



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2014년06월03일  
 (11) 등록번호 10-1403787  
 (24) 등록일자 2014년05월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
 A61N 5/00 (2006.01) A61N 5/10 (2006.01)  
 A61B 6/08 (2006.01)  
 (21) 출원번호 10-2014-0041397  
 (22) 출원일자 2014년04월07일  
 심사청구일자 2014년04월07일  
 (56) 선행기술조사문헌  
 KR101339009 B1  
 US20060193435 A1  
 US8303575 B2  
 US20120045308 A1

(73) 특허권자  
 재단법인대구경북과학기술원  
 대구 달성군 현풍면 테크노중앙대로 333,  
 (72) 발명자  
**장평훈**  
 서울특별시 서초구 바우피로31길 20-6 동서빌라 102호  
**에르킨, 게즈긴**  
 터키 이즈미르 이즈미르 카팁 체레비 대학 메카트 로닉스 엔지니어링과  
**김승호**  
 대전광역시 유성구 배울2로 133 경남아너스빌 20 9동 102호  
 (74) 대리인  
 특허법인무한

전체 청구항 수 : 총 8 항

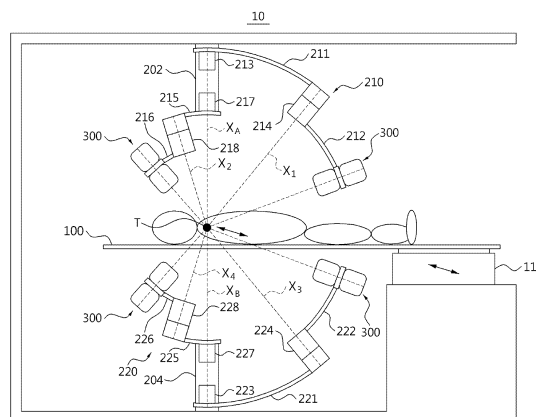
심사관 : 유창용

(54) 발명의 명칭 **의료용 로봇**

**(57) 요약**

일 실시예에 따른 의료용 로봇은 대상체가 위치되는 베드 및 상기 베드의 상부 또는 하부에 위치되고, 타켓 지점이 구형의 중심에 위치하는 구형 궤적 내에서 이동 가능한 방출부재를 구비하는 로봇 팔 유닛을 포함하고, 상기 베드와 상기 로봇 팔 유닛은 서로에 대해 수직 또는 수평방향으로 상대 이동 가능하고, 상기 베드와 상기 로봇 팔 유닛을 수직 또는 수평방향으로 상대 이동하여 상기 대상체를 상기 타켓 지점으로 이동시키고, 상기 타켓 지점을 향하도록 상기 방출부재를 이동시킬 수 있다.

**대표도**



이 발명을 지원한 국가연구개발사업  
과제고유번호 1711008668  
부처명 미래창조과학부  
연구사업명 DGIST 특성화지원 융합과학 중점센터 운영  
연구과제명 뇌매핑 기반의 로봇재활  
기여율 1/1  
주관기관 대구경북과학기술원  
연구기간 2013.01.01 ~ 2013.12.31

---

**특허청구의 범위**

**청구항 1**

대상체가 위치되는 베드; 및

상기 베드의 상부 또는 하부에 위치되고, 타켓 지점이 구형의 중심에 위치하는 구형 궤적 내에서 이동 가능한 방출부재를 구비하는 로봇 팔 유닛;

을 포함하고,

상기 베드와 상기 로봇 팔 유닛은 서로에 대해 수직 또는 수평방향으로 상대 이동 가능하고,

상기 베드와 상기 로봇 팔 유닛을 수직 또는 수평방향으로 상대 이동하여 상기 대상체를 상기 타켓 지점으로 이동시키고, 상기 타켓 지점을 향하도록 상기 방출부재를 이동시킬 수 있는 의료용 로봇.

**청구항 2**

제1항에 있어서,

상기 로봇 팔 유닛은,

상기 베드의 상부에서 회전하는 상부 로봇 팔; 및

상기 베드의 하부에서 회전하는 하부 로봇 팔;

을 포함하고,

상기 상부 로봇 팔의 방출부재와 상기 하부 로봇 팔의 방출부재는 동일한 타켓 지점을 향하도록 배치되는 의료용 로봇.

**청구항 3**

제2항에 있어서,

상기 상부 로봇 팔과 상기 하부 로봇 팔은 동일한 중심을 가지는 구형 궤적들 내에 위치되는 의료용 로봇.

**청구항 4**

제1항에 있어서,

상기 로봇 팔 유닛은 복수 개의 링크부재와 복수 개의 구동부재를 포함하고, 상기 복수 개의 링크부재는 동일한 중심을 가지는 동심구들 상에 위치되고, 상기 구동부재의 축들의 연장선은 상기 중심에서 만나는 의료용 로봇.

**청구항 5**

제4항에 있어서,

상기 로봇 팔 유닛은,

제1 중앙부재;

상기 제1 중앙부재의 길이방향 축을 중심으로 회전하는 제1 링크부재;

상기 제1 링크부재의 일단에 장착되어, 상기 제1 링크부재에 회전력을 전달하는 제1 구동부재;

상기 제1 링크부재의 타단에 연결되어, 제1 축을 중심으로 회전하는 제2 링크부재;

상기 제1 링크부재와 상기 제2 링크부재 사이에 배치되고, 상기 제2 링크부재에 회전력을 전달하는 제2 구동부재;

상기 제1 중앙부재 상에 상기 제1 링크부재가 연결된 부분과 다른 위치에 연결되고, 상기 중앙부재의 길이방향 축을 중심으로 회전하는 제3 링크부재;

상기 제3 링크부재의 일단에 장착되어, 상기 제3 링크부재에 회전력을 전달하는 제3 구동부재;

상기 제3 링크부재의 타단에 연결되어, 제2 축을 중심으로 회전하는 제4 링크부재;

상기 제3 링크부재와 상기 제4 링크부재 사이에 배치되고, 상기 제4 링크부재에 회전력을 전달하는 제4 구동부재;

상기 제1 중앙부재의 길이방향 축과 동축 상에 위치되고, 상기 제1 중앙부재와 상기 중심 사이의 거리만큼 상기 중심으로부터 이격된 제2 중앙부재;

상기 제2 중앙부재의 길이방향 축을 중심으로 회전하는 제5 링크부재;

상기 제5 링크부재의 일단에 장착되어, 상기 제5 링크부재에 회전력을 전달하는 제5 구동부재;

상기 제5 링크부재의 타단에 연결되어, 제3 축을 중심으로 회전하는 제6 링크부재;

상기 제5 링크부재와 상기 제6 링크부재 사이에 배치되고, 상기 제6 링크부재에 회전력을 전달하는 제6 구동부재;

상기 제2 중앙부재 상에 상기 제5 링크부재가 연결된 부분과 다른 위치에 연결되고, 상기 제2 중앙부재의 길이방향 축을 중심으로 회전하는 제7 링크부재;

상기 제7 링크부재의 일단에 장착되어, 상기 7 링크부재에 회전력을 전달하는 제7 구동부재;

상기 제7 링크부재의 타단에 연결되어, 제4 축을 중심으로 회전하는 제8 링크부재;

상기 제7 링크부재와 상기 제8 링크부재 사이에 배치되고, 상기 제8 링크부재에 회전력을 전달하는 제8 링크부재; 및

상기 제2 링크부재, 상기 제4 링크부재, 상기 제6 링크부재 및 상기 제8 링크부재의 단부에 상기 중심을 향하도록 각각 장착된 방출부재;

를 포함하고,

상기 제1 중앙부재의 길이방향 축, 상기 제2 중앙부재의 길이방향 축, 상기 제1 축, 상기 제2 축, 상기 제3 축 및 상기 제4 축은 상기 중심에서 만나는 의료용 로봇.

## 청구항 6

제5항에 있어서,

상기 제1 링크부재와 상기 제2 링크부재는 상기 제3 링크부재보다 상기 중심으로부터 멀리 위치되고, 상기 제5 링크부재와 상기 제6 링크부재는 상기 제7 링크부재보다 상기 중심으로부터 멀리 위치되는 의료용 로봇.

## 청구항 7

제5항에 있어서,

상기 제1 링크부재와 상기 제2 링크부재 사이에 상기 제3 링크부재가 위치될 때, 상기 제3 링크부재의 길이는 상기 제1 링크부재의 길이보다 짧고 상기 제4 링크부재는 상기 제2 링크부재보다 상기 중심에 가까이 위치되고, 상기 제5 링크부재와 상기 제6 링크부재 사이에 상기 제7 링크부재가 위치될 때, 상기 제7 링크부재의 길이는 상기 5 링크부재의 길이보다 짧고 상기 제8 링크부재는 상기 6 링크부재보다 상기 중심에 가까이 위치되는 의료용 로봇.

