

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일

2023년 5월 19일 (19.05.2023)



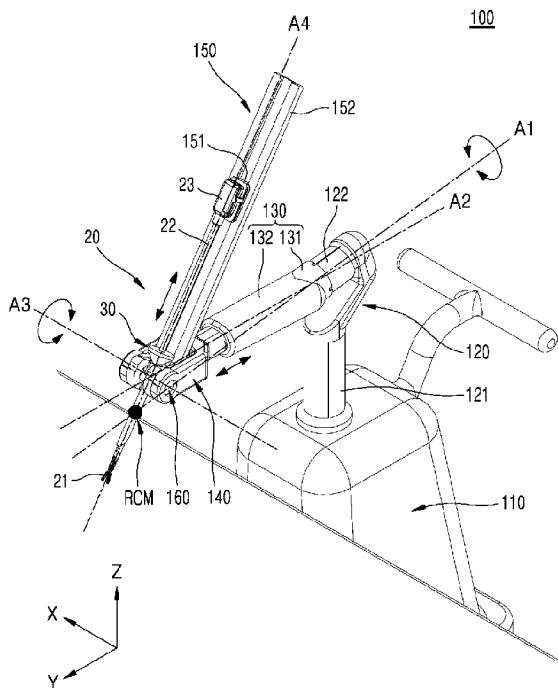
(10) 국제공개번호

WO 2023/085879 A1

- (51) 국제특허분류: *A61B 34/30* (2016.01) *A61B 17/34* (2006.01)
A61B 34/00 (2016.01) *A61B 17/29* (2006.01)
A61B 90/50 (2016.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2022/017859
- (22) 국제출원일: 2022년 11월 14일 (14.11.2022)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보: 10-2021-0156114 2021년 11월 12일 (12.11.2021)KR
- (71) 출원인: 주식회사 리브스메드 (LIVSMED INC.) [KR/KR]; 13516 경기도 성남시 분당구 판교로 700, D동 304호, Gyeonggi-do (KR).
- (72) 발명자: 송용재 (SONG, Youngjae); 13516 경기도 성남시 분당구 판교로 700, D동 304호, Gyeonggi-do (KR). 이정주 (LEE, Jung Joo); 13516 경기도 성남시 분당구 판교로 700, D동 304호, Gyeonggi-do (KR). 김희진 (KIM, Heejin); 13516 경기도 성남시 분당구 판교로 700, D동 304호, Gyeonggi-do (KR). 장동규 (JANG, Dongkyu); 13516 경기도 성남시 분당구 판교로 700, D동 304호, Gyeonggi-do (KR).
- (74) 대리인: 특허법인더웨이브 (THEWAVE IP LAW FIRM); 06097 서울특별시 강남구 선릉로 602 6층, Seoul (KR).
- (81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.
- (84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(54) Title: SURGICAL ROBOT ARM

(54) 발명의 명칭: 수술용 로봇 암



(57) Abstract: The present invention relates to a robot arm for minimally invasive surgery, and a control method therefor, and the objective of the present invention is to provide a surgical robot arm, which implements RCM control through electronic control so that the overall size of the device is reduced and the configuration thereof is simplified, thereby increasing space efficiency and preventing collisions between robot arms.

(57) 요약서: 본 발명은 최소 침습 수술용 로봇 암 및 그 제어 방법에 관한 것으로, 전자식 제어를 통해 RCM 제어를 구현함으로써, 전체 기구 크기가 작아지고 구성이 간단 해지며, 따라서 공간 효율성이 커지고 로봇 암간 충돌이 발생하지 않는 수술용 로봇 암을 제공하는 것을 목적으로 한다.



WO 2023/085879 A1

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제21조(3))

