



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2013-0028542

(43) 공개일자 2013년03월19일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

B25J 9/06 (2006.01) *B25J 18/04* (2006.01)

B25J 17/00 (2006.01) *B25J 19/00* (2006.01)

(21) 출원번호 10-2011-0092171

(22) 출원일자 2011년09월09일

심사청구일자 2011년09월09일

(71) 출원인

고려대학교 산학협력단

서울 성북구 안암동5가 1

(72) 발명자

송재복

서울특별시 강남구 언주로30길 56, B동 2907호 (도곡동, 타워팰리스아파트)

김휘수

서울특별시 동대문구 무학로42길 39, 한아름 고시
텔 (제기동)

(74) 대리인

홍동우

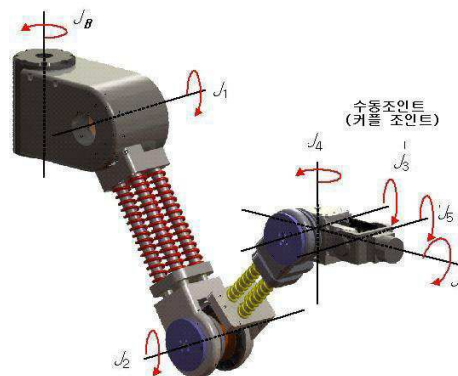
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 발명의 명칭 토크 프리 로봇 팔

(57) 요약

본 발명은, 베이스부; 및 상기 베이스부에 일단이 회동 가능하게 연결 배치되어 지면에 수평한 회전축인 제1관절을 형성하고 무게중심이 상기 제1관절로부터 이격되는 제1링크;를 구비하고, 상기 제1링크는, 일단이 상기 제1관절에 배치되고 타단이 상기 제1링크의 길이 방향을 따라 배치되어 상기 제1링크가 상기 제1관절을 중심으로 회동하는 경우 상기 제1링크의 중력을 보상하는 제1카운터밸런서를 구비하는 토크 프리 로봇 팔을 제공한다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

베이스부; 및

상기 베이스부에 일단이 회동 가능하게 연결 배치되어 지면에 수평한 회전축인 제1관절을 형성하고 무게중심이 상기 제1관절로부터 이격되는 제1링크;를 구비하고,

상기 제1링크는, 일단이 상기 제1관절에 배치되고 타단이 상기 제1링크의 길이 방향을 따라 배치되어 상기 제1링크가 상기 제1관절을 중심으로 회동하는 경우 상기 제1링크의 중력을 보상하는 제1카운터밸런서를 구비하는 토크 프리 로봇 팔.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 제1카운터밸런서는:

인가되는 회전력을 상기 제1링크에 전달하고 상기 베이스부에 배치되는 제1누름플랜지와 이격되어, 상기 제1링크의 길이 방향을 따라 가동가능한 제1스프링블록과,

일단이 상기 제1누름플랜지의 상기제1관절에 대한 회전 중심을 벗어난 상기 제1누름플랜지의 외측에, 타단이 상기 제1스프링블록에 고정 장착되어 상기 제1링크가 상기 제1관절을 중심으로 회동함에 따라 상기 제1스프링블록을 가동시키는 제1카운터밸런스와의와,

상기 제1스프링블록과 상기 제1누름플랜지 사이에 배치되는 제1압축스프링을 구비하는 것을 특징으로 하는 토크 프리 로봇 팔.

청구항 3

제 2항에 있어서,

상기 제1링크는:

상기 제1스프링블록 및 상기 제1압축스프링을 사이에 두고 대향하여 배치되되, 상기 제1누름플랜지와 상기 제1압축스프링 사이에 배치되는 제1링크플레이트A파트와, 상기 제1압축스프링과의 사이에 상기 제1스프링블록이 배치되는 제1링크플레이트B파트를 포함하는 제1링크플레이트와,

상기 제1링크플레이트의 사이에 배치되는 제1링크샤프트를 구비하고,

상기 제1카운터밸런스와의어는 상기 제1링크플레이트의 상기 제1링크플레이트A파트를 관통하여 배치되고, 상기 제1압축스프링은 상기 제1링크샤프트의 길이 방향을 따라 외주에 배치되는 것을 특징으로 하는 토크 프리 로봇 팔.

청구항 4

제 3항에 있어서,

상기 제 2링크플레이트와 상기 제1누름플랜지 사이에는 상기 제1카운터밸런스와의어와 접촉하여 상기 제1카운터밸런스와의어를 안내하기 위한 제1카운터밸런스와의어롤러가 배치되는 것을 특징으로 하는 토크 프리 로봇 팔.

청구항 5

제 1항에 있어서,

상기 제1링크에 일단이 회동 가능하게 연결 배치되어 지면에 수평한 회전축인 제2관절을 형성하고 무게중심이 상기 제2관절로부터 이격되는 제2링크를 구비하고,

상기 제2링크는, 일단이 상기 제2관절에 배치되고 타단이 상기 제2링크의 길이 방향을 따라 배치되어 상기 제2링크가 상기 제2관절을 중심으로 회동하는 경우 상기 제2링크의 중력을 보상하는 제2카운터밸런서를 구비하는

것을 특징으로 하는 토크 프리 로봇 팔.

청구항 6

제 5항에 있어서,

상기 제2카운터밸런서는:

상기 제2관절을 형성하는 상기 제2링크의 단부에 회전가능하게 배치되는 패러렐링크폴리와 이격되어 상기 제2링크의 길이 방향을 따라 가동가능한 제2스프링블록과,

일단이 상기 패러렐링크폴리의 회전 중심을 벗어난 상기 패러렐링크폴리의 외측에, 타단이 상기 제2스프링블록에 고정 장착되어 상기 패러렐링크폴리가 회동함에 따라 상기 제2스프링블록을 가동시키는 제2카운터밸런스ワイ어와,

상기 제2스프링블록과 상기 패러렐링크폴리 사이에 배치되는 제2압축스프링을 구비하는 것을 특징으로 하는 토크 프리 로봇 팔.

청구항 7

제 6항에 있어서,

상기 제2링크는:

상기 제2스프링블록 및 상기 제2압축스프링을 사이에 두고 대향하여 배치되되, 상기 패러렐링크폴리와 상기 제2압축스프링 사이에 배치되는 제2링크플레이트A파트와, 상기 제2압축스프링과의 사이에 상기 제2스프링블록이 배치되는 제2링크플레이트B파트를 포함하는 제2링크플레이트와,

상기 제2링크플레이트의 사이에 배치되는 제2링크샤프트를 구비하고,

상기 제2카운터밸런스ワイ어는 상기 제2링크플레이트A파트를 관통하여 배치되고, 상기 제2압축스프링은 상기 제2링크샤프트의 길이 방향을 따라 외주에 배치되는 것을 특징으로 하는 토크 프리 로봇 팔.

청구항 8

제 7항에 있어서,

상기 제2링크플레이트와 상기 패러렐링크폴리 사이에는 상기 제2카운터밸런스ワイ어와 접촉하여 상기 제2카운터밸런스ワイ어를 안내하기 위한 제2카운터밸런스ワイ어롤러가 배치되는 것을 특징으로 하는 토크 프리 로봇 팔.

청구항 9

제 1항에 있어서,

상기 제1링크에 일단이 회동 가능하게 연결 배치되어 지면에 수평한 회전축인 제2관절을 형성하고 무게중심이 상기 제2관절로부터 이격되는 제2링크가 구비되고,

상기 베이스부에 배치되고 인가되는 회전력을 상기 제1링크에 전달하는 제1누름플랜지가 더 구비되고,

상기 제2관절을 형성하는 상기 제2링크의 단부에 회전가능하게 배치되는 패러렐링크폴리; 및 일단이 상기 제1누름플랜지에 고정되고 상기 제1누름플랜지의 외주를 감싼후 상기 패러렐링크폴리를 감싸며 상기 패러렐링크폴리의 외측면에 형성되는 패러렐링크폴리걸림부에 걸리는 쌍을 이루는 패러렐로그래프와이어;를 포함하고, 상기 제1관절 및 상기 제2관절을 이루는 상기 패러렐링크폴리와 상기 제1누름플랜지의 지면에 대한 회전각도 기준을 동일하게 형성시키는 더블패러렐로그래프 유닛을 더 구비하는 것을 특징으로 하는 토크 프리 로봇 팔.

청구항 10

제 9항에 있어서,

상기 패러렐로그래프와이어 중의 하나는 상기 제1누름플랜지 및 상기 패러렐링크폴리의 외주를 시계방향으로 그리고 다른 하나는 반시계 방향으로 권취되는 것을 특징으로 하는 토크 프리 로봇 팔.

청구항 11

제 10항에 있어서,

상기 제2링크는, 일단이 상기 제2관절에 배치되고 타단이 상기 제2링크의 길이 방향을 따라 배치되어 상기 제2링크가 상기 제2관절을 중심으로 회동하는 경우 상기 제2링크의 중력을 보상하는 제2카운터밸런서를 구비하고,

상기 제2링크의 타단에는 상기 제2관절과 평행한 제3관절을 형성하는 패러렐리스트폴리가 배치되고,

상기 더블 패러렐로그래프 유닛은 상기 패러렐리스트폴리의 지면에 대한 회전각도 기준도 상기 패러렐링크폴리 및 상기 제1누름플랜지와 동일하게 형성하기 위하여, 상기 패러렐로그래프와이어가 상기 패러렐링크폴리의 패러렐링크폴리걸림부에 걸린 후 상기 제2링크의 길이를 따라 연장되어, 타단이 상기 패러렐리스트폴리의 외주를 감싼 후 상기 패러렐리스트폴리의 외측면에 형성되는 패러렐리스트폴리걸림부에 걸리, 상기 패러렐로그래프와이어의 하나는 상기 패러렐리스트폴리의 외주를 시계방향으로 그리고 다른 하나는 반시계 방향으로 권취되는 것을 특징으로 하는 토크 프리 로봇 팔.

청구항 12

제 11항에 있어서,

상기 패러렐리스트폴리의 외측에는 엔드이펙터부가 배치되는 리스트 링크가 배치되는 것을 특징으로 하는 토크 프리 로봇 팔.

청구항 13

제 1항에 있어서,

상기 베이스부는 지면에 수직인 회전축을 구비하는 제1관절을 포함하는 것을 특징으로 하는 토크 프리 로봇 팔.

청구항 14

엔드이펙터부와,

일단에 상기 엔드이펙터부가 배치되고 타단은 지면에 수평하고 길이 방향에 수직하는 회전축을 중심으로 회전력을 생성하는 링크모터와 연결되는 리스트 링크와,

상기 링크모터를 사이에 두고 상기 엔드이펙터부와 마주하여 배치되고 상기 리스트 링크의 회전축에 수직하게 배치되는 리스트압축스프링; 일단이 상기 리스트 링크에 고정되어 배치되는 리스트카운터밸런스와의와이어; 상기 리스트카운터밸런스와의와이어와 접촉하여 상기 리스트카운터밸런스와의와이어를 안내하는 리스트와이어롤러를 포함하는 리스트와이어가이드; 상기 리스트압축스프링의 일단에 접촉하고 상기 리스트압축스프링을 관통하여 배치되는 상기 리스트카운터밸런스와의와이어의 타단과 연결되는 리스트스프링블록을 포함하는 리스트카운터밸런서를 구비하는 토크 프리 로봇 팔.

청구항 15

베이스부;

상기 베이스부에 일단이 회동 가능하게 연결 배치되어 지면에 수평한 회전축인 제1관절을 형성하고 무게중심이 상기 제1관절로부터 이격되는 제1링크;

상기 베이스부에 배치되어 상기 제1링크를 회동시키기 위한 제1링크모터;

상기 제1링크모터와 연결되어 상기 제1링크모터로부터 생성된 회전력을 전달받는 텐던베이스폴리를 포함하는 동력전달유닛;를 구비하고,

상기 제1링크는: 이격되어 배치되는 제1링크플레이트A파트 및 제1링크플레이트B파트를 포함하는 제1링크플레이트와, 상기 제1링크플레이트의 사이에 배치되는 제1링크샤프트를 구비하고,

상기 제1링크의 타단에 상기 제1관절과 평행한 회전축인 제2관절을 형성하는 텐던링크폴리가 배치되고,

일단이 상기 텐던베이스폴리에 고정되고 상기 텐던베이스폴리의 외주를 감싼 후 상기 텐던링크폴리를 감싸며 상기 텐던링크폴리의 외측면에 형성되는 텐던링크폴리걸림부에 걸리며 쌍을 이루어 배치되는 텐던드리븐와이어를 구비하되, 상기 텐던드리븐와이어의 하나는 상기 텐던베이스폴리 및 상기 텐던링크폴리의 외주를 시계방향으로

그리고 다른 하나는 반시계 방향을 권취되는 것을 특징으로 하는 토크 프리 로봇 팔.

명세서

기술 분야

[0001] 본 발명은 토크-프리 로봇 팔에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 로봇팔의 동작 및 자세유지 시에 로봇팔의 자중으로 인하여 발생하는 토크를 보상할 수 있는 중력보상기구를 탑재하고, 이를 다자유도로 확장함으로써, 구동시 로봇팔의 전반에 걸쳐서 자중에 의해 발생하는 필요토크가 0이 되는 로봇팔에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 서비스 로봇에 대한 관심 및 수요 증가와 더불어, 현재까지 다양한 서비스 로봇이 개발되었지만 기존 산업용 로봇 분야에 비해 활성화되지 않고 있는 실정이다. 이와 같은 현상의 주요 원인으로는, 기존에 개발된 서비스 로봇의 가격이 성능에 비하여 매우 높다는 견해가 지배적이다. 특히, 실제로 물건 파지 및 이동 등의 작업을 수행할 수 있는 로봇팔의 가격이 매우 높기 때문에 현재의 서비스 로봇 시장은 단지 청소 로봇에 국한되고 있다. 따라서 서비스 로봇산업의 활성화를 위해서는 저가형 로봇팔 개발을 통한 가격 합리화가 필수이다.

[0003] 실제 로봇팔 설계 및 제작 시에는 다양한 기계 및 전자 부품들이 사용된다. 이 중, 로봇의 관절을 구성하는 감속기와 모터, 그리고 모터 제어기 구입에 소모되는 비용은 제작비의 90%에 달한다. 현재 대부분의 로봇팔에는 작업 성능(가반중량, 구동 속도, 작업 공간 등)을 확보하기 위하여 고성능, 고가의 모터 및 감속기를 사용한다. 이는, 로봇팔 전체의 가격을 상승시키므로 로봇팔 시장형성을 힘들게 한다.

[0004] 로봇팔 가격의 합리화를 위해서 개발된 대표적인 방법인 중력보상기구는, 로봇 관절에서 자중에 의해 발생하는 토크를 상쇄해 줌으로써, 작업 시에 필요한 토크를 최소화 할 수 있는 기구를 말한다.

[0005] 한국 특허공개번호 제1999-1000001호에는 로봇의 중력 보상 기구가 개시된다. 하지만, 이러한 중력보상기구는 어깨 부위에 장착되어야 하므로 장착 공간이 상당하거나 링크 중심의 회전각에 대한 보상력의 범위가 상당한 크기를 갖게되어 높은 해상도의 원만한 보상이 용이하지 않다는 문제점이 수반된다. 이와 같이 현재까지 개발된 중력보상 주로 산업용 로봇에 적용하기 위하여 고안 되었으므로, 그 크기 및 방법이 서비스 로봇팔에 적용이 어렵다. 또한 기존에 개발된 서비스 로봇팔용 중력보상 장치는 다자유도에 적용하기 어렵고 기구가 복잡하여 실제 로봇팔에 적용하기 힘들다. 그러므로 저가형 로봇팔 개발을 위해서는 실제 로봇팔에 적용이 가능한 다자유도 중력보상기구의 개발이 필요하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명의 목적은 상기 문제점들을 해결하기 위한 것으로서, 스프링 등 순수 기구 요소들을 사용하여, 로봇팔 동작 시에 자세에 따른 모든 관절에서 발생하는 자중에 의한 토크를 보상할 수 있는 다자유도 중력보상기구를 개발하고, 이를 탑재한 토크-프리 로봇 팔을 제공하는 것이다.