**청구항 8**

제1항에 있어서,

상기 베드의 위치를 조절하기 위한 위치 조절 요소가 더 포함되는 의료용 로봇.

**명세서**

**기술분야**

[0001] 본 발명은 의료용 로봇에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 치료 부위를 향하여 정확하고 신속하게 겨냥할 수 있는 의료용 로봇에 관한 것이다.

**배경기술**

[0002] 방사선 치료란 고에너지 방사선을 이용하여 암세포를 죽이는 치료를 말한다. 여기서 방사선이란 에너지가 공간을 통해 전파되는 현상 또는 전파를 매개하는 물질을 가리키며, 엑스선이 대표적인 예이다.

[0003] 방사선 치료는 외과적 수술, 항암화학요법과 함께 암치료의 3대 치료법 중 하나로, 보통 입원이 필요하지 않고, 1일 수 분에서 20~30분 정도의 시간이 소요되며, 치료 시 고통이 없다는 장점이 있다.

[0004] 이러한 방사선 치료와 관련된 장비로서 X-Knife (Radionics, USA), Novalis Tx (BrainLAB, Germany), Peacock(NOMOS Corp, USA), Trilogy (Varian Medical System, USA), CyberKnife (Accuray Inc. USA) 등이 알려져 있으며, 이들의 대부분은 선형가속기와 Image Guided Radiotherapy (IGRT)의 기술을 기반으로 치료시 발생하는 오차를 줄이고 정확도를 높이는 방안으로 진화되고 있다.

[0005] 상기 장비 중 사이버나이프(CyberKnife)는 소형 선형가속기를 6개의 관절로 자유로이 움직이는 로봇 팔에 장착하여 다양한 방향에서 종양 부위에 방사선을 집중 조사하는, 정밀도가 매우 높은 정위적 방사선 치료 전용 장비이다.

[0006] 사이버나이프는 침습적인 고정기구 없이 실시간 영상유도 기술을 이용하여 신체골격영상 및 신체 내에 삽입된 금침의 좌표를 추적하며 정밀하게 치료할 수 있는 장점이 있다. 또한, 뇌종양만 치료할 수 있는 감마나이프와 달리 전신의 암 치료에 사용될 수 있으며, 일회가 아닌 수회에 걸쳐 분할 치료를 하는 경우도 많다.

[0007] 따라서 사이버나이프에 대한 연구가 진행되고 있으며, 2009년 4월 30일에 출원된 선행문헌 KR 제2009-0038051호에서는 방사선 치료계획정보 통합조희시스템에 대하여 개시되어 있다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0008] 일 실시예에 따른 목적은 베드와 로봇 팔 유닛의 상대 이동에 의하여, 타겟 지점을 향하여 신속하고 정확하게 조준할 수 있는 의료용 로봇을 제공하는 것이다.

[0009] 일 실시예에 따른 목적은 제어가 용이하고, 타겟 지점에 대한 방향성을 향상시킬 수 있어, 치료 또는 수술 시간을 단축시킬 수 있는 의료용 로봇을 제공하는 것이다.

[0010] 일 실시예에 따른 목적은 컴팩트한(compact) 설계를 구비하고, 구동부재의 개수를 감소시켜 총 중량을 감소시킬 수 있는 의료용 로봇을 제공하는 것이다.

[0011] 일 실시예에 따른 목적은 복수 개의 로봇 팔 유닛들이 독립적이고 비간섭적으로 회전되어 상호 충돌을 방지할 수 있는 의료용 로봇을 제공하는 것이다.

[0012] 일 실시예에 따른 목적은 베드의 위치를 이동시킴으로써 방출부재의 조준을 효율적으로 할 수 있는 의료용 로봇을 제공하는 것이다.

**과제의 해결 수단**

- [0013] 상기 목적을 달성하기 위한 일 실시예에 따른 의료용 로봇은 대상체가 위치되는 베드 및 상기 베드의 상부 또는 하부에 위치되고, 타켓 지점이 구형의 중심에 위치하는 구형 궤적 내에서 이동 가능한 방출부재를 구비하는 로봇 팔 유닛을 포함하고, 상기 베드와 상기 로봇 팔 유닛은 서로에 대해 수직 또는 수평방향으로 상대 이동 가능하고, 상기 베드와 상기 로봇 팔 유닛을 수직 또는 수평방향으로 상대 이동하여 상기 대상체를 상기 타켓 지점으로 이동시키고, 상기 타켓 지점을 향하도록 상기 방출부재를 이동시킬 수 있다.
- [0014] 일 측에 의하면, 상기 로봇 팔 유닛은, 상기 베드의 상부에서 회전하는 상부 로봇 팔 및 상기 베드의 하부에서 회전하는 하부 로봇 팔을 포함하고, 상기 상부 로봇 팔의 방출부재와 상기 하부 로봇 팔의 방출부재는 동일한 타켓 지점을 향하도록 배치될 수 있다.
- [0015] 일 측에 의하면, 상기 상부 로봇 팔과 상기 하부 로봇 팔은 동일한 중심을 가지는 구형 궤적들 내에 위치될 수 있다.
- [0016] 일 측에 의하면, 상기 로봇 팔 유닛은 복수 개의 링크부재와 복수 개의 구동부재를 포함하고, 상기 복수 개의 링크부재는 동일한 중심을 가지는 동심구들 상에 위치되고, 상기 구동부재의 축들의 연장선은 상기 중심에서 만날 수 있다.
- [0017] 일 측에 의하면, 상기 로봇 팔 유닛은, 제1 중앙부재, 상기 제1 중앙부재의 길이방향 축을 중심으로 회전하는 제1 링크부재, 상기 제1 링크부재의 일단에 장착되어, 상기 제1 링크부재에 회전력을 전달하는 제1 구동부재, 상기 제1 링크부재의 타단에 연결되어, 제1 축을 중심으로 회전하는 제2 링크부재, 상기 제1 링크부재와 상기 제2 링크부재 사이에 배치되고, 상기 제2 링크부재에 회전력을 전달하는 제2 구동부재, 상기 제1 중앙부재 상에 상기 제1 링크부재가 연결된 부분과 다른 위치에 연결되고, 상기 제1 중앙부재의 길이방향 축을 중심으로 회전하는 제3 링크부재, 상기 제3 링크부재의 일단에 장착되어, 상기 제3 링크부재에 회전력을 전달하는 제3 구동부재, 상기 제3 링크부재의 타단에 연결되어, 제2 축을 중심으로 회전하는 제4 링크부재, 상기 제3 링크부재와 상기 제4 링크부재 사이에 배치되고, 상기 제4 링크부재에 회전력을 전달하는 제4 구동부재, 상기 제1 중앙부재의 길이방향 축과 동축 상에 위치되고, 상기 제1 중앙부재와 상기 중심 사이의 거리만큼 상기 중심으로부터 이격된 제2 중앙부재, 상기 제2 중앙부재의 길이방향 축을 중심으로 회전하는 제5 링크부재, 상기 제5 링크부재의 일단에 장착되어, 상기 제5 링크부재에 회전력을 전달하는 제5 구동부재, 상기 제5 링크부재의 타단에 연결되어, 제3 축을 중심으로 회전하는 제6 링크부재, 상기 제5 링크부재와 상기 제6 링크부재 사이에 배치되고, 상기 제6 링크부재에 회전력을 전달하는 제6 구동부재, 상기 제2 중앙부재 상에 상기 제5 링크부재가 연결된 부분과 다른 위치에 연결되고, 상기 제2 중앙부재의 길이방향 축을 중심으로 회전하는 제7 링크부재, 상기 제7 링크부재의 일단에 장착되어, 상기 7 링크부재에 회전력을 전달하는 제7 구동부재, 상기 제7 링크부재의 타단에 연결되어, 제4 축을 중심으로 회전하는 제8 링크부재, 상기 제7 링크부재와 상기 제8 링크부재 사이에 배치되고, 상기 제8 링크부재에 회전력을 전달하는 제8 링크부재 및 상기 제2 링크부재, 상기 제4 링크부재, 상기 제6 링크부재 및 상기 제8 링크부재의 단부에 상기 중심을 향하도록 각각 장착된 방출부재를 포함하고, 상기 제1 중앙부재의 길이방향 축, 상기 제2 중앙부재의 길이방향 축, 상기 제1 축, 상기 제2 축, 상기 제3 축 및 상기 제4 축은 상기 중심에서 만날 수 있다.
- [0018] 일 측에 의하면, 상기 제1 링크부재와 상기 제2 링크부재는 상기 제3 링크부재보다 상기 중심으로부터 멀리 위치되고, 상기 제5 링크부재와 상기 제6 링크부재는 상기 제7 링크부재보다 상기 중심으로부터 멀리 위치될 수 있다.
- [0019] 일 측에 의하면, 상기 제1 링크부재와 상기 제2 링크부재 사이에 상기 제3 링크부재가 위치될 때, 상기 제3 링크부재의 길이는 상기 제1 링크부재의 길이보다 짧고 상기 제4 링크부재는 상기 제2 링크부재보다 상기 중심에 가까이 위치되고, 상기 제5 링크부재와 상기 제6 링크부재 사이에 상기 제7 링크부재가 위치될 때, 상기 제7 링크부재의 길이는 상기 5 링크부재의 길이보다 짧고 상기 제8 링크부재는 상기 6 링크부재보다 상기 중심에 가까이 위치될 수 있다.
- [0020] 일 측에 의하면, 상기 베드의 위치를 조절하기 위한 위치 조절 요소가 더 포함될 수 있다.

