



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년02월13일
(11) 등록번호 10-1363209
(24) 등록일자 2014년02월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B25J 9/06 (2006.01) B25J 9/16 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2012-0122344
(22) 출원일자 2012년10월31일
심사청구일자 2012년10월31일
(56) 선행기술조사문헌
JP07136976 A*
JP5036661 B2*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
이화여자대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 이화여대길 52 (대현동, 이화여자대학교)
(72) 발명자
김영준
서울 서대문구 이화여대길 52, 신공학관 559호 (대현동, 이화여자대학교)
이영은
서울 서대문구 이화여대길 52, 신공학관 560호 (대현동, 이화여자대학교)
(74) 대리인
특허법인무한

전체 청구항 수 : 총 13 항

심사관 : 김상욱

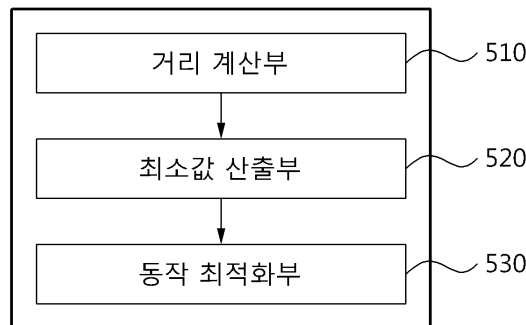
(54) 발명의 명칭 다관절 로봇의 제어 장치 및 방법

(57) 요약

다관절 로봇의 제어 장치 및 다관절 로봇의 제어 방법이 개시된다. 다관절 로봇의 제어 장치는 동작을 수행하는 경우에, 복수의 링크간의 거리를 계산한다. 다관절 로봇의 제어 장치는 복수의 링크 간의 거리 중에서, 최소값을 산출하고, 산출된 최소값이 미리 결정된 임계값 이하인 경우에, 동작을 다시 최적화한다.

대표도 - 도5

500



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	K1001818
부처명	지식경제부
연구사업명	산업융합원천기술개발사업
연구과제명	e-Entertainment를 위한 실시간 물리 시뮬레이션 기술 개발
기 여 율	1/1
주관기관	이화여자대학교산학협력단
연구기간	2011.01.01 ~ 2012.03.14

특허청구의 범위

청구항 1

복수의 링크로 구성된 다관절 로봇의 제어 장치에 있어서,

상기 다관절 로봇이 상기 링크들을 구동하여 제1 자세로부터 제2 자세로 자세를 변경하는 동작을 수행하는 경우에, 상기 각 링크간의 거리를 계산하는 거리 계산부;

상기 산출된 각 링크 간의 거리의 최소값을 산출하는 최소값 산출부; 및

상기 산출된 최소값에 기반하여 상기 동작을 최적화하는 동작 최적화부를 포함하고,

상기 동작 최적화부는 상기 산출된 최소값이 미리 결정된 임계값 보다 작은 경우에 상기 동작을 최적화하는 다관절 로봇의 제어 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 최소값 산출부는 상기 다관절 로봇이 상기 제1 자세를 취하는 제1 시점으로부터 상기 다관절 로봇이 상기 제2 자세를 취하는 제2 시점까지의 시간 구간을 복수의 서브 구간으로 분할하고, 상기 각각의 서브 구간에 대하여 최소값을 산출하고,

상기 동작 최적화부는 상기 각각의 서브 구간에 대하여 상기 동작을 최적화하는 다관절 로봇의 제어 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 최소값 산출부는 상기 제1 자세를 취하는 제1 시점과 상기 제2 자세를 취하는 제2 시점 사이에 제3 시점을 설정하고,

상기 제1 시점과 상기 제3 시점 사이의 제4 시점에 대하여, 상기 제4 시점에서의 제4 거리와 상기 제3 시점에서의 제3 거리의 비교 결과에 따라서, 상기 최소값이 상기 제1 시점과 상기 제3 시점 사이의 구간 또는 상기 제4 시점과 상기 제2 시점 사이의 구간 중에서 어느 구간에 위치하는지 판단하는 다관절 로봇의 제어 장치.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 제4 시점은

수학식

$$d = b - \frac{3 - \sqrt{5}}{2} \cdot (b - a)$$

에 따라 결정되고,

d 는 상기 제4 시점이고, b 는 상기 제3 시점이고, a 는 상기 제1 시점인 다관절 로봇의 제어 장치.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 최소값 산출부는 상기 거리에 대한 후보 최소값을 설정하고, 상기 제1 자세를 취하는 제1 시점과 상기 제2 자세를 취하는 제2 시점 사이에 상기 계산된 거리가 상기 후보 최소값과 일치하는 제3 시점이 존재하는지 여부

를 판단하고, 상기 판단에 따라서 상기 최소값을 산출하는 다관절 로봇의 제어 장치.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 최소값 산출부는 상기 복수의 링크에 포함된 제1 링크가 상기 복수의 링크에 포함된 제2 링크의 방향으로 이동하는 최대 속도에 기반하여 상기 제3 시점이 존재하는지 여부를 판단하는 다관절 로봇의 제어 장치.

청구항 7

삭제

청구항 8

복수의 링크로 구성된 다관절 로봇의 제어 방법에 있어서,

상기 다관절 로봇이 상기 링크들을 구동하여 제1 자세로부터 제2 자세로 자세를 변경하는 동작을 수행하는 경우에, 상기 각 링크간의 거리를 계산하는 단계;

상기 산출된 각 링크 간의 거리의 최소값을 산출하는 단계; 및

상기 산출된 최소값에 기반하여 상기 동작을 최적화하는 단계

를 포함하고,

상기 동작을 최적화하는 단계는 상기 산출된 최소값이 미리 결정된 임계값 보다 작은 경우에 상기 동작을 최적화하는 다관절 로봇의 제어 방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 다관절 로봇이 상기 제1 자세를 취하는 제1 시점으로부터 상기 다관절 로봇이 상기 제2 자세를 취하는 제2 시점까지의 시간 구간을 복수의 서브 구간으로 분할하는 단계

를 더 포함하고,

상기 최소값을 산출하는 단계는 상기 각각의 서브 구간에 대하여 최소값을 산출하고,

상기 동작을 최적화하는 단계는 상기 각각의 서브 구간에 대하여 상기 동작을 최적화하는 다관절 로봇의 제어 방법.

청구항 10

제8항에 있어서, 상기 최소값을 산출하는 단계는

상기 제1 자세를 취하는 제1 시점과 상기 제2 자세를 취하는 제2 시점 사이의 제3 시점 및 상기 제1 시점과 상기 제3 시점 사이의 제4 시점을 설정하는 단계;

상기 제4 시점에서의 제4 거리와 상기 제3 시점에서의 제3 거리의 비교 결과에 따라서, 상기 최소값이 상기 제1 시점과 상기 제3 시점 사이의 구간 또는 상기 제4 시점과 상기 제2 시점 사이의 구간 중에서 어느 구간에 위치하는지 판단하는 단계

를 더 포함하는 다관절 로봇의 제어 방법.

청구항 11

제10항에 있어서, 상기 제4 시점을 설정하는 단계에서,

상기 제4 시점은

수학식

$$d = b - \frac{3 - \sqrt{5}}{2} \cdot (b - a)$$

에 따라 결정되고,

d 는 상기 제4 시점이고, b 는 상기 제3 시점이고, a 는 상기 제1 시점인 다관절 로봇의 제어 방법.