[0007] 즉, 본 발명에서 개발된 토크-프리 로봇 팔은 설치된 중력보상기구를 통하여 로봇팔의 위치에 따라 달라지는 필요토크를 효과적으로 보상할 수 있다. 또한, 이를 여러 축으로 확장함으로써, 상부(어깨) 관절의 회전에 따라 변하게 되는 하부(팔꿈치 및 손목) 관절의 중력 토크 또한 보상할 수 있다.

[0008] 그리고, 개발된 토크-프리 로봇 팔은 상기의 중력보상기구를 적용하고, 적절한 관절 배치를 통하여 로봇팔의 동작 및 자세유지 시 각 관절에 필요한 자중에 의한 토크가 0이 되도록 한다. 이를 통하여, 로봇의 관절에 사용되는 모터 및 감속기의 사양을 최소화 하고 가격을 절감하여, 저가형 로봇팔 개발이 가능하도록 한다.

과제의 해결 수단

[0009] 전술한 목적을 달성하기 위한 본 발명은, 베이스부; 및 상기 베이스부에 일단이 회동 가능하게 연결 배치되어 지면에 수평한 회전축인 제1관절을 형성하고 무게중심이 상기 제1관절로부터 이격되는 제1링크;를 구비하고, 상기 제1링크는, 일단이 상기 제1관절에 배치되고 타단이 상기 제1링크의 길이 방향을 따라 배치되어 상기 제1링크가 상기 제1관절을 중심으로 회동하는 경우 상기 제1링크의 중력을 보상하는 제1카운터밸런서를 구비하는 토

크 프리 로봇 팔을 제공한다.

- [0010] 상기 토크 프리 로봇 팔에 있어서, 상기 제1카운터밸런서는: 인가되는 회전력을 상기 제1링크에 전달하고 상기 베이스부에 배치되는 제1누름플랜지와 이격되어, 상기 제1링크의 길이 방향을 따라 가동가능한 제1스프링블록과, 일단이 상기 제1누름플랜지의 상기제1관절에 대한 회전 중심을 벗어난 상기 제1누름플랜지의 외측에, 타단이 상기 제1스프링블록에 고정 장착되어 상기 제1링크가 상기 제1관절을 중심으로 회동함에 따라 상기 제1스프링블록을 가동시키는 제1카운터밸런스와의와, 상기 제1스프링블록과 상기 제1누름플랜지 사이에 배치되는 제1압축스프링을 구비할 수도 있다.
- [0011] 상기 토크 프리 로봇 팔에 있어서, 상기 제1링크는: 상기 제1스프링블록 및 상기 제1압축스프링을 사이에 두고 대향하여 배치되되, 상기 제1누름플랜지와 상기 제1압축스프링 사이에 배치되는 제1링크플레이트A파트와, 상기 제1압축스프링과의 사이에 상기 제1스프링블록이 배치되는 제1링크플레이트B파트를 포함하는 제1링크플레이트와, 상기 제1링크플레이트의 사이에 배치되는 제1링크샤프트를 구비하고, 상기 제1카운터밸런스와의와는 상기 제1링크플레이트의 상기 제1링크플레이트A파트를 관통하여 배치되고, 상기 제1압축스프링은 상기 제1링크샤프트의 길이 방향을 따라 외주에 배치될 수도 있다.
- [0012] 상기 토크 프리 로봇 팔에 있어서, 상기 제2링크플레이트와 상기 제1누름플랜지 사이에는 상기 제1카운터밸런스와의와의와 접촉하여 상기 제1카운터밸런스와의와의를 안내하기 위한 제1카운터밸런스와의와의롤러가 배치될 수도 있다.
- [0013] 상기 토크 프리 로봇 팔에 있어서, 상기 제1링크에 일단이 회동 가능하게 연결 배치되어 지면에 수평한 회전축인 제2관절을 형성하고 무게중심이 상기 제2관절로부터 이격되는 제2링크를 구비하고, 상기 제2링크는, 일단이 상기 제2관절에 배치되고 타단이 상기 제2링크의 길이 방향을 따라 배치되어 상기 제2링크가 상기 제2관절을 중심으로 회동하는 경우 상기 제2링크의 중력을 보상하는 제2카운터밸런서를 구비할 수도 있다.
- [0014] 상기 토크 프리 로봇 팔에 있어서, 상기 제2카운터밸런서는: 상기 제2관절을 형성하는 상기 제2링크의 단부에 회전가능하게 배치되는 패러렐링크폴리와 이격되어 상기 제2링크의 길이 방향을 따라 가동가능한 제2스프링블록과, 일단이 상기 패러렐링크폴리의 회전 중심을 벗어난 상기 패러렐링크폴리의 외측에, 타단이 상기 제2스프링블록에 고정 장착되어 상기 패러렐링크폴리가 회동함에 따라 상기 제2스프링블록을 가동시키는 제2카운터밸런스와의와의와, 상기 제2스프링블록과 상기 패러렐링크폴리 사이에 배치되는 제2압축스프링을 구비할 수도 있다.
- [0015] 상기 토크 프리 로봇 팔에 있어서, 상기 제2링크는: 상기 제2스프링블록 및 상기 제2압축스프링을 사이에 두고 대향하여 배치되되, 상기 패러렐링크폴리와 상기 제2압축스프링 사이에 배치되는 제2링크플레이트A파트와, 상기 제2압축스프링과의 사이에 상기 제2스프링블록이 배치되는 제2링크플레이트B파트를 포함하는 제2링크플레이트와, 상기 제2링크플레이트의 사이에 배치되는 제2링크샤프트를 구비하고, 상기 제2카운터밸런스와의와는 상기 제2링크플레이트A파트를 관통하여 배치되고, 상기 제2압축스프링은 상기 제2링크샤프트의 길이 방향을 따라 외주에 배치될 수도 있다.
- [0016] 상기 토크 프리 로봇 팔에 있어서, 상기 제2링크플레이트와 상기 패러렐링크폴리 사이에는 상기 제2카운터밸런스와의와의와 접촉하여 상기 제2카운터밸런스와의와의를 안내하기 위한 제2카운터밸런스와의와의롤러가 배치될 수도 있다.
- [0017] 상기 토크 프리 로봇 팔에 있어서, 상기 제1링크에 일단이 회동 가능하게 연결 배치되어 지면에 수평한 회전축인 제2관절을 형성하고 무게중심이 상기 제2관절로부터 이격되는 제2링크가 구비되고, 상기 베이스부에 배치되고 인가되는 회전력을 상기 제1링크에 전달하는 제1누름플랜지가 더 구비되고, 상기 제2관절을 형성하는 상기 제2링크의 단부에 회전가능하게 배치되는 패러렐링크폴리; 및 일단이 상기 제1누름플랜지에 고정되고 상기 제1누름플랜지의 외주를 감싼후 상기 패러렐링크폴리를 감싸며 상기 패러렐링크폴리의 외측면에 형성되는 패러렐링크폴리걸림부에 걸리는 쌍을 이루는 패러렐로그래프와의와;를 포함하고, 상기 제1관절 및 상기 제2관절을 이루는 상기 패러렐링크폴리와 상기 제1누름플랜지의 지면에 대한 회전각도 기준을 동일하게 형성시키는 더블패러렐로그래프 유닛을 더 구비할 수도 있다.
- [0018] 상기 토크 프리 로봇 팔에 있어서, 상기 패러렐로그래프와의와 중의 하나는 상기 제1누름플랜지 및 상기 패러렐링크폴리의 외주를 시계방향으로 그리고 다른 하나는 반시계 방향으로 권취될 수도 있다.
- [0019] 상기 토크 프리 로봇 팔에 있어서, 상기 제2링크는, 일단이 상기 제2관절에 배치되고 타단이 상기 제2링크의 길이 방향을 따라 배치되어 상기 제2링크가 상기 제2관절을 중심으로 회동하는 경우 상기 제2링크의 중력을 보상하는 제2카운터밸런서를 구비하고, 상기 제2링크의 타단에는 상기 제2관절과 평행한 제3관절을 형성하는 패러렐

리스트폴리가 배치되고, 상기 더블 패러렐로그래밍 유닛은 상기 패러렐리스트폴리의 지면에 대한 회전각도 기준도 상기 패러렐링크폴리 및 상기 제1누름플랜지와 동일하게 형성하기 위하여, 상기 패러렐로그래밍와이어가 상기 패러렐링크폴리의 패러렐링크폴리걸림부에 걸린 후 상기 제2링크의 길이를 따라 연장되어, 타단이 상기 패러렐리스트폴리의 외주를 감싼 후 상기 패러렐리스트폴리의 외측면에 형성되는 패러렐리스트폴리걸림부에 걸리, 상기 패러렐로그래밍와이어의 하나는 상기 패러렐리스트폴리의 외주를 시계방향으로 그리고 다른 하나는 반시계 방향으로 권취될 수도 있다.

[0020] 상기 토크 프리 로봇 팔에 있어서, 상기 패러렐리스트폴리의 외측에는 엔드이펙터부가 배치되는 리스트 링크가 배치될 수도 있다.

[0021] 상기 토크 프리 로봇 팔에 있어서, 상기 베이스부는 지면에 수직인 회전축을 구비하는 제1관절을 포함할 수도 있다.

[0022] 본 발명의 다른 일면에 따르면, 엔드이펙터부와, 일단에 상기 엔드이펙터부가 배치되고 타단은 지면에 수평하고 길이 방향에 수직하는 회전축을 중심으로 회전력을 생성하는 링크모터와 연결되는 리스트 링크와, 상기 링크모터를 사이에 두고 상기 엔드이펙터부와 마주하여 배치되고 상기 리스트 링크의 회전축에 수직하게 배치되는 리스트압축스프링; 일단이 상기 리스트 링크에 고정되어 배치되는 리스트카운터밸런스와의와이어; 상기 리스트카운터밸런스와와이어와 접촉하여 상기 리스트카운터밸런스와의와이어를 안내하는 리스트와이어롤러를 포함하는 리스트와이어 가이드; 상기 리스트압축스프링의 일단에 접촉하고 상기 리스트압축스프링을 관통하여 배치되는 상기 리스트카운터밸런스와와이어의 타단과 연결되는 리스트스프링블록을 포함하는 토크 프리 로봇 팔을 제공한다.

[0023] 본 발명의 또 다른 일면에 따르면, 베이스부; 상기 베이스부에 일단이 회동 가능하게 연결 배치되어 지면에 수평한 회전축인 제1관절을 형성하고 무게중심이 상기 제1관절로부터 이격되는 제1링크; 상기 베이스부에 배치되어 상기 제1링크를 회동시키기 위한 제1링크모터; 상기 제1링크모터와 연결되어 상기 제1링크모터로부터 생성된 회전력을 전달받는 텐던베이스폴리를 포함하는 동력전달유닛;을 구비하고, 상기 제1링크는: 이격되어 배치되는 제1링크플레이트A파트 및 제1링크플레이트B파트를 포함하는 제1링크플레이트와, 상기 제1링크플레이트의 사이에 배치되는 제1링크샤프트를 구비하고, 상기 제1링크의 타단에 상기 제1관절과 평행한 회전축인 제2관절을 형성하는 텐던링크폴리가 배치되고, 일단이 상기 텐던베이스폴리에 고정되고 상기 텐던베이스폴리의 외주를 감싼 후 상기 텐던링크폴리를 감싸며 상기 텐던링크폴리의 외측면에 형성되는 텐던링크폴리걸림부에 걸리며 쌍을 이루어 배치되는 텐던드리본와이어를 구비하되, 상기 텐던드리본와이어의 하나는 상기 텐던베이스폴리 및 상기 텐던링크폴리의 외주를 시계방향으로 그리고 다른 하나는 반시계 방향을 권취되는 것을 특징으로 하는 토크 프리 로봇 팔을 제공한다.

발명의 효과

[0024] 상기한 바와 같은 구성을 갖는 본 발명에 따른 토크 프리 로봇 팔은 다음과 같은 효과를 갖는다.

[0025] 첫째, 본 발명에 따른 토크 프리 로봇 팔은, 로봇팔의 중력보상을 이룸으로써 링크의 연결부위인 관절에서의 토크 부하를 경감시켜 회동력을 최소화시킴으로써 로봇 팔의 정확한 동작을 이루도록 할 수 있다.

[0026] 둘째, 본 발명에 따른 토크 프리 로봇 팔은, 로봇팔의 중력보상을 이룸으로써 링크의 연결부위인 관절에서의 토크 부하를 경감시켜 회동력을 최소화시킴으로써 출력 부하 저감에 따른 모터 선택 폭을 증대시켜 제조 원가를 현저하게 낮추어 경제성을 확보할 수도 있다.

[0027] 셋째, 본 발명에 따른 토크 프리 로봇 팔은, 더블패러렐로그래밍유닛을 통한 다자유도 링크 구조에 대한 기준면을 일치시켜 중력보상 토크를 최소화시켜 제조 원가를 현저하게 저감시키고 신속한 동작 구현을 이루도록 할 수 있다.

[0028] 넷째, 본 발명에 따른 토크 프리 로봇 팔은, 다양한 형태의 카운터밸런서를 통한 안정적인 중력 보상과 더불어 컴팩트한 구조를 가능하게 함으로써 컴팩트화가 요구되는 리스트링크 등에서의 중력 보상도 우수하게 수행할 수 있다.

[0029] 다섯째, 본 발명에 따른 토크 프리 로봇 팔은, 텐던드리본구조를 통하여 링크에서의 자중 부하를 저감시켜 안정적인 동작 구현과 더불어 제조 원가 저감을 이루는 구조를 제공할 수도 있다.

[0030] 여섯째, 본 발명에 따른 토크 프리 로봇 팔은, 크기 및 부피를 최소화시켜 컴팩트한 로봇팔 설계를 가능하게 하여 서비스 로봇 등에서의 활용성을 극대화시킬 수 있다.

[0031] 본 발명은 도면에 도시된 일실시예들을 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허 청구 범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

도면의 간단한 설명

[0032] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 토크-프리 로봇 팔을 도시한 개략적인 사시도이다.
 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 토크-프리 로봇 팔의 관절 구성도 이다.
 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 토크-프리 로봇 팔의 베이스부 및 제1링크의 개략적인 분해 사시도이다.
 도 4는 도 3의 더블패러렐로그래미닛, 카운터밸런스, 텐던드리븐 기구를 설명하기 위하여 도시한 부분 측면도, 부분 사시도 및 부분 정면도이다.
 도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 토크-프리 로봇 팔의 제2링크의 개략적인 분해 사시도이다.
 도 6a 내지 도 6d는 도 5의 더블패러렐로그래미닛, 카운터밸런스를 설명하기 위하여 도시한 부분 측면도, 부분 사시도 및 부분 정면도이다.
 도 7은 본 발명의 일실시예에 따른 토크-프리 로봇 팔의 리스트메인링크 및 리스트서브링크의 리스트링크의 개략적인 분해 사시도이다.
 도 8은 도 7의 더블패러렐로그래미닛, 카운터밸런스를 설명하기 위하여 도시한 부분 측면도, 부분 사시도 및 부분 정면도이다.
 도 9 내지 도 11은 카운터밸런서의 작동 메커니즘을 설명하기 위하여 도시한 개념도이다.
 도 12 및 도 13은 카운터밸런서의 작동성능을 설명하기 위한 개념도 및 시뮬레이션 결과 선도이다.
 도 14 내지 도 17은 더블패러렐로그래미닛 및 카운터밸런서의 작동 메커니즘을 설명하기 위하여 도시한 개념도이다.
 도 18 내지 도 20은 다자유도 기구의 더블패러렐로그래미닛 및 카운터밸런서의 작동성능을 설명하기 위한 개념도 및 시뮬레이션 결과 선도이다.
 도 21은 리스트링크의 카운터밸런서를 설명하기 위한 부분 사시도 및 부분 측면도이다.
 도 22는 리스트링크의 카운터밸런서의 성능을 나타내는 시뮬레이션 결과 선도이다.
 도 23은 텐던드리븐구조의 개념을 설명하는 개념도이다.
 도 24 내지 도 26은 베이스부 및 제1링크, 제2링크, 리스트링크에 대한 부분 사시도이다.
 도 27 및 도 28은 본 발명의 일실시예에 따른 토크-프리 로봇 팔의 사시도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0033] 이하에서는 토크 프리 로봇 팔에 대하여 도면을 참조하여 설명하기로 한다.

