



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년01월07일

(11) 등록번호 10-1479656

(24) 등록일자 2014년12월30일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

B25J 9/02 (2006.01) B25J 13/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2013-0133317

(22) 출원일자 2013년11월05일

심사청구일자 2013년11월05일

(56) 선행기술조사문헌

JP2960233 B2*

KR101266072 B1

KR1020130066250 A

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

세종대학교산학협력단

서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)

(72) 발명자

김경중

서울 광진구 능동로 209, 광개토관 619호 (군자동, 세종대학교)

윤두밈

인천 부평구 갈월서로 46, 1동 101호 (갈산동, 태화아파트)

(74) 대리인

유병욱, 한승범, 홍성욱, 심경식

전체 청구항 수 : 총 10 항

심사관 : 김상욱

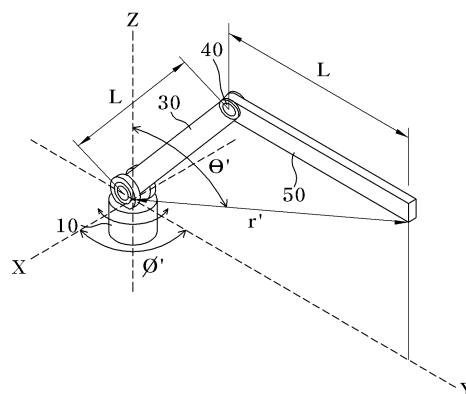
(54) 발명의 명칭 구면좌표계를 기반으로 한 로봇 팔 및 그 제어방법

(57) 요약

본 발명은, 구면좌표계를 기반으로 한 로봇 팔 및 그 제어방법에 관한 것으로서, 3차원의 구면공간에서 X축과 Y축을 포함하는 평면상에 마련되어 Z축과 평행한 구동중심을 가지는 제1구동부; 상기 제1구동부에 의해 회전 구동되며 X축 또는 Y축과 평행한 구동중심을 가지는 제2구동부; 상기 제2구동부에 일단이 연결되며 상기 Z축에 대한 각도가 가변되도록 상기 제2구동부에 의해 구동되는 제1링크; 상기 제1링크의 타단에 마련되며 X축 또는 Y축과 평행한 구동중심을 가지는 제3구동부; 및 상기 제3구동부에 일단이 연결되며 상기 X축 및 Y축을 지나는 평면에 대한 각도가 가변되도록 상기 제3구동부에 의해 구동되는 제2링크;를 포함하며, 상기 제1링크와 상기 제2링크는 동일한 길이로 형성됨으로써, 구면좌표계를 이용한 수식에 의해 로봇 팔의 동작을 신속하고 직관적으로 제어할 수 있다.

대표도 - 도1

100



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2010-0018950

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 뇌과학원천기술 개발사업

연구과제명 인간의 마음의 이론을 모방한 사용자 의도 모델링 및 예측

기 여 율 1/1

주관기관 세종대학교 산학협력단

연구기간 2013.05.01 ~ 2014.04.30

특허청구의 범위

청구항 1

3차원의 구면공간에서 X축과 Y축을 포함하는 평면상에 마련되어 Z축과 평행한 구동중심을 가지는 제1구동부;
 상기 제1구동부에 의해 회전 구동되며 X축 또는 Y축과 평행한 구동중심을 가지는 제2구동부;
 상기 제2구동부에 일단이 연결되며 상기 Z축에 대한 각도가 가변되도록 상기 제2구동부에 의해 구동되는 제1링크;
 상기 제1링크의 타단에 마련되며 X축 또는 Y축과 평행한 구동중심을 가지는 제3구동부; 및
 상기 제3구동부에 일단이 연결되며 상기 X축 및 Y축을 지나는 평면에 대한 각도가 가변되도록 상기 제3구동부에 의해 구동되는 제2링크;를 포함하며,
 상기 제1링크와 상기 제2링크는 동일한 길이로 형성되고,
 상기 제3구동부의 구동각도는, 상기 제2링크의 타단과 구면좌표계의 원점 또는 상기 제1구동부의 회전중심을 연결하는 직선의 길이와, 상기 제1링크 및 상기 제2링크의 길이값에 기초하여 산출되는 것을 특징으로 하는 구면좌표계를 기반으로 한 로봇 팔.

청구항 2

제1항에 있어서,
 상기 제1구동부 내지 상기 제3구동부는 원하는 각도로 제어되는 것을 특징으로 하는 구면좌표계를 기반으로 한 로봇 팔.

청구항 3

제2항에 있어서,
 상기 제3구동부의 구동각도는 상기 제1링크와 상기 제2링크 사이의 각도가 되도록 형성된 것을 특징으로 하는 구면좌표계를 기반으로 한 로봇 팔.

청구항 4

제3항에 있어서,
 상기 제2구동부의 구동각도는 상기 제3구동부의 구동각도의 1/2과 상기 제2링크의 타단과 구면좌표계의 원점 또는 상기 제1구동부의 회전중심을 연결하는 직선이 Z축과 이루는 각도의 합이 되도록 형성된 것을 특징으로 하는 구면좌표계를 기반으로 한 로봇 팔.