**발명의 효과**

- [0021] 일 실시예에 따른 의료용 로봇에 의하면 베드와 로봇 팔 유닛의 상대 이동에 의하여, 타켓 지점을 향하여 신속하고 정확하게 조준할 수 있다.
- [0022] 일 실시예에 따른 의료용 로봇에 의하면 제어가 용이하고, 타켓 지점에 대한 방향성을 향상시킬 수 있어, 치료

또는 수술 시간을 단축시킬 수 있다.

- [0023] 일 실시예에 따른 의료용 로봇에 의하면 컴팩트한(compact) 설계를 구비하고, 구동부재의 개수를 감소시켜 총 중량을 감소시킬 수 있다.
- [0024] 일 실시예에 따른 의료용 로봇에 의하면 복수 개의 로봇 팔 유닛들이 독립적이고 비간섭적으로 회전되어 상호 충돌을 방지할 수 있다.
- [0025] 일 실시예에 따른 의료용 로봇에 의하면 베드의 위치를 이동시킴으로써 방출부재의 조준을 효율적으로 할 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0026] 도 1은 일 실시예에 따른 의료용 로봇을 도시한다.
- 도 2는 일 실시예에 따른 의료용 로봇에서 로봇 팔 유닛의 배치를 도시한다.
- 도 3은 일 실시예에 따른 의료용 로봇의 방출부재에 의해 방사선이 조사되는 범위를 나타낸다.
- 도 4는 일 실시예에 따른 의료용 로봇에 각도 조절 요소가 장착된 모습을 도시한다.
- 도 5는 일 실시예에 따른 의료용 로봇에서 방출 부재의 방향을 도시한다.
- 도 6은 구면 좌표(spherical coordinate)가 도시된다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0027] 이하에서, 본 발명에 따른 실시예들을 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다. 그러나, 본 발명이 실시예들에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다. 각 도면에 제시된 동일한 참조 부호는 동일한 부재를 나타낸다.
- [0028] 도 1은 일 실시예에 따른 의료용 로봇을 도시하고, 도 2는 일 실시예에 따른 의료용 로봇에서 로봇 팔 유닛의 배치를 도시하고, 도 3은 일 실시예에 따른 의료용 로봇의 방출부재에 의해 방사선이 조사되는 범위를 나타내고, 도 4는 일 실시예에 따른 의료용 로봇에 각도 조절 요소가 장착된 모습을 도시한다.
- [0029] 도 1을 참조하여, 일 실시예에 따른 의료용 로봇(10)은 베드(100) 및 로봇 팔 유닛(200)을 포함할 수 있다.
- [0030] 상기 베드(100)에는 대상체가 위치될 수 있으며, 상기 대상체는 예를 들어 환자가 될 수 있다.
- [0031] 일 실시예에 따른 의료용 로봇(10)이 사이버나이프(cyberknife)로서 이용되는 경우, 대상체는 방사선 치료 또는 종양 제거 수술이 필요한 암 환자일 수 있다. 이때, 타겟 지점(T)은 종양의 위치, 즉 치료 부위 또는 수술 부위가 될 수 있다.
- [0032] 상기 베드(100)에는 위치 조절 요소(110)가 장착되어, 베드(100)의 위치를 조절할 수 있다.
- [0033] 도 1에 도시된 바와 같이 위치 조절 요소(110)를 화살표 방향으로 이동시킬 경우, 베드(100) 또한 화살표 방향을 따라 이동될 수 있다.
- [0034] 이에 의해, 베드(100) 또는 대상체의 위치를 자유자재로 이동시킬 수 있고, 그에 따라서 타겟 지점(T)의 위치를 이동시킬 수 있다.
- [0035] 구체적으로, 베드(100)는 지면에 대하여 수직 또는 수평 방향으로 이동될 수 있다.
- [0036] 이에 의해서, 베드(100)과 로봇 팔 유닛(200)은 서로에 대해서 수직 또는 수평 방향으로 상대 이동 가능할 수 있다.
- [0037] 구체적으로, 베드(100)가 고정된 상태에서 대상체의 위치가 고정되고, 로봇 팔 유닛(200)을 이동시켜 방출부재(300)의 조사 위치 또는 방출부재(300)로부터 방사선이 방출되는 위치를 베드(100)에 대하여 상대 이동시킬 수 있다.
- [0038] 또는, 베드(100)가 위치 조절 요소(110)에 의해 로봇 팔 유닛(200)에 대하여 상대 이동되어, 대상체를 타겟 지점(T)으로 이동시킨 다음, 타겟 지점(T)을 향하도록 방출부재(300)를 이동시킬 수 있다.
- [0039] 그러므로, 로봇 팔 유닛(200)에 구비된 방출부재(300)가 이 베드(100) 상에 위치된 대상체의 타겟 지점(T)을 향하여 효율적으로 조준할 수 있다. 이에 대해서는 이하에 상세히 설명된다.

- [0040] 상기 베드(100)의 상부 또는 하부에는 로봇 팔 유닛(200)이 배치될 수 있다.
- [0041] 상기 로봇 팔(200)은 상부 로봇 팔(210) 및 하부 로봇 팔(220)을 포함할 수 있고, 상부 로봇 팔(210) 및 하부 로봇 팔(220)의 단부에는 각각 방출부재(300)가 구비될 수 있다.
- [0042] 이때, 방출부재(300)로부터 방사선이 방출될 수 있으며, 대상체의 타겟 지점(T)을 향하여 방사선이 방출 또는 조사될 수 있다.
- [0043] 특히 도 2를 참조하여, 상기 상부 로봇 팔(210)과 하부 로봇 팔(220)은 동일한 중심, 즉 동일한 타겟 지점(T)을 가지는 구형 궤적들 내에 위치될 수 있다.
- [0044] 또한, 상부 로봇 팔(210)과 하부 로봇 팔(220)의 방출부재(300)는 상부 로봇 팔(210)과 하부 로봇 팔(220)의 회전에 의해 이동되므로, 상부 로봇 팔(210)과 하부 로봇 팔(220)의 구형 궤적 상에서 이동 가능하고, 각각의 방출부재(300)는 동일한 타겟 지점(T)을 향하도록 배치될 수 있다.
- [0045] 이에 의하여, 상부 로봇 팔(210)과 하부 로봇 팔(220)에 각각 장착된 방출부재(300)로부터 방사선이 단 한 개의 특이점으로 집중될 수 있으며, 예를 들어 방출부재(300)가 치료 부위를 향하도록 쉽게 조준할 수 있다.
- [0046] 또한, 상부 로봇 팔(210)과 하부 로봇 팔(220)은 베드(100)를 중심으로 서로 이격되게 배치될 수 있다.
- [0047] 이러한 상부 로봇 팔(210)과 하부 로봇 팔(220)의 배치에 의하여, 상부 로봇 팔(210)과 하부 로봇 팔(220)은 서로 비간섭적으로 작동될 수 있고, 상호 충돌을 방지할 수 있다.
- [0048] 구체적으로, 상부 로봇 팔(210)과 하부 로봇 팔(220)은 복수 개의 링크부재와 복수 개의 구동부재를 포함할 수 있다.
- [0049] 예를 들어, 상부 로봇 팔(210)은 제1 링크부재(211), 제2 링크부재(212), 제3 링크부재(215) 및 제4 링크부재(216)를 포함할 수 있다.
- [0050] 상기 제1 링크부재(211)는 제1 중앙부재(202)에 장착될 수 있으며, 제1 링크부재(211)는 제1의 중앙부재의 길이 방향 축( $X_A$ )을 중심으로 회전할 수 있다.
- [0051] 상기 제1 중앙부재(202)는 일 실시예에 따른 의료용 로봇(10)의 외측에 위치한 프레임의 내측에 수직방향으로 장착될 수 있다.
- [0052] 또한, 제1 링크부재(211)는 타겟 지점(T)에 중심을 가지는 구형 상에 위치될 수 있고, 호 형상으로 마련될 수 있다.
- [0053] 게다가, 제1 링크부재(211)는 제2 링크부재(212), 제3 링크부재(215) 및 제4 링크부재(218)보다 큰 길이를 구비하고, 제1 링크부재(211)는 타겟 지점(T)으로부터 가장 멀리 위치될 수 있다.
- [0054] 상기 제1 링크부재(211)의 타단에는 제2 링크부재(212)가 연결될 수 있다.
- [0055] 상기 제2 링크부재(212)는 제1 축( $X_1$ )을 중심으로 회전할 수 있다.
- [0056] 상기 제1 축( $X_1$ )은 제1 중앙부재의 길이방향 축( $X_A$ )에 대하여 각이 지게 형성될 수 있다.
- [0057] 또한, 제1 중앙부재(202) 상에 제1 링크부재(211)가 연결된 부분과 다른 위치에는 제3 링크부재(215)가 연결될 수 있다.
- [0058] 상기 제3 링크부재(215)는 제1 중앙부재의 길이방향 축( $X_A$ )을 중심으로 회전할 수 있다.
- [0059] 예를 들어, 제1 중앙부재(202)의 상부에는 제1 링크부재(211)가 연결되고, 제1 중앙부재(202)의 하부에는 제3 링크부재(215)가 연결될 수 있다.
- [0060] 상기 제3 링크부재(215)의 타단에는 제4 링크부재(216)가 연결될 수 있다.
- [0061] 상기 제4 링크부재(216)는 제2 축( $X_2$ )을 중심으로 회전할 수 있다.
- [0062] 상기 제2 축( $X_2$ )은 제1 중앙부재의 길이방향 축( $X_A$ )에 대하여 각이 지게 형성될 수 있다.
- [0063] 또한, 상부 로봇 팔(210)은 제1 구동부재(213), 제2 구동부재(214), 제3 구동부재(217) 및 제4 구동부재(218)를