청구항 12

제8항에 있어서,

상기 거리에 대한 후보 최소값을 설정하는 단계;

상기 제1 자세를 취하는 제1 시점과 상기 제2 자세를 취하는 제2 시점 사이에 상기 계산된 거리가 상기 후보 최소값과 일치하는 제3 시점이 존재하는지 여부를 판단하는 단계

를 더 포함하고,

상기 최소값을 산출하는 단계는 상기 판단에 따라서 상기 최소값을 산출하는 다관절 로봇의 제어 방법.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 제3 시점이 존재하는지 여부를 판단하는 단계는 상기 복수의 링크에 포함된 제1 링크가 상기 복수의 링크에 포함된 제2 링크의 방향으로 이동하는 최대 속도에 기반하여 상기 제3 시점이 존재하는지 여부를 판단하는 다관절 로봇의 제어 방법.

청구항 14

삭제

청구항 15

제8항 내지 제13항 중에서 어느 하나의 항의 방법을 실행시키기 위한 프로그램이 기록된 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체.

명세서

기술 분야

[0001] 하기의 실시예들은 다관절 로봇을 제어하는 장치 및 방법에 관한 것으로, 구체적으로는, 다관절 로봇의 동작 수행 도중에, 다관절 로봇을 구성하는 링크들이 서로 충돌하는지 여부를 판단하여 다관절 로봇의 동작을 최적화하는 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 다관절 로봇은 여러 각도로 움직일 수 있는 링크들을 구비하고 자유로운 동작을 취할 수 있는 로봇이다. 다관절 로봇은 일반적으로 3개 이상의 회전 운동 기구로 각 링크들을 결합시키고, 다관절 로봇을 움직이는 경우 이 회전 운동 기구(일반적으로는 모터)를 구동하여 동작을 수행할 수 있다.

[0003] 다관절 로봇은 여러 가지 자세를 취할 수 있으며, 제1 자세에서 제2 자세로 자세를 변경하는 경우 각 링크들을 어떻게 동작시켜야 할지에 대해서 여러 가지 제어 방법이 적용될 수 있다.

[0004] 특정한 동작을 수행하기 위하여 복수의 링크를 움직여야 하는 경우에, 각각의 링크들이 서로 충돌할 수도 있다. 따라서, 복수의 회전 운동 기구들 중에서, 어느 회전 운동 기구를 어느 시점에 얼마만큼 구동시키느냐를 결정하는 기술에 대한 중요성이 커지고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0005] 하기의 실시예들은 다관절 로봇의 동작을 최적화하는 것을 목적으로 한다.
- [0006] 하기의 실시예들은 동작 수행중에 다관절 로봇의 링크들이 서로 충돌하는지 여부를 판단하여 이를 방지하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

- [0007] 예시적 실시예에 따르면, 복수의 링크로 구성된 다관절 로봇의 제어 장치에 있어서, 상기 다관절 로봇이 상기 링크들을 구동하여 제1 자세로부터 제2 자세로 자세를 변경하는 동작을 수행하는 경우에, 상기 각 링크간의 거리를 계산하는 거리 계산부, 상기 산출된 각 링크 간의 거리의 최소값을 산출하는 최소값 산출부 및 상기 산출된 최소값에 기반하여 상기 동작을 최적화 하는 동작 최적화부를 포함하는 다관절 로봇의 제어 장치가 개시된다.
- [0008] 여기서, 상기 최소값 산출부는 상기 다관절 로봇이 상기 제1 자세를 취하는 제1 시점으로부터 상기 다관절 로봇이 상기 제2 자세를 취하는 제2 시점까지의 시간 구간을 복수의 서브 구간으로 분할하고, 상기 각각의 서브 구간에 대하여 최소값을 산출하고, 상기 동작 최적화부는 상기 각각의 서브 구간에 대하여 상기 동작을 최적화할 수 있다.
- [0009] 그리고, 상기 최소값 산출부는 상기 제1 자세를 취하는 제1 시점과 상기 제2 자세를 취하는 제2 시점 사이에 제3 시점을 설정하고, 상기 제1 시점과 상기 제3 시점 사이의 제4 시점에 대하여, 상기 제4 시점에서의 제4 거리와 상기 제3 시점에서의 제3 거리의 비교 결과에 따라서, 상기 최소값이 상기 제1 시점과 상기 제3 시점 사이의 구간 또는 상기 제4 시점과 상기 제2 시점 사이의 구간 중에서 어느 구간에 위치하는지 판단할 수 있다.
- [0010] 또한, 상기 제1 시점과 상기 제3 시점 사이의 거리가 상기 제3 시점과 상기 제2 시점 사이의 거리보다 더 큰 값인 경우에, 상기 제4 시점은 하기 수학적 식 1에 따라서 결정될 수 있다.
- [0011] [수학적 식 1]

$$d = b - \frac{3 - \sqrt{5}}{2} \cdot (b - a)$$

- [0012]
- [0013] 여기서, d 는 상기 제4 시점이고, b 는 상기 제3 시점이고, a 는 상기 제1 시점이다.
- [0014] 여기서, 상기 최소값 산출부는 상기 거리에 대한 후보 최소값을 설정하고, 상기 제1 자세를 취하는 제1 시점과 상기 제2 자세를 취하는 제2 시점 사이에 상기 계산된 거리가 상기 후보 최소값과 일치하는 제3 시점이 존재하는지 여부를 판단하고, 상기 판단에 따라서 상기 최소값을 산출할 수 있다.
- [0015] 그리고, 상기 최소값 산출부는 상기 복수의 링크에 포함된 제1 링크가 상기 복수의 링크에 포함된 제2 링크의 방향으로 이동하는 속도에 기반하여 상기 제3 시점이 존재하는지 여부를 판단할 수 있다.
- [0016] 또한, 상기 동작 최적화부는 상기 산출된 최소값이 미리 결정된 임계값 보다 작은 경우에 상기 동작을 최적화할 수 있다.
- [0017] 또 다른 예시적 실시예에 따르면, 복수의 링크로 구성된 다관절 로봇의 제어 방법에 있어서, 상기 다관절 로봇이 상기 링크들을 구동하여 제1 자세로부터 제2 자세로 자세를 변경하는 동작을 수행하는 경우에, 상기 각 링크간의 거리를 계산하는 단계, 상기 산출된 각 링크 간의 거리의 최소값을 산출하는 단계 및 상기 산출된 최소값에 기반하여 상기 동작을 최적화 하는 단계를 포함하는 다관절 로봇의 제어 방법이 제공된다.

[0018] 여기서, 상기 다관절 로봇이 상기 제1 자세를 취하는 제1 시점으로부터 상기 다관절 로봇이 상기 제2 자세를 취하는 제2 시점까지의 시간 구간을 복수의 서브 구간으로 분할하는 단계를 더 포함하고, 상기 최소값을 산출하는 단계는 상기 각각의 서브 구간에 대하여 최소값을 산출하고, 상기 동작을 최적화하는 단계는 상기 각각의 서브 구간에 대하여 상기 동작을 최적화할 수 있다.

[0019] 그리고, 상기 제1 자세를 취하는 제1 시점과 상기 제2 자세를 취하는 제2 시점 사이의 제3 시점 및 상기 제1 시점과 상기 제3 시점 사이의 제4 시점을 설정하는 단계, 상기 제4 시점에서의 제4 거리와 상기 제3 시점에서의 제3 거리의 비교 결과에 따라서, 상기 최소값이 상기 제1 시점과 상기 제3 시점 사이의 구간 또는 상기 제4 시점과 상기 제2 시점 사이의 구간 중에서 어느 구간에 위치하는지 판단하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0020] 또한, 상기 제4 시점을 설정하는 단계는 상기 제1 시점과 상기 제3 시점 사이의 거리가 상기 제3 시점과 상기 제2 시점 사이의 거리보다 더 큰 값인 경우에, 상기 제4 시점은 하기 수학식 2에 따라서 결정될 수 있다.