청구항 5

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서,
 상기 제1링크, 상기 제3구동부 및 상기 제2링크는 각각 적어도 하나 형성된 것을 특징으로 구면좌표계를 기반으로 한 로봇 팔.

청구항 6

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 따른 로봇 팔의 제어방법에 있어서,
 상기 제2링크의 타단이 도달하고자 하는 목표위치를 구면좌표로 산출하는 단계(S10);
 상기 구면좌표로 산출하는 단계에서 산출된 구면좌표값을 이용하여 상기 제3구동부의 구동각도를 산출하는 단계(S20);
 상기 제3구동부의 구동각도를 산출하는 단계에서 산출된 상기 제3구동부의 구동각도를 이용하여 상기 제2구동부

의 구동각도를 산출하는 단계(S30); 및

상기 구면좌표로 산출하는 단계에서 얻은 상기 제2링크의 타단과 구면좌표계의 원점 또는 상기 제1구동부의 회전중심을 연결하는 직선을 XY평면에 투영한 직선이 X축과 이루는 각도를 이용하여 상기 제1구동부의 구동각도를 산출하는 단계(S40);를 포함하는 것을 특징으로 하는 구면좌표계를 기반으로 한 로봇 팔 제어방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 제3구동부의 구동각도(m_1)는 구면좌표값이 $p(r', \theta', \phi')$ 일 때,

수학식 $2\sin^{-1}\left(\frac{r'}{2L}\right)$ 에 의해 산출되고,

여기서, r' 는 제2링크의 타단과 구면좌표계의 원점 또는 상기 제1구동부의 회전중심을 연결하는 직선의 길이, ϕ' 는 상기 제2링크의 타단과 구면좌표계의 원점 또는 상기 제1구동부의 회전중심을 연결하는 직선을 XY평면에 투영한 직선이 X축과 이루는 각도, θ' 는 상기 제2링크의 타단과 구면좌표계의 원점 또는 상기 제1구동부의 회전중심을 연결하는 직선이 Z축과 이루는 각도, L 은 제1 및 제2링크의 길이인 것을 특징으로 하는 구면좌표계를 기반으로 한 로봇 팔의 제어방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 제2구동부의 구동각도(m_2)는 구면좌표값이 $p(r', \theta', \phi')$ 일 때,

수학식 $\frac{m_1}{2} - \frac{\pi}{2} + \theta'$ 또는 수학식 $\sin^{-1}\left(\frac{r'}{2L}\right) - \frac{\pi}{2} + \theta'$

에 의해 산출되는 것을 특징으로 하는 구면좌표계를 기반으로 한 로봇 팔의 제어방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 제1구동부의 구동각도(m_3)는 구면좌표값이 $p(r', \theta', \phi')$ 일 때, 상기 제2링크의 타단과 구면좌표계의 원점 또는 상기 제1구동부의 회전중심을 연결하는 직선을 XY평면에 투영한 직선이 X축과 이루는 각도와 동일한 것을 특징으로 하는 구면좌표계를 기반으로 한 로봇 팔의 제어방법.

청구항 10

제6항에 있어서,

상기 제1링크, 상기 제3구동부 및 상기 제2링크로 이루어지는 이등변삼각형에 대한 구면좌표값에 삼각함수를 적용하는 것을 특징으로 구면좌표계를 기반으로 한 로봇 팔의 제어방법.

명세서

기술분야

[0001]

본 발명은, 구면좌표계를 기반으로 한 로봇 팔 및 그 제어방법에 관한 것으로서, 구체적으로는, 인간형 로봇 또는 산업용 로봇의 팔을 직관적으로 제어할 수 있도록 구성된 구면좌표계를 기반으로 한 로봇 팔 및 그 제어방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002]

로봇이란 인간의 지능, 행동, 상호작용 등을 모방하여 인간을 대신하거나 인간과 공동작업을 통해 각종 서비스

를 제공하는 기계장치를 말한다.