명세서

발명의 명칭: 수술용 로봇 암

기술분야

- [1] 본 발명은 최소 침습 수술용 로봇 암 및 그 제어 방법에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 의학적으로 수술이란 피부나 점막, 기타 조직을 의료 기기를 사용하여 자르거나 찢거나 조작을 가하여 병을 고치는 것을 말한다. 특히, 수술 부위의 피부를 절개하여 열고 그 내부에 있는 기관 등을 치료, 성형하거나 제거하는 개복 수술 등은 출혈, 부작용, 환자의 고통, 흉터 등의 문제를 야기한다. 따라서 최근에는 피부에 소정의 구멍을 형성하여 의료 기기, 예를 들면, 복강경, 수술용 인스트루먼트, 미세수술용 현미경 등 만을 삽입하여 수행하는 수술 또는 로봇(robot)을 사용한 수술이 대안으로서 각광받고 있다.
- [3] 여기서 수술 로봇은 외과 의사에 의해 시행되던 수술 행위를 대신할 수 있는 기능을 가지는 로봇을 말한다. 이러한 수술 로봇은 사람에 비하여 정확하고 정밀한 동작을 할 수 있으며 원격 수술이 가능하다는 장점을 가진다.
- [4] 현재 전 세계적으로 개발되고 있는 수술 로봇은 뼈 수술 로봇, 복강경 수술 로봇, 정위 수술 로봇 등이 있다. 여기서 복강경 수술 로봇은 복강경과 소형 수술도구를 이용하여 최소 침습적 수술을 시행하는 로봇이다.
- [5] 복강경 수술은 배꼽 부위에 작은 구멍을 뚫고 배 안을 들여다보기 위한 내시경인 복강경을 집어넣은 후 수술하는 첨단 수술기법으로서 향후 많은 발전이 기대되는 분야이다. 최근의 복강경은 컴퓨터칩이 장착되어 육안으로 보는 것보다도 더 선명하면서도 확대된 영상을 얻을 수 있으며, 또 모니터를 통해 화면을 보면서 특별히 고안된 복강경용 수술 기구들을 사용하면 어떠한 수술도 가능할 정도로 발전하고 있다.
- [6] 더욱이 복강경 수술은 그 수술 범위가 개복 수술과 거의 같으면서도, 개복수술에 비해 합병증이 적고, 시술 후 훨씬 이른 시간 안에 치료를 시작할 수 있으며, 수술 환자의 체력이나 면역기능을 유지시키는 능력이 우수한 이점이 있다. 이로 인해 미국과 유럽 등지에서는 대장암 치료 등에 있어서는 복강경 수술이 점차 표준 수술로 인식되어 가는 추세이다.
- [7] 한편, 수술용 로봇은 일반적으로 마스터 로봇과 슬레이브 로봇으로 구성된다. 수술자가 마스터 로봇에 구비된 조종 레버(예를 들어 핸들)를 조작하면, 슬레이브 로봇의 로봇 암에 결합되거나 로봇 암이 파지하고 있는 수술도구가 조작되어 수술이 수행된다.
- [8] 전술한 배경기술은 발명자가 본 발명의 도출을 위해 보유하고 있었거나, 본 발명의 도출 과정에서 습득한 기술 정보로서, 반드시 본 발명의 출원 전에 일반 공중에게 공개된 공지기술이라 할 수는 없다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [9] 본 발명의 목적은 전술한 문제점을 해결하기 위한 것으로, 전자식 제어를 통해 RCM 제어를 구현함으로써, 전체 기구 크기가 작아지고 구성이 간단 해지며, 따라서 공간 효율성이 커지고 로봇 암간 충돌이 발생하지 않는 수술용 로봇 암을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제 해결 수단