포함할 수 있다.

- [0064] 상기 제1 구동부재(213)는 제1 중앙부재(202) 내에 포함될 수 있으며, 도면에 구체적으로 도시되지 않았으나, 제1 중앙부재(202)에는 제1 구동부재(213)의 장착을 위한 홈이 형성될 수 있다.
- [0065] 상기 제1 구동부재(213)는 제1 링크부재(211)에 회전력을 전달할 수 있다.
- [0066] 상기 제2 구동부재(214)는 제2 링크부재(212)에 회전력을 전달할 수 있으며, 제1 축( $X_1$ )을 따라 타켓 지점(T)을 향하도록 배치될 수 있다.
- [0067] 상기 제3 구동부재(217)는 제1 구동부재(213)와 마찬가지로 제1 중앙부재(202) 내에 포함될 수 있으며, 제1 중앙부재(202)에는 제3 구동부재(217)의 장착을 위한 홈이 형성될 수 있다.
- [0068] 상기 제3 구동부재(217)는 제3 링크부재(215)에 회전력을 전달할 수 있다.
- [0069] 또한, 제3 구동부재(217)는 제1 구동부재(213)와 일체로 형성되거나, 별개로 형성될 수 있다. 예를 들어, 제3 구동부재(217)가 제1 구동부재(213)와 별개로 형성될 경우, 제3 링크부재(215)는 제1 링크부재(211)와 다른 방향 또는 다른 속도로 회전할 수 있다.
- [0070] 상기 제4 구동부재(218)는 제4 링크부재(216)에 회전력을 전달할 수 있으며, 제2 축( $X_2$ )을 따라 타켓 지점(T)을 향하도록 배치될 수 있다.
- [0071] 이때, 제1 중앙부재의 길이방향 축( $X_A$ ), 제1 축( $X_1$ ) 및 제2 축( $X_2$ )의 연장선은 타켓 지점(T)에서 만날 수 있다.
- [0072] 또한, 제2 링크부재(212)와 제4 링크부재(216)에 장착된 방출부재(300)는 제2 링크부재(212)와 제4 링크부재(216)에 대하여 수직 방향으로 장착되고, 타켓 지점(T)을 향하도록 배치될 수 있다.
- [0073] 그러므로, 제1 중앙부재의 길이방향 축( $X_A$ ), 제1 축( $X_1$ ) 및 제2 축( $X_2$ )의 연장선뿐만 아니라, 방출부재(300) 및 구동부재(213, 214, 217, 218) 또한 타켓 지점(T)을 향하여, 방출부재(300)로부터의 방사선은 타켓 지점(T)을 향하여 방출 또는 조사될 수 있다.
- [0074] 이와 마찬가지로, 하부 로봇 팔(220)은 제5 링크부재(221), 제6 링크부재(222), 제7 링크부재(225), 제8 링크부재(226)를 포함할 수 있다.
- [0075] 상기 제5 링크부재(221)는 제2 중앙부재의 길이방향 축( $X_B$ )을 중심으로 회전할 수 있다.
- [0076] 상기 제2 중앙부재(204)는 일 실시예에 따른 의료용 로봇(10)의 외측에 위치한 프레임의 내측에 수직방향으로 장착될 수 있다.
- [0077] 그리고, 제2 중앙부재의 길이방향 축( $X_B$ )은 제1 중앙부재의 길이방향 축( $X_A$ )과 동축으로 위치되고, 제1 중앙부재(202)와 타켓 지점(T)사이의 거리만큼 타켓 지점(T)으로부터 이격될 수 있다.
- [0078] 또한, 제5 링크부재(221)는 타켓 지점(T)에 중심을 가지는 구형 상에 위치될 수 있고, 호 형상으로 마련될 수 있다.
- [0079] 상기 제5 링크부재(221)의 타단에는 제6 링크부재(222)가 연결될 수 있다.
- [0080] 상기 제6 링크부재(222)는 제3 축( $X_3$ )을 중심으로 회전할 수 있다.
- [0081] 상기 제3 축( $X_3$ )은 제2 중앙부재의 길이방향 축( $X_B$ )에 대하여 각이 지게 형성될 수 있다.
- [0082] 또한, 제2 중앙부재(204) 상에 제5 링크부재(221)가 연결된 부분과 다른 위치에는 제7 링크부재(225)가 연결될 수 있다.
- [0083] 상기 제7 링크부재(225)는 제2 중앙부재의 길이방향 축( $X_B$ )을 중심으로 회전할 수 있다.
- [0084] 예를 들어, 제2 중앙부재(204)의 하부에는 제5 링크부재(221)가 연결되고, 제2 중앙부재(204)의 상부에는 제7 링크부재(225)가 연결될 수 있다.
- [0085] 상기 제7 링크부재(225)의 타단에는 제8 링크부재(226)가 연결될 수 있다.