- [0003] 특히 인간형 로봇의 개발로 인하여 특정 산업분야의 자동화 시스템을 구현하기 위하여 사용되었던 로봇의 활용 범위가 인간의 생활 영역까지 넓어질 수 있게 되었다.
- [0004] 인간형 로봇 또는 산업용 로봇은, 인간과 서로 공존하며 원활한 상호작용을 하기 위해서, 인간과 최대한 흡사하게 제작되는 것도 중요하지만 이보다 더 중요한 것은 인간의 동작과 흡사한 동작을 생성할 수 있도록 개발되는 것이다.
- [0005] 왜냐하면, 로봇의 동작이 서투르고 예측 불가능한 상태라면, 인간을 대신하는 로봇의 작업 효율성이 떨어지기 때문이다.
- [0006] 인간형 로봇이나 산업용 로봇이 기본적으로 인간에게 모방 되어야 할 동작은 대상물을 파지하거나 옮기는 동작의 근간이 되는 팔 동작이다.
- [0007] 인간의 팔 구조에 기인하여 인간의 팔 동작을 재현하는 로봇 팔은 예전부터 지금까지 로봇 개발자들에 의해 꾸준히 연구되고 개발되어 왔다.
- [0008] 그러나, 로봇 팔은 관절의 수가 늘어남에 따라 로봇 팔을 조종하는 데 있어서 복잡도가 증가하고 모터의 회전각을 이용하기 때문에 그 움직임이 직관적이지 못하다는 단점이 있다.
- [0009] 이에 따라, 종래에는 이러한 단점을 해결하기 위해 역기구학(inverse kinematics)이나 극좌표계(polar coordinate)를 이용하여 로봇 팔의 최적 움직임을 계산해 로봇의 관절 및 팔을 조종하거나 극좌표계를 이용할 수 있는 로봇 팔을 따로 개발하였다. 그러나, 역기구학을 사용하는 경우에는 연산량이 많아 로봇 팔을 조종하는 데 시간이 오래 걸린다는 단점이 있었고, 극좌표계 전용 로봇 팔의 경우에는 로봇 팔의 가동영역이 일반 관절 로봇 팔에 비해서 부족하다는 문제가 있다.
- [0010] 따라서, 본 출원인은, 연산을 많이 하지 않아도 로봇 팔의 움직임을 정확하고 신속하게 제어할 수 있는 구면좌표계를 기반으로 한 로봇 팔 및 제어방법을 개발하게 되었다.
- [0011] 참고로, 이와 관련된 선행기술문헌으로는, 대한민국 공개특허공보 공개번호 제10-2013-0066250호의 '인간형 관절 구성의 6축 로봇팔 제어 장치 및 방법'이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0012] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위하여, 구면좌표계를 이용함으로써 사용자로 하여금 낮은 계산 비용으로도 관절 로봇 팔을 직관적으로 조종하거나 제어할 수 있는 구면좌표계를 기반으로 한 로봇 팔 및 그 제어방법을 제공한다.
- [0013] 본 발명은 구면좌표계를 이용하면서도 직교좌표계로 용이하게 변환할 수 있는 구면좌표계를 기반으로 한 로봇 팔 및 그 제어방법을 제공한다.

과제의 해결 수단

- [0014] 상기한 과제를 달성하기 위한 본 발명에 따른 구면좌표계를 기반으로 한 로봇 팔은, 3차원의 구면공간에서 X축과 Y축을 포함하는 평면상에 마련되어 Z축과 평행한 구동중심을 가지는 제1구동부; 상기 제1구동부에 의해 회전 구동되며 X축 또는 Y축과 평행한 구동중심을 가지는 제2구동부; 상기 제2구동부에 일단이 연결되며 상기 Z축에 대한 각도가 가변되도록 상기 제2구동부에 의해 구동되는 제1링크; 상기 제1링크의 타단에 마련되며 X축 또는 Y축과 평행한 구동중심을 가지는 제3구동부; 및 상기 제3구동부에 일단이 연결되며 상기 X축 및 Y축을 지나는 평면에 대한 각도가 가변되도록 상기 제3구동부에 의해 구동되는 제2링크;를 포함하며, 상기 제1링크와 상기 제2링크는 동일한 길이로 형성될 수 있다.
- [0015] 상기 제1구동부 내지 상기 제3구동부는 원하는 각도로 제어될 수 있다.
- [0016] 상기 제3구동부의 구동각도는 상기 제1링크와 상기 제2링크 사이의 각도가 되도록 형성될 수 있다.
- [0017] 상기 제2구동부의 구동각도는 상기 제3구동부의 구동각도의 1/2과 상기 제2링크의 타단과 구면좌표계의 원점 또는 상기 제1구동부의 회전중심을 연결하는 직선이 Z축과 이루는 각도의 합이 되도록 형성될 수 있다.

[0018] 상기 제1링크, 상기 제3구동부 및 상기 제2링크는 각각 적어도 하나 형성될 수 있다.

[0019] 한편, 발명의 다른 분야에 의하면, 본 발명에 따른 구면좌표계를 기반으로 한 로봇 팔의 제어방법은, 상기 제2링크의 타단이 도달하고자 하는 목표위치를 구면좌표로 산출하는 단계; 상기 구면좌표로 산출하는 단계에서 산출된 구면좌표값을 이용하여 상기 제3구동부의 구동각도를 산출하는 단계; 상기 제3구동부의 구동각도를 산출하는 단계에서 산출된 상기 제3구동부의 구동각도를 이용하여 상기 제2구동부의 구동각도를 산출하는 단계; 및 상기 구면좌표로 산출하는 단계에서 얻은 상기 제2링크의 타단과 구면좌표계의 원점 또는 상기 제1구동부의 회전중심을 연결하는 직선을 XY평면에 투영한 직선이 X축과 이루는 각도를 이용하여 상기 제1구동부의 구동각도를 산출하는 단계;를 포함할 수 있다.