- [10] 본 발명은, 수술용 인스트루먼트가 장착되는 수술용 로봇 암에 있어서, 일 방향으로 연장 형성된 연장부와, 상기 연장부의 일 단부에 형성되며 상기 연장부와 소정의 각을 갖도록 형성되는 롤 회전 베이스부를 포함하는 베이스 링크; 상기 베이스 링크의 롤 회전 베이스부와 결합하며 제1 축을 중심으로 롤(roll) 회전 가능하도록 형성된 제1 링크; 상기 제1 링크와 결합하며, 상기 제1 링크에 대해 제2 축을 따라 직선 운동 가능하도록 형성된 제2 링크; 제3 축 방향으로 형성된 링크 회전축에 의해 상기 제2 링크와 축 결합하며, 상기 링크 회전축을 중심으로 회전 가능하도록 형성된 인스트루먼트 장착 링크;를 포함하는 수술용 로봇 암을 제공한다.
- [11] 본 발명에 있어서, 상기 수술용 인스트루먼트가 삽입된 트로카 상에는 RCM(remote center of motion)이 형성되며, 상기 트로카 및 이에 삽입된 상기 수술용 인스트루먼트가 상기 RCM을 중심으로 회전하도록 제어될 수 있다.
- [12] 본 발명에 있어서, 상기 제1 링크는 상기 베이스 링크와 결합하는 제1 영역과, 상기 제2 링크와 결합하는 제2 영역을 포함하고, 상기 제1 영역의 중심축과 상기 제2 영역의 중심축은 서로 소정의 각도를 이루도록 형성될 수 있다.
- [13] 본 발명에 있어서, 상기 제1 영역의 중심축의 연장선 상에 상기 RCM을 위치시킬 수 있다.
- [14] 본 발명에 있어서, 상기 제1 축의 연장선상에 상기 RCM이 배치될 수 있다.
- [15] 본 발명에 있어서, 상기 제1 링크는, 상기 베이스 링크의 롤 회전 베이스부와 결합하며 상기 제1 축을 중심으로 롤(roll) 회전 가능하도록 형성된 제1 영역; 및 제5 축 방향으로 형성된 피치 회전축에 의해 상기 제1 영역과 축 결합하며, 상기 피치 회전축을 중심으로 회전 가능하도록 형성된 제2 영역;을 포함할 수 있다.
- [16] 본 발명에 있어서, 상기 제3 축과 상기 제5 축은 실질적으로 평행하게 형성될 수 있다.
- [17] 본 발명에 있어서, 상기 피치 회전축을 중심으로 상기 제2 영역이 상기 제1 영역에 대해 회전하여, 상기 트로카의 일 단부로부터 상기 RCM 까지의 거리가 일정하게 유지되도록 제어 가능할 수 있다.
- [18] 본 발명에 있어서, 상기 제1 링크의 상기 제1 영역은, 상기 베이스 링크와 결합하는 제1-1 영역과, 상기 제1-1 영역 및 상기 제2 영역의 사이에 배치되어 상기 제1-1 영역 및 상기 제2 영역과 각각 연결되는 제1-2 영역을 포함하고, 상기

- 제1-2 영역이 상기 제1-1 영역에 대해 제7 축을 중심으로 회전 가능하도록, 상기 제1-1 영역과 상기 제1-2 영역은 축 결합할 수 있다.
- [19] 본 발명에 있어서, XY 평면 상에서 상기 RCM과 상기 제1 축이 서로 이격되어 있어도 RCM 동작이 가능할 수 있다.
- [20] 본 발명에 있어서, 상기 제2 링크는, 상기 제1 링크와 결합하며 상기 제1 링크에 대해 상기 제2 축을 따라 직선 운동 가능하도록 형성된 제1 영역; 및 피치 회전축에 의해 상기 제1 영역과 축 결합하며, 상기 피치 회전축을 중심으로 회전 가능하도록 형성된 제2 영역;을 포함할 수 있다.
- [21] 본 발명에 있어서, 상기 피치 회전축을 중심으로 상기 제2 영역이 상기 제1 영역에 대해 회전하여, 상기 트로카의 일 단부로부터 상기 RCM 까지의 거리가 일정하게 유지되도록 제어 가능할 수 있다.
- [22] 본 발명에 있어서, 상기 수술용 로봇 암은, 상기 수술용 로봇 암의 기저부를 형성하며 일 면상에 상기 베이스 링크가 결합되는 베이스를 더 포함할 수 있다.
- [23] 본 발명에 있어서, 상기 베이스 링크는 상기 베이스에 대해 제6 축 방향을 따라 직선 운동 가능하도록 형성될 수 있다.
- [24] 본 발명에 있어서, 상기 제6 축 상에서 상기 RCM과 상기 제1 축이 서로 이격되어 있어도 RCM 동작이 가능할 수 있다.
- [25] 본 발명에 있어서, 상기 베이스 링크는 상기 베이스에 대해 제6 축을 중심으로 회전 가능하도록 형성될 수 있다.
- [26] 본 발명에 있어서, XY 평면 상에서 상기 RCM과 상기 제1 축이 서로 이격되어 있어도 RCM 동작이 가능할 수 있다.
- [27] 본 발명에 있어서, 상기 인스트루먼트 장착 링크는, 제4 축 방향으로 연장 형성되는 가이드 레일과, 상기 수술용 인스트루먼트가 결합되며, 상기 가이드 레일을 따라 직선 운동 가능하도록 형성되는 인스트루먼트 장착부를 포함할 수 있다.
- [28] 본 발명에 있어서, 상기 가이드 레일에 대한 상기 인스트루먼트 장착부의 직선 운동에 의해, 상기 수술용 인스트루먼트의 엔드 툴의 끝단으로부터 상기 RCM 까지의 거리가 일정하게 유지되도록 제어 가능할 수 있다.
- [29] 본 발명에 있어서, 상기 트로카가 결합되며, 상기 인스트루먼트 장착 링크와 결합하여 상기 인스트루먼트 장착 링크를 따라 직선 운동 가능하도록 형성되는 트로카 홀더부를 더 포함할 수 있다.
- [30] 본 발명에 있어서, 상기 인스트루먼트 장착 링크에 대한 상기 트로카 홀더부의 직선 운동에 의해, 상기 트로카의 끝단으로부터 상기 RCM 까지의 거리가 일정하게 유지되도록 제어 가능할 수 있다.
- [31] 본 발명에 있어서, 제1 방향에 있어서의 상기 RCM을 중심으로 한 RCM 동작의 제어는, 상기 제1 축을 중심으로 하는 상기 베이스 링크에 대한 상기 제1 링크의 롤 회전 운동과, 상기 제3 축을 중심으로 하는 상기 제2 링크에 대한 상기 인스트루먼트 장착 링크의 회전 운동의 제어와, 상기 제2 축을 따라 이동하는