[0034] 본 발명의 일실시예에 따른 토크 프리 로봇 팔(10)은 복수 개의 링크 연결 구조를 이룰 수 있다. 도 24 내지 도 26에는 본 발명의 베이스부 및 제1링크, 제2링크, 리스트링크에 대한 부분 사시도가 도시되고, 도 27 및 도 28에는 본 발명의 일실시예에 따른 토크-프리 로봇 팔의 사시도가 도시된다.

[0035] 본 실시예의 토크 프리 로봇 팔(10)은 베이스부(100), 제1링크(200), 제2링크(300), 리스트메인링크(400), 리스트서브링크(500)를 구비하고, 리스트서브링크(500)의 단부에 롤모터 또는 그립퍼 등으로 구현될 수 있는 엔드이펙터(600)가 배치되는 구조를 취하는데, 본 실시예에서 엔드이펙터는 롤모터로 구현되고 이에 부가적인 그립퍼(미도시) 등이 추가되는 구조를 취하나 이는 본 발명의 일례로서 본 발명이 이에 국한되는 것은 아니다.

[0036] 본 실시예의 토크 프리 로봇 팔(10)은 총 7자유도로써, 롤-피치-피치-피치(수동관절)-롤-피치-롤의 능동 관절 6개와 수동 관절 1개로 구성되는 경우를 기준으로 설명하나 이에 국한되지는 않는다. 또한, 본 발명의 토크 프리 로봇 팔(10)은 하기되는 더블 패러렐로그래미닛(DPU)를 구비할 수 있고, 리스트 링크(리스트메인링크, 리스트서브링크)의 중력보상 구현을 위하여 제2링크와 리스트링크가 연결되는 제3관절을 제1관절 및 제2관절과 연동시켜 수동형관절로 구성하였으므로, 제3관절을 통하여 제2링크와 연결되는 리스트 링크가 이루는 기준면은 항

상 지면에 수직한 방향으로 움직이도록 하였는데, 이와 같은 더블 패러렐로그래프 유닛은 다양한 피치 관절에 대하여 중력보상을 구현하도록 하였으나, 이는 일례로서 다수개가 연속적으로 연동되어 중력보상을 이루는 패러렐로그래프 유닛으로 구현될 수도 있고 단일의 패러렐로그래프 유닛으로 구현될 수도 있는 등 다양한 구성이 가능하다. 또한, 본 실시예에서 지면에 수직하는 회전축을 구비하는 관절, 즉 베이스 관절 및 제4관절에는 크로스롤러베어링 등을 삽입하여 중력으로 인한 모멘트 하중을 지지하도록 설계될 수 있다.

[0037] 먼저, 본 발명의 일 실시예에 따른 토크 프리 로봇 팔(10)의 베이스부(100)는 좌측베이스프레임(110)과, 중앙베이스프레임(120) 및 우측베이스프레임(130)을 포함하는데, 중앙베이스프레임(120)을 사이에 두고 좌측베이스프레임(110)과 우측베이스프레임(130)이 각각 대향 배치 조립됨으로써 소정의 내부 공간을 형성하고, 내부 공간에는 하기되는 제1링크 및/또는 제2링크를 회동시키기 위한 회전력을 생성하는 제1링크모터(150)가 배치된다. 제1링크모터(150)는 제1링크모터A(151)와 제1링크모터B(152)를 포함하는데, 제1링크모터A(151)는 하기되는 텐던드리본 구조를 형성하여 제2링크의 제2관절의 회전축을 중심으로 회동시키는 회동력을 제공하고, 제1링크모터B(152)는 제1관절의 회전축을 중심으로 제1링크를 회동시키는 회동력을 제공한다. 여기서, 제1링크모터(150)는 단순히 표현되었으나, 감속기가 내장된 구조를 취할 수도 있고, 경우에 따라 별개의 감속기가 연결되는 구조를 취할 수도 있으며, 양측 모터 구조를 취하여 한 개의 링크모터로 구성되고 회동력의 전달 차단을 형성하는 기구 구조를 부가하여 단일의 동력원으로 제공될 수도 있는 등 다양한 구성이 가능하다.

[0038] 또한, 베이스부(100)는 위치 고정 구조를 취할 수도 있으나, 본 실시예에 따른 베이스부(100)는 별도의 회동축을 구비하는 구조를 취할 수 있는데, 베이스부(100)의 중앙베이스프레임(120)에는 베이스관절(Jb)이 포함될 수 있다. 여기서, 관절은 링크간의 연결로서 회전축중심을 이루는 구성요소를 지칭한다.

[0039] 중앙베이스프레임(120)은 전체 로봇팔의 기준이 되는 부분으로써, 프레임상부플레이트(121) 및 프레임하부플레이트(122) 및 프레임사이드하우징(123)을 포함하는데, 프레임사이드하우징(123)을 사이에 두고 상하에 각각 프레임상부플레이트(121)와 프레임하부플레이트(122)가 배치된다. 프레임상부플레이트(121) 및 프레임하부플레이트(122)에 형성되는 관통구에는 앵글러컨택트 베어링(124, 125)과 베어링너트(126, 127)가 배치되는데, 샤프트(미도시)가 이를 관통하여 장착됨으로써 베이스부(100)는 지면에 수직한 회전축인 베이스관절(Jb)을 중심으로 돌 운동을 이루도록 거치될 수 있다. 여기서, 도면부호 122, 125 및 127은 프레임하부플레이트 및 이에 배치되는 앵글러컨택트 베어링 및 베어링너트에 대한 도면 부호로서 도 3에는 미도시되었으나 프레임상부플레이트(121) 및 이에 배치되는 구성요소들과 대칭적으로 배치된다는 점에서 도면으로부터 충분히 이해될 수 있다. 또한, 샤프트는 수동식 또는 자동식으로 가동되어 회전력을 전달받을 수도 있다.

[0040] 좌측베이스프레임(110)에는 제1관절(J1)을 중심으로 베이스부(100)와 이에 연결되는 하기되는 제1링크(200) 간의 상대 회동을 가능하게 하기 위한 제1링크베이스관절연결부(210)가 포함되는데, 제1링크베이스관절연결부(210)는 제1링크베이스관절연결바디(211)와 제1크로스롤러베어링(212)과 링기어(213)와 제1누름플랜지(215)를 포함한다. 제1링크베이스관절연결바디(211)는 베이스부(100)의 좌측베이스프레임(110)과 상대 회동 가능하게 장착되고, 제1링크베이스관절연결바디(211)의 측면에는 링기어(213)가 위치고정되어 장착되고 제1링크베이스관절연결바디(211)의 단부는 하기되는 제1링크(200)의 제1링크플레이트A파트(231)와 고정 연결된다. 제1누름플랜지(215)는 좌측베이스프레임(110)에 위치 고정되어 배치되고, 제1누름플랜지(215)와 링기어(213) 사이에는 제1크로스롤러베어링(212)이 배치되어 제1누름플랜지(215)와 링기어(212) 사이, 궁극적으로 좌측베이스프레임(110)과 제1링크베이스관절연결바디(211), 보다 구체적으로 베이스부(110)와 제1링크(200) 간의 원활한 상대 회동을 가능하게 한다. 제1누름플랜지(215)는 링기어(212)보다 넓은 폭을 구비하여 하기되는 패러렐로그래프와이어의 감김(권취)을 가능하게 한다.

[0041] 링기어(212)는 피니언기어(214)와 치합되는데, 피니언기어(214)는 제1링크모터(150)의 제1링크모터B(152)의 회전축과 연결되어 소정의 생성된 회전력을 링기어(212)로 전달함으로써 제1링크(200)의 제1관절(J1)을 중심으로 하는 회동 운동을 가능하게 한다. 여기서, 링기어(212)는 호상(弧狀)을 취하여 제1관절을 중심으로 베이스부(100)와 제1링크(200) 간의 상대 운동이 발생하는 경우 하기되는 패러렐로그래프 와이어의 연결 방향을 가이드하는 구성을 취하는데, 이는 본 발명의 일례로 본 발명이 이에 국한되는 것은 아니다.

[0042] 제1링크베이스관절연결바디(211)는 하기되는 제1링크(200)의 제1링크플레이트A파트(231)와 결합하는데, 제1링크플레이트A파트(231)는 제1링크플레이트B파트(236)와 이격되어 배치되고 이들 사이에 제1링크샤프트(233) 및 하기되는 제1카운터밸런서를 배치하는 구조를 취한다.

[0043] 베이스부(100)에는 동력전달장치(140)가 더 배치될 수도 있는데, 제1전기모터(150)의 제1전기모터A(151)에서 생성된 회전력을 베이스부(100)와 연결되는 제1링크(200)의 단부에 형성되는 제2관절(J2)에 배치되는 제2링크

(300)를 제2관절(J2)을 중심으로 회동시키기 위한 회동력을 전달하는 구조를 취한다. 즉, 제1전기모터(150)의 제1전기모터B(152)에서 생성된 회전력은 제1링크(200)를 회동시키고, 제1전기모터A(151)에서 생성된 회전력은 제1링크(200)와 연결되는 제2링크(300)를 회동시키는 회동력을 제공한다. 이와 같은 구조를 통하여 링크를 구동시키는 동력원을 베이스부에 배치하는 구성을 취함으로써, 관절을 중심으로 회전하는 링크에 가해지는 하중 및 토크 부하를 저감시켜 원활하고 정확하면서도 안정적인 동작 및 제조를 가능하게 할 수 있다.

[0044] 동력전달장치(140)는 제1타이밍폴리(145), 타이밍벨트(146), 제2타이밍폴리 및 텐던베이스폴리(141)를 구비하는데, 제1타이밍폴리(145)는 제1전기모터A(151)와 동축 연결되고, 타이밍벨트(146)를 통하여 제1타이밍폴리(145)와 이에 이격 배치되는 제2타이밍폴리(144) 간의 동력전달이 이루어진다. 여기서, 제2타이밍폴리(144)와 제1타이밍폴리(145) 간에는 잇수, 즉 반경 차이로 인한 일정한 감속비가 적용될 수 있다. 제2타이밍폴리(144)는 텐던베이스폴리(141)와 연결되는데, 텐던베이스폴리(141)는 딥그루브볼베어링(deep groove ball bearing, 142, 143)을 통하여 우측베이스프레임(130)에 안정적으로 회동 가능하게 장착되는 구조를 취한다.

[0045] 텐던베이스폴리(141)의 외주에는 텐던드리븐구조를 이루는 텐던드리븐와이어(253)가 권취되는 구조를 취하는데, 텐던드리븐와이어(253)는 쌍을 이루어 배치되고, 일단은 텐던베이스폴리(141)에 고정되어 배치된 후 텐던드리븐와이어(253)의 외주를 권취하고 제1링크(200)를 관통하여 제1링크(200)의 단부에 배치되는 제2관절(J2)에 배치되는 텐던링크폴리(314)와 연결되는 구조를 취한다. 즉, 도 4 (c) 및 도 6에 도시된 바와 같이, 텐던드리븐와이어(253)는 쌍을 이루되 서로 반대되는 방향, 즉 어느 하나의 텐던드리븐와이어(253)는 시계 방향으로, 다른 하나의 텐던드리븐와이어(253)는 반시계 방향으로 텐던베이스폴리의 외주를 한번 이상 감싼후, 제1링크(200)의 제1링크플레이트(231, 236), 제1링크샤프트(233), 및 제1카운터밸런서(230)의 제1스프링블록(235)를 관통하고 제2관절(J2)에 배치되는 텐던링크폴리(314)에 권취후 고정되는 구조를 취한다. 이와 같은 구성을 통하여, 제1전기모터A(151)에서 생성된 시계/반시계 방향 회전력은 동력전달장치(140)의 텐던베이스폴리(141)로 전달되고 텐던베이스폴리(141)와 연결되는 텐던드리븐와이어(253)를 통하여 텐던링크폴리(314)에 전달됨으로써 제2링크(300)를 제1링크(200)와 연결되는 제2관절(J2)을 중심으로 회전시키는 회전력이 전달될 수 있다. 도 23에는 본 발명에 따른 텐던드리븐 구조의 개략적인 구조도가 도시되는데, 베이스부(100)에 배치되는 제1링크모터A를 사용하여 제1링크(200)의 단부인 제2관절(J2)에 연결되는 제2링크(300)를 회동시키는 동력을 전달하는 구조를 취함으로써, 제1링크에서의 하중 부담을 저감시킬 수 있어 원활한 동작 성능 확보, 적절한 모터 선정을 가능하게 하여 제조 원가를 현저하게 저감시킬 수 있을 뿐만 아니라, 텐던드리븐와이어는 중공 방식의 제1링크샤프트에 배치되어 외부 노출이 차단됨으로써 보다 안전한 가동을 이룰 수 있다.

[0046] 제1링크(200)는 베이스부(100)에 대하여 회동가능하게 연결 배치되어 지면에 수평한 회전축인 제1관절(J1)에 배치되고, 무게중심이 제1관절로부터 이격되어 제1관절(J1)과 제2관절(J2) 사이에 배치된다. 제1링크(200)는 앞서 기술한 바와 같이, 제1링크플레이트(231, 236) 및 제1링크샤프트(233)를 포함하는데, 제1링크플레이트(231, 236)는 제1링크플레이트A(231)와 제1링크플레이트B(236)를 포함한다. 제1링크플레이트A(231)와 제1링크플레이트B(236)는 서로 이격 배치되는 구조를 취하는데, 제1링크플레이트A(231)와 제1링크플레이트B(236)의 사이에 제1링크샤프트(233)가 배치된다. 제1링크샤프트(233)는 본 실시예에서 복수 개가 배치되고 중공 샤프트 구조를 취하는데, 제1링크샤프트(233)의 양단에는 제1중공볼트(237)가 배치되어 제1링크샤프트(233)의 제1링크플레이트에 대한 안정적인 장착 상태를 형성할 수 있다.

[0047] 제1링크(200)의 베이스부(100)와 연결되는 단부는 제1관절(J1)에 배치되고, 제1링크(200)의 타단은 제2링크(300)와 연결되는 제2관절(J2)에 배치된다. 즉, 이와 같은 구조를 통하여 제조원가 절감 및 중량 저감으로 인한 성능 증대와 더불어 컴팩트한 공간 설계를 가능하게 할 수 있는데, 이는 일례로서 본 발명이 이에 국한되지는 않고 단일의 중공 구조로 형성될 수도 있는 등 다양한 설계 변형이 가능하다.