[0021] [수학식 2]

$$d = b - \frac{3 - \sqrt{5}}{2} \cdot (b - a)$$

[0022]

[0023] 여기서, d 는 상기 제4 시점이고, b 는 상기 제3 시점이고, a 는 상기 제1 시점이다.

[0024] 여기서, 상기 거리에 대한 후보 최소값을 설정하는 단계, 상기 제1 자세를 취하는 제1 시점과 상기 제2 자세를 취하는 제2 시점 사이에 상기 계산된 거리가 상기 후보 최소값과 일치하는 제3 시점이 존재하는지 여부를 판단하는 단계를 더 포함하고, 상기 최소값을 산출하는 단계는 상기 판단에 따라서 상기 최소값을 산출할 수 있다.

[0025] 그리고, 상기 제3 시점이 존재하는지 여부를 판단하는 단계는 상기 복수의 링크에 포함된 제1 링크가 상기 복수의 링크에 포함된 제2 링크의 방향으로 이동하는 속도에 기반하여 상기 제3 시점이 존재하는지 여부를 판단할 수 있다.

[0026] 또한, 상기 동작을 최적화하는 단계는 상기 산출된 최소값이 미리 결정된 임계값 보다 작은 경우에 상기 동작을 최적화할 수 있다.

발명의 효과

[0027] 하기의 실시예들에 따르면, 다관절 로봇의 동작 수행 중에 링크간의 충돌을 방지할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0028] 도 1은 복수의 링크로 구성되는 다관절 로봇이 상태를 변경하는 동작을 수행하는 개념을 도시한 도면이다.

도 2는 예시적 실시예에 따른 다관절 로봇의 제어 장치의 구조를 도시한 블록도이다.

도 3은 예시적 실시예에 따라 산출된 최소값에 기반하여 다관절 로봇의 동작을 제어하는 개념을 도시한 도면이다.

도 4는 다관절 로봇을 구성하는 복수의 링크간의 거리를 도시한 도면이다.

도 5는 또 다른 예시적 실시예에 따른 다관절 로봇의 제어 장치의 구조를 도시한 블록도이다.

도 6은 황금 분할 탐색법(Golden Section Search)에 따른 최소값 탐색 방법을 설명한 도면이다.

도 7은 CA(Conservative Advancement) 기법에 따른 최소값 탐색 방법을 설명한 도면이다.

도 8은 또 다른 예시적 실시예에 따른 다관절 로봇의 제어 방법을 단계별로 설명한 순서도이다.

도 9는 황금 분할 탐색법(Golden Section Search)에 따른 최소값 탐색 방법을 단계별로 설명한 순서도이다.

도 10은 CA(Conservative Advancement) 기법에 따른 최소값 탐색 방법을 단계별로 설명한 순서도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0029] 이하, 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.
- [0030] 도 1은 복수의 링크로 구성되는 다관절 로봇이 상태를 변경하는 동작을 수행하는 개념을 도시한 도면이다.
- [0031] 도 1의 (a)에서 다관절 로봇은 두 팔을 내린 제1 상태를 취한다. 다관절 로봇은 제1 상태에서 도 1의 (b)에 도시된 두 팔을 가슴에 겹쳐 모은 제2 상태로 변경하는 동작을 취할 수 있다.
- [0032] 도 1에 설명된 동작을 수행하는 경우에, 다관절 로봇은 양 팔을 가슴으로 모은다. 이 경우에, 다관절 로봇이 양 팔을 동일한 시점에 움직이기 시작하여 동일한 속도로 움직인다면, 다관절 로봇의 양 팔은 서로 충돌할 수 있다. 따라서, 다관절 로봇의 양 팔은 겹쳐지지 못한다.
- [0033] 도 1에서 설명된 문제를 해결하기 위해서는, 다관절 로봇이 특정한 동작을 수행하기 이전에, 특정한 동작을 수행한다면 다관절 로봇을 구성하는 링크들이 서로 충돌하는지 여부를 판단하는 기술이 필요하다.
- [0034] 도 2는 예시적 실시예에 따른 다관절 로봇의 제어 장치의 구조를 도시한 블록도이다. 다관절 로봇의 제어 장치(200)는 동작 최적화부(210), 동작 파라미터 추출부(220), 거리 계산부(230) 및 최소값 산출부(240)를 포함한다.
- [0035] 동작 최적화부(210)는 다관절 로봇이 링크를 움직여 특정한 동작을 수행하는 경우에, 각 링크의 움직임을 최적화 한다. 동작 최적화부(210)는 이를 위하여 각 링크를 연결하는 관절을 구동하는 모터의 동작을 제어할 수 있다. 예를 들어, 동작 최적화부(210)는 각 모터를 어떤 시점에 얼마만큼 회전 시켜야 할지 결정할 수 있다.
- [0036] 동작 파라미터 추출부(220)는 동작 최적화부(210)가 결정한 동작에 대한 파라미터를 추출한다. 동작 파라미터 추출부(220)가 추출하는 파라미터는 각 모터의 시간에 따른 회전 속도, 각 링크의 위치, 방향 등에 대한 정보일 수 있다.
- [0037] 거리 계산부(230)는 다관절 로봇이 동작을 수행하는 도중에, 각 링크간의 거리를 계산한다. 거리 계산부(230)는 동작 최적화부(210)가 결정한 동작에 대한 파라미터를 이용하여 각 링크 간의 거리를 계산할 수 있다. 각 링크간의 거리에 대해서는 도 4에서 상세히 설명하기로 한다.
- [0038] 최소값 산출부(240)는 시간에 따라 변화하는 각 링크간의 거리 중에서, 최소값을 산출한다. 산출된 최소값이 '0'보다 더 작은 값이라면, 두 링크는 동작 수행중에 충돌한다. 이 경우에, 동작 최적화부(210)는 다관절 로봇의 동작을 다시 최적화하여 링크간의 충돌을 방지할 수 있다.
- [0039] 도 3은 예시적 실시예에 따라 산출된 최소값에 기반하여 다관절 로봇의 동작을 제어하는 개념을 도시한 도면이다.
- [0040] 도 3은 다관절 로봇이 동작을 수행함에 따라서, 다관절 로봇의 두 링크간의 거리가 변화하는 것을 나타낸 도면이다. 다관절 로봇의 링크간의 거리가 실선으로 표현되었다. 다관절 로봇의 제어 장치는 다관절 로봇이 동작을 수행하는 t_0 부터 t_6 까지의 시간 구간을 복수의 서브 구간(310, 320, 330, 340, 350, 360)으로 분할하고, 분할된 서브 구간(310, 320, 330, 340, 350, 360) 각각에 대하여 최소값을 산출할 수 있다.
- [0041] 다관절 로봇의 제어 장치는 각 서브 구간(310, 320, 330, 340, 350, 360)의 최소값과 미리 결정된 임계값을 비교한다. 여기서, 임계값은 다관절 로봇의 제어 장치가 다관절 로봇을 효과적으로 제어하기 위하여 설정한 값이다. 일실시예에 따르면, 임계값은 '0'으로 결정될 수 있다. 이 경우, 링크간의 거리가 '0'보다 작은 값이라면, 각 링크들이 서로 충돌하게 되므로, 다관절 로봇 제어 장치는 최소값이 임계값 보다 작은 서브 구간의 동작을 최적화할 수 있다.
- [0042] 도 3을 참조하면, 링크간의 거리는 서브 구간(320)에서 최소값을 가지며 최소값은 '0'보다 작을 수 있다. 이 경우, 다관절 로봇의 링크는 서로 충돌할 수 있다. 따라서, 다관절 로봇의 제어 장치는 서브 구간(320) 및 서브 구간(320)에 이웃한 다른 서브 구간들(330, 340)의 동작을 최적화할 수 있다.