- 상기 제1 링크에 대한 상기 제2 링크의 직선 운동의 제어에 의해 수행될 수 있다.
- [32] 본 발명에 있어서, 상기 제1 방향에 있어서의 RCM 제어를 위해, 상기 수술용 인스트루먼트의 롤(roll) 운동이 함께 제어될 수 있다.
- [33] 본 발명에 있어서, 상기 수술용 인스트루먼트의 롤(roll) 운동에 의해, 상기 수술용 인스트루먼트의 엔드 툴의 방향이 일정하게 유지되도록 제어될 수 있다.
- [34] 본 발명에 있어서, 상기 수술용 로봇 암은, 상기 수술용 로봇 암의 기저부를 형성하며 일 면상에 상기 베이스 링크가 결합되는 베이스를 더 포함하고, 상기 제1 방향에 있어서의 상기 RCM을 중심으로 한 RCM 동작의 제어를 위해, 상기 베이스에 대한 상기 베이스 링크의 회전 운동의 제어가 더 수행될 수 있다.
- [35] 본 발명에 있어서, 제2 방향에 있어서의 RCM 제어는, 상기 제2 축을 따라 이동하는 상기 제1 링크에 대한 상기 제2 링크의 직선 운동과, 상기 제3 축을 중심으로 하는 상기 제2 링크에 대한 상기 인스트루먼트 장착 링크의 회전 운동의 제어에 의해 구현될 수 있다.
- [36] 본 발명에 있어서, 상기 제1 링크는, 상기 베이스 링크의 롤 회전 베이스부와 결합하며 상기 제1 축을 중심으로 롤(roll) 회전 가능하도록 형성된 제1 영역; 및 피치 회전축에 의해 상기 제1 영역과 축 결합하며, 상기 피치 회전축을 중심으로 회전 가능하도록 형성된 제2 영역;을 포함하고, 상기 제2 방향에 있어서의 RCM 제어를 위해, 상기 제1 영역에 대한 상기 제2 영역의 회전 운동이 함께 제어될 수 있다.
- [37] 본 발명에 있어서, 상기 제2 링크는, 상기 제1 링크와 결합하며 상기 제1 링크에 대해 상기 제2 축을 따라 직선 운동 가능하도록 형성된 제1 영역; 및 피치 회전축에 의해 상기 제1 영역과 축 결합하며, 상기 피치 회전축을 중심으로 회전 가능하도록 형성된 제2 영역;을 포함하고, 상기 제2 방향에 있어서의 RCM 제어를 위해, 상기 제1 영역에 대한 상기 제2 영역의 회전 운동이 함께 제어될 수 있다.
- [38] 본 발명에 있어서, 상기 제2 링크와 상기 인스트루먼트 장착 링크는 상기 링크 회전축만에 의해 결합하며, 상기 링크 회전축은 모터에 의해 능동 제어될 수 있다.
- [39] 전술한 것 외의 다른 측면, 특징, 이점이 이하의 도면, 특허청구범위 및 발명의 상세한 설명으로부터 명확해질 것이다.