[0020] $2\sin^{-1}\left(\frac{r'}{2L}\right)$ 에 의해
상기 제3구동부의 구동각도($m1$)는 구면좌표값이 $p(r', \theta', \phi')$ 일 때, 수학적 산출되고, 여기서, r' 는 제2링크의 타단과 구면좌표계의 원점 또는 상기 제1구동부의 회전중심을 연결하는 직선의 길이, ϕ' 는 상기 제2링크의 타단과 구면좌표계의 원점 또는 상기 제1구동부의 회전중심을 연결하는 직선을 XY평면에 투영한 직선이 X축과 이루는 각도, θ' 는 상기 제2링크의 타단과 구면좌표계의 원점 또는 상기 제1구동부의 회전중심을 연결하는 직선이 Z축과 이루는 각도, L 은 제1 및 제2링크의 길이이다.

[0021] $\frac{m1}{2} - \frac{\pi}{2} + \theta'$ 또는 수학적
상기 제2구동부의 구동각도는 구면좌표값이 $p(r', \theta', \phi')$ 일 때, 수학적 $\sin^{-1}\left(\frac{r'}{2L}\right) - \frac{\pi}{2} + \theta'$ 에 의해 산출될 수 있다.

[0022] 상기 제1구동부의 구동각도는 구면좌표값이 $p(r', \theta', \phi')$ 일 때, 상기 제2링크의 타단과 구면좌표계의 원점 또는 상기 제1구동부의 회전중심을 연결하는 직선을 XY평면에 투영한 직선이 X축과 이루는 각도와 동일하다.

[0023] 상기 제1링크, 상기 제3구동부 및 상기 제2링크로 이루어지는 이등변삼각형에 대한 구면좌표값에 삼각함수를 적용할 수 있다.

발명의 효과

[0024] 본 발명의 구면좌표계를 기반으로 한 로봇 팔 및 그 제어방법은, 구면좌표계를 이용한 수식에 의해 로봇 팔의 동작을 신속하고 직관적으로 제어할 수 있다.

[0025] 본 발명에 따른 구면좌표계를 기반으로 한 로봇 팔 및 그 제어방법은, 로봇 팔의 관절 개수가 늘어나도 상기 관절 회전각을 산출하는 시간이 구면좌표계를 이용한 수학적식에 의해 오래 걸리지 않고 간편해지기 때문에 로봇 팔의 관절 개수를 늘려 로봇 팔의 가동영역을 확장시킬 수 있다.

[0026] 본 발명에 따른 구면좌표계를 기반으로 한 로봇 팔 및 그 제어방법은, 구면좌표계에서 직교좌표계로 용이하게 변환할 수 있기 때문에 구면좌표계 뿐만 아니라 직교좌표계를 이용해서도 로봇 팔을 직관적으로 제어할 수 있다.

[0027] 본 발명에 따른 구면좌표계를 기반으로 한 로봇 팔 및 그 제어방법은, 최소한의 정보만으로도 로봇 팔을 정확하게 직관적으로 제어할 수 있다.

[0028] 본 발명에 따른 구면좌표계를 기반으로 한 로봇 팔 및 그 제어방법은 구면좌표계를 기반으로 한 수학적식을 이용하기 때문에 로봇 팔의 관절 개수가 늘어나도 로봇 팔 또는 액츄에이터의 구동각도 또는 회전각도를 산출하는 시간이 오래 걸리지 않고 간편해지기 때문에 로봇 팔의 관절 개수를 늘려 로봇 팔의 가동영역을 확장시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0029] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 로봇 팔의 구성을 개략적으로 도시한 사시도.

도 2는 도 1에 도시된 로봇 팔의 정면도.

도 3은 도 2에 도시된 로봇 팔에 팔꿈치 관절과 링크가 추가되어 연결된 모습을 보여주는 정면도.