- [0043] 도3에서, 최적화 이후의 링크간의 거리가 점선으로 표현되었다. 도 3을 참고하면, 서브 구간(320)에서의 최소값은 '0' 이상이다. 따라서, 링크간의 충돌이 방지된다.
- [0044] 도 3에서는 임계값이 '0'인 실시예만이 도시되었으나, 다관절 로봇의 제어 장치는 '0'보다 큰 값으로 임계값을 설정할 수 있다. 이 경우에, 다관절 로봇의 각 링크는 임계값 보다 더 큰 거리만큼 이격되어 이동된다.
- [0045] 도 4는 다관절 로봇을 구성하는 복수의 링크간의 거리를 도시한 도면이다.
- [0046] 각 링크간의 거리를 간단히 계산 하기 위하여, 다관절 로봇을 구성하는 각 링크(410, 420)들은 도 4에 도시된 바와 같이 원통(412)의 윗면과 바닥면에 각각 반구(411, 413)를 결합한 형태로 모델링될 수 있다.
- [0047] 도 4에서, 각 링크(410, 420)의 중심에 중심선(414, 421)을 설정할 수 있다. 각각의 중심선은 원통(412)의 윗면 중심과 바닥면 중심을 연결하는 선이다.
- [0048] 일측에 따르면, 다관절 로봇의 제어 장치는 각 링크(420)의 중심선(414, 421)들간의 거리(430)만을 이용하여 링크간의 거리(440)를 간단히 계산할 수 있다. 예를 들어, 제1 링크(410)에서, 원통(412)의 반지름 및 반원(410, 411)의 반지름이 r_1 이고, 제2 링크(420)에서, 원통의 반지름 및 반원의 반지름이 r_2 인 경우에, 중심선간의 거리(430)가 $r_1 + r_2$ 라면, 각 링크간의 거리(440)는 '0'일 수 있다. 여기서, 중심선(414, 421)간의 거리는 중심선(414, 421)간의 유클리디안 거리(Euclidian distance)로 정의될 수 있다.
- [0049] 예시적 실시예에 따르면, 거리 계산부(230)는 동작 파라미터 및 도 4에 도시된 링크의 모델을 이용하여 도 3에 도시된 각 링크간의 거리를 간단히 산출할 수 있다.
- [0050] 도 5는 또 다른 예시적 실시예에 따른 다관절 로봇의 제어 장치의 구조를 도시한 블록도이다. 다관절 로봇의 제어 장치(500)는 거리 계산부(510), 최소값 산출부(520) 및 동작 최적화부(530)를 포함한다.
- [0051] 다관절 로봇이 제1 자세로부터 제2 자세로 자세를 변경하는 동작을 수행하는 경우에, 거리 계산부(510)는 다관절 로봇을 구성하는 각 링크간의 거리를 계산한다. 일측에 따르면, 거리 계산부(510)는 추출된 동작 파라미터 및 도 4에 도시된 링크 모델을 이용하여 각 링크간의 거리를 계산할 수 있다. 여기서, 추출된 동작 파라미터는 각 링크를 움직이는 모터들의 시간에 따른 회전 속도, 동작을 시작하는 시점에서의 각 링크의 위치, 방향 등에 대한 정보일 수 있다.
- [0052] 최소값 산출부(520)는 다관절 로봇이 동작을 수행하는 경우에, 각 링크간의 거리의 최소값을 산출한다. 일측에 따르면, 최소값 산출부(520)는 황금 분할 탐색법(Golden Section Search), CA(Conservative Advancement) 탐색법, 하이브리드(hybrid) 탐색법 등 여러 가지 방법을 이용하여 링크간의 거리의 최소값을 산출할 수 있다. 일측에 따르면, 최소값 산출부(520)는 다관절 로봇이 제1 자세를 취하는 제1 시점으로부터 다관절 로봇이 제2 자세를 취하는 제2 시점까지의 시간 구간을 복수의 서브 구간으로 분할하고, 각각의 서브 구간에 대하여 최소값을 산출할 수 있다.
- [0053] 동작 최적화부(530)는 산출된 최소값에 기반하여 다관절 로봇의 동작을 최적화할 수 있다. 최소값 산출부(520)가 제1 시점으로부터 제2 시점까지의 시간 구간을 복수의 서브 구간으로 분할한 경우에, 동작 최적화부(530)는 각각의 서브 구간에 대하여 동작을 최적화할 수 있다.
- [0054] 일측에 따르면, 동작 최적화부(530)는 산출된 최소값을 미리 결정된 임계값과 비교할 수 있다. 동작 최적화부(530)는 산출된 최소값이 미리 결정된 임계값 보다 작은 경우에, 해당 서브 구간 및 해당 서브 구간과 이웃한 서브 구간들의 동작을 최적화할 수 있다. 일측에 따르면, 미리 결정된 임계값은 '0'일 수 있다.
- [0055] 이하 최소값 산출부(520)가 링크간의 거리의 최소값을 산출하는 탐색기법에 대하여 설명하기로 한다.
- [0056] 1) 황금 분할 탐색법(Golden Section Search)
- [0057] 도 6은 황금 분할 탐색법(Golden Section Search)에 따른 최소값 탐색 방법을 설명한 도면이다. 도 6의 가로축

은 시간이고, 세로축은 링크간의 거리이다.

[0058] 먼저, 최소값 산출부(520)는 제1 시점(610) 및 제2 시점(620)간의 시간 구간에서, 제1 시점(610)과 제2 시점(620)의 사이에 제3 시점(630)을 설정한다. 최소값 산출부(520)는 제1 시점(610)과 제3 시점(630)간의 거리 및 제3 시점(630)과 제2 시점(620) 사이의 거리에 따라서 제1 시점(610)과 제3 시점(630) 사이에 위치할 수도 있고, 제3 시점(630)과 제2 시점(620) 사이에 위치할 수 있다.

[0059] 일측에 따르면, 제1 시점(610)과 제3 시점(630)사이의 거리가 제3 시점(630)과 제2 시점(620) 사이의 거리보다 짧은 경우에, 제4 시점(640)은 제3 시점(630)과 제2 시점(620)사이에 위치한다. 반대로, 제1 시점(610)과 제3 시점(630)사이의 거리가 제3 시점(630)과 제2 시점(620) 사이의 거리보다 긴 경우에, 제4 시점(640)은 제1 시점(610)과 제3 시점(630) 이에 위치한다.

[0060] 일측에 따르면, 제4 시점(640)이 제1 시점(610)과 제3 시점(630)사이에 위치하는 경우에, 최소값 산출부(520)는 제1 시점(610)과 제3 시점(630)에 따라서 제4 시점을 결정할 수 있다. 최소값 산출부(520)는 하기 수학적 식 1에 따라서 제4 시점(640)을 결정할 수 있다.

[0061] [수학적 식 1]

$$d = b - \frac{3 - \sqrt{5}}{2} \cdot (b - a)$$

[0062]

[0063] 여기서, d 는 제4 시점이고, b 는 제3시점이고, a 는 제1 시점이다

[0064] 일측에 따르면, 제4 시점(640)이 제3 시점(630)과 제2 시점(620)사이에 위치하는 경우에, 최소값 산출부(520)는 제3 시점(630)과 제2 시점(620)에 따라서 제4 시점을 결정할 수 있다. 최소값 산출부(520)는 하기 수학적 식 2에 따라서 제4 시점(640)을 결정할 수 있다.

