면 도 14에 도시된 구성요소들 외에 다른 범용적인 구성 요소들이 더 포함될 수 있음을 알 수 있다.

- [106] 프로세서(510)는 컴퓨팅 장치(500)의 각 구성의 전반적인 동작을 제어한다. 프로세서(510)는 CPU(Central Processing Unit), MPU(Micro Processor Unit), MCU(Micro Controller Unit), GPU(Graphic Processing Unit) 또는 본 발명의 기술 분야에 잘 알려진 임의의 형태의 프로세서 중 적어도 하나를 포함하여 구성될 수 있다. 또한, 프로세서(510)는 본 발명의 다양한 실시예들에 따른 방법/동작을 실행하기 위한 적어도 하나의 애플리케이션 또는 프로그램에 대한 연산을 수행할 수 있다. 컴퓨팅 장치(500)는 하나 이상의 프로세서를 구비할 수 있다.
- [107] 메모리(530)는 각종 데이터, 명령 및/또는 정보를 저장한다. 메모리(530)는 본 발명의 다양한 실시예들에 따른 방법/동작들을 실행하기 위하여 스토리지(590)로부터 하나 이상의 프로그램(591)을 로드(load) 할 수 있다. 메모리(530)의 예시는 RAM이 될 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [108] 버스(550)는 컴퓨팅 장치(500)의 구성 요소 간 통신 기능을 제공한다. 버스(550)는 주소 버스(Address Bus), 데이터 버스(Data Bus) 및 제어 버스(Control Bus) 등 다양한 형태의 버스로 구현될 수 있다.
- [109] 통신 인터페이스(570)는 컴퓨팅 장치(500)의 유무선 인터넷 통신을 지원한다. 통신 인터페이스(570)는 인터넷 통신 외의 다양한 통신 방식을 지원할 수도 있다. 이를 위해, 통신 인터페이스(570)는 본 발명의 기술 분야에 잘 알려진 통신 모듈을 포함하여 구성될 수 있다.
- [110] 스토리지(590)는 하나 이상의 컴퓨터 프로그램(591)을 비임시적으로 저장할 수 있다. 스토리지(590)는 ROM(Read Only Memory), EPROM(Erasable Programmable ROM), EEPROM(Electrically Erasable Programmable ROM), 플래시 메모리 등과 같은 지휘발성 메모리, 하드 디스크, 착탈형 디스크, 또는 본 발명이 속하는 기술 분야에서 잘 알려진 임의의 형태의 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록 매체를 포함하여 구성될 수 있다.
- [111] 컴퓨터 프로그램(591)은 도 3 내지 도 13을 참조하여 설명한 바와 같은 본 발명의 실시예들에 따른 방법/동작들이 구현된 하나 이상의 인스트럭션(Instruction)들을 포함할 수 있다.
- [112] 예를 들어, 컴퓨터 프로그램(591)은 평지 기반으로 결정된 궤적에 따라 제1 터치다운 위치를 향해 제1 다리를 스윙시키는 동작, 제1 다리의 스윙 동작 중 지형의 변화가 감지되는 경우 제1 터치 다운 위치와 제2 터치다운 위치에 제1 다리가 착지되도록 제1 다리의 스윙 동작을 제어하는 동작, 제2 터치다운 위치를 포함하는 지형 정보를 구성하는 동작, 및 구성된 지형 정보에 기초하여 제1 다리에 후행하는 제2 다리의 스윙 동작을 위한 궤적을 결정하는 동작을 실행하기 위한 인스트럭션들을 포함할 수 있다.

- [113] 컴퓨터 프로그램(591)이 메모리(530)에 로드 되면, 프로세서(510)는 상기 하나 이상의 인스트럭션들을 실행시킴으로써 본 발명의 다양한 실시예들에 따른 방법/동작들을 수행할 수 있다.
- [114]
- [115] 상술한 본 발명에 따른 방법들은 컴퓨터에서 실행되기 위한 프로그램으로 제작되어 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록 매체에 저장될 수 있으며, 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록 매체의 예로는 ROM, RAM, CD-ROM, 자기 테이프, 플로피디스크, 광 데이터 저장장치 등이 있다.
- [116] 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록 매체는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템에 분산되어, 분산방식으로 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드가 저장되고 실행될 수 있다. 그리고, 상기 방법을 구현하기 위한 기능적인(function) 프로그램, 코드 및 코드 세그먼트들은 본 발명이 속하는 기술분야의 프로그래머들에 의해 용이하게 추론될 수 있다.
- [117] 이상에서는 본 발명의 바람직한 실시예에 대하여 도시하고 설명하였지만, 본 발명은 상술한 특정의 실시예에 한정되지 아니하며, 청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 다양한 변형 실시가 가능한 것은 물론이고, 이러한 변형 실시들은 본 발명의 기술적 사상이나 전망으로부터 개별적으로 이해되어서는 안될 것이다.