도 4는 도 1에 따른 로봇 팔의 제어방법을 설명하는 순서도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0030] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다.
- [0031] 그러나, 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 것이며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다.
- [0032] 그리고, 명세서 전체에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성요소를 지칭한다.
- [0033] 본 발명의 일 실시예에 따른 구면좌표계를 기반으로 한 로봇 팔(100)은, 도 1 및 도 2에 도시된 바와 같이, X축, Y축, Z축을 갖는 3차원 구면공간에서 X축과 Y축을 포함하는 평면상에 마련되며 Z축과 평행한 구동중심을 가지는 제1구동부(10); 상기 제1구동부(10)에 의해 회전 구동되며 X축 또는 Y축과 평행한 구동중심을 가지는 제2구동부(20); 상기 제2구동부(20)에 일단이 연결되며 상기 Z축에 대한 각도가 가변되도록 상기 제2구동부에 의해 구동되는 제1링크(30); 상기 제1링크(30)의 타단에 마련되며 X축 또는 Y축과 평행한 구동중심을 가지는 제3구동부(40); 및 상기 제3구동부(40)에 일단이 연결되며 상기 X축 및 Y축을 지나는 평면에 대한 각도가 가변되도록 상기 제3구동부에 의해 구동되는 제2링크(50)를 포함하며,
- [0034] 상기 제1링크(30)과 상기 제2링크(50)는 동일한 길이로 형성될 수 있다.
- [0035] 여기서, 제1구동부(10)는 XY평면(즉, X축과 Y축을 지나는 평면) 상에서 제2구동부(20), 제1링크(30), 제3구동부(40) 및 제2링크(50)를 모두 회전 구동시키는 액츄에이터(actuator)이다. 즉, 제1구동부(10)는 Z축을 중심으로 제2구동부(20), 제1링크(30), 제3구동부(40) 및 제2링크(50)를 회전시킬 수 있다.
- [0036] 제2구동부(20)는 제1링크(30), 제3구동부(40) 및 제2링크(50)를 모두 회전 구동시키는 액츄에이터이다. 즉, 제2구동부(20)는 제1구동부(10)에 의해 회전된 상태 또는 제1구동부(10)의 회전과 무관하게 X축 또는 Y축을 중심으로 제1링크(30), 제3구동부(40) 및 제2링크(50)를 회전시킬 수 있다.
- [0037] 제3구동부(40)는 제2링크(50)를 회전시키는 액츄에이터이다. 즉, 제3구동부(40)는 제1 및 제2구동부(10,20)가 작동된 상태 또는 제1 및 제2구동부(10,20)의 작동과 무관하게 X축 또는 Y축을 중심으로 제2링크(50)를 회전시킬 수 있다.
- [0038] 상기 제1링크(30)의 일단은 상기 제2구동부(20)에 회전 가능하게 연결되고 타단에는 상기 제3구동부(40)가 연결될 수 있다.
- [0039] 그리고, 상기 제2링크(50)의 일단은 상기 제3구동부(40)에 회전 가능하게 연결될 수 있다.
- [0040] 참고로, 상기 제1 내지 제3구동부(10,20,40)를 형성하는 액츄에이터로는 회전축을 갖는 모터가 사용되는 것이 바람직하다.
- [0041] 제1 내지 제3구동부(10,20,40)는 소정의 각도 범위 내에서 회전구동 및 정지를 할 수 있어야 한다. 제1구동부(10)는 구면좌표계의 X축과 제2구동부(20) 사이의 각도를 의미하며 X축을 중심으로 대략 -90도 ~ +90도에서 -180도 ~ 180도 사이에서 회전과 정지를 할 수 있어야 한다. 제2구동부(20)는 구면좌표계의 Z축과 제1링크(30) 사이의 각도를 의미하며 Z축을 중심으로 대략 -90도 ~ +90도에서 -180도 ~ 180도 사이에서 회전과 정지를 할 수 있어야 한다. 제3구동부(40)는 제1링크(30)와 제2링크(50) 사이의 각도를 의미하며 대략 -90도 ~ +90도 사이에서 회전과 정지를 할 수 있어야 한다. 이 때, 제1내지 제3구동부(10,20,40)에 사용되는 모터가 -90도 ~ +90도의 회전 각도를 지원하더라도 로봇 팔(100)의 하드웨어적인 구조에 따라 회전에 대한 간섭을 받는 경우에는 상기 각도 범위 보다 낮은 가동영역을 갖게 될 수도 있다.
- [0042] 여기서, 제1링크(30)와 제2링크(50)는 동일한 길이를 가지도록 형성될 수 있다. 제3구동부(40)에 연결된 제1링크(30)와 제2링크(50)는 이등변 삼각형을 형성하게 된다. 본 발명의 일 실시예에 따른 구면좌표계를 기반으로 한 로봇 팔(100)을 제어하기 위해서는 제3구동부(40)가 연결되지 않은 제2링크(50)의 타단 위치를 제어해야 한다.

[0043] 본 발명의 일 실시예에 따른 로봇 팔(100)은 제3구동부(40)를 중심으로 제1링크(30)와 제2링크(50)가 이등변 삼각형을 형성하기 때문에 제1구동부(10)와 제2링크(50) 타단 사이의 거리와 제1구동부(10)의 회전각도를 알면 제2링크(50)의 타단 위치를 직관적으로 제어할 수 있다. 만약, 제1링크(30)와 제2링크(50)의 길이가 동일하지 않으면, 제2링크(50) 타단의 위치를 직관적으로 제어할 수 없고 근사적으로 제어할 수만 있는 한계가 있게 된다.

[0044] 한편, 제2링크(50) 타단의 위치를 직관적으로 제어할 수 있도록, 본 발명의 일 실시예에 따른 로봇 팔(100)의 제1 내지 제3구동부(10, 20, 40)는 원하는 각도로 조종하거나 제어할 수 있도록 형성되는 것이 바람직하다.

[0045] 이하에서는 상기와 같은 구성을 가지는 본 발명의 일 실시예에 따른 로봇 팔(100)을 제어하는 방법에 대해서 설명한다.