[0065] [수학적 식 2]

$$d = b + \frac{3 - \sqrt{5}}{2} \cdot (c - b)$$

[0066]

[0067] 여기서, d 는 제4 시점이고, b 는 제3시점이고, c 는 제2 시점이다.

[0068] 제4 시점(640)이 제1 시점(610)과 제3 시점(630)사이에 위치하는 경우에, 최소값 산출부(520)는 제4 시점(640)에서의 제4 거리(641)와 제3 시점(630)에서의 제3 거리(631)를 비교한다. 만약 제4 시점(640)에서의 제4 거리(641)가 제3 시점(630)에서의 제3 거리(631) 보다 더 큰 값인 경우에, 최소값 산출부(520)는 제1 시점(610)과 제2 시점(620)간의 최소값이 제4 시점(640)에서 제2 시점(620)사이의 구간에 위치하는 것으로 판단할 수 있다.

이 경우에, 최소값 산출부(520)는 제4 시점(640)에서 제2 시점(620)사이의 구간에 대하여 도 6에서 설명한 탐색을 다시 적용하여 최소값이 위치하는 것으로 판단되는 구간을 좀더 좁힐 수 있다.

[0069] 반대로, 만약 제4 시점(640)에서의 제4 거리(641)가 제3 시점(630)에서의 제3 거리(631) 보다 작은 값이라면, 최소값 산출부(520)는 제1 시점(610)과 제2 시점(620)간의 최소값이 제1 시점(610)에서 제3 시점(630)사이의 구간에 위치하는 것으로 판단할 수 있다. 이 경우에, 최소값 산출부(520)는 제1 시점(610)에서 제3 시점(630)사이의 구간에 대하여 도 6에서 설명한 탐색을 다시 적용할 수 있다.

[0070] 제4 시점(640)이 제3 시점(630)과 제2 시점(620)사이에 위치하는 경우에도 최소값 산출부(520)는 제4 시점(640)이 제1 시점(610)과 제3 시점(630)사이에 위치하는 경우와 유사한 과정을 통하여 최소값이 위치하는 것으로 판단되는 구간을 좀더 좁힐 수 있다.

[0071] 도 6에 설명된 탐색을 반복하면, 최소값이 위치하는 구간을 충분히 정밀하게 파악할 수 있다. 일측에 따르면, 최소값 산출부(520)는 최소값이 위치하는 것으로 판단되는 구간이 충분히 좁아진 것으로 판단되거나, 정해진 횟수 이상 탐색을 반복한 경우에, 최소값 탐색을 중지하고 최소값이 위치하는 시점을 결정할 수 있다.

[0072] 2) CA(Conservative Advancement) 탐색법

[0073] 도 7은 CA(Conservative Advancement) 탐색법에 따른 최소값 탐색 방법을 설명한 도면이다. 도 7의 가로축은 시간이고, 세로축은 링크간의 거리이다.

[0074] 최소값 산출부(520)는 시간 구간이 시작되는 제1 시점에서의 제1 거리와 시간 구간이 종료되는 제2 시점에서의 제2 거리를 비교한다. 최소값 산출부(520)는 제1 거리와 제2 거리 중에서 더 작은 거리에 대응되는 시점을 기준으로 CA 탐색법을 수행할 수 있다. 도 7에서는 제1 시점(711)에서의 제1 거리(710)가 더 작은 값이므로, 최소값 산출부(520)는 제1 시점(711)을 기준으로 CA 탐색법을 수행한다.

[0075] 최소값 산출부(520)는 제1 시점(711)에서의 제1 거리(710)를 d_1 라고 설정하고, 링크간의 거리의 하한선을 d_0 라고 설정한다. 일측에 따르면, 최소값 산출부(520)는 하기 수학적 2에 따라서 링크간의 거리의 하한선 d_0 를 설정할 수 있다.

[0076] [수학적 2]

[0077]
$$d_0 = -(r_1 + r_2)$$

[0078] 여기서, r_1 은 제1 링크를 구성하는 원통의 반지름이고, r_2 는 제2 링크를 구성하는 원통의 반지름이다. 도 4를 참고하면, 각 링크의 중심선(414, 421)이 서로 접하는 경우에 링크간의 거리는 $-(r_1 + r_2)$ 이 된다.

[0079] 최소값 산출부(520)는 제1 시점에서의 제1 거리 d_1 (720)과 하한선 d_0 (720)사이에 중간 거리 d_2 (730)를 설정한다. 일측에 따르면, 최소값 산출부(520)는 중간 거리 d_2 (730)를 제1 거리 d_1 (720)과 하한선 d_0 (720)의 산술 평균값으로 설정할 수 있다.

[0080] 최소값 산출부(520)는 제1 시점(711)에서의 제1 링크(410) 및 제2 링크(420)의 위치, 거리, 이동 속도, 제1 링크(410)로부터 제2 링크(420)까지의 방향 등을 고려하여 제1 링크(410)와 제2 링크(420)가 중간 거리 d_2 (730)

0)만큼 이격되는 시간을 산출한다. 일측에 따르면, 중간 거리 $d_2(730)$ 를 후보 최소값이라 할 수 있다.

[0081] 이 경우에, 최소값 산출부(520)는 제1 링크(410)가 제2 링크(420)의 방향으로 이동하는 속도에 기반하여 두 링크(410, 420)가 중간 거리 $d_2(730)$ 만큼 이격되는 제3 시점이 존재하는지 여부를 판단할 수 있다. 최소값 산출부(520)는 제1 링크(410)의 이동 속도 중에서, 제1 링크(410)로부터 제2 링크(420)까지의 방향에 해당하는 이동 속도만을 추출할 수 있다. 예를 들어, 최소값 산출부(520)는 제1 링크(410)의 이동 속도를 제1 링크(410)로부터 제2 링크(420)까지의 방향에 프로젝션(projection)시켜 제1 링크(410)가 제2 링크(420)로 이동하는 최대 속도만을 추출할 수 있다. 최소값 산출부(520)는 추출된 속도를 이용하여 제1 링크(410)와 제2 링크(420)가 중간 거리 $d_2(730)$ 만큼 이격되는 시간을 산출할 수 있다.

[0082] 만약 링크간의 거리의 최소값이 중간 거리(후보 최소값) $d_2(730)$ 보다 작다면, 제1 링크(410)와 제2 링크(420)간의 거리가 중간 거리(후보 최소값) $d_2(730)$ 과 일치하는 시점이 존재한다. 이를 간단히 제3 시점(731)이라고 하자. 이 경우에, 링크간의 거리의 최소값은 제3 시점(731)과 제2 시점간의 시간 구간에 위치한다.

[0083] 도 7을 참고하면, 최소값 산출부(520)는 새로운 중간 거리(후보 최소값) d_3 를 설정할 수 있다. 일측에 따르면, 최소값 산출부(520)는 $d_2(730)$ 와 $d_0(720)$ 간의 사이에서 새로운 중간 거리(후보 최소값) $d_3(740)$ 를 설정할 수 있다.

[0084] 만약 링크간의 거리의 최소값이 중간 거리(후보 최소값) $d_3(740)$ 보다 크다면, 최소값 산출부(520)는 제1 링크(410)와 제2 링크(420)가 $d_3(740)$ 만큼 이격되는 시간을 산출할 수 없다. 또는, 산출된 시간이 제2 시점(t_{k+1})보다 더 큰 의미없는 값이 산출된다. 따라서, 이 경우에, 최소값 산출부(520)는 링크간 거리의 최소값이 $d_3(740)$ 보다는 크고, $d_2(730)$ 보다는 작은 값인 것으로 판단할 수 있다.