[0048] 제1링크플레이트B(236)의 단부에는 제1링크제2링크관절연결부(240)가 배치되는데, 제1링크제2링크관절연결부(240)는 제1-2링크관절연결텐던연결부(241)와 제1-2링크관절연결패러렐연결부(242)가 배치되는데, 제1-2링크관절연결텐던연결부(241)는 하기되는 제2카운터밸런서(340)와 연결되는 구조를 취하고 제1-2링크관절연결패러렐연결부(242)는 더블패러렐로그래프 유닛(DPU)과 연결되는 구조를 취한다.

[0049] 제1링크(200)에는 제1카운터밸런서(230)가 구비되는데, 제1카운터밸런서(230)는 일단이 제1관절(J1)에 배치되고 제1링크(200)의 길이방향을 따라 배치되어 제1링크(200)가 제1관절(J1)을 중심으로 회동하는 경우 제1링크(200)의 중력을 보상한다. 제1카운터밸런서(230)는 제1스프링블록(235)과 제1카운터밸런스와이어(253)와 제1압축스프링(232)을 포함하는데, 제1스프링블록(235)는 베이스부(100)에 배치되는 제1누름플랜지(215)와 이격되어, 제1링크(100)의 길이 방향을 따라 가동 가능한 구조를 취한다. 즉, 제1스프링블록(235)은 제1링크플레이트A와

트(231)과 제1링크플레이트B파트(236) 사이에 배치되되, 제1링크플레이트A파트(231) 및 제1링크플레이트B파트(236) 사이에 배치되는 제1링크샤프트(233)가 제1스프링블록(235)을 관통하고 제1스프링블록(235)이 제1링크샤프트(233)를 따라 가동 가능한 구조를 형성한다. 제1스프링블록(235)에 형성되는 관통구에는 제1리니어부쉬(234)가 배치되어 제1링크샤프트(233) 상에서의 원활한 가동을 가능하게 한다.

[0050] 제1압축스프링(232)는 제1스프링블록(235)와 제1누름플랜지(215) 사이에 배치되고, 제1카운터밸런스라이어(251)는 일단이 제1누름플랜지(215)의 제1관절(J1)에 대한 회전 중심을 벗어난 제1누름플랜지(215)의 외측에 연결되고, 타단이 제1스프링블록(235)에 고정 장착되어 제1링크(200)가 제1관절(J1)을 중심으로 회동하는 경우 제1스프링블록(235)을 제1링크(200)의 길이 방향, 즉 본 실시예에서 제1링크샤프트(233)의 길이 방향을 따라 가동시킨다. 제1카운터밸런스라이어(251)는 제1링크플레이트A파트(231)를 관통하여 제1스프링블록(235)에 연결되는데, 제1카운터밸런스라이어(251)의 길이는 제1압축스프링(232)이 소정의 초기 탄성 압축된 상태를 형성하는 길이를 구비하도록 설정되는 것이 바람직하다.

[0051] 또한, 제1카운터밸런스(230)의 제1카운터밸런스라이어(251)의 원활한 가동을 안내하기 위한 제1카운터밸런스라이어롤러(220)가 더 구비될 수 있다. 제1카운터밸런스라이어롤러(220)는 제1베어링플레이트(221)와 제1플랜지베어링(222, 223)이 배치된다. 제1베어링플레이트(221)는 제1링크플레이트A파트(231)와 연결되는데, 제1베어링플레이트(221)는 제1링크플레이트A파트(231)의 측면에 회동 가능하게 연결된다. 제1링크플레이트A파트(231)와 제1카운터밸런스라이어(251)의 마찰을 최소화시키고 안정적인 와이어 가동 구조를 형성하기 위하여, 제1베어링플레이트(221)에 배치되는 두 개의 제1플랜지베어링(222, 223) 사이로 제1카운터밸런스라이어(251)가 관통하는데, 두 개의 제1플랜지베어링의 일단에는 돌출형성되는 플랜지가 배치되는데, 두 개의 제1플랜지베어링의 방향은 서로 반대를 향하는 배치 구성을 이루으로써 제1카운터밸런스라이어(251)가 두 개의 제1플랜지베어링의 사이에서 벗어나 소정의 경로로부터 이탈되는 것을 방지할 수 있다.

[0052] 본 발명에서는 로봇팔의 위치에 따라 발생하는 자중에 의한 토크를 보상하기 위해서 중력보상기구로서 카운터밸런서를 구비하는데, 이와 같은 중력보상기구에 대한 기구적 작동 과정 및 특성을 설명한다.

[0053] 본 발명의 중력보상을 위한 카운터밸런스구조는 도 9에서 도시되는 바와 같은 력보상기구를 구현하는데, 이 경우 인장 스프링이 회전 링크와 고정 단 사이에 연결된다면 로봇팔이 중력에 의해서 회전할 때, 회전방향과 반대로 스프링력이 발생하고, 로봇팔의 회전 변위에 따라 스프링이 인장(또는 압축)되어 길이가 변함으로써, 회전에 의한 조인트 토크 변화에 따라 보상되는 토크를 스프링이 조절할 수 있다. 이와 같은 스프링을 사용한 중력보상 기구는 본 실시예에 따른 토크 프리 로봇팔(10)의 경우에는 도10과 같이 변형되어 적용된다. 즉, 스프링의 연결되는 와이어의 단부 회전 링크의 길이 방향과 상이한 지점에 위치하나 와이어의 안내 구조를 통하여 와이어와 연결되는 스프링은 회전 링크의 길이 방향과 일치하도록 형성되는 구조를 이룬다.

[0054] 본 발명에 구비되는 카운터밸런서의 기본 동작 개념은 도 11에 도시되는 바와 같다. 카운터밸런서에 보상력을 형성하는 스프링은 일단이 고정되고 타단은 와이어와 연결되어 길이 방향 탄성 변형을 이루며, 와이어는 타단 회전 링크의 회전중심으로부터 이격된 위치에 고정되어 링크가 회전함에 따라 소정의 위치 변화를 이룬다. 즉, 링크가 0도에서 360도까지 회전할 때, 와이어와 연결되는 스프링의 길이변화와 모멘트 팔길이 l_m 의 변화에 따라 보상되는 토크가 변하게 된다. 중력보상을 위한 스프링은 일단은 기준면과 고정 연결되고 타단은 와이어를 통하여 로봇팔의 링크와 연결된다. 와이어는 (a)와 같이 로봇팔이 0도인 지면 기준으로 수직, 기준면 기준으로 수평) 일 때, 스프링력이 최소가 되는 위치에 고정한다. 이 위치는 스프링력이 가장 작고, 모멘트 팔 길이 l_m 가 0이므로 이론적으로 보상되는 토크는 0이다.

[0055] 반면에 로봇팔이 90도인 (b)에서는 스프링력이 발생하게 되고, 모멘트 팔 길이 c 가 최대가 되므로 보상되는 토크 역시 최대가 된다. 로봇팔이 180도 경우인 (c)에서는 스프링력은 최대가 되지만 모멘트 팔 길이가 0이 되므로 보상되는 토크 역시 0이 된다. 로봇팔이 270도인 (d)의 경우 스프링력은 (b)의 경우와 동일하다. 이러한 구조는 (a) 내지 (d)의 인장 스프링 구조의 경우이외에 (e) 내지 (f)에 도시된 바와 같은 압축스프링 구조에 대하여도 동일하게 적용된다. 다만, 인장스프링 구조와는 달리 압축스프링인 기준면에 연결되어 고정되지 않고 링크와 함께 회동하는 구조를 취한다는 점에서 인장스프링 구조와는 달리 스프링과 연결되는 와이어의 일단이 기준되는 위치에 위치 고정되어 배치되는 구조를 취한다.

[0056] (e)에 도시된 압축스프링 구조의 카운터밸런서에 대하여 링크가 회동하는 경우, 예를 들어 90도 회동하는 경우 (f) 링크의 회동에 따른 기준점과의 위치 변화로 인하여 와이어와 연결되는 스프링에 인장력이 가해져 스프링은

소정의 탄성 변형을 이룬다.

[0057] 이와 같은 압축스프링 구조는 본 발명의 카운터밸런서에 적용되는데, 이의 개념도가 도 12에 도시된다. 질량 m 과 모멘트 팔 길이 l 를 갖는 로봇팔에, 강성 k , 초기 압축길이 s_i 의 스프링을 사용한 중력보상기구를 정용하였을 때, 로봇팔에 인가되는 중력에 의한 토크 T_g 는 다음과 같다.

$$T_g(\theta) = mgl \sin \theta$$

[0058]

[0059] 또한 스프링력 산출 식과 보상되는 토크 T_{bal} 는 각각 다음과 같다.

$$F_s(\theta) = k(s_i + \Delta c) = k\{s_i + c - (b - a)\}, \quad c = \sqrt{a^2 + b^2 - 2abc \cos \theta}$$

$$T_{bal}(\theta) = a \sin \theta \cdot F_s(\theta) \cdot \cos \alpha, \quad \cos \alpha = \frac{b^2 + c^2 - a^2}{2bc}$$

[0061]

[0062] 그러므로 결국 로봇 조인트, 즉 로봇팔의 링크의 관절에는 다음과 같이 T_{req} 의 토크만 필요하게 된다.

$$T_{req}(\theta) = T_g(\theta) - T_{bal}(\theta)$$

[0063]

[0064] 일예로 질량 m 은 3 kg, 무게 중심까지의 길이 l 은 300 mm인 로봇팔에, 스프링강성 k 는 12,000 N/m, 초기 압축거리 d 는 20 mm, 길이 a , b 는 각각 20 mm, 40mm, 의 중력보상기구, 즉 카운터밸런서로 구성한 경우 도 13과 같은 시뮬레이션 결과를 얻을 수 있다. 즉, 원래의 로봇팔을 구동하기 위한 토크가 빨강색 선이라 할 때, 카운터밸런서로 인하여 파랑색 선의 토크가 보상되고, 실제로 로봇팔인 링크가 움직이기 위해서는 검은색 선 만큼의 토크만 필요하게 된다. 도 13에 도시된 바와 같이, 카운터밸런서가 구비된 경우에 필요한 토크의 값은 카운터밸런서가 구비되지 않은 경우에 필요한 토크 보다 현저히 줄어드는 것을 알 수 있다. 경우에 따라, 상기 언급된 a, b, c 등과 같은 각종 변수를 조정함으로써, 최종적으로 링크를 가동하기 위하여 중력 고려시 추가되는 필요한 토크를 0이 되도록 할 수 있다.

[0065] 한편, 하기되는 더블패러렐로그래프 유니트(DPU)는 두 개의 연속적인 패러렐로그래프 기구 구조를 형성하는데, 이를 구성하는 패러렐로그래프 와이어(252)는 쌍을 이루며 배치되되, 제1링크(200)이 타단의 제2관절(J2)에 배치되는 패러렐링크폴리(324)와 연결되는 구조를 취한다. 더블패러렐로그래프 유니트(DPU)는 패러렐링크폴리(324)와 패러렐로그래프와이어(252)를 포함하는데, 패러렐링크폴리(324)는 제2관절(J2)에 배치된다. 제2링크(300)는 제1링크(200)의 타단에 제2관절(J2)을 이루며 상대 회동 가능하게 배치되는데, 패러렐링크폴리(324)는 제2관절(J2)을 형성하는 제2링크(300)의 단부 및 제1링크(200)의 단부에 배치된다. 패러렐로그래프와이어(252)는 일단이 제1누름플랜지(215)에 연결되고 타단이 패러렐링크폴리(324)에 연결됨으로써, 제1관절 및 제2관절을 이루는 패러렐링크폴리(324)와 제1누름플랜지(215)의 지면에 대한 회전각도 기준을 동일하게 형성한다.

[0066] 보다 구체적으로, 쌍을 이루는 패러렐로그래프와이어(252)는 각각의 단부가 누름플랜지(215)에 고정되고 제1누름플랜지(215)의 외주를 감싸며 권취된 후, 제1링크플레이트A파트(231)을 관통한다. 그후, 중공샤프트 구조의 제1링크샤프트(233)에 관통하여 제1스프링블록(235) 및 제1링크플레이트B파트(236)을 관통한 후 제2관절(J2)에 위치하는 패러렐링크폴리(324)에 권취된다. 여기서, 패러렐로그래프와이어(252)는 하기되는 제2링크(300)의 타단에서의 지면에 대한 회전 기준도 동일하게 설정하기 위하여 연속적으로 연결되는 구조를 취할 수 있다.

[0067] 도 4의 (d)에는 제1스프링블록(235)에 대한 정단면도가 도시되는데, 제1스프링블록(235)에 형성되는 관통구에 제1링크샤프트(233, 도 4 (d) 미도시, 도3 참조)를 관통하여 쌍을 이루는 패러렐로그래프와이어(252)가 도면상 좌측에 배치되고, 중앙에 제1카운터밸런스 와이어(251)가 배치되고, 제2관절에서의 제1링크에 연결되는 제2링크의 회동력을 전달하기 위한 텐던드리븐 와이어(253)가 도면상 우측에 배치된다.

[0068] 한편, 본 발명의 제1링크(200)의 타단에는 제2링크(300)가 연결되어 제2관절(J2)를 형성하는데, 제2링크(300)는

제1링크(200)에 일단이 회동 가능하게 연결 배치되어 지면에 수평한 회전축인 제2관절(J2)을 형성하고 무게중심이 제2관절(J2)로부터 이격되는 링크 연결 구조를 형성한다. 제2링크(300)는 제2카운터밸런서(340)를 포함하는데, 제2카운터밸런서(340)는 제2링크(300)에 형성되는 구성을 취한다는 점 이외에는 제1카운터밸런서(230)와 거의 동일한 구조를 취한다. 제2카운터밸런서(340)는 일단이 제2관절(J2)에 배치되고 타단이 제2링크(300)의 길이 방향을 따라 배치되어 제2링크(300)가 제2관절(J2)을 중심으로 회동하는 경우 제2링크(300)의 중력을 보상한다.

[0069] 먼저, 제2링크(300)는 제1링크제2링크관절연결부(240)와 동축 배치되는데, 제2링크(300)의 제2링크제1링크관절연결부(310)는 제1링크제2링크관절연결부(240)와 연결된다. 제2링크제1링크관절연결부(310)는 제2-1링크텐던연결사이드커버(311)와 텐던누름플랜지(313)를 포함하는데, 제2-1링크텐던연결사이드커버(311)와 텐던누름플랜지(313)의 사이에는 제1링크제2링크관절연결부(240)의 제1-2링크관절텐던연결부(241)가 배치되어 제1링크(200)와 제2링크(300) 간의 상대 회동을 가능하게 한다. 텐던누름플랜지(313)를 사이에 두고 제2-1링크텐던연결사이드커버(311)와 마주하여 텐던링크폴리(314)가 배치되는데, 텐던링크폴리(314)는 제2-1링크텐던연결사이드커버(311)와 맞물리어 함께 회동하되, 텐던링크폴리(314)와 텐던누름플랜지(313)는 제2크로스롤러베어링(312)의 내륜과 외륜을 각각 가압하여 맞물리는 구조를 형성하여 제1링크(200)와 제2링크(300) 간의 상대 회동을 이롭고 동시에 제1링크모터(150)의 제1링크모터A(151)의 회동력을 통한 제2링크(300)의 제2관절(J2)을 중심으로하는 회동 운동을 생성할 수 있다(도 6c 참조).