[0046] 도 4를 참조하면, 상기와 같은 구성을 가지는 로봇 팔(100)의 제어방법은, 상기 로봇 팔(100)의 제2링크(50)의 타단이 도달하고자 하는 목표위치를 구면좌표로 산출하는 단계(S10); 상기 구면좌표로 산출하는 단계(S10)에서 산출된 구면좌표값을 이용하여 제3구동부(40)의 구동각도(m1)를 산출하는 단계(S20); 상기 제3구동부(40)의 구동각도를 산출하는 단계(S20)에서 산출된 제3구동부(40)의 구동각도(m1)를 이용하여 제2구동부(20)의 구동각도(m2)를 산출하는 단계(S30); 및 상기 구면좌표로 산출하는 단계에서 얻은 상기 제2링크(50)의 타단과 구면좌표계의 원점 또는 상기 제1구동부의 회전중심을 연결하는 직선을 XY평면에 투영한 직선이 X축과 이루는 각도(ϕ')를 이용하여 상기 제1구동부(10)의 구동각도(m3)를 산출하는 단계(S40);를 포함할 수 있다.

[0047] 상기와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 로봇 팔(100)의 제어 방법은 구면좌표계를 이용하기 때문에 구면좌표값 중 적어도 2개의 값만 알더라도 제2링크(50) 타단의 위치를 직관적으로 비교적 정확하게 제어할 수 있다.

[0048] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 로봇 팔(100)의 제2링크(50)의 타단이 도달하고자 하는 구면좌표값이 $p(r', \theta', \phi')$ 중에서 r' 는 제2링크(50)의 타단과 구면좌표계의 원점 또는 제1구동부의 회전중심을 연결하는 직선의 길이, ϕ' 는 제2링크(50)의 타단과 구면좌표계의 원점 또는 제1구동부의 회전중심을 연결하는 직선을 XY평면에 투영한 직선이 X축과 이루는 각도, θ' 는 제2링크(50)의 타단과 구면좌표계의 원점 또는 제1구동부의 회전중심을 연결하는 직선이 Z축과 이루는 각도이다.

[0049] 본 발명의 일 실시예에 따른 로봇 팔(100)의 제2링크(50)의 타단이 도달하고자 하는 구면좌표값이 $p(r', \theta', \phi')$ 일 때, 상기 제3구동부(40)의 구동각도(m1)는, 다음과 같은 [수학식 1]로 표현될 수 있다

[0050] [수학식 1]

$$m1 = 2\sin^{-1}\left(\frac{r'}{2L}\right)$$

[0051]

[0052] 상기에서 언급한 바와 같이, r' 은, 상기 제1구동부(10)의 중심위치에서 제2링크(50)의 타단까지의 거리이고, $2L$ 은 제1 또는 제2링크(30, 50) 길이의 2배를 의미한다. [수학식 1]에 표현된 수식은 두 변의 길이가 각각 L 이고 밑변의 길이가 r' 인 이등변삼각형으로부터 얻을 수 있다. 즉, 이등변삼각형에 삼각함수를 적용하면, 제3구동부(40)의 구동각도(m1)는 제1링크(30)와 제2링크(50) 사이의 각도가 된다.

[0053] 그리고, 상기 제3구동부(40)의 구동각도(m1)가 [수학식 1]에 의해 산출되면 상기 제2구동부(20)의 구동각도(m2)가 산출될 수 있는데, 다음과 같은 [수학식 2]로부터 산출될 수 있다.

[0054] [수학식 2]

$$m2 = \frac{m1}{2} - \frac{\pi}{2} + \theta' \quad \text{또는} \quad \sin^{-1}\left(\frac{r'}{2L}\right) - \frac{\pi}{2} + \theta'$$

[0055]

[0056] 여기서, θ' 는 제2링크(50)의 타단과 원점(제1구동부(10)의 중심)을 연결하는 직선이 Z축과 이루는 각도이다.

[0057] 그리고, 전술한 바와 같이, r' 은, 상기 제1구동부(10)의 중심 즉, 구면좌표계의 원점에서 제2링크(50)의 타단까지의 거리이다.

[0058] [수학식 2]로부터 제2구동부(20)의 구동각도(m2)는 제3구동부(40)의 구동각도(m1)의 1/2과 제2링크(50)의 타단과 구면좌표계의 원점 또는 제1구동부(10)의 중심을 연결하는 직선이 Z축과 이루는 각도(θ')의 합이 된다.

[0059] 마지막으로, 상기 제1구동부(10)의 구동각도($m3$)는, 다음과 같은 [수학식 3]으로부터 산출될 수 있다.

[0060] [수학식 3]

$$m3 = \phi'$$

[0061]

[0062] 상기 제1구동부(10)의 구동각도($m3$)는 제2링크(50)의 타단과 구면좌표계의 원점(제1구동부의 회전중심)을 연결하는 직선을 XY평면에 투영한 직선이 X축과 이루는 각도이다.

[0063] 상기 [수학식 1] 내지 [수학식 3]에서 산출된 구동각도($m1$, $m2$, $m3$)로 상기 제3구동부(40)와 제2구동부(20) 및 제1구동부(10)가 회전되면서 로봇 팔(100)이 구면좌표값 p 를 향한 위치로 정확하게 움직일 수 있다.

[0064] 즉, 상기 [수학식 1] 내지 [수학식 3]에 의해 로봇 팔(100)의 손이 되는 부분(본 발명의 실시예에서는 상기 제2링크(50)의 타단)과 상기 제3구동부(40)를 제2링크(50)와 연결된 제1링크(30)가 구면좌표값 p 를 향하여 최단거리로 신속하게 움직일 수 있다.