- [0086] 상기 제8 링크부재(226)는 제4 축( $X_4$ )을 중심으로 회전할 수 있다.
- [0087] 상기 제4 축( $X_4$ )은 제2 중앙부재의 길이방향 축( $X_B$ )에 대하여 각이 지게 형성될 수 있다.
- [0088] 또한, 하부 로봇 팔(220)은 제5 구동부재(223), 제6 구동부재(224), 제7 구동부재(227) 및 제8 구동부재(228)를 포함할 수 있다.
- [0089] 상기 제5 구동부재(223)는 제2 중앙부재(204) 내에 포함될 수 있으며, 제5 링크부재(221)에 회전력을 전달할 수 있다.
- [0090] 상기 제6 구동부재(224)는 제6 링크부재(222)에 회전력을 전달할 수 있으며, 제3 축( $X_3$ )을 따라 타켓 지점(T)을 향하도록 배치될 수 있다.
- [0091] 상기 제7 구동부재(227)는 제5 구동부재(223)와 마찬가지로 제2 중앙부재(204) 내에 포함될 수 있으며, 제7 링크부재(225)에 회전력을 전달할 수 있다.
- [0092] 그리고, 제7 구동부재(227)는 제5 구동부재(223)와 일체로 형성되거나, 별개로 형성될 수 있다. 예를 들어, 제7 구동부재(227)가 제5 구동부재(223)와 별개로 형성될 경우, 제7 링크부재(225)는 제5 링크부재(221)와 다른 방향 또는 다른 속도로 회전할 수 있다.
- [0093] 상기 제8 구동부재(228)는 제8 링크부재(226)에 회전력을 전달할 수 있으며, 제4 축( $X_4$ )을 따라 타켓 지점(T)을 향하도록 배치될 수 있다.
- [0094] 이때, 제2 중앙부재의 길이방향 축( $X_B$ ), 제3 축( $X_3$ ) 및 제4 축( $X_4$ )의 연장선은 타켓 지점(T)에서 만날 수 있다.
- [0095] 또한, 제6 링크부재(222)와 제8 링크부재(226)에 장착된 방출부재(300)는 제6 링크부재(222)와 제8 링크부재(226)에 대하여 수직 방향으로 장착되고, 타켓 지점(T)을 향하도록 배치될 수 있다.
- [0096] 그러므로, 제2 중앙부재의 길이방향 축( $X_B$ ), 제3 축( $X_3$ ) 및 제4 축( $X_4$ )의 연장선뿐만 아니라, 방출부재(300) 및 구동부재(223, 224, 227, 228) 또한 타켓 지점(T)을 향하여, 방출부재(300)로부터의 방사선은 타켓 지점(T)을 향하여 방출 또는 조사될 수 있다.
- [0097] 도면에는 상부 로봇 팔(210)과 하부 로봇 팔(220)이 유사 또는 동일한 형상으로 도시되었으나, 이에 한정되지 아니하며, 상부 로봇 팔(210)과 하부 로봇 팔(220)에 장착된 방출부재(300)가 동일한 타켓 지점(T)을 향하도록 배치된다면 어떠한 형상이든지 가능하다.
- [0098] 이와 같이 구성된 상부 로봇 팔(210)과 하부 로봇 팔(220)의 복수 개의 링크부재들(211, 212, 215, 216, 221, 222, 225, 226)은 동시적으로 회전할 때 상호 충돌을 방지하기 위하여 구체적으로 다음과 같이 배치될 수 있다.
- [0099] 우선, 제1 링크부재(211)와 제2 링크부재(212)는 제3 링크부재(215)보다 타켓 지점(T)으로부터 멀리 위치되고, 제5 링크부재(221)와 제6 링크부재(222)는 제7 링크부재(225)보다 타켓 지점(T)으로부터 멀리 위치될 수 있다.
- [0100] 둘째, 제1 링크부재(211)와 제2 링크부재(212) 사이에 제3 링크부재(215)가 위치될 때, 제3 링크부재(215)의 길이는 제1 링크부재(211)의 길이보다 짧고 제4 링크부재(216)는 제2 링크부재(212)보다 타켓 지점(T)에 가까이 위치될 수 있다.
- [0101] 또한, 제5 링크부재(221)와 제6 링크부재(222) 사이에 제7 링크부재(225)가 위치될 때, 제7 링크부재(225)의 길이는 제5 링크부재(221)의 길이보다 짧고 제8 링크부재(226)는 제6 링크부재(222)보다 타켓 지점(T)에 가까이 위치될 수 있다.
- [0102] 또한, 상부 로봇 팔(210)은 베드(100)의 상부에서 방사선을 방출할 수 있고, 하부 로봇 팔(220)은 베드(100)의 하부에서 방사선을 방출할 수 있다.
- [0103] 특히 도 3을 참조하여, 상부 로봇 팔(210)은 A영역과 B영역에서 방사선을 방출할 수 있고, 하부 로봇 팔(220)은 C영역과 D영역에서 방사선을 방출할 수 있다.
- [0104] 상기 A영역은 제1 링크부재(211)와 제2 링크부재(212)에 의해 방출부재(300)로부터 방사선이 조사되는 범위를 나타내고, B영역은 제3 링크부재(215)와 제4 링크부재(216)에 의해 방출부재(300)로부터 방사선이 조사되는 범위를 나타내고, C영역은 제5 링크부재(221)와 제6 링크부재(222)에 의해 방출부재(300)로부터 방사선이 조사되

는 범위를 나타내고, D영역은 제7 링크부재(225)와 제8 링크부재(226)에 의해 방출부재(300)로부터 방사선이 조사되는 범위를 나타낸다.

[0105] A영역, B영역, C영역 및 D영역은 타켓 지점(T)에서 향하게 되고, 서로 다른 영역들에서 방사선을 조사하게 된다.

[0106] 이와 같이, 상부 로봇 팔(210)은 베드(100) 상부에서 구형 회전 궤적을 가지고, 하부 로봇 팔(220)은 베드(100) 하부에서 구형 회전 궤적을 가짐으로써, 서로 독립된 움직임을 지녀서 서로에게 간섭을 받지 않을 수 있다.

[0107] 또한, 도 4를 참조하여, 제2 링크부재(212), 제4 링크부재(216), 제6 링크부재(222) 및 제8 링크부재(226)의 단부 또는 방출부재(300)에 각도 조절 요소(310)가 장착되어, 방출부재(300)가 작은 각도로 움직일 수 있다.

[0108] 이에 의하여, 타켓 지점(T)을 조준할 때 더욱 효율적으로 작동시킬 수 있다. 예를 들어, 구동부재들(213, 214, 217, 218, 223, 224, 227, 228)에 의해 방출부재(300)가 타켓 지점(T)을 향하여 겨냥된 후에, 미세한 각도 조절이 필요한 경우에 유용할 수 있다.

[0109] 또한, 구동부재들(213, 214, 217, 218, 223, 224, 227, 228)의 축들이 모두 타켓 지점(T)을 향하고 있으므로, 링크부재(211, 212, 215, 216, 221, 222, 225, 226)가 회전하는 동안, 방출부재들(300)은 지속적으로 타켓 지점(T)을 향하여 겨냥될 수 있다. 이는 링크부재들(211, 212, 215, 216, 221, 222, 225, 226)과 구동부재들(213, 214, 217, 218, 223, 224, 227, 228)의 구조적 배치에 기인한다.

[0110] 특히, 방사선은 로봇 팔(210, 220)의 링크부재(211, 212, 215, 216, 221, 222, 225, 226)가 정지된 상태에서만 방출할 수 있기 때문에, 로봇 팔(210, 220)의 링크부재(211, 212, 215, 216, 221, 222, 225, 226)가 다음 방출 지점까지 이동하는 동안은 방출할 수 없다.

[0111] 그러나, 로봇 팔(210, 220)이 복수 개의 링크부재(211, 212, 215, 216, 221, 222, 225, 226)를 구비할 경우, 한 개의 링크부재(211, 212, 215, 216, 221, 222, 225, 226)가 이동하는 동안, 나머지 링크부재들(211, 212, 215, 216, 221, 222, 225, 226)이 정지된 상태에서 방사선이 방출될 수 있기 때문에, 치료 또는 수술 시간을 보다 단축시킬 수 있다.

[0112] 게다가, 로봇 팔(210, 220)이 복수 개로 구비될 경우, 치료 또는 수술 시간을 단축시키는 데 더욱 효율적일 수 있다.

[0113] 이하에서는 일 실시예에 따른 의료용 로봇(10) 구조의 기구학적 분석에 대하여 상세히 설명된다.

[0114] 우선, 순 기구학(forward kinematics)에 기초하면 다음과 같다.

$$x = f(\theta) \tag{1}$$

[0115] 이때,  $\theta$ 는 조인트 각도이고, X는 엔드-이펙터(end-effector) 위치와 방향을 가리킨다.

[0116] 이와 같이, 링크부재들이 서로 연결된 각도를 통해서 방출부재의 좌표를 예측할 수 있다.

[0117] 또한, 데나비트-하텐버그(Denavit-Hartenberg, D-H) 표시법을 사용하여 표현할 경우, 로봇의 기구학은 링크부재의 링크 길이(a), 링크 오프셋(d), 링크 뒤틀림( $\alpha$ ) 및 조인트 각도( $\theta$ )와 같이 네 개의 매개 변수로 이루어질 수 있다.

[0118] 이때, 조인트가 z축 주위에서 회전할 경우, 이의 변환 행렬(transformation matrix)은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$${}^0T_1 = \begin{bmatrix} c\theta_1 & -c\alpha_1 s\theta_1 & s\alpha_1 s\theta_1 & 0 \\ s\theta_1 & c\alpha_1 c\theta_1 & -s\alpha_1 c\theta_1 & 0 \\ 0 & s\alpha_1 & c\alpha_1 & R \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \tag{2}$$

[0120]

$${}^1_2T = \begin{bmatrix} c\theta_2 & -c\alpha_2 s\theta_2 & s\alpha_2 s\theta_2 & 0 \\ s\theta_2 & c\alpha_2 c\theta_2 & -s\alpha_2 c\theta_2 & 0 \\ 0 & s\alpha_2 & c\alpha_2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

[0121] (3)

[0122] 이때, s와 c는 각각 sine과 cosine을 가리킨다.