[0070] 반면, 제1링크(200)의 제1-2링크관절연결패러렐연결부(242)는 제2링크제1링크관절패러렐연결부(320)와 연결되는데, 제2링크제1링크관절패러렐연결부(320)는 제2누름플랜지(321)와 패러렐링크폴리(324)를 포함한다. 제2누름플랜지(321)와 패러렐링크폴리(324)는 제1-2링크관절연결패러렐연결부(242)를 사이에 두고 상호 체결되되, 제2누름플랜지(321)는 제1-2링크관절연결패러렐연결부(242)를 관통하여 패러렐링크폴리(324)와 연결된다. 제2누름플랜지(321)와 제1-2링크관절연결패러렐연결부(242) 사이에는 딥그루브볼베어링(322,323)이 배치되어 양자 간의 원활한 상대 회동 운동을 가능하게 한다. 패러렐링크폴리(324)는 제2관절(J2)을 중심으로 제1-2링크관절연결패러렐연결부(242)에 대하여 상대 회동 가능한 구조를 취하는데, 패러렐링크폴리(324)는 상기한 패러렐로그래프와이어(252)가 권취된다. 즉, 앞서 기술된 바와 같이 쌍을 이루는 패러렐로그래프와이어(252)는 패러렐링크폴리(324)를 감싸며 배치된다. 패러렐링크폴리(324)의 외면에는 패러렐링크폴리걸림부(324a)가 배치되는데, 패러렐로그래프와이어(252)는 패러렐링크폴리걸림부(324a)에 걸려 패러렐로그래프와이어(252)가 인장되는 경우 패러렐링크폴리(324)에도 전달되어 패러렐링크폴리(324)도 함께 소정의 방향으로 회전하게 함으로써, 궁극적으로 패러렐로그래프와이어(252)를 통하여 연결되는 제1누름플랜지(215)와 회동을 연동시킴으로써 제1링크(200)와 제2링크(300)의 제1관절(J1) 및 제2관절(J2)에서의 회전 기준을 일치시킬 수 있다.

[0071] 제2링크(300)는 제1링크(200)에 대하여 회동가능하게 연결 배치되어 지면에 수평한 회전축인 제2관절(J2)에 배치되고, 무게중심이 제2관절로부터 이격되어 제2관절(J2)과 제2링크(300)의 타단에 배치되는 제3관절(J3) 사이에 배치된다. 제2링크(300)는 제2링크플레이트(341,346) 및 제1링크샤프트(343)를 포함하는데, 제2링크플레이트(341,346)는 제2링크플레이트A(341)와 제2링크플레이트B(346)를 포함한다. 제2링크플레이트A(341)와 제2링크플레이트B(346)는 서로 이격 배치되는 구조를 취하는데, 제2링크플레이트A(341)와 제2링크플레이트B(346)의 사이에 제2링크샤프트(343)가 배치된다. 제2링크샤프트(343)는 본 실시예에서 복수 개가 배치되고 중공 샤프트 구조를 취하는데, 제2링크샤프트(343)의 양단에는 제2중공볼트(347)가 배치되어 제2링크샤프트(343)의 제2링크플레이트에 대한 안정적인 장착 상태를 형성할 수 있다. 제2링크(300)의 제1링크(200)와 연결되는 단부는 제2관절(J2)에 배치되고, 제2링크(300)의 타단은 다른 구성요소, 본 실시예에서는 리스트링크(400,500)와 연결되는 제3관절(J3)에 배치된다. 즉, 이와 같은 구조를 통하여 제조원가 절감 및 중량 저감으로 인한 성능 증대와 더불어 컴팩트한 공간 설계를 가능하게 할 수 있는데, 이는 일례로서 본 발명이 이에 국한되지는 않고 단일의 중공 구조로 형성될 수도 있는 등 다양한 설계 변형이 가능하다.

[0072] 제2링크플레이트A(341)는 제1링크모터A(151)로부터 생성된 회전력을 통한 회전 운동을 이루기 위하여 제2-1링크텐던연결사이드커버(311)와 연결되는데, 제2링크플레이트A(341)와 제2링크플레이트B(346) 사이에는 하나 이상의 제2링크샤프트(343)가 배치되어 안정적인 지지 구조를 형성한다.

[0073] 제2링크(300)에는 제2카운터밸런서(340)가 구비되는데, 제2카운터밸런서(340)는 제2스프링블록(345)와, 제2카운터밸런스와이어(361)와 제2압축스프링(342)를 포함한다. 제2카운터밸런서(340)는 일단이 제2관절(J2)에 배치되고 제2링크(300)의 길이방향을 따라 배치되어 제2링크(300)가 제2관절(J2)을 중심으로 회동하는 경우 제2링크(300)의 중력을 보상한다.

- [0074] 제2카운터밸런서(340)는 제2스프링블록(345)과 제2카운터밸런스라이어(361)와 제2압축스프링(342)을 포함하는데, 제2스프링블록(345)는 패러렐링크폴리(324)와 이격되어, 제2링크(300)의 길이 방향을 따라 가동 가능한 구조를 취한다. 즉, 제2스프링블록(345)은 제2링크플레이트A파트(341) 및 제2링크플레이트B파트(346) 사이에 배치되며, 제2링크플레이트A파트(341) 및 제2링크플레이트B파트(346) 사이에 배치되는 제2링크샤프트(343)가 제2스프링블록(345)을 관통하고 제2스프링블록(345)이 제2링크샤프트(343)을 따라 가동 가능한 구조를 형성한다. 제2스프링블록(345)에 형성되는 관통구에는 제2리니어부쉬(344)가 배치되어 제2링크샤프트(343) 상에서의 원활한 가동을 가능하게 한다.
- [0075] 제2압축스프링(342)은 제2스프링블록(345)과 패러렐링크폴리(324) 사이에 배치되는데, 제2카운터밸런스라이어(361)는 일단이 패러렐링크폴리(324)의 제2관절(J2)에 대한 회전 중심을 벗어난 패러렐링크폴리(324)의 외측에 연결되고, 타단이 제2스프링블록(345)에 고정 장착되어 제2링크(300)가 제2관절(J2)을 중심으로 회동하는 경우 제2스프링블록(345)을 제2링크(300)의 길이 방향, 즉 본 실시예에서 제2링크샤프트(343)의 길이 방향을 따라 가동시킨다. 제2카운터밸런스라이어(361)는 제2링크플레이트A파트(341)를 관통하여 제2스프링블록(345)에 연결되는데, 제2카운터밸런스라이어(361)의 길이는 제2압축스프링(342)이 소정의 초기 탄성 압축된 상태를 형성하는 길이를 구비하도록 설정되는 것이 바람직하다.
- [0076] 또한, 제2카운터밸런서(340)의 제2카운터밸런스라이어(361)의 원활한 가동을 안내하기 위한 제2카운터밸런스라이어롤러(330)가 더 구비될 수 있다. 제2카운터밸런스라이어롤러(330)는 제2베어링플레이트(331)와 제2플랜지베어링(332, 333)이 배치된다. 제2베어링플레이트(331)는 제2링크플레이트A파트(331)와 연결되는데, 제2베어링플레이트(331)는 제2링크플레이트A파트(331)의 측면에 회동 가능하게 연결된다. 제2링크플레이트A파트(331)와 제2카운터밸런스라이어(361)의 마찰을 최소화시키고 안정적인 와이어 가동 구조를 형성하기 위하여, 제2베어링플레이트(331)에 배치되는 두 개의 제2플랜지베어링(332, 333) 사이로 제2카운터밸런스라이어(361)가 관통하는데, 두 개의 제2플랜지베어링의 일단에는 돌출형성되는 플랜지가 배치되는데, 두 개의 제2플랜지베어링의 방향은 서로 반대를 향하는 배치 구성을 이루므로써 제2카운터밸런스라이어(361)가 두 개의 제2플랜지베어링의 사이에서 벗어나 소정의 경로로부터 이탈되는 것을 방지할 수 있다.
- [0077] 도 6d에는 제2스프링블록(345)의 정단면도가 도시되는데, 제2스프링블록(345)에 형성되는 관통구에는 각각의 제2링크샤프트(미도시)가 배치되고, 제2링크샤프트를 관통하여 패러렐로그래미어(252) 및 제2카운터밸런스라이어(361)가 배치된다.
- [0078] 한편, 제2링크플레이트B파트(345)에는 제2링크리스트관절연결부(350)가 연결되는데, 제2링크리스트관절연결부(350)에는 제3관절(J3)이 배치될 수 있다. 제3관절(J3)에서 제2링크(300)와 리스트링크(리스트메인링크, 리스트서브링크)가 연결될 수 있는데, 제3관절(J3)의 위치에는 패러렐리스트폴리(414)가 배치되는데, 더블패러렐로그래미어 유닛(DPU)은 제3관절에서의 회전 기준도 제1관절 및 제2관절과 같이 일치시킬 수 있다. 즉, 더블패러렐로그래미어 유닛(DPU)은 제2링크(300)의 단부에 위치하는 제3관절(J3)에 배치되는 패러렐리스트폴리(414)를 포함할 수 있는데, 더블패러렐로그래미어 유닛(DPU)의 패러렐리스트폴리(414)는 패러렐로그래미어(252)를 통하여 패러렐링크폴리(324)와 연동하도록 연결될 수 있다. 즉, 패러렐링크폴리(324)를 권취한 패러렐로그래미어(252)는 패러렐리스트폴리(414)를 권취한후, 패러렐리스트폴리(414)의 외측면에 배치되는 패러렐리스트폴리 걸림부(414a)에 고정되어 연결된다. 여기서, 패러렐로그래미어(252)는 쌍을 이루는 구조로 하나는 패러렐리스트폴리(414)에 시계 방향으로, 다른 하나는 반시계 방향으로 권취된 후 패러렐리스트폴리 걸림부(414a)에 고정되는 구조를 취할 수 있다.
- [0079] 이하에서는 본 발명에서 채택하는 더블패러렐로그래미어 유닛의 작동 과정 및 특성에 대하여 설명한다. 카운터밸런서는 도 9와 같이 로봇에서 가장 많은 토크가 필요한 어깨관절, 즉 관절을 통하여 연결되는 앞선 링크에 설치되는데, 이와 같은 경우 다자유도 로봇팔, 즉 다중링크의 경우 어느 한 링크의 운동은 이와 연계된 다른 링크에 영향을 미치나 도 9에서와 같은 구조만으로는 이와 같은 상호 연계로 인한 종속 문제를 해결하지 못한다. 즉, 도 14에는 다자유도 로봇팔에 카운터밸런서가 구비되는 경우의 문제점이 도시되는데, 도 14와 같이 다자유도 로봇팔에 카운터밸런서가 탑재되었을 때, 첫 번째 관절의 경우는 지면에 수직으로 배치된 고정 면(로봇 몸체)을 기준으로 스프링을 장착하여 중력보상을 할 수 있으나 두 번째 관절의 경우에는 기준이 되는 링크의 각도(지면 기준 각도)가 변하므로, 변하는 필요토크에 대한 중력보상을 할 수 없게 된다. 즉, 두 번째 관절에 인가되는 토크는 두 번째 관절이 움직이지 않았음에도 불구하고 첫 번째 관절의 위치에 따라 변하게 된다. 그러므로 상위 관절의 움직임에 따라 보상되는 토크를 적절히 변화시킬 수 있는 보강 구조가 필요한데, 본 발명의 더블패러렐

로그래미유니트는 이와 같은 연계 구조로 인한 변화 전달에 적절하게 대응할 수 있다.

[0080] 도 15에는 본 발명의 더블패러렐로그래미유니트가 사용하는 패러렐로그래미 기구의 개념을 설명하는 개념도가 도시되는데, 패러렐로그래미 기구는 링크와 조인트로 구성된 평행사변형의 기구로써, 조인트가 회전해도 링크는 지면과 일정한 각도를 이룬다. 즉, 패러렐로그래미 기구가 (a), (b), (c)의 다양한 링크 구현을 이루더라도, 관절인 조인트 Ja와 Jb는 동일한 회전 상태를 형성하여 동일한 회전 기준이 형성된다. 그러므로 첫 번째 관절이 회전해도 지면과 일정한 각도를 이루는 또 다른 기준면을 생성할 수 있어, 두 번째 조인트에 대한 중력보상이 가능하다.

[0081] 패러렐로그래미 기구(Parallelogram mechanism)를 로봇팔에 적용하기 위하여 본 발명은 도 16과 같이 변형된 와이어 구조를 사용한다. 본 발명에서 사용된 패러렐로그래미 기구는 베이스에 회동 가능하게 배치되는 폴리와 두 번째 조인트(관절)에 회전 가능하게 배치되는 폴리, 그리고 두 폴리를 연결하는 와이어로 구성된다. 상태 (a)로부터 상태 (b)로 이동하는 경우에도 두 번째 조인트에 배치되는 폴리의 기준면은 일정하게 유지된다. 이를 두 개의 연속 연결되는 링크로 확장하는 경우, 도 17에서와 같이 구현될 수 있다. 패러렐로그래미 기구를 통하여 (a) 내지 (c)에 경우와 같이 첫 번째 관절의 위치에 상관없이 두 번째 관절에 대하여도 지면에 수직인 기준면이 생성되고, 이를 기준으로 두 번째 조인트를 중심으로 두 번째 링크가 회동하는 경우 두 번째 관절에서의 지면에 수직인 기준면을 기준으로 삼아 두 번째 관절에 대한 중력보상이 가능하게 된다((d) 및 (e)). 도 17에서 볼 수 있듯이, 상위관절이 중력방향으로 회전할 때((a) 내지 (c)), 두 번째 관절의 중력보상을 위한 스프링이 인장되면서 보상되는 중력을 증가시킬 수 있다.

[0082] 이와 같은 패러렐로그래미 기구를 채택하는 본 발명의 제1카운터밸런서 및 제2카운터밸런서가 채택되는 연속된 두 개의 링크 구조에 대한 개념도는 도 18에 도시된 바와 같다. 도 18과 같이, 질량 m과 모멘트 팔 길이 l를 갖는 2자유도 로봇팔(링크)에, 강성 k_i 초기 압축길이 s_i 의 스프링을 사용한 카운터밸런서를 적용하였을 때, 로봇팔인 링크와 조인트(관절)에 인가되는 중력에 의한 토크 T_{gi} 는 다음과 같다.

$$T_{g1}(\theta_1, \theta_2) = m_1 g l_1 \sin \theta_1 + m_2 g \{ l_1 \sin \theta_1 + l_2 \sin(\theta_1 + \theta_2) \}$$

$$T_{g2}(\theta_1, \theta_2) = m_2 g l_2 \sin(\theta_1 + \theta_2)$$

[0085] 또한 스프링력 산출 식과 보상되는 토크 T_{bal} 는 각각 다음과 같다.

$$F_{s1}(\theta_1, \theta_2) = k_1(s_{1i} + \Delta c_1) = k \{ s_{1i} + c_1 - (b_1 - a_1) \}$$

$$F_{s2}(\theta_1, \theta_2) = k_2(s_{2i} + \Delta c_2) = k \{ s_{2i} + c_2 - (b_2 - a_2) \}$$

$$c_1 = \sqrt{a_1^2 + b_1^2 - 2a_1 b_1 \cos \theta_1}$$

$$c_2 = \sqrt{a_2^2 + b_2^2 - 2a_2 b_2 \cos(\theta_1 + \theta_2)}$$

$$T_{bal1}(\theta_1, \theta_2) = a_1 \sin \theta_1 \cdot F_{s1}(\theta_1, \theta_2) \cdot \cos \alpha_1, \quad \cos \alpha_1 = \frac{b_1^2 + c_1^2 - a_1^2}{2b_1 c_1}$$

$$T_{bal2}(\theta_1, \theta_2) = a_2 \sin \theta_2 \cdot F_{s2}(\theta_1, \theta_2) \cdot \cos \alpha_2, \quad \cos \alpha_2 = \frac{b_2^2 + c_2^2 - a_2^2}{2b_2 c_2}$$

[0092] 그러므로 결국 로봇 조인트, 즉 로봇팔의 링크의 관절에는 다음과 같이 T_{req} 의 토크만 필요하게 된다.