[0065] 더욱이, 상기 제1링크(30)와 제2링크(50)의 길이는 동일하기 때문에, 상기 제3구동부(40)의 구동각도($m1$)와 상기 제2구동부(20)의 구동각도($m2$)를 구하는 연산이 간소화될 수 있고, 이에 따라, 상기 제1구동부(10)의 구동각도($m1$)와 상기 제2링크(50)의 타단이 도달하고자 하는 구면좌표값 p 까지의 거리만 알면, 로봇 팔(100)의 움직임을 신속하고 직관적으로 제어할 수 있다.

[0066] 한편, 본 발명의 일 실시예에 따른 구면좌표계를 기반으로 한 로봇 팔의 제어 방법은 구면좌표값을 직교좌표값으로 용이하게 변환할 수 있다. 즉, 상기 [수학식 1] 내지 [수학식 3]은 아래에서 설명되는 [수학식 4] 내지 [수학식 6]으로 각각 변환되어, 본 발명의 일 실시예에 따른 로봇 팔(100)이 직교좌표계 하에서 직관적으로 제어되도록 할 수 있다.

[0067] 즉, 상기 제2링크(50) 타단이 도달하고자 하는 목표위치의 직교좌표값이 (x, y, z)일 때, 상기 [수학식 1]은 다음과 같은 [수학식 4]로 변환되어 상기 제3구동부(40)의 구동각도($m1$)를 산출할 수 있다.

[0068] [수학식 4]

$$m1 = 2\sin^{-1}\left(\frac{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}}{2L}\right)$$

[0069]

[0070] 여기서, $2L$ 은 제3구동부(40)를 매개로 연결된 제1링크(30)와 제2링크(50) 길이의 합이다.

[0071] 그리고, 상기 제3구동부(40)의 구동각도($m1$)가 [수학식 4]에 의해 산출되면 상기 제2구동부(20)의 구동각도($m2$)가 [수학식 5]에 의해 산출될 수 있다.

[0072] [수학식 5]

$$m2 = \frac{m1}{2} - \frac{\pi}{2} + \cos^{-1}\left(\frac{z}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}}\right)$$

또는

$$\sin^{-1}\left(\frac{r'}{2L}\right) - \frac{\pi}{2} + \cos^{-1}\left(\frac{z}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}}\right),$$

[0073]

[0074] 여기서도 $2L$ 은 제3구동부(40)를 매개로 연결된 제1링크(30)와 제2링크(50) 길이의 합이다.

[0075] 그리고, 상기 제1구동부(10)의 구동각도($m3$)는, 다음과 같은 [수학식 6]에 의해 산출될 수 있다.

[0076] [수학식 6]

$$m3 = \tan^{-1} \frac{y}{x}$$

[0077]

[0078] 상기 [수학식 4] 내지 [수학식 6]에서 산출된 구동각도($m1$, $m2$, $m3$)로 상기 제3구동부(40)와 제2구동부(20) 및

제1구동부(10)가 회전되면서, 로봇 팔이 직교좌표값을 향한 위치로 정확하게 움직일 수 있다.