[0123] 위의 두 개의 변환 행렬을 통해, 결국 다음과 같은 변환 행렬이 도출될 수 있다.

$${}^0_2T = \begin{bmatrix} c\theta_1 c\theta_2 & s\alpha_1 s\alpha_2 s\theta_1 - c\alpha_2 (c\alpha_1 c\theta_2 s\theta_1 + c\theta_1 s\theta_2) & c\alpha_2 s\alpha_1 s\theta_1 + s\alpha_2 (c\alpha_1 c\theta_2 s\theta_1 + c\theta_1 s\theta_2) & 0 \\ -c\alpha_1 s\theta_1 s\theta_2 & -c\theta_1 s\alpha_1 s\alpha_2 + c\alpha_2 (c\alpha_1 c\theta_1 c\theta_2 - s\theta_1 s\theta_2) & -c\theta_1 (c\alpha_2 s\alpha_1 + c\alpha_1 c\theta_2 s\alpha_2) + s\alpha_2 s\theta_1 s\theta_2 & 0 \\ c\theta_2 s\theta_1 + c\alpha_1 c\theta_1 s\theta_2 & c\alpha_2 c\theta_2 s\alpha_1 + c\alpha_1 s\alpha_2 & c\alpha_1 c\alpha_2 - c\theta_2 s\alpha_1 s\alpha_2 & R \\ s\alpha_1 s\theta_2 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

[0124] (4)

[0125] 위의 변환 행렬은 두 개의 링크부재를 구비하는 경우를 나타내고, 변환 행렬에 의해 3차원 좌표 상에서 어느 한 점이 이동(translation, offset), 크기(scale), 회전(rotation)에 의하여 어떠한 점으로 이동되는지 예측할 수 있다.

[0126] 또한, 엔드-이펙터, 또는 방출부재의 위치 및 방향은 다음과 같다.

$${}^0_2T = \begin{bmatrix} {}^0x_2 & {}^0y_2 & {}^0z_2 & {}^0p_2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

[0127] (5)

$${}^0p_2 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ R \end{bmatrix}$$

[0128] (6)

[0129] 이때, 엔드-이펙터 또는 방출부재의 위치는 항상 일정하다.

[0130] 도 5는 일 실시예에 따른 의료용 로봇에서 방출 부재의 방향을 도시한다.

[0131] 도 5를 참조하여, 방출부재(300)는 z축을 향하고 있고, z축을 기준으로 회전하는 롤(ROLL), z축을 기준으로 상하로 진동하는 요(YAW) 및 z축을 기준으로 상하로 회전하는 피치(PITCH) 움직임을 구비할 수 있다.

[0132] 이때, 롤(ROLL) 방향은 방출 부재에서 중요하지 않다.

[0133] 그리고, 오직 방출 부재의 방향을 위해서는 z-벡터(vector)만을 고려한다.

[0134] 그에 따라서, 변환 행렬 (3)은 다음과 같이 정리될 수 있다.

$${}^0z_2 = \begin{bmatrix} z_1 \\ z_2 \\ z_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c\alpha_2 s\alpha_1 s\theta_1 + s\alpha_2 (c\alpha_1 c\theta_2 s\theta_1 + c\theta_1 s\theta_2) \\ -c\theta_1 (c\alpha_2 s\alpha_1 + c\alpha_1 c\theta_2 s\alpha_2) + s\alpha_2 s\theta_1 s\theta_2 \\ c\alpha_1 c\alpha_2 - c\theta_2 s\alpha_1 s\alpha_2 \end{bmatrix}$$

[0135] (7)

[0136] 한편 방출부재의 원하는 방향은, 도 6의 구면 좌표(spherical coordinate)인  $\alpha$ 와  $\beta$  값으로 지정할 수 있다. 이 렇게 도 6의  $\alpha$ 와  $\beta$  값으로 방향이 주어졌을 때, 이 방향에 해당하는 회전 행렬은 다음과 같이 나타내진다.

[0137] 
$$R_{spherical} = R_{z,\alpha}R_{y,\beta} = \begin{bmatrix} c\alpha c\beta & -s\alpha & c\alpha s\beta \\ s\alpha c\beta & c\alpha & s\alpha s\beta \\ -s\beta & 0 & c\beta \end{bmatrix} \quad (8)$$

[0138] 
$$R_{spherical} = \begin{bmatrix} x_1 & y_1 & z_1 \\ x_2 & y_2 & z_2 \\ x_3 & y_3 & z_3 \end{bmatrix} \quad (9)$$

[0139] 식(8)과 식(9)로부터  $\alpha$ 와  $\beta$ 를 이용해서  ${}^0x_2 = [x_1, x_2, x_3]^T$ ,  ${}^0y_2 = [y_1, y_2, y_3]^T$ ,  ${}^0z_2 = [z_1, z_2, z_3]^T$ 를 결정하고, 더 나아가  $\theta_1$ ,  $\theta_2$ 를 결정할 수 있다.

[0140] 이러한 관계를 역 기구학(inverse kinematics)으로 나타내면 다음과 같다.

[0141] 
$$\theta = f(x)^{-1} \quad (10)$$

[0142] 여기서  $x$ 는 벡터  ${}^0z_2 = [z_1, z_2, z_3]^T$ 이고,  $\theta$ 는  $\theta_1$ ,  $\theta_2$ 로 이루어진 벡터이다.

[0143] 식 (10)은 식 (1)의 역함수이다.

[0144] 직교정규 벡터들인  ${}^0x_2$ ,  ${}^0y_2$ ,  ${}^0z_2$ 을 고려하여 조인트 각도들인  $\theta_1$ ,  $\theta_2$ 를 알 수 있다. 이러한 벡터들을 계산하는 직관적인 방법은 구면 좌표를 이용하는 것이고,  $\alpha$ 와  $\beta$  값으로 방향이 주어졌을 때, 이 방향에 해당하는 회전 행렬은 다음과 같이 나타내진다.

[0145] 
$$R_{spherical} = R_{z,\gamma}R_{y,\beta} = \begin{bmatrix} c\gamma c\beta & -s\gamma & c\gamma s\beta \\ s\gamma c\beta & c\gamma & s\gamma s\beta \\ -s\beta & 0 & c\beta \end{bmatrix} \quad (11)$$

[0146] 이때, 벡터들의 구성요소들은  ${}^0x_2 = [x_1, x_2, x_3]^T$ ,  ${}^0y_2 = [y_1, y_2, y_3]^T$ ,  ${}^0z_2 = [z_1, z_2, z_3]^T$ 이다.

[0147] 변환 행렬 (4)로부터 다음의 등식이 추출될 수 있다.

[0148] 
$$x_3 = s\alpha_1 s\theta_2$$
  
 [0149] 
$$z_3 = c\alpha_1 c\alpha_2 - c\theta_2 s\alpha_1 s\alpha_2 \quad (12)$$

[0149] 여기에서,  $\theta_2$ 가 다음과 같이 유도될 수 있다.

$$\begin{aligned}
 s\theta_2 &= x_3 - s\alpha_1 \\
 c\theta_2 &= \frac{z_3 + c\alpha_1 c\alpha_2}{s\alpha_1 s\alpha_2} \\
 \tan \theta_2 &= \frac{s\alpha_1 s\alpha_2 (x_3 - s\alpha_1)}{z_3 + c\alpha_1 c\alpha_2} \\
 \theta_2 &= \arctan 2\left(x_3 - s\alpha_1, \frac{z_3 + c\alpha_1 c\alpha_2}{s\alpha_1 s\alpha_2}\right)
 \end{aligned}$$

[0150] (13)

[0151] 두 개의 입력 변수들을 구비하는 arctan 함수인, arctan2 함수는 제로(zero) 입력 값들에 근접한 안정성과 최종적인 각도가 적절한 사분면(quadrant)에 복귀하는 특성 때문에 사용된다.

[0152]  $\theta_1$ 의 값은 다음과 같이 계산될 수 있다.