발명의 효과

- [40] 이와 같은 본 발명에 의해서, 전자식 제어를 통해 RCM 제어를 구현함으로써, 전체 기구 크기가 작아지고 구성이 간단 해지며, 따라서 공간 효율성이 커지고 로봇 암간 충돌이 발생하지 않는 효과를 얻을 수 있다. 특히, 수술용 인스트루먼트를 동작 시키기 위해, 종래와 같이 수술용 인스트루먼트의 뒤쪽(즉, 엔드 툴의 반대쪽)을 잡고 구동하는 것이 아니라, 상대적으로 엔드 툴과 가까운 트로카와의 결합부 부분을 잡고 구동함으로써, 수술용 로봇 암의 동작 범위가

작아지고, 동작에 필요한 구동력이 작아지는 효과를 얻을 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [41] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 수술용 로봇 암을 포함하는 수술 로봇 시스템을 나타내는 개념도이다.
- [42] 도 2는 도 1의 수술 로봇 시스템의 내부 구성을 나타내는 블록도이다.
- [43] 도 3은 도 1의 수술 로봇 시스템의 슬레이브 로봇 및 이에 장착된 수술용 인스트루먼트를 나타내는 사시도이다.
- [44] 도 4는 본 발명의 제1 실시예에 따른 수술용 로봇 암(100)의 전체 구조를 나타낸 사시도이다.
- [45] 도 5는 도 4의 수술용 로봇 암의 측면도이다.
- [46] 도 6 내지 도 8은 도 4의 수술용 로봇 암의 X축 방향 RCM 모션(피치 동작)을 나타내는 측면도와 평면도이다.
- [47] 도 9는 도 6 내지 도 8의 X축 방향 RCM 모션(피치 동작)을 보다 상세히 설명하는 도면이다.
- [48] 도 10 내지 도 12는 도 4의 수술용 로봇 암의 Y축 방향 RCM 모션(요 동작)을 나타내는 사시도이다.
- [49] 도 13은 도 4의 수술용 로봇 암이 옆으로 누운 상태를 나타내는 측면도와 평면도이다.
- [50] 도 14는 본 발명의 제1-1 실시예에 따른 수술용 로봇 암(200)의 전체 구조를 나타낸 사시도이다.
- [51] 도 15는 도 14의 A 부분의 확대도이다.
- [52] 도 16은 도 14의 수술용 로봇 암의 X축 방향 RCM 모션(피치 동작)을 보다 상세히 설명하는 도면이다.
- [53] 도 17은 본 발명의 제2 실시예에 따른 수술용 로봇 암(300)의 전체 구조를 나타낸 사시도이다.
- [54] 도 18은 도 4의 수술용 로봇 암의 측면도이다.
- [55] 도 19 내지 도 21은 도 17의 수술용 로봇 암의 X축 방향 RCM 모션(피치 동작)을 나타내는 측면도와 평면도이다.
- [56] 도 22 내지 도 24는 도 17의 수술용 로봇 암의 Y축 방향 RCM 모션(요 동작)을 나타내는 사시도이다.
- [57] 도 25는 도 17의 수술용 로봇 암이 옆으로 누운 상태를 나타내는 측면도와 평면도이다.
- [58] 도 26은 본 발명의 제2-1 실시예에 따른 수술용 로봇 암(700)의 전체 구조를 나타낸 사시도이다.
- [59] 도 27은 도 26의 수술용 로봇 암의 측면도이다.
- [60] 도 28은 도 26의 수술용 로봇 암의 동작 상태를 나타내는 측면도이다.
- [61] 도 29 내지 도 31은 도 26의 수술용 로봇 암의 X축 방향 RCM 모션(피치 동작)을