[0093]
$$T_{req1}(\theta_1, \theta_2) = T_{g1}(\theta_1, \theta_2) - T_{bal1}(\theta_1, \theta_2)$$

[0094]
$$T_{req2}(\theta_1, \theta_2) = T_{g2}(\theta_1, \theta_2) - T_{bal2}(\theta_1, \theta_2)$$

[0095] 상기와 같은 구조에 대하여 질량 m_1 및 m_2 는 각각 3 kg, 무게 중심까지의 길이 l_1, l_2 은 각각 200mm, 300 mm인 로봇팔에, 스프링강성 k_1 및 k_2 는 15,000 N/m 및 12,000 N/m, 초기 압축거리 d_1, d_2 는 20 mm 18 mm, 길이 a_1, b_1, a_2, b_2 는 각각 25 mm, 60 mm, 20 mm, 40 mm의 실시예를 형성한 경우, 도 19와 같은 시뮬레이션 결과를 얻을 수 있다(본 시뮬레이션에서 두 번째 관절은 회전하지 않는다고 가정하였다. 즉, 두 번째 링크와 첫 번째 링크는 항상 평행한 것으로 가정). 첫 번째 관절 및 두 번째 관절에서 원래의 로봇팔을 구성하는 링크를 구동하기 위한 토크가 빨강색 선 일 때, 중력보상기구로 인하여 파랑색 선의 토크가 보상되고, 이로 인하여 실제로 로봇이 움직이기 위해서는 검은색 선 만큼의 토크만 필요하게 된다. 도 19에 도시된 바와 같이, 다중 연결되는 링크 구조에 대하여 각각의 카운터밸런서가 구비되는 경우에 요구되는 토크가, 카운터밸런서가 구비되지 않는 경우 필요한 토크보다 현저히 줄어드는 것을 알 수 있다. 또한 상기에서 언급된 필요한 토크를 구성하는 변수들을 적절하게 조정함으로써, 최종적으로 로봇팔의 링크를 가동시킬 때 중력을 고려하여 추가되는 토크가 영이되도록 할 수도 있다.

[0096] 본 발명의 더블패러렐로그래프유니트(DPU)는 상기한 다중 링크에 대한 패러렐로그래프 기구를 확장한 것으로 본 실시예에서 제1관절, 제2관절 및 제3관절에 대하여 동일한 기준을 형성함으로써 안정적이면서도 정확한 중력 보상을 이루도록 할 수 있다. 즉, 본 발명은 다자유도 중력보상을 위해서 앞서 설명한 패러렐로그래프 기구를 직렬 연결시켜 두 개의 패러렐로그래프 기구를 포함하는 더블패러렐로그래프유니트를 포함하는 토크 프리 로봇팔을 제공한다. 보통 로봇팔의 손목 관절에 인가되는 토크는 어깨 및 팔꿈치에 필요한 토크에 비하여 낮은 값을 갖는데, 로봇팔의 특성상, 손목부위에는 공간이 협소하여 컴팩트한 구성을 요하는데, 작은 모터를 사용할 경우 파지 및 이동을 위한 적절한 토크를 형성할 없거나 고출력 소형 모터의 경우 비용 증가 원인이 되는데, 본 발명의 더블패러렐로그래프유니트를 사용하여 간단한 구조를 통한 중력 보상 기준을 일치 효과를 이룸으로서 연결되는 링크에 부하 가중을 차단함으로써, 경량화 및 원가 절감 효과를 이룰 수 있다. 도 20에는 단일의 패러렐로그래프 기구(a) 및 확장된 형태의 연속적인 패러렐로그래프 기구(b)를 포함하는 본 발명의 더블패러렐로그래프유니트에 대한 개념도가 도시된다. (a)의 경우 제1링크 회전에 따른 제1관절의 각변위만큼 제2관절에서의 각변위로 인한 기준면을 일치시키는 구조에 대하여 도시되고, (b)의 경우 패러렐로그래프 기구의 첫 번째 관절과 두 번째 관절, 즉 본 발명의 패러렐로그래프와이어를 사용하여 제1관절과 제2관절에 각각 배치되는 제1누름플랜지와 패러렐링크폴리를 연결하고, 다시 제3관절에 배치되는 패러렐리스트폴리에 연결함으로써, 첫 번째 Parallelogram 기구에 적용되는 기준면(기준)이 두 번째 패러렐로그래프 기구에도 동일하게 적용되어, 궁극적으로 리스트링크가 연결되어 손목 역할을 담당할 수 있는 제3관절에 대한 중력보상 기준면을 제1관절 및 제2관절에 대한 기준면과 동일하게 형성할 수 있다. 즉, 제1링크 및 제2링크가 각각 $\Delta\theta_1, \Delta\theta_2$ 만큼 회전하는 경우 제1관절 및 제2관절은 중력 보상을 위한 기준면이 동일하게 형성되어 제1링크는 $\Delta\theta_1$ 만큼의 회전에 따라 조정되는 제1링크에 대한 중력보상이 이루어지고, 제2링크에 대하여는 제2관절을 기준으로 제3관절에 대하여도 동일한 중력 보상 기준면이 형성되어 $\Delta\theta_2$ 만큼의 회전에 따라 조정되는 제2링크에 대한 중력보상이 이루어질 수 있다.

[0097] 이와 같은 개념 구조의 카운터밸런서 및 패러렐로그래프 기구를 포함하는 더블패러렐로그래프유니트 구성을 통하여, 베이스부(100)에 연결되는 제1링크(200)가 제1링크모터B로부터 제공되는 동력을 사용하여 회동하는 경우 제1누름플랜지(215)에 고정된 패러렐로그래프와이어(252)를 통하여 연결되는 패러렐링크폴리(324) 및 패러렐리스트폴리(414)가 연동하도록 함으로써, 제1 및 제2카운터밸런서의 제1 및 제2카운터밸런스와의 작용하는 기준을 제1누름플랜지(215)에서의 기준과 일치시킴으로써, 제1카운터밸런서 및 제2카운터밸런스에 동일한 중력보상 기준을 제공하여 정확하고 안정적인 중력보상이 이루어질 수 있다.

[0098] 한편, 본 발명의 토크 프리 로봇 팔(10)은 패러렐리스트폴리(414)가 배치되는 제3관절(J3)에 리스트링크(400,500)가 더 연결되는 구조를 취할 수 있는데, 리스트링크(400,500)에는 엔드이펙터(600)가 구비될 수도 있고, 연속적으로 추가적인 링크가 배치되는 구조를 취할 수 있다. 본 실시예에서 엔드이펙터(600)로는 볼 모션

을 가능하게 하는 모터가 도시되었는데, 이는 일례로서 다양한 구성이 가능하다.

[0099] 리스트링크(400,500)는 리스트메인링크(400)와 리스트서브링크(500)를 포함하는데, 리스트메인링크(400)는 리스트메인피치관절연결부(410)와 리스트롤관절연결부(420)를 포함한다. 리스트메인피치관절연결부(410)는 리스트메인피치패러렐연결부(411)와 딥그루브볼베어링(412,413)을 포함한다. 리스트메인피치패러렐연결부(411)는 더블패러렐로그래프유니트(DPU)의 패러렐리스트폴리(414)와 연결되며, 이들 사이에 제2링크리스트관절연결부(350)가 제3관절(J3)에서 상대 회동 가능하게 배치된다. 딥그루브볼베어링(412,413)가 패러렐리스트폴리(414)와 제2링크리스트관절연결부(350) 사이에 배치되어 양자 간의 상대 회동을 가능하게 한다.

[0100] 패러렐리스트폴리(414)의 측면에는 리스트롤관절연결부(420)가 배치되는데, 리스트롤관절연결부(420)는 패러렐리스트폴리(414)가 패러렐로그래프와이어(252)를 통하여 회동하는 경우 함께 피치 운동을 이룬다. 리스트롤관절연결부(420)는 리스트롤피치연결베이스(426)와 리스트롤모터(422)와 리스트롤피치연결베이스(423)와 딥그루브볼베어링(424)와 리스트롤피치연결커버(425)와 리스트롤모터베이스(421)를 포함한다. 리스트롤피치연결커버(425)와 리스트롤피치연결베이스(426)의 사이에는 리스트롤모터(422)가 배치되는데, 리스트롤모터(422)는 수직축을 갖는 제4관절(J4)를 중심으로 롤 운동을 가능하게 한다. 즉, 리스트롤모터(422)는 리스트롤모터베이스(421)에 장착되어 패러렐리스트폴리(414)의 측면에 고정 장착되어 패러렐리스트폴리(414)와 연결되고, 리스트롤모터(422)를 사이에 두고 상하에 리스트롤피치연결커버(425) 및 리스트롤피치연결베이스(426)가 배치되며 리스트롤모터(422)의 회동축에 연결되어 리스트롤모터(422)와 상대 롤 운동을 이루도록 한다. 이때, 리스트롤피치연결베이스(426)에는 딥그루브볼베어링(424)이 배치되어 리스트롤모터(422)에 가해지는 회동력에 의하여 리스트롤피치연결베이스(426) 및 리스트롤피치연결커버(425)가 롤회동하는 경우 원활한 동작을 이루도록 할 수 있다.

[0101] 리스트롤피치연결커버(425) 및 리스트롤피치연결베이스(426) 사이에 배치되는 리스트롤모터(422)의 앞에는 리스트메인서브연결부(423)이 연결되는데, 리스트메인서브연결부(423)에는 리스트피치모터(511)가 배치되고 리스트서브피치관절연결부(510)를 포함하는 리스트서브링크(500)가 배치된다. 리스트서브링크(500)는 리스트서브피치관절연결부(510)와 리스트카운터밸런서(510a)가 구비되는데, 리스트서브피치관절연결부(510)는 리스트서브링크사이드A파트(512)와 리스트서브링크사이드B파트(514)와 리스트서브링크사이드프론트파트(515)을 포함하는데, 리스트서브링크사이드A파트(512) 및 리스트서브링크사이드B파트(514) 및 리스트서브링크사이드프론트파트(515)는 도 8에 도시된 바와 같이 ㄷ자 형상의 링크를 형성한다. 리스트서브링크사이드A파트(512) 및 리스트서브링크사이드B파트(514)는 서로 대향하여 배치되고 리스트서브링크사이드프론트파트(515)는 리스트서브링크사이드A파트(512) 및 리스트서브링크사이드B파트(514)와 연결되며, 리스트서브링크사이드프론트파트(515)에는 엔드이펙터(600)가 배치될 수 있다. 리스트서브링크사이드A파트(512) 및 리스트서브링크사이드B파트(514)는 제5관절(J5)를 중심으로 회동 가능하게 장착되는데, 리스트서브링크사이드A파트(512) 및 리스트서브링크사이드B파트(514)의 사이에는 리스트피치모터(511)가 배치된다. 리스트피치모터(511)와 리스트서브링크사이드A파트(512)의 사이에는 관통구가 형성되는 리스트메인서브연결부(423)의 연장부가 배치되고 딥그루브볼베어링(513)을 통하여 원활한 상대 운동 가능하게 연결된다. 또한, 리스트피치모터(511)의 회동축은 리스트서브링크사이드B파트(514)와 연결되어 리스트서브링크사이드A파트(512) 및 리스트서브링크사이드B파트(514) 및 리스트서브링크사이드프론트파트(515)가 이루는 리스트서브링크의 원활한 피치 운동을 가능하게 한다.

[0102] 한편, 리스트서브링크(500)는 리스트카운터밸런서(510a)를 포함하는데, 리스트카운터밸런서(510a)는 리스트카운터밸런스와의와이어(531), 리스트스프링블록(516), 리스트압축스프링(517) 및 리스트와의와이어가이드(520)를 포함한다. 리스트카운터밸런스와의와이어(531)는 일단이 리스트링크, 즉 리스트서브링크(500)의 리스트서브피치관절연결부(510)의 리스트서브링크사이드B파트(514)에 고정되고, 리스트카운터밸런스와의와이어(531)의 타단은 리스트스프링블록(516)에 연결 배치된다.

[0103] 리스트압축스프링(517)은 링크모터, 즉 리스트피치모터(511)를 사이에 두고 리스트서브링크사이드프론트파트(515)에 배치되는 엔드이펙터(600)와 마주하여 배치되는데, 리스트압축스프링(517)은 리스트링크인 리스트서브링크(500)의 회전축인 제5관절(J5)에 수직하게 배치된다. 즉, 리스트메인서브연결부(423)에는 리스트서브링크(500)가 회전하는 제5관절(J5)에 수직하게 형성되는 압축스프링수용부(423a)가 배치되는데, 압축스프링수용부(423a)에 리스트압축스프링(517)이 배치된다. 리스트압축스프링(517)이 압축스프링수용부(423a)에 수용되기에 앞서 리스트스프링블록(516)이 수용된다. 리스트스프링블록(516)은 리스트압축스프링(517)의 일단에 접촉하고 리스트압축스프링(517)을 관통하여 배치되는 리스트카운터밸런스와의와이어(531)의 타단과 연결된다. 리스트스프링블록(516)은 리스트압축스프링(517)에 의하여 탄성 지지되며, 리스트피치모터(511)가 가동되어 리스트서브링크사이드A파트(512) 및 리스트서브링크사이드B파트(514) 및 리스트서브링크사이드프론트파트(515)가 이루는 리스트서브링크가 제5관절(J5)을 중심으로 회동하는 경우 리스트카운터밸런스와의와이어(531)가 인장되어 리스트압축스

프링(517)의 탄성 지지력을 넘어서는 경우 압축스프링수용부(423a) 내에서 가동된다.

[0104] 이때, 리스트카운터밸런스라이어(531)는 리스트와이어가이드(520)와 접촉하여 안내됨으로써, 컴팩트한 구성을 이루도록 한다. 리스트와이어가이드(520)는 리스트와이어롤러(523,524)와 리스트와이어가이드핀(522)을 포함하는데, 리스트와이어롤러(523,524)와 리스트와이어가이드핀(522)은 리스트와이어롤러플레이트(521)에 배치된다. 리스트와이어롤러플레이트(521)는 리스트롤피치연결베이스(423)의 연장부에 위치 고정되어 장착되는데(도 7 참조), 리스트와이어롤러(523,524)는 리스트롤피치연결베이스(423)의 측면에 회동 가능하게 장착된다. 리스트와이어롤러플레이트(521)는 링크모터, 즉 리스트피치모터(511)에 대하여 상대 운동을 이루지 않고 리스트피치모터(511)에 대하여 위치고정되어 배치되는 구조를 취함으로써, 하기되는 리스트와이어가이드의 리스트와이어에 대한 안정적인 안내 기능을 실행할 수 있다. 리스트와이어롤러(523,524)도 단부가 돌출 형성되는 플랜지 형상 구조를 이루되, 서로 반대 방향으로 배치되는 구조를 취함으로써 리스트와이어롤러(523,524) 사이를 관통하는 리스트와이어(531)가 원치 않게 안내되는 방향으로부터 이탈되는 것을 방지할 수 있다(도 8c 참조). 리스트와이어가이드핀(522)은 리스트와이어롤러플레이트(521)의 상단에 배치되는데, 리스트와이어가이드핀(522)은 리스트와이어롤러플레이트(521)로부터 돌출되어 리스트와이어(531)는 안내하여 압축스프링수용부(423a)에 수용되는 리스트스프링블록(516)과 연결되도록 한다. 이때, 리스트와이어가이드핀(522)을 통하여 상단으로 방향을 안내받은 리스트와이어(531)는 리스트롤피치연결커버(425)를 관통하여 압축스프링수용부(423a)로 향할 수 있다. 즉, 리스트롤피치연결커버(425)에는 리스트와이어관통구(425a)가 배치되는데, 리스트와이어관통구(425a)를 리스트와이어(531)가 연장 관통함으로써 압축스프링수용부(423a)의 길이 방향으로 연장되어 이에 수용되는 리스트스프링블록(516)과 원활하게 연결될 수 있다. 이와 같은 리스트와이어 및 리스트스프링블록의 연결과 더불어, 리스트압축스프링(517)은 리스트스프링블록을 탄성 지지하는 구조를 취하는데, 리스트압축스프링(517)은 초기 인장 상태를 형성하여 초기 상태(즉 외력이 가해지지 않은 상태)에서도 리스트압축스프링(517)이 리스트롤피치연결커버(425)와 리스트스프링블록 사이의 리스트압축스프링(517)에 소정의 압축 상태가 형성되어 초기 탄성지지력이 리스트스프링블록, 궁극적으로 리스트와이어에 인가되도록 연결되는 것이 바람직하다.