[0085] 도 7에 설명된 탐색을 반복하면, 최소값 산출부(520)는 최소값(750)이 위치하는 구간을 충분히 정밀하게 파악할 수 있다. 일측에 따르면, 최소값 산출부(520)는 최소값이 위치하는 것으로 판단되는 구간이 충분히 좁아진 것으로 판단되거나, 정해진 횟수 이상 탐색을 반복한 경우에, 최소값 탐색을 중지하고 최소값이 위치하는 시점(751)을 결정할 수 있다.

[0086] 3) 하이브리드 탐색법

[0087] 하이브리드 탐색법은 황금 분할 탐색법과 CA 탐색법을 결합한 탐색법이다.

[0088] 하이브리드 탐색법에 따르면, 최소값 산출부(520)는 CA 탐색법을 이용하여 최소값이 위치하는 것으로 판단되는 구간을 좁힐 수 있다. 이 경우에, 최소값 산출부(520)는 시간 구간의 시작 시점 및 시간 구간의 종료 시점의 양 방향에서 최소값으로 접근하여 탐색 시간을 감소시킬 수 있다.

[0089] 만약 최소값이 위치하는 것으로 판단되는 구간이 충분히 좁아졌다고 판단되면, 최소값 산출부(520)는 황금 분할 탐색법을 이용하여 정확한 최소값을 탐색할 수 있다.

[0090] 도 8은 또 다른 예시적 실시예에 따른 다관절 로봇의 제어 방법을 단계별로 설명한 순서도이다.

[0091] 단계(810)에서, 다관절 로봇의 제어 장치는 다관절 로봇이 링크들을 구동하여 제1 자세로부터 제2 자세로 자세를 변경하는 동작을 수행하는 경우에, 각 링크간의 거리를 계산한다. 일측에 따르면, 다관절 로봇의 제어 장치는 추출된 동작 파라미터 및 도 4에 도시된 링크 모델을 이용하여 각 링크간의 거리를 계산할 수 있다. 여기서,

추출된 동작 파라미터는 각 링크를 움직이는 모터들의 시간에 따른 회전 속도, 동작을 시작하는 시점에서의 각 링크의 위치, 방향 등에 대한 정보일 수 있다.

- [0092] 단계(820)에서, 다관절 로봇의 제어 장치는 다관절 로봇이 제1 자세를 취하는 제1 시점으로부터 제2 자세를 취하는 제2 시점까지의 시간 구간을 복수의 서브 구간으로 분할할 수 있다.
- [0093] 단계(830)에서, 다관절 로봇의 제어 장치는 링크간의 거리의 최소값을 산출한다. 일측에 따르면, 다관절 로봇의 제어 장치는 1)황금 분할 탐색법 2)CA 탐색법 3)하이브리드 탐색법 중에서 어느 하나의 탐색법을 선택하여 최소값을 산출할 수 있다.
- [0094] 1) 황금 분할 탐색법
- [0095] 도 9는 황금 분할 탐색법(Golden Section Search)에 따른 최소값 탐색 방법을 단계별로 설명한 순서도이다. 이하 도 9를 참고하여 황금 분할 탐색법을 단계별로 설명하기로 한다.
- [0096] 단계(910)에서, 다관절 로봇의 제어 장치는 제3 시점 및 제4 시점을 설정한다. 일측에 따르면, 다관절 로봇의 제어 장치는 제1 시점 및 제2 시점간의 시간 구간에서, 제1 시점과 제2 시점의 사이에 제3 시점을 설정한다. 또한, 다관절 로봇의 제어 장치는 제1 시점과 제3 시점의 사이에 제4 시점을 설정한다. 일측에 따르면, 다관절 로봇의 제어 장치는 제1 시점과 제3 시점에 따라서 제4 시점을 결정할 수 있다. 다관절 로봇의 제어 장치는 상기 수학적 식 1에 따라서 제4 시점을 결정할 수 있다.
- [0097] 단계(920)에서, 다관절 로봇의 제어 장치는 제4 시점에서의 제4 거리와 제3 시점에서의 제3 거리의 비교 결과에 따라서, 최소값이 제1 시점과 제3 시점 사이의 구간 또는 제4 시점과 제2 시점 사이의 구간 중에서 어느 구간에 위치하는지 판단한다.
- [0098] 단계(930)에서, 다관절 로봇의 제어 장치는 황금 분할 탐색법을 종료할지 여부를 판단한다. 일측에 따르면, 다관절 로봇의 제어 장치는 최소값이 위치하는 것으로 판단된 구간이 소정의 범위 이하이면 최소값이 위치하는 것으로 판단된 구간이 충분히 정확히 탐색된 것으로 판단하고, 황금 분할 탐색법을 종료할 수 있다.
- [0099] 또는, 다관절 로봇의 제어 장치는 탐색이 미리 정해진 횟수 이상 수행되었는지 여부에 따라서 황금 분할 탐색법을 종료할지 판단할 수 있다.
- [0100] 2) CA 탐색법
- [0101] 도 10은 CA(Conservative Advancement) 탐색법에 따른 최소값 탐색 방법을 단계별로 설명한 순서도이다.
- [0102] 단계(1010)에서, 다관절 로봇의 제어 장치는 링크간의 거리에 대한 후보 최소값을 설정한다.
- [0103] 단계(1020)에서, 다관절 로봇의 제어 장치는 다관절 로봇이 제1 자세를 취하는 제1 시점과 제2 자세를 취하는 제2 시점 사이에서, 링크간의 거리가 후보 최소값 d_2 와 일치하는 제3 시점이 존재하는지 여부를 판단한다.
- [0104] 다관절 로봇의 제어 장치는 제1 링크의 이동 속도 중에서, 제1 링크로부터 제2 링크까지의 방향에 해당하는 최대 이동 속도만을 추출할 수 있다. 예를 들어, 다관절 로봇의 제어 장치는 제1 링크의 이동 속도를 제1 링크로부터 제2 링크까지의 방향에 프로젝션(projection)시켜 제1 링크가 제2 링크로 이동하는 최대 속도만을 추출할 수 있다. 다관절 로봇의 제어 장치는 추출된 속도를 이용하여 제1 링크와 제2 링크가 후보 최소값 d_2 만큼 이격되는 시간을 산출할 수 있다.
- [0105] 만약 제3 시점이 존재한다면, 다관절 로봇의 제어 장치는 단계(1010)에서 새로운 후보 최소값을 설정하고, 좀더 정확한 최소값을 탐색할 수 있다.
- [0106] 단계(830)에서, 다관절 로봇의 제어 장치는 각 링크간의 거리의 최소값을 산출한다.
- [0107] 단계(840)에서, 다관절 로봇의 제어 장치는 산출된 최소값에 기반하여 다관절 로봇의 동작을 최적화할 수 있다. 일측에 따르면, 다관절 로봇의 제어 장치는 산출된 최소값을 미리 결정된 임계값과 비교할 수 있다. 다관절 로봇의 제어 장치는 산출된 최소값이 미리 결정된 임계값 보다 작은 경우에, 해당 서브 구간 및 해당 서브 구간과 이웃한 서브 구간들의 동작을 최적화할 수 있다.