- 나타내는 측면도와 평면도이다.
- [62] 도 32 내지 도 34는 도 26의 수술용 로봇 암의 Y축 방향 RCM 모션(요 동작)을 나타내는 사시도이다.
- [63] 도 35는 도 26의 수술용 로봇 암이 옆으로 누운 상태를 나타내는 측면도와 평면도이다.
- [64] 도 36은 본 발명의 제2-2 실시예에 따른 수술용 로봇 암(800)의 전체 구조를 나타낸 사시도이다.
- [65] 도 37은 도 36의 수술용 로봇 암의 측면도이다.
- [66] 도 38 내지 도 40은 도 36의 수술용 로봇 암의 X축 방향 RCM 모션(피치 동작)을 나타내는 측면도와 평면도이다.
- [67] 도 41 내지 도 43은 도 36의 수술용 로봇 암의 Y축 방향 RCM 모션(요 동작)을 나타내는 사시도이다.
- [68] 도 44는 도 36의 수술용 로봇 암이 옆으로 누운 상태를 나타내는 측면도와 평면도이다.
- [69] 도 45는 본 발명의 제3 실시예에 따른 수술용 로봇 암(400)의 전체 구조를 나타낸 사시도이다.
- [70] 도 46은 도 45의 수술용 로봇 암의 측면도이다.
- [71] 도 47 내지 도 49는 도 45의 수술용 로봇 암의 X축 방향 RCM 모션(피치 동작)을 나타내는 측면도와 평면도이다.
- [72] 도 50 내지 도 52은 도 45의 수술용 로봇 암의 Y축 방향 RCM 모션(요 동작)을 나타내는 사시도이다.
- [73] 도 53은 도 45의 수술용 로봇 암이 옆으로 누운 상태를 나타내는 측면도와 평면도이다.
- [74] 도 54는 본 발명의 제4 실시예에 따른 수술용 로봇 암(600)의 전체 구조를 나타낸 사시도이다.
- [75] 도 55는 도 54의 수술용 로봇 암의 측면도이다.
- [76] 도 56 내지 도 58은 도 54의 수술용 로봇 암의 X축 방향 RCM 모션(피치 동작)을 나타내는 측면도와 평면도이다.
- [77] 도 59 내지 도 61은 도 54의 수술용 로봇 암의 Y축 방향 RCM 모션(요 동작)을 나타내는 사시도이다.
- [78] 도 62는 도 54의 수술용 로봇 암이 옆으로 누운 상태를 나타내는 측면도와 평면도이다.
- [79] 도 63은 본 발명의 제4-1 실시예에 따른 수술용 로봇 암(900)의 전체 구조를 나타낸 사시도이다.
- [80] 도 64는 도 63의 수술용 로봇 암의 측면도이다.
- [81] 도 65 내지 도 67은 도 63의 수술용 로봇 암의 X축 방향 RCM 모션(피치 동작)을 나타내는 측면도와 평면도이다.
- [82] 도 68 내지 도 70은 도 63의 수술용 로봇 암의 Y축 방향 RCM 모션(요 동작)을

나타내는 사시도이다.

[83] 도 71은 도 63의 수술용 로봇 암이 옆으로 누운 상태를 나타내는 측면도와 평면도이다.

[84] 도 72는 본 발명의 제5 실시예에 따른 수술용 로봇 암(500)의 전체 구조를 나타낸 사시도이다.

[85] 도 73은 도 72의 수술용 로봇 암의 측면도이다.

[86] 도 74 내지 도 76은 도 72의 수술용 로봇 암의 X축 방향 RCM 모션(피치 동작)을 나타내는 측면도와 평면도이다.

[87] 도 77 내지 도 79는 도 72의 수술용 로봇 암의 Y축 방향 RCM 모션(요 동작)을 나타내는 사시도이다.

[88] 도 80은 도 72의 수술용 로봇 암이 옆으로 누운 상태를 나타내는 측면도와 평면도이다.

발명의 실시를 위한 최선의 형태

[89] 본 발명은 다양한 변환을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 이에 대해 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변환, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다.

[90] 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다.

[91] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[92] 이하, 본 발명의 실시예를 첨부한 도면들을 참조하여 상세히 설명하기로 하며, 첨부 도면을 참조하여 설명함에 있어, 동일하거나 대응하는 구성 요소는 동일한 도면번호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다.

[93] 또한, 본 발명의 다양한 실시예들을 설명함에 있어, 각 실시예가 독립적으로 해석되거나 실시되어야 하는 것은 아니며, 각 실시예에서 설명되는 기술적 사상들이 개별적으로 설명되는 다른 실시예에 조합되어 해석되거나 실시될 수 있는 것으로 이해되어야 한다.