[0105] 리스트링크에 배치되는 리스트카운터밸런서에 대한 구현예가 도 21의 (a) 및 (b)에 도시되는데, 여기서 질량 m_3 는 0.1 kg, 파지된 물체질량 m_1 은 2 kg, 무게 중심까지의 길이 l_3 는 각각 180 mm인 로봇팔에, 스프링강성 k_3 는 4,200 N/m, 초기 압축거리 d_3 는 10 mm 길이 a_3 , b_3 는 각각 12.5 mm, 27 mm로 설정하였는데, 이는 설계 사양에 따라 조정될 수 있다. 도 21의 실상에 대한 시뮬레이션 결과는 도 22에 도시되는데, 앞서 제1관절 및 제2관절에서의 중력보상에 대한 결과치와 동일하게 안정적인 중력보상이 이루어질 수 있다.

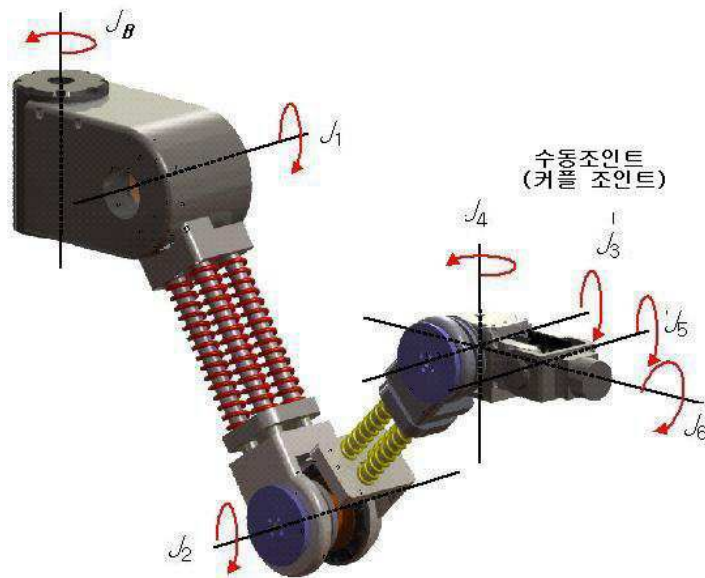
[0106] 상기 실시예들은 본 발명을 설명하기 위한 일례들로, 본 발명이 이에 국한되는 것은 아니다. 링크의 길이 방향을 따라 배치되는 카운터밸런서를 구비하는 범위에서 다양한 변형이 가능하다.

부호의 설명

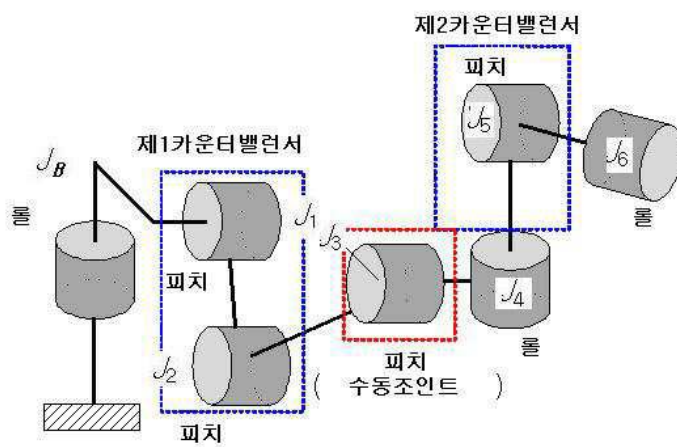
[0107]	10...토크 프리 로봇팔	100...베이스링크
	200...제1링크	300...제2링크
	400...리스트메인링크	500...리스트서브링크
	600...엔드이펙터	