[0108] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 관독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 관독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 관독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다. 상기된 하드웨어 장치는 실시예의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

[0109]

[0110] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

[0111] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

부호의 설명

[0112] 500: 다관절 로봇의 제어 장치

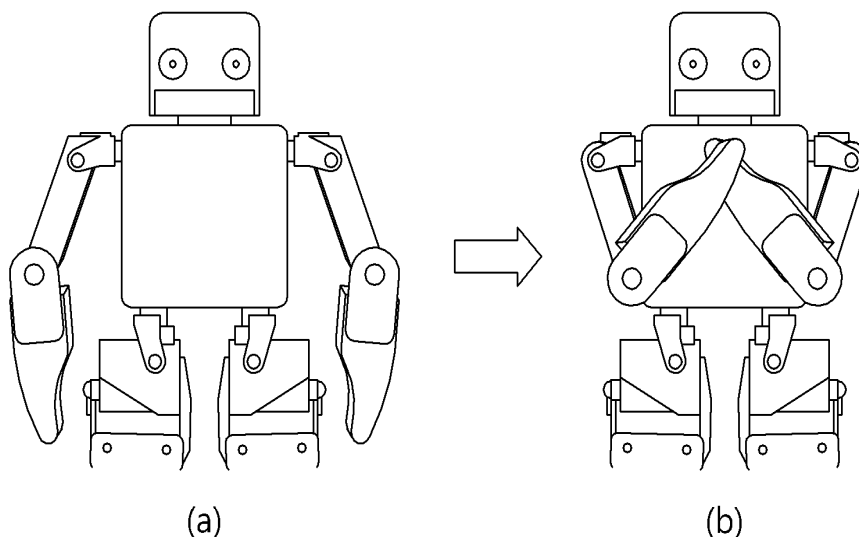
510: 거리 계산부

520: 최소값 산출부

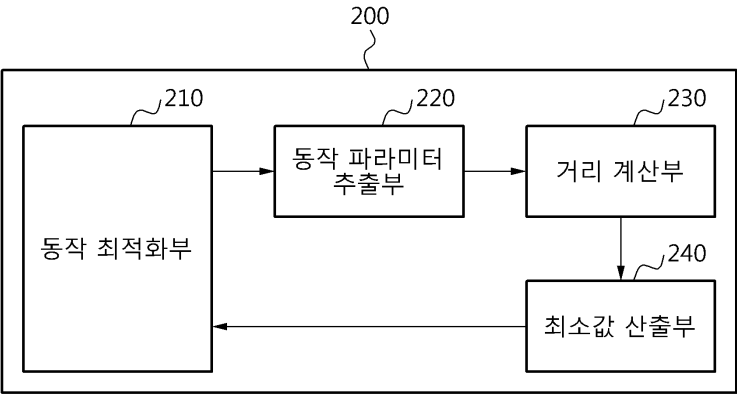
530: 동작 최적화부

도면

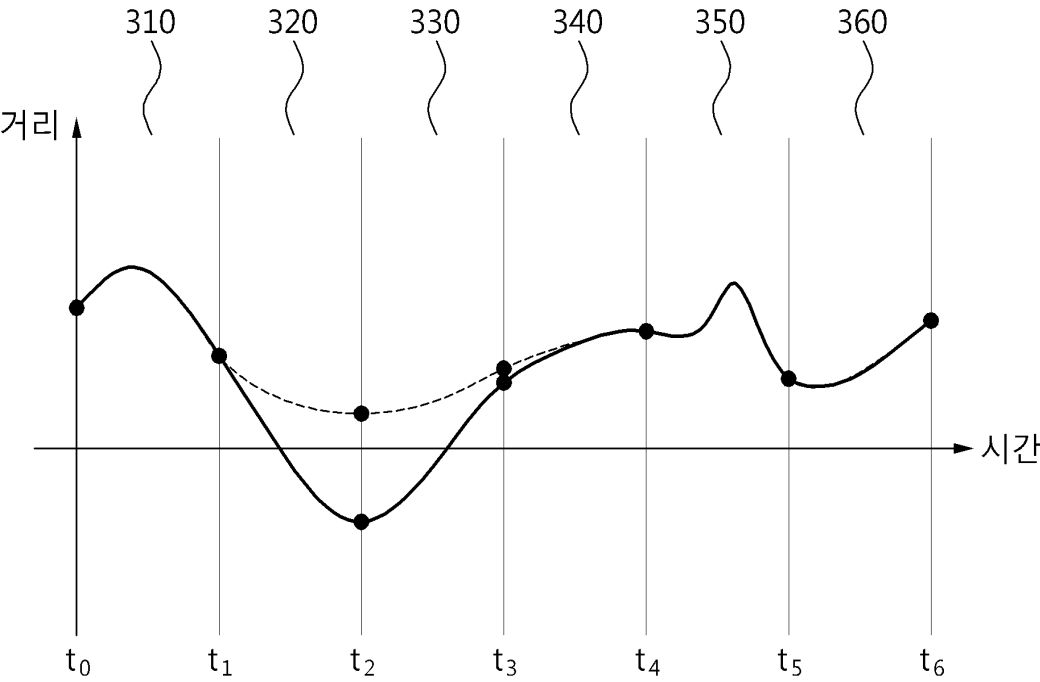
도면1



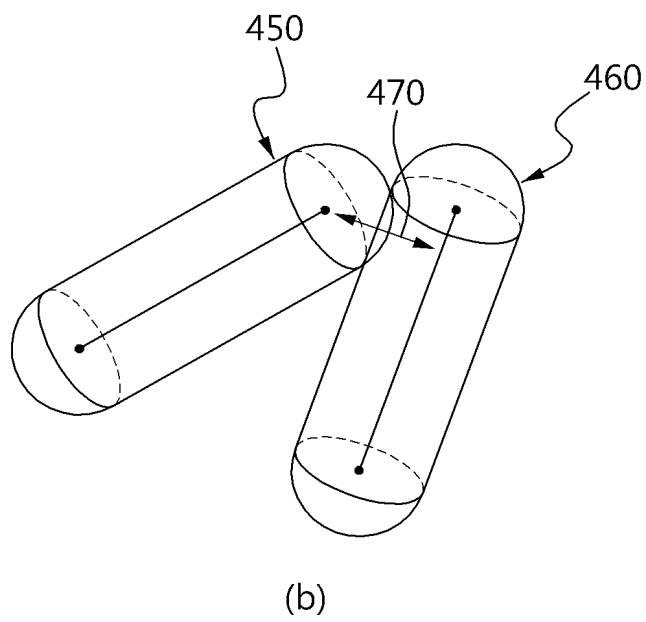
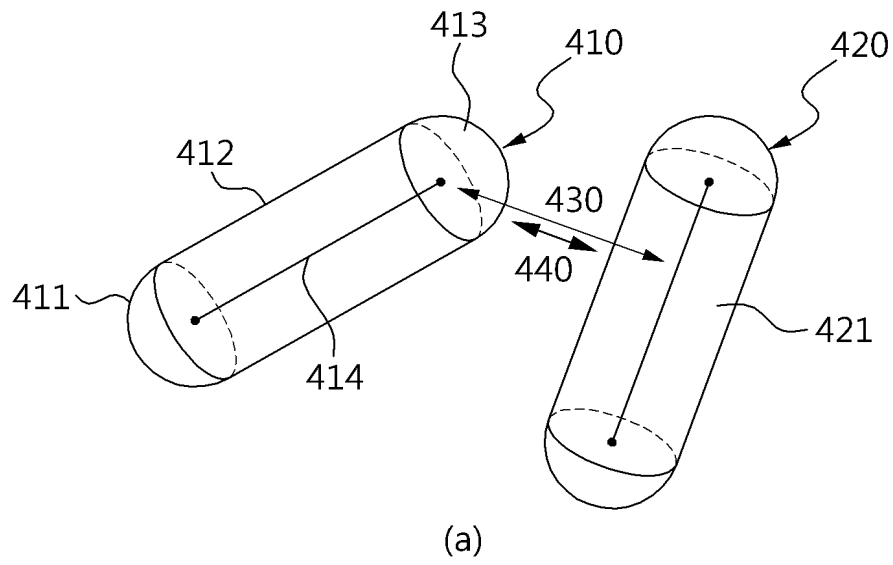
도면2