[0153] 변환 행렬 (5)로부터 다음의 식들을 얻을 수 있다.

$$\begin{aligned}
 (x_2 = c\theta_2 s\theta_1 + c\alpha_1 c\theta_1 s\theta_2)c\alpha_1 s\theta_2 \\
 (x_1 = -s\theta_1 c\alpha_1 s\theta_2 + c\theta_1 c\theta_2)c\theta_2
 \end{aligned}$$

[0154] (14)

$$\begin{aligned}
 c\alpha_1 s\theta_2 x_2 + c\theta_2 x_1 &= c^2 \alpha_1 s^2 \theta_2 c\theta_1 + c^2 \theta_2 c\theta_1 \\
 c\theta_1 &= \frac{c\alpha_1 s\theta_2 x_2 + c\theta_2 x_1}{c_1^\alpha s^2 \theta_2 + c^2 \theta_2}
 \end{aligned}$$

[0155] (15)

$$\begin{aligned}
 z_1 &= (c\alpha_2 s\alpha_1 + s\alpha_2 c\alpha_1 c\theta_2)s\theta_1 + s\alpha_2 s\theta_2 c\theta_1 \\
 z_2 &= -(c\alpha_2 s\alpha_1 + s\alpha_2 c\alpha_1 c\theta_2)c\theta_1 + s\alpha_2 s\theta_2 s\theta_1
 \end{aligned}$$

[0156] (16)

[0157] 또한, 다음과 같이 가정을 할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 a &= c\alpha_2 s\alpha_1 + s\alpha_2 c\alpha_1 \\
 b &= s\alpha_2 s\theta_2
 \end{aligned}$$

[0158] (17)

[0159] 식 (16)과 (17)을 통해 다음과 같이 계산될 수 있다.

$$\begin{aligned}
 a(z_1 &= as\theta_1 + bc\theta_1) \\
 b(z_2 &= -ac\theta_1 + bs\theta_1) \\
 az_1 &= a^2s\theta_1 + abc\theta_1 \\
 bz_2 &= b^2s\theta_1 - abc\theta_1 \\
 az_1 + bz_2 &= (a^2 + b^2)s\theta_1 \\
 s\theta_1 &= \frac{az_1 + bz_2}{a^2 + b^2}.
 \end{aligned}$$

[0160] (18)  
 [0161] 결국 식 (15)와 식 (18)을 통해 다음과 같이 값이 얻어질 수 있다.

$$\theta_1 = \arctan 2 \left( \frac{az_1 + bz_2}{a^2 + b^2}, \frac{c\alpha_1 s\theta_2 x_2 + c\theta_2 x_1}{c^2\alpha_1 s^2\theta_2 + c^2\theta_2} \right)$$

[0162] (19)  
 [0163] 식 (13)과 (19)로부터 두 개의 조인트 각,  $\theta_1$ ,  $\theta_2$ 를 결정한다.

[0164] 마지막으로, 자코비안(jacobian) 행렬에 대하여 설명한다.  
 [0165]  $\theta$ -공간과  $x$ -공간 사이의 선형 매핑(mapping)은 다음과 같다.  
 [0166] 식 (1)을 미분하면 다음과 같이 된다.

$${}^0\dot{x} = {}^0J \dot{\theta}$$

$${}^0J = \begin{bmatrix} {}^0z_0 \times ({}^0p_n - {}^0p_0) & {}^0z_1 \times ({}^0p_n - {}^0p_1) \\ {}^0z_0 & {}^0z_1 \end{bmatrix}$$

[0167] (20)  
 [0168] 그리고, 변환 행렬 (2)는 다음과 같이 된다.  
 [0169]

$${}^0_1T = \begin{bmatrix} {}^0x_1 & {}^0y_1 & {}^0z_1 & {}^0p_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c\theta_1 & -c\alpha_1 s\theta_1 & s\alpha_1 s\theta_1 & 0 \\ s\theta_1 & c\alpha_1 c\theta_1 & -s\alpha_1 c\theta_1 & 0 \\ 0 & s\alpha_1 & c\alpha_1 & R \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

[0170] (22)  
 [0171] 결국, 자코비안 행렬은 다음과 같이 된다.

$${}^0J = \begin{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \times \left( \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ R \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \right) & \begin{bmatrix} s\alpha_1 s\theta_1 \\ -s\alpha_1 c\theta_1 \\ c\alpha_1 \end{bmatrix} \times \left( \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ R \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ R \end{bmatrix} \right) \\ \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} s\alpha_1 s\theta_1 \\ -s\alpha_1 c\theta_1 \\ c\alpha_1 \end{bmatrix} \end{bmatrix}$$

$$\begin{aligned}
 {}^0J &= \begin{bmatrix} {}^0z_0 \times ({}^0p_n - {}^0p_0) & {}^0z_1 \times ({}^0p_n - {}^0p_1) \\ & {}^0z_0 \\ & {}^0z_1 \end{bmatrix} \\
 &= \begin{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \times \left( \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ R \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \right) & \begin{bmatrix} s\alpha_1 s\theta_1 \\ -s\alpha_1 c\theta_1 \\ c\alpha_1 \end{bmatrix} \times \left( \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ R \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ R \end{bmatrix} \right) \\ & \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} s\alpha_1 s\theta_1 \\ -s\alpha_1 c\theta_1 \\ c\alpha_1 \end{bmatrix} \end{bmatrix} \\
 &= \begin{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \\ & \begin{bmatrix} s\alpha_1 s\theta_1 \\ -s\alpha_1 c\theta_1 \\ c\alpha_1 \end{bmatrix} \end{bmatrix}
 \end{aligned}
 \tag{24}$$

[0173]

[0174] 따라서, 자코비안 행렬은 다음과 같다.

[0174]

$$J = \begin{bmatrix} 0 & s\alpha_1 s\theta_1 \\ 0 & -s\alpha_1 c\theta_1 \\ 1 & c\alpha_1 \end{bmatrix}
 \tag{25}$$

[0175]

[0176] 행렬 (25)를 통해, 오직 각속도만이 고려되고, 병진적인 속도는 고려되지 않으며,  $\alpha = n\pi$ ,  $n \in \mathbb{N}$ 인 경우를 제외하고 특이성(singular)을 가질 수 없다.

[0177] 이와 같이 자코비안 행렬을 통해 링크부재의 움직임과 방출부재의 움직임의 관계가 나타내지고, 링크부재의 움직임에 따라 방출부재의 움직임을 예측할 수 있다.

[0178] 구체적으로, 링크부재의 현재 위치를 통해 방출부재의 위치를 예측할 수 있으며, 이와 반대로 방출부재가 중심점 또는 타겟을 향하게 하기 위해, 방출부재의 현재 위치를 통해 링크부재의 작동을 제어할 수 있다.

[0179] 게다가, 복수 개의 로봇 팔이 구비된 경우, 복수 개의 로봇 팔이 서로 협력하여 작동할 수 있도록 자코비안 행렬을 통해 제어할 수 있다.

[0180] 그러므로 일 실시예에 따른 의료용 로봇은 베드와 로봇 팔 유닛의 상대 이동에 의하여, 타겟 지점을 향하여 신속하고 정확하게 조준할 수 있고, 제어가 용이하고, 타겟 지점에 대한 방향성을 향상시킬 수 있으며, 치료 또는 수술 시간을 단축시킬 수 있다. 게다가, 컴팩트한(compact) 설계를 구비하고, 구동부재의 개수를 감소시켜 총 중량을 감소시킬 수 있으며, 별개의 로봇 팔 유닛으로 구성되어, 필요한 경우, 로봇 팔 유닛을 제거 또는 추가할 수 있어, 자유도의 추가 또는 감소가 가능하고, 설계 상에 유연성을 확보할 수 있다.

[0181] 이상과 같이 본 발명의 실시예에서는 구체적인 구성 요소 등과 같은 특정 사항들과 한정된 실시예 및 도면에 의해 설명되었으나 이는 본 발명의 보다 전반적인 이해를 돕기 위해서 제공된 것일 뿐, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상적인 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 따라서, 본 발명의 사상은 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니 되며, 후술하는 특허청구범위뿐만 아니라 이 특허청구범위와 균등하거나 등가적 변형이 있는 모든 것들은 본 발명 사상의 범주에 속한다고 할 것이다.