도면

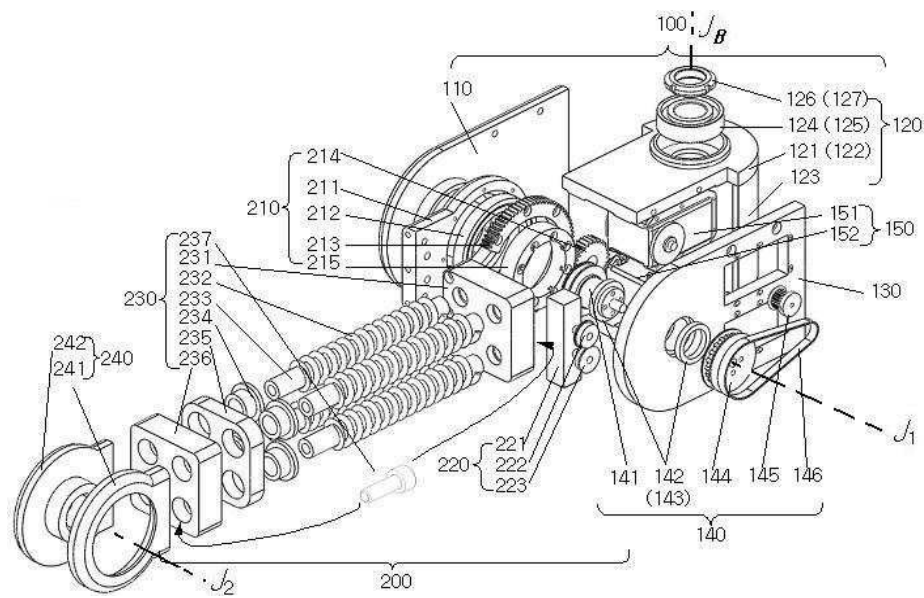
도면1



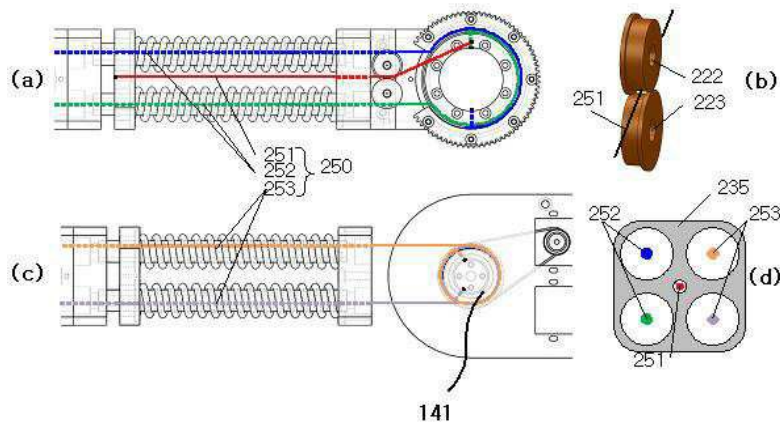
도면2



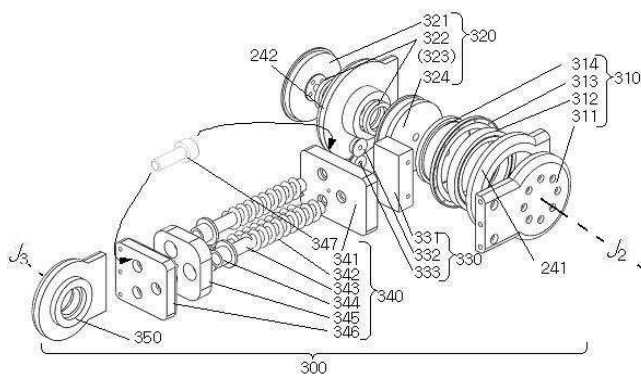
도면3



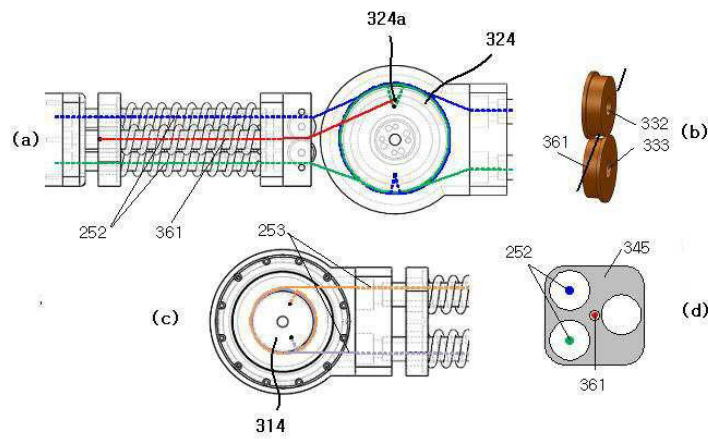
도면4



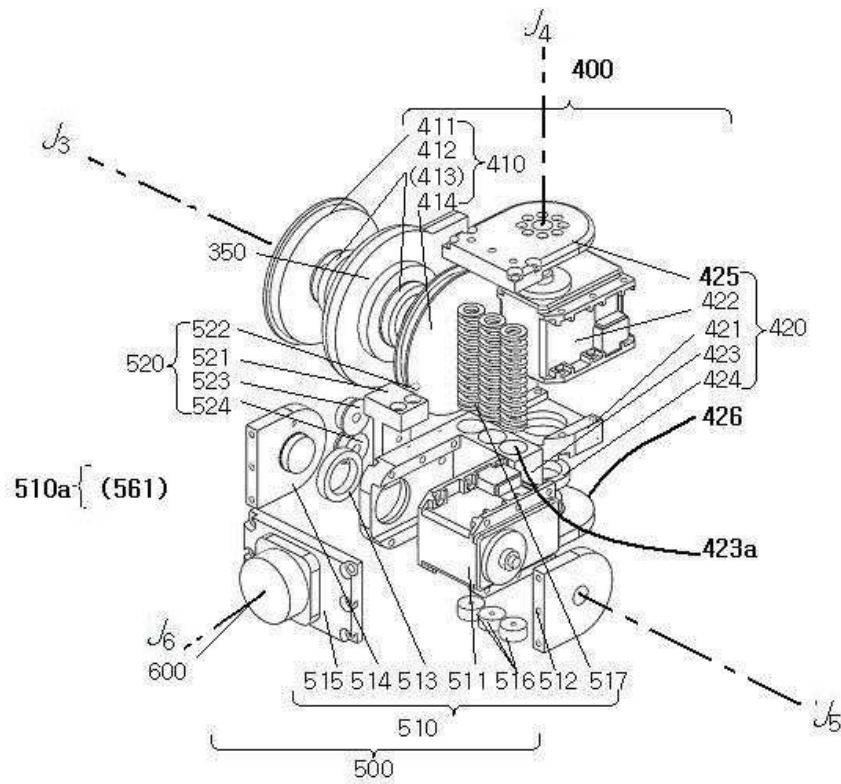
도면5



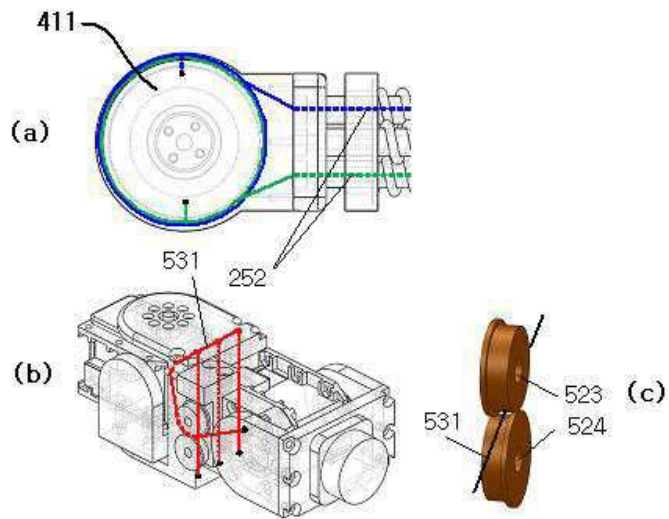
도면6



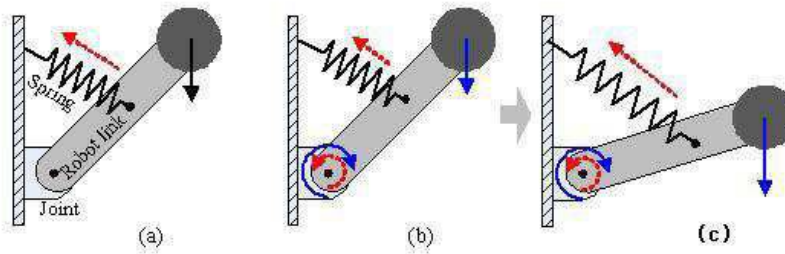
도면7



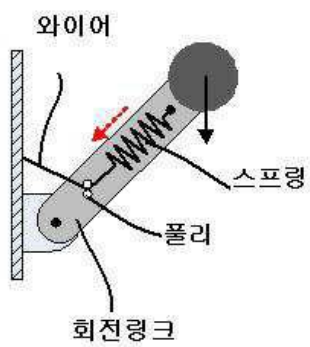
도면8



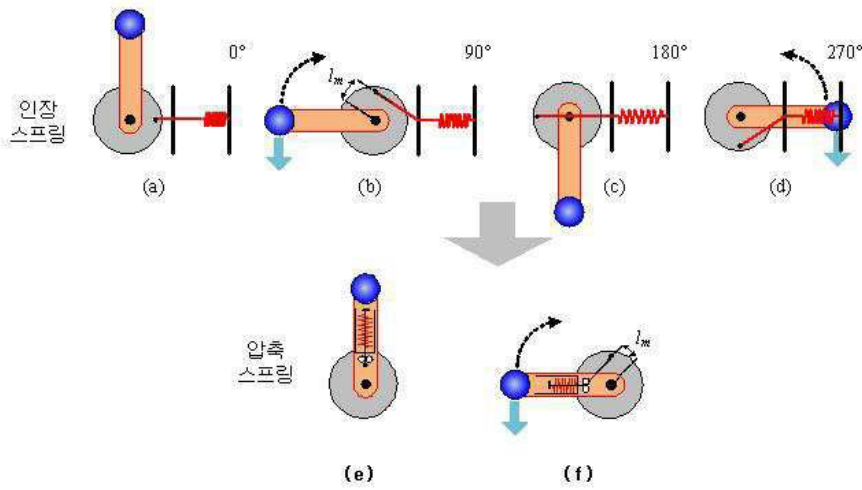
도면9



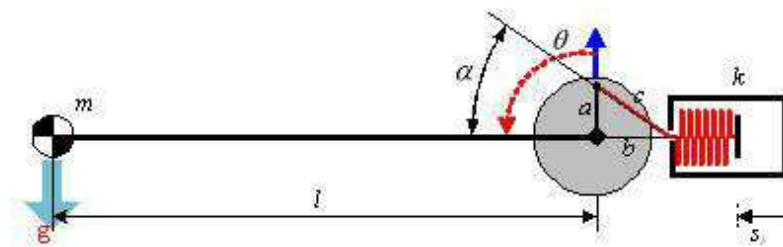
도면10



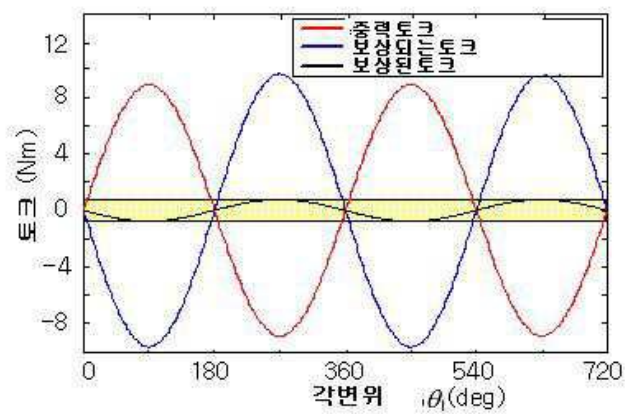
도면11



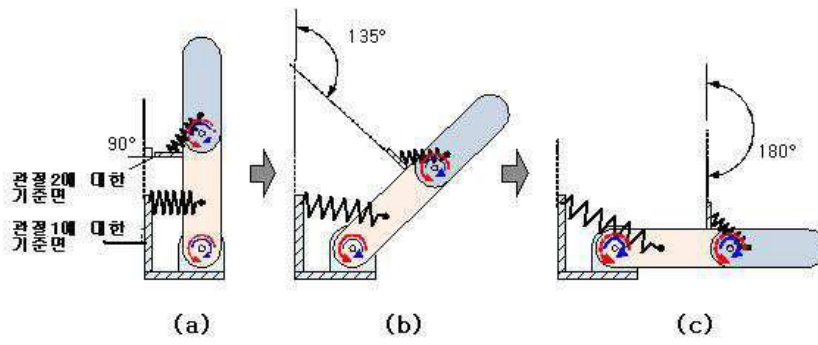
도면12



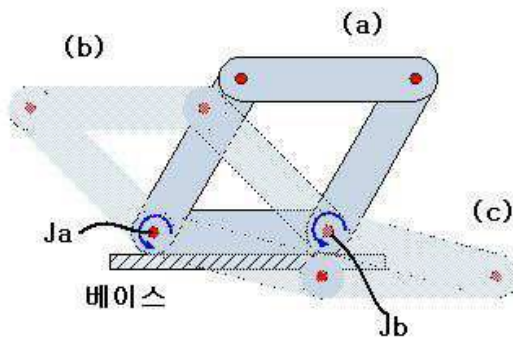
도면13



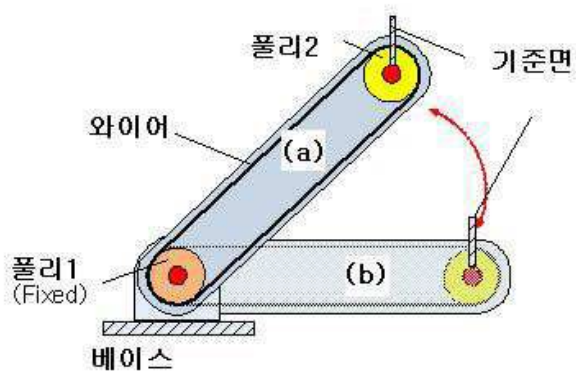
도면14



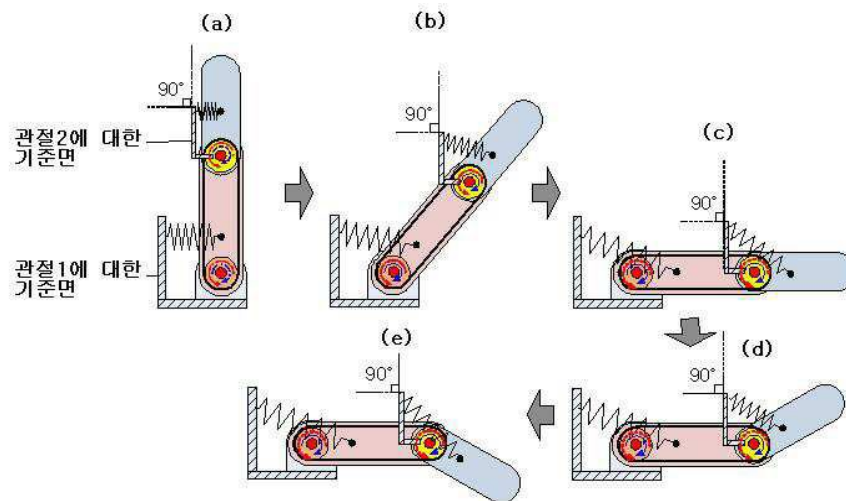
도면15



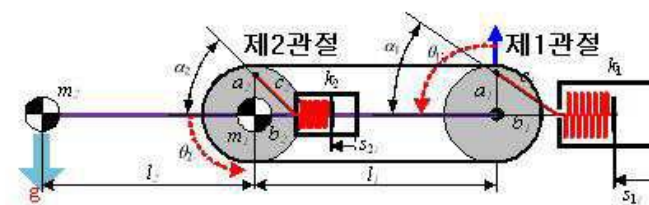
도면16



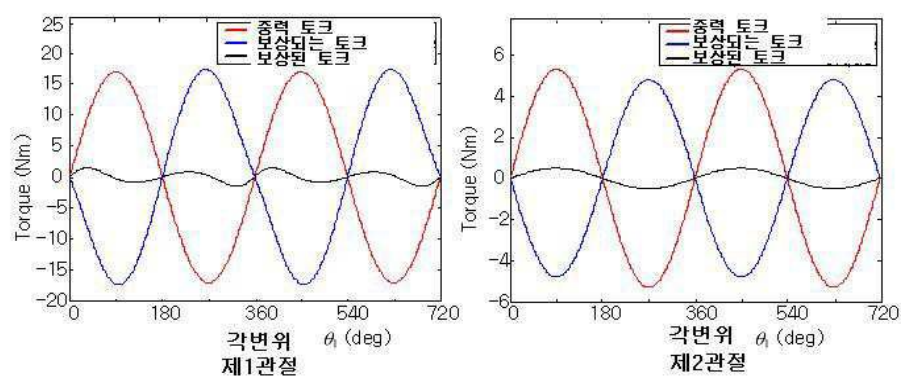
도면17



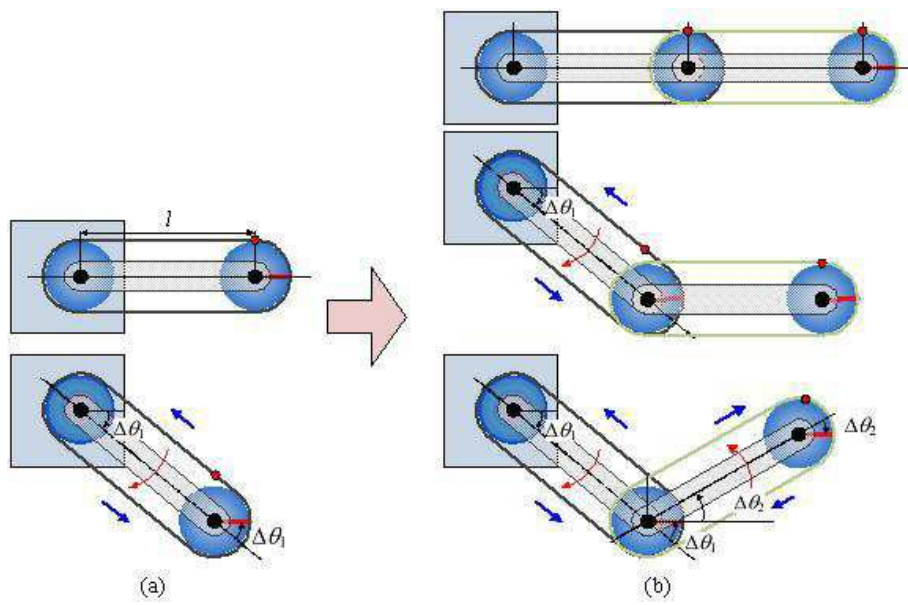
도면18



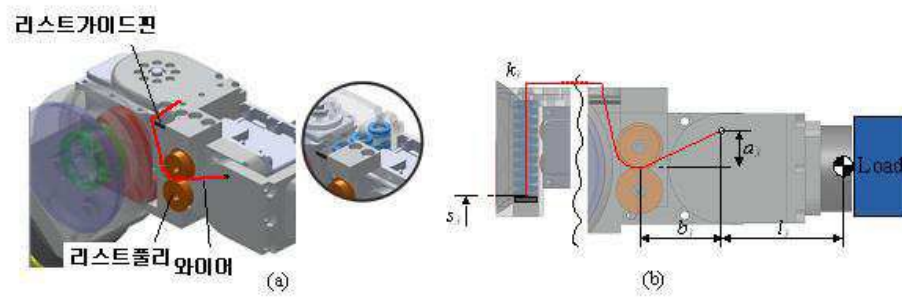
도면19



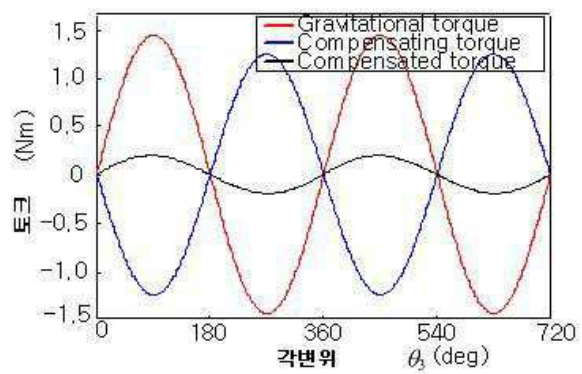
도면20



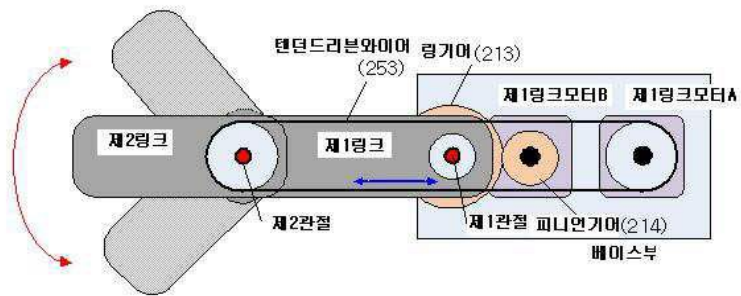
도면21



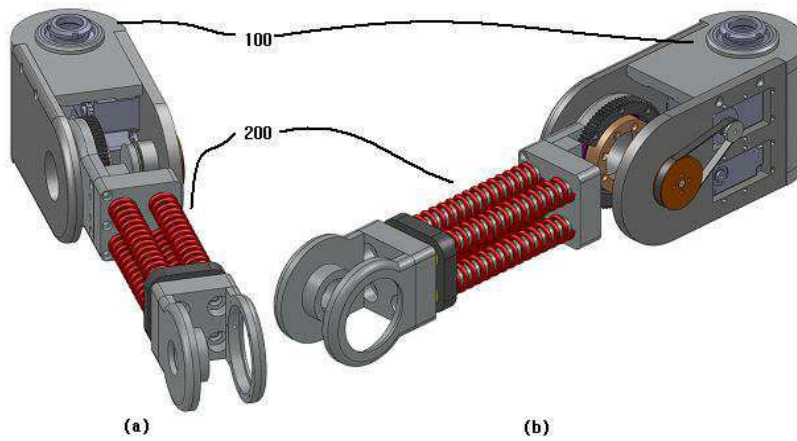
도면22



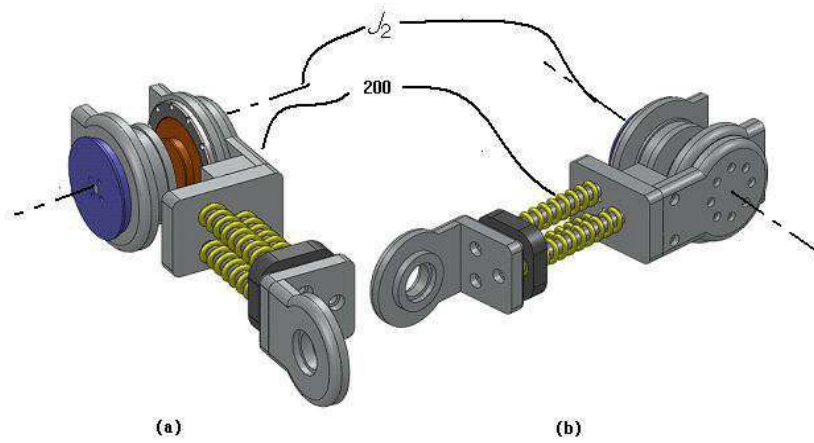
도면23



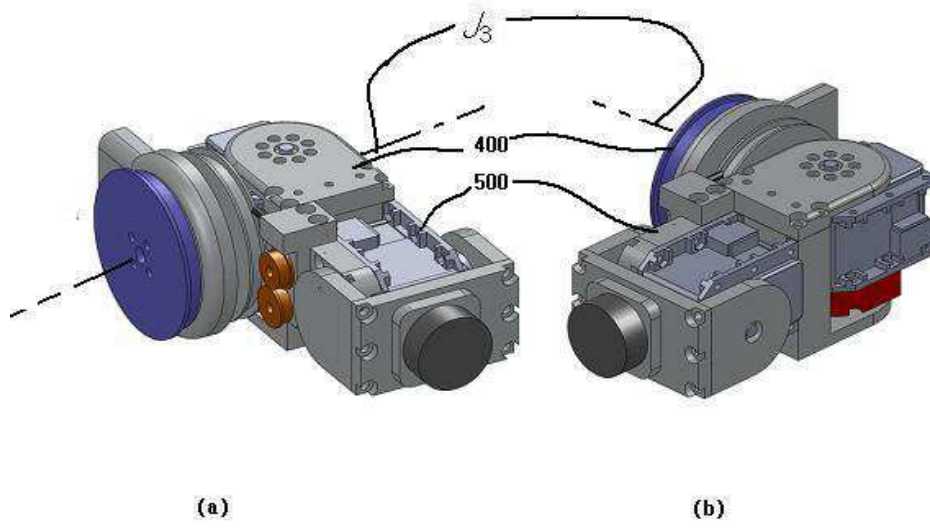
도면24



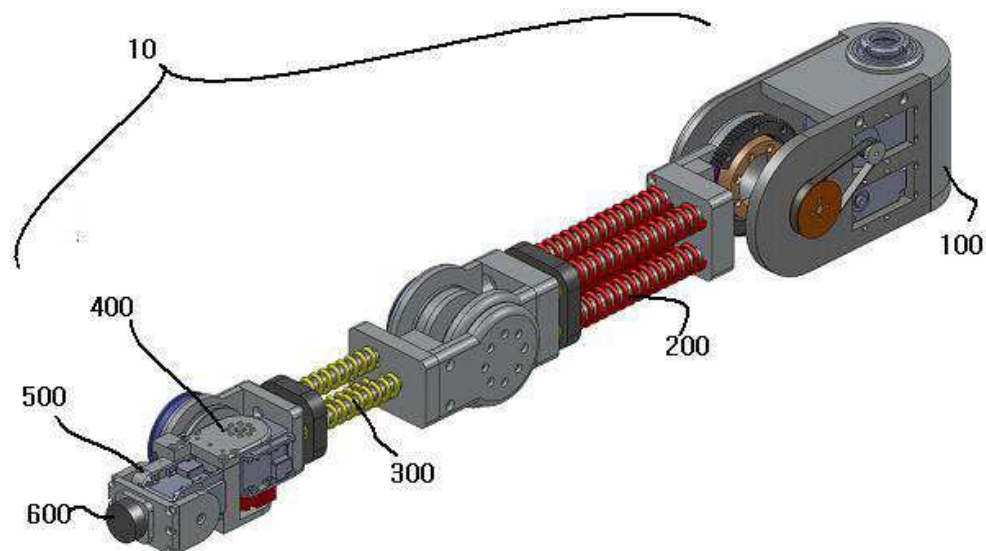
도면25



도면26



도면27



도면28