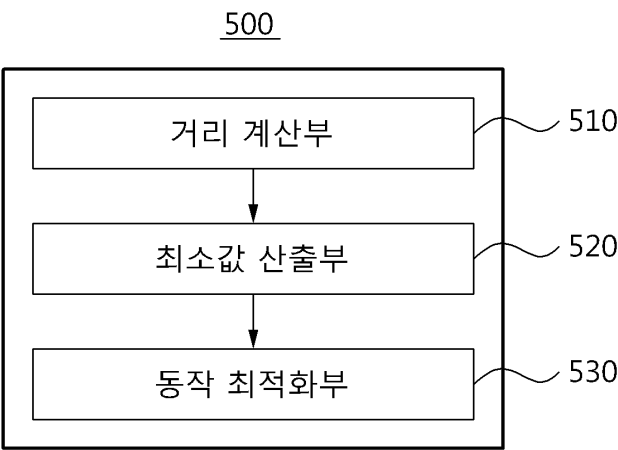
도면3



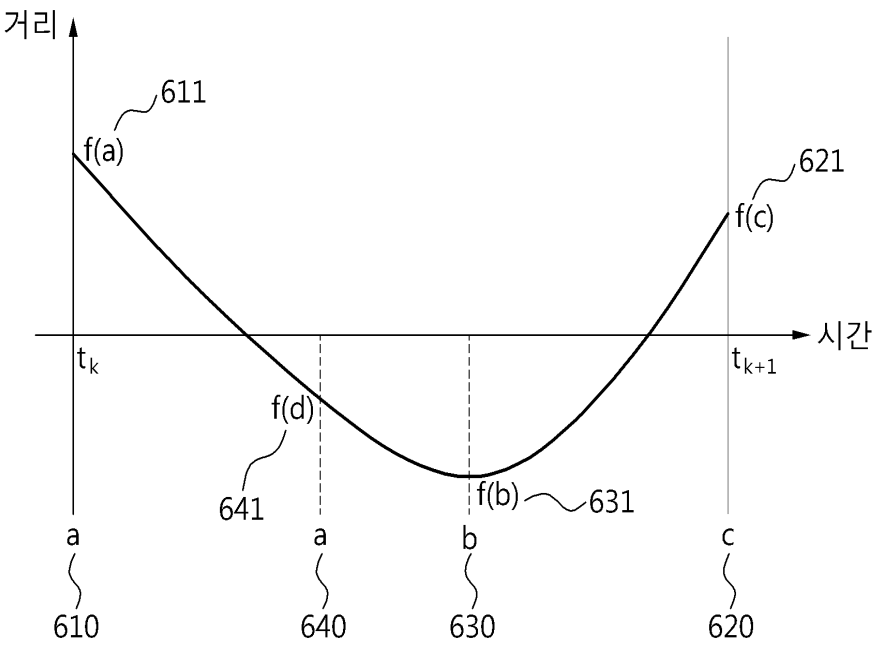
도면4



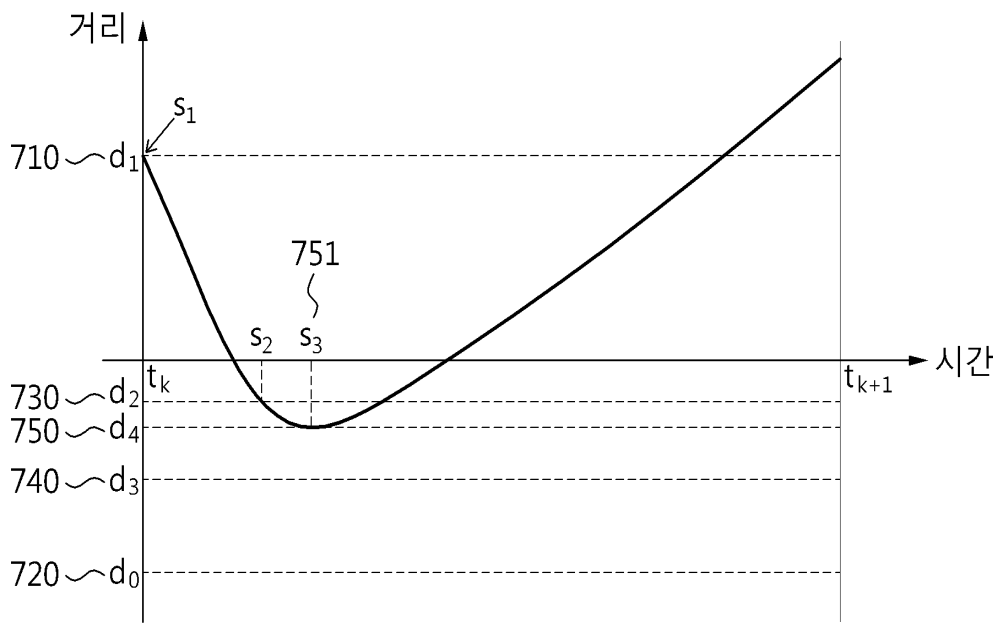
도면5



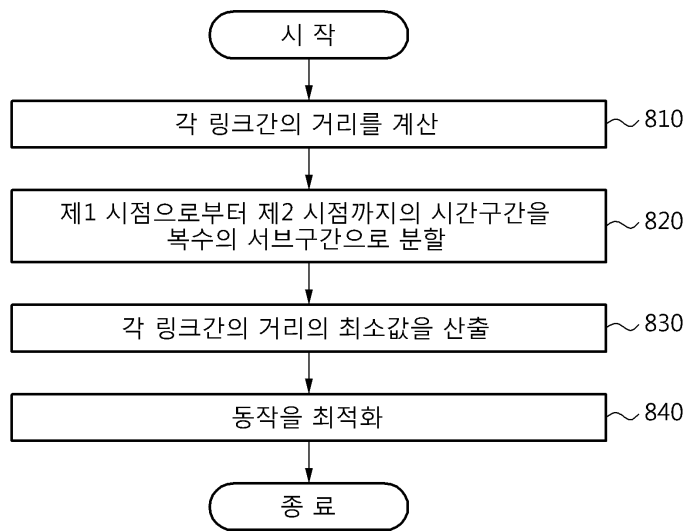
도면6



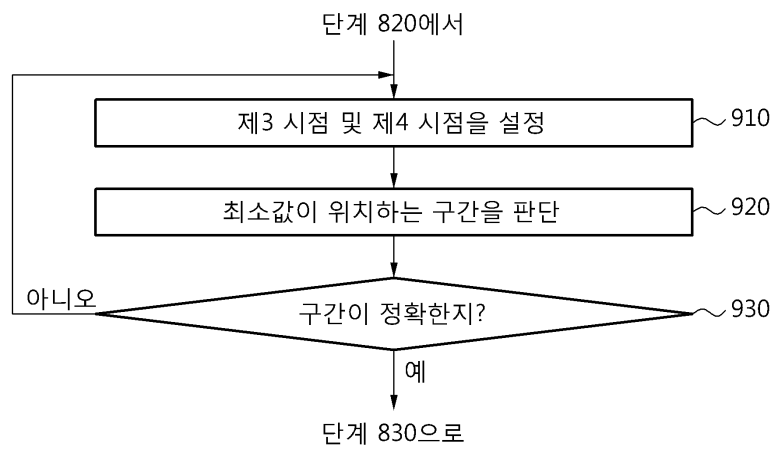
도면7



도면8



도면9



도면10