청구범위

- [청구항 1] 다족 보행 로봇의 블라인드 보행(blind walking)을 제어하기 위한 방법에 있어서,
 평지 기반으로 결정된 궤적에 따라, 제1 터치다운(touchdown) 위치를 향해 제1 다리를 스윙(swing)시키는 단계;
 상기 제1 다리의 스윙 동작 중 지형의 변화가 감지되는 경우, 상기 제1 터치 다운 위치와 상이한 제2 터치다운 위치에 상기 제1 다리가 착지되도록 상기 제1 다리의 스윙 동작을 제어하는 단계;
 상기 제2 터치다운 위치를 포함하는 지형 정보를 구성하는 단계; 및
 상기 구성된 지형 정보에 기초하여, 상기 제1 다리에 후행하는 제2 다리의 스윙 동작을 위한 궤적을 결정하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 다족 보행 로봇의 블라인드 보행 제어 방법.
- [청구항 2] 제1항에 있어서, 상기 지형의 변화는
 높이의 변화 및 경사도의 변화 중 적어도 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 다족 보행 로봇의 블라인드 보행 제어 방법.
- [청구항 3] 제1항에 있어서, 상기 스윙 동작을 제어하는 단계는
 상기 제1 다리의 터치다운 페이즈(touchdown phase)에서 측정되는 상기 로봇의 동역학 상태를 기초로 하여, 상기 제1 다리에 가해지는 충격을 감지하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 다족 보행 로봇의 블라인드 보행 제어 방법.
- [청구항 4] 제3항에 있어서, 상기 로봇의 동역학 상태는
 상기 로봇에 대한 관성 정보, 관절의 각도 정보, 관절의 힘 정보 중 적어도 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 다족 보행 로봇의 블라인드 보행 제어 방법.
- [청구항 5] 제1항에 있어서, 상기 지형 정보는
 상기 제2 터치다운 위치의 3차원 좌표 정보를 포함하는 것을 특징으로 하는 다족 보행 로봇의 블라인드 보행 제어 방법.
- [청구항 6] 제1항에 있어서, 상기 지형 정보를 구성하는 단계는
 상기 로봇이 보행하는 동안, 상기 제1 다리의 착지 위치들에 각각 대응되는 3차원 좌표 정보를 수집하는 단계;
 상기 수집된 3차원 좌표 정보에 따라 상기 제1 다리의 인접한 착지 위치들 사이를 내삽(interpolation)하여, 상기 로봇이 보행하는 지형에 대한 좌표 정보를 생성하는 단계; 및
 상기 생성된 지형에 대한 좌표 정보를 저장하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 다족 보행 로봇의 블라인드 보행 제어 방법.
- [청구항 7] 제1항에 있어서, 상기 궤적을 결정하는 단계는

- 평지 기반으로 결정된 궤적에 따른 상기 제2 다리의 착지 위치인 제3 터치다운 위치를 제4 터치다운 위치로 변경시키는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 다족 보행 로봇의 블라인드 보행 제어 방법.
- [청구항 8] 제7항에 있어서,
3차원 좌표 상에서, 상기 제3 터치다운 위치는 상기 제1 터치다운 위치와 동일한 높이를 가지며, 상기 제4 터치다운 위치는 상기 제2 터치다운 위치와 동일한 높이를 가지는 것을 특징으로 하는 다족 보행 로봇의 블라인드 보행 제어 방법.
- [청구항 9] 제1항에 있어서,
상기 로봇의 복귀 시, 상기 구성된 지형 정보에 기초하여, 상기 제1 다리의 스윙 동작을 위한 궤적을 결정하는 단계;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 다족 보행 로봇의 블라인드 보행 제어 방법.
- [청구항 10] 하드웨어와 결합되어 제1항 내지 제9항 중 어느 한 항의 방법을 실행시키기 위하여 컴퓨터 판독 가능한 기록매체에 저장된 컴퓨터 프로그램.
- [청구항 11] 제1항 내지 제9항 중 어느 한 항의 방법을 수행하는 다족 보행 로봇.
- [청구항 12] 프로세서;
상기 프로세서에 의해 실행되는 컴퓨터 프로그램을 로드(load)하는 메모리; 및
상기 컴퓨터 프로그램을 저장하는 스토리지를 포함하되,
상기 컴퓨터 프로그램은,
평지 기반으로 결정된 궤적에 따라, 제1 터치다운 위치를 향해 제1 다리를 스윙시키는 동작,
상기 제1 다리의 스윙 동작 중 지형의 변화가 감지되는 경우, 상기 제1 터치다운 위치와 상이한 제2 터치다운 위치에 상기 제1 다리가 착지되도록 상기 제1 다리의 스윙 동작을 제어하는 동작,
상기 제2 터치다운 위치를 포함하는 지형 정보를 구성하는 동작, 및
상기 구성된 지형 정보에 기초하여, 상기 제1 다리에 후행하는 제2 다리의 스윙 동작을 위한 궤적을 결정하는 동작을 실행하기 위한 인스트럭션들을 포함하는 것을 특징으로 하는 다족 보행 로봇.