- [94]
- [95] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 수술용 로봇 암을 포함하는 수술 로봇 시스템을 나타내는 개념도이고, 도 2는 도 1의 수술 로봇 시스템의 내부 구성을 나타내는 블록도이고, 도 3은 도 1의 수술 로봇 시스템의 슬레이브 로봇 및 이에 장착된 수술용 인스트루먼트를 나타내는 사시도이다.
- [96] 도 1 내지 도 3을 참조하면, 수술 로봇 시스템(1)은 마스터 로봇(10)과 슬레이브 로봇(40)과 수술용 인스트루먼트(20)를 포함한다.
- [97] 마스터 로봇(10)은 조작 부재(10a) 및 디스플레이 부재(10b)를 포함하고, 슬레이브 로봇(40)은 하나 이상의 수술용 로봇 암(41)(42)(43)을 포함한다.
- [98] 상세히, 마스터 로봇(10)은 수술자가 양손에 각각 파지하여 조작할 수 있도록 조작 부재(10a)를 구비한다. 조작 부재(10a)는 도 1에 예시된 바와 같이 두 개 또는 그 이상의 핸들로 구현될 수 있으며, 수술자의 핸들 조작에 따른 조작 신호가 유선 또는 무선 통신망을 통해 슬레이브 로봇(40)으로 전송되어 수술용 로봇 암(41)(42)(43)이 제어된다. 즉, 수술자의 핸들 조작에 의해 수술용 로봇 암(41)(42)(43)의 위치 이동, 회전, 절단 작업 등의 수술 동작이 수행될 수 있다.
- [99] 예를 들어, 수술자는 핸들 형태의 조작 레버를 이용하여 수술용 로봇 암(41)(42)(43)을 조작할 수 있다. 이와 같은 조작 레버는 그 조작방식에 따라 다양한 기구적 구성을 가질 수 있으며, 수술용 로봇 암(41)(42)(43)의 동작을 조작하는 마스터 핸들과, 전체 시스템의 기능을 조작하기 위해 마스터 로봇(10)에 부가된 조이스틱, 키패드, 트랙볼, 풋페달, 터치스크린과 같은 각종 입력도구와 같이, 슬레이브 로봇(40)의 수술용 로봇 암(41)(42)(43) 및/또는 기타 수술 장비를 작동시키기 위한 다양한 형태로 구비될 수 있다. 여기서, 조작 부재(10a)는 핸들의 형상으로 제한되지 않으며, 유선 또는 무선 통신망과 같은 네트워크를 통해 수술용 로봇 암(41)(42)(43)의 동작을 제어할 수 있는 형태이면 아무런 제한 없이 적용될 수 있다.
- [100] 또는 사용자 입력을 위해 음성 입력이나 모션 입력 등도 적용될 수 있다. 즉, 사용자가 머리에 센서가 부착된 안경 또는 HMD(head mount display)를 착용하고, 시선을 돌리는 방향에 따라 복강경(50)이 움직일 수도 있다. 또는 사용자가 ‘왼쪽’, ‘오른쪽’, ‘1번 암’, ‘2번 암’ 등과 같이 음성으로 명령을 내리면, 이를 인식해서 동작을 수행할 수도 있다.
- [101] 마스터 로봇(10)의 디스플레이 부재(10b)에는 후술할 복강경(50)을 통해 촬영되는 영상이 화상 이미지로 표시된다. 또한 디스플레이 부재(10b)에는 소정의 가상 조작판이 상기 복강경(50)을 통해 촬영되는 영상과 함께 표시되거나 또는 독립적으로 표시될 수 있다. 이와 같은 가상 조작판의 배치, 구성 등에 관해서는 상세한 설명은 생략하도록 한다.
- [102] 여기서, 디스플레이 부재(10b)는 하나 이상의 모니터들로 구성될 수 있으며, 각 모니터에 수술 시 필요한 정보들이 개별적으로 표시되도록 할 수 있다. 모니터의 수량은 표시를 요하는 정보의 유형이나 종류 등에 따라 다양하게 결정될 수

있다.