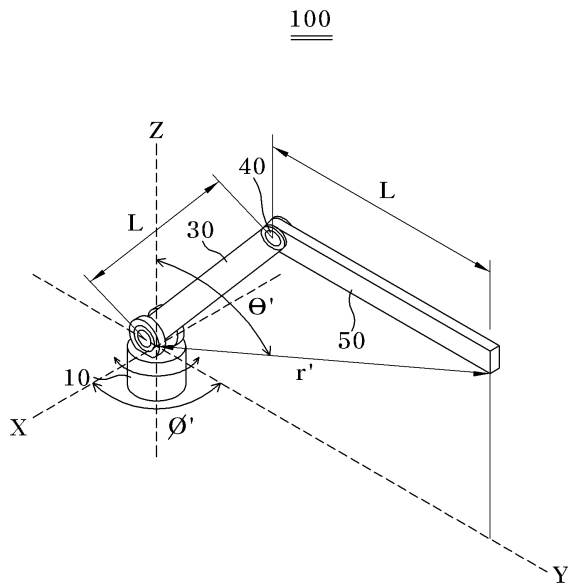
- [0079] 즉, 상기 [수학식 4] 내지 [수학식 6]에 의해 로봇 팔(100)의 손이 되는 부분(본 발명의 실시예에서는 상기 제2링크(50)의 타단)과 상기 제3구동부(40)를 제2링크(50)와 연결된 제1링크(30)가 직교좌표값을 향하여 최단거리로 신속하게 움직일 수 있다.
- [0080] 더욱이, 상기 제1링크(30)와 제2링크(50)의 길이는 동일하기 때문에, 상기 제3구동부(40)의 구동각도(m_1)와 상기 제2구동부(20)의 구동각도(m_2)를 구하는 연산이 간소화될 수 있고, 이에 따라, 상기 제1구동부(10)의 구동각도(m_1)와 상기 제2링크(50)의 타단이 도달하고자 하는 구면좌표값 p 까지의 거리만 알면 로봇 팔(100)의 움직임을 신속하고 직관적으로 제어할 수 있다.
- [0081] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 로봇 팔(100)은, 도 3에 도시된 바와 같이, 상기 제3구동부(40, 60, 80)의 개수가 늘어남에 따라 상기 제3구동부(40)에 연결되는 링크(70, 90)의 개수가 늘어났다 하여도 더 부가 장착되거나 확장되는 링크(70, 90)의 길이(L')가 서로 동일하다면, 상기 제3구동부(40)들의 구동각도(m_1)를 일일이 산출할 필요 없이 하나의 제3구동부(40)의 구동각도(m_1)만 산출하여 그 산출값을 나머지 제3구동부(80)에 적용시키면 된다.
- [0082] 도 3에서, 추가되는 2개의 링크(70, 90)의 길이(L')는 기본 링크(30, 50)의 길이(L)와 동일하거나 동일하지 않아도 무방하다.
- [0083] 본 발명의 일 실시예에 따른 구면좌표계를 기반으로 한 로봇 팔(100)은 제1링크(30)와 제2링크(50)의 길이가 동일하기 때문에, 길이(L')가 서로 동일한 링크(70) 및 링크(90)를 다수개 더 연결하는 경우에도 마지막 링크의 타단 위치를 직관적으로 제어할 수 있다. 왜냐하면, 길이가 서로 동일한 2개의 링크(30, 50, 70, 90) 및 2개의 링크를 회전 가능하게 연결하는 제3구동부(40, 80)로 이루어지는 이등변삼각형에 대한 구면좌표값에 삼각함수를 적용하는 제어방법을 확장하면 되기 때문이다. 이와 같이, 길이가 서로 동일한 2개의 링크(30, 50, 70, 90)로 이루어지는 이등변삼각형을 해석함으로써 로봇 팔(100)을 직관적으로 제어할 수 있다.
- [0084] 이에 따라, 본 발명의 일 실시예에 따른 구면좌표계를 기반으로 한 로봇 팔 및 그 제어방법은, 제3구동부(40)와 링크의 개수가 늘어났다 하여도 상기 제3구동부(40)의 구동각도(m_1)를 구하는 수학식이 복잡해지지 않기 때문에, 상기 링크들의 움직임을 대상물에 대하여 신속하고 정확하게 제어할 수 있는 효과가 있다.
- [0085] 상기한 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 구면좌표계를 기반으로 한 로봇 팔 및 그 제어방법을 사용하면 제1 내지 제3구동부의 허용 가동 영역 하에서 직교좌표계나 구면좌표계를 이용하여 관절 로봇 팔을 직관적으로 조종할 수 있으며 오로지 수학적만을 사용하기 때문에 연산량을 줄일 수 있다.
- [0086] 지금까지 본 발명에 따른 구체적인 일 실시예에 관하여 설명하였으나, 본 발명의 범위에서 벗어나지 않는 한도 내에서는 여러 가지 변형이 가능함은 물론이다.
- [0087] 그러므로, 본 발명의 범위는 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 안되며, 후술하는 특허 청구의 범위뿐 아니라 이 특허 청구의 범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

부호의 설명

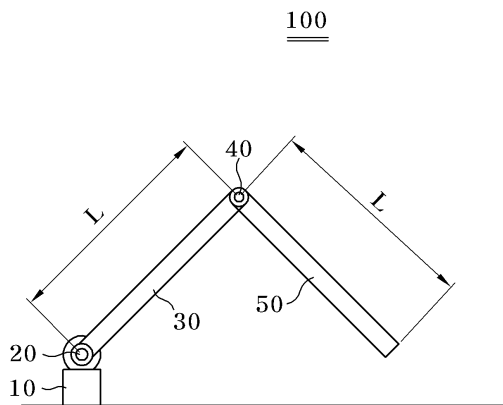
- [0088] 10 : 제1구동부
20 : 제2구동부
30 : 제1링크
40 : 제3구동부
50 : 제2링크

도면

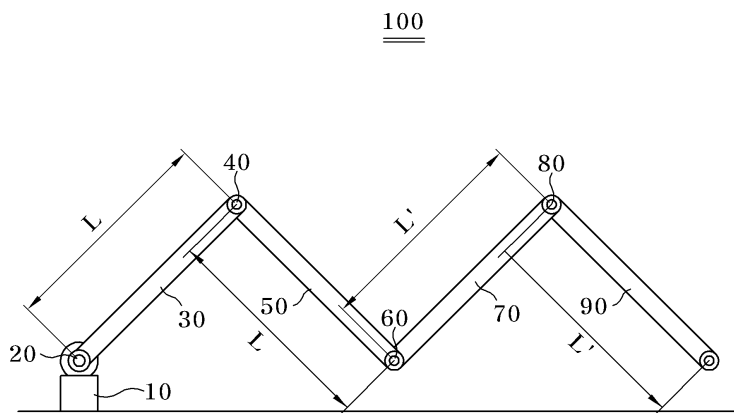
도면1



도면2



도면3



도면4