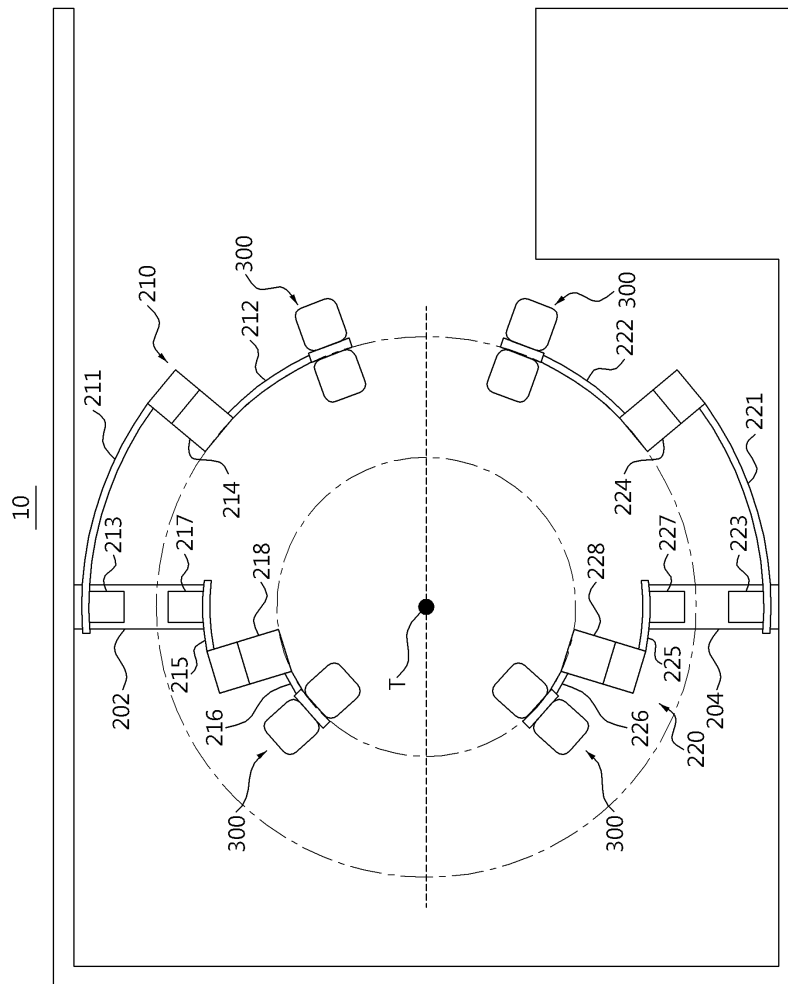
**부호의 설명**

[0182]

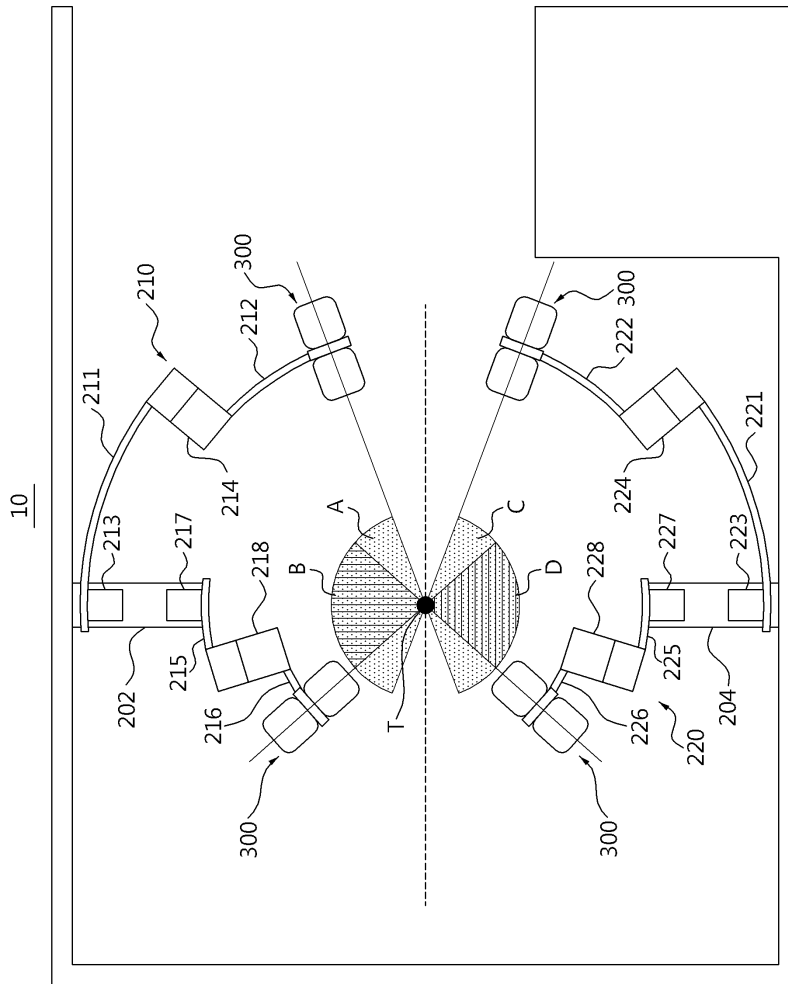
- 10: 의료용 로봇
- 100: 베드
- 110: 위치 조절 요소
- 200: 로봇 팔 유닛
- 202: 제1 중앙부재
- 204: 제2 중앙부재
- 210: 제1 로봇 팔
- 211: 제1 링크부재
- 212: 제2 링크부재
- 213: 제1 구동부재
- 214: 제2 구동부재
- 215: 제3 링크부재
- 216: 제4 링크부재
- 217: 제3 구동부재
- 218: 제4 구동부재
- 220: 제2 로봇 팔
- 221: 제5 링크부재
- 222: 제6 링크부재
- 223: 제5 구동부재
- 224: 제6 구동부재
- 225: 제7 링크부재
- 226: 제8 링크부재
- 227: 제7 구동부재
- 228: 제8 구동부재
- 300: 방출부재
- 310: 각도 조절 요소



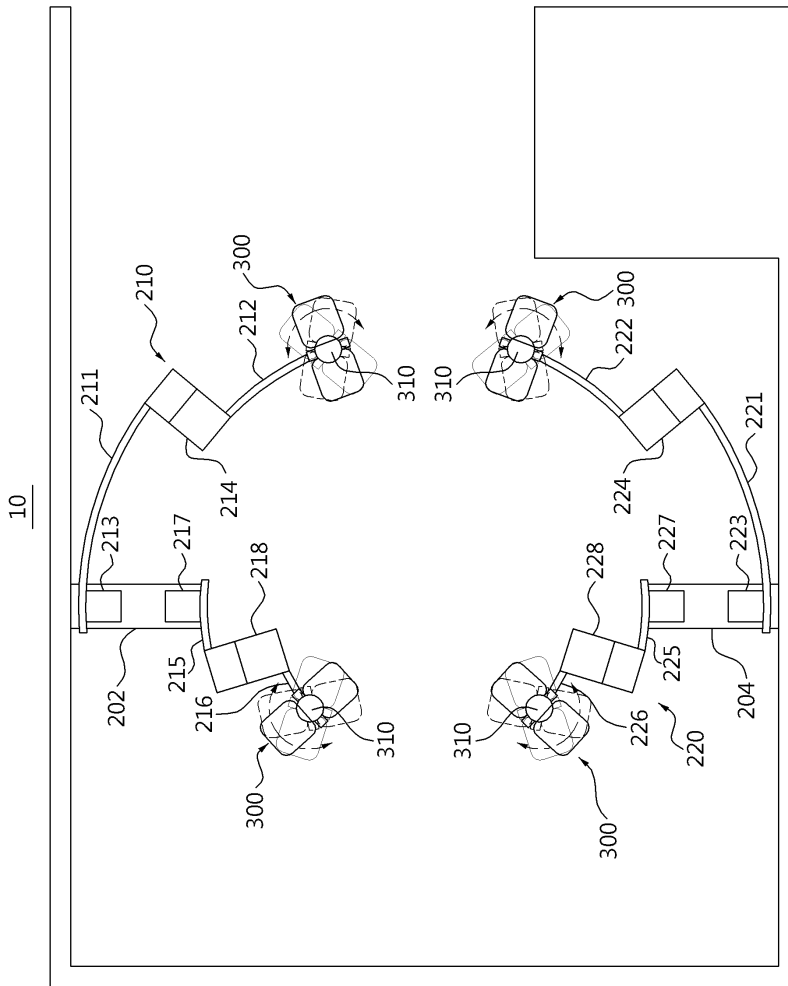
도면2



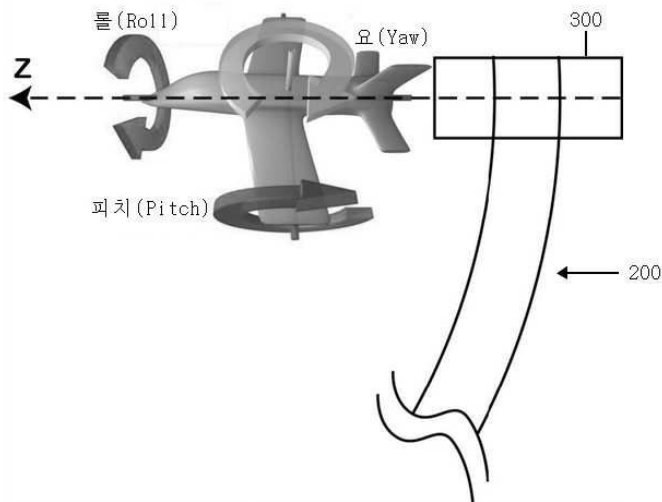
도면3



도면4



도면5



도면6