- [103] 한편, 슬레이브 로봇(40)은 하나 이상의 수술용 로봇 암(41)(42)(43)을 포함할 수 있다. 여기서, 각각의 수술용 로봇 암(41)(42)(43)들은 서로 독립적으로 동작할 수 있는 모듈 형태로 구비될 수 있으며, 이때 각 수술용 로봇 암(41)(42)(43)들 간에 충돌을 방지하는 알고리즘이 수술 로봇 시스템(1)에 적용될 수도 있다.
- [104] 일반적으로 로봇 암은 인간의 팔 및/또는 손목과 유사한 기능을 가지고 있으며 손목 부위에 소정의 도구를 부착시킬 수 있는 장치를 의미한다. 본 명세서에서 수술용 로봇 암(41)(42)(43)이란 상박, 하박, 손목, 팔꿈치 등의 구성 요소 및 상기 손목 부위에 결합되는 다관절형 수술용 장치 등을 모두 포괄하는 개념으로 정의할 수 있다. 또는 손목 부위에 결합되는 다관절형 수술용 장치는 제외하고, 다관절형 수술용 장치를 구동하기 위한 구성 요소까지 만을 포함하는 개념으로 정의할 수도 있다.
- [105] 이와 같은, 슬레이브 로봇(40)의 수술용 로봇 암(41)(42)(43)은 다자유도를 가지며 구동되도록 구현될 수 있다. 수술용 로봇 암(41)(42)(43)은 예를 들어 환자의 수술 부위에 삽입되는 수술기구, 수술기구를 수술 위치에 따라 요(yaw)방향으로 회전시키는 요 구동부, 요 구동부의 회전 구동과 직교하는 피치(pitch) 방향으로 수술기구를 회전시키는 피치 구동부, 수술기구를 길이 방향으로 이동시키는 이송 구동부, 수술기구를 회전시키는 회전 구동부, 수술기구의 끝단의 엔드 이펙터(end effector)를 구동하여 수술 병변을 절개 또는 절단하는 수술기구 구동부를 포함하여 구성될 수 있다. 다만, 수술용 로봇 암(41)(42)(43)의 구성이 이에 제한되지는 않으며, 이러한 예시가 본 발명의 권리범위를 제한하지 않는 것으로 이해되어야 한다. 여기서, 수술자가 조작 부재(10a)를 조작함에 의해 수술용 로봇 암(41)(42)(43)이 상응하는 방향으로 회전, 이동하는 등의 실제 제어 과정에 대한 구체적인 설명은 생략한다.
- [106] 여기서, 수술용 로봇 암(41)(42)(43)들 중 2개에는 수술용 인스트루먼트(20)가 부착되고, 1개에는 복강경(50)이 부착될 수 있다. 그리고, 집도의는 마스터 로봇(10)을 통해 제어하고자 하는 수술용 로봇 암(41)(42)(43)을 선택할 수 있다. 이와 같이, 마스터 로봇(10)을 통해 총 3개 이상의 수술기구를 집도의가 직접 조종함으로써, 수술 보조자가 필요 없이 여러 기구의 조종을 집도의 의도대로 정확하고 자유로이 수행할 수 있다.
- [107] 한편, 슬레이브 로봇(40)은 환자를 수술하기 위하여 하나 이상으로 구비될 수 있으며, 수술 부위가 디스플레이 부재(10b)를 통해 화상 이미지로 표시되도록 하기 위한 복강경(50)은 독립된 슬레이브 로봇(40)으로 구현될 수도 있다. 또한, 앞서 설명된 바와 같이, 본 발명의 실시예들은 복강경 이외의 다양한 수술용 내시경(예를 들어, 흉강경, 관절경, 비경 등)이 이용되는 수술들에 범용적으로 사용될 수 있다.
- [108]
- [109] 도 2를 참고하면, 본 발명의 일 실시예에서, 마스터 로봇(10)은, 영상

- 입력부(11), 화면 표시부(12), 사용자 입력부(13), 조작신호 생성부(14), 제어부(15), 메모리(16), 저장부(17), 통신부(18)를 포함할 수 있다.
- [110] 영상 입력부(11)는 슬레이브 로봇(40)의 복강경(50)에 구비된 카메라를 통해 촬영된 영상을 유선 또는 무선 통신망을 통해 수신할 수 있다.
- [111] 화면 표시부(12)는 영상 입력부(11)를 통해 수신된 영상에 상응하는 화상 이미지를 시각적 정보로 출력한다. 또한, 화면 표시부(12)는 피시술자의 생체 정보가 입력되는 경우, 이에 상응하는 정보를 더 출력할 수 있다. 또한, 화면 표시부(12)는 수술 부위에 대한 환자의 관련 이미지 데이터(예를 들어, X-ray 이미지, CT 이미지, MRI 이미지 등)를 더 출력할 수도 있다. 여기서, 화면 표시부(12)는 디스플레이 부재(도 1의 10b 참조) 등의 형태로 구현될 수 있으며, 수신된 영상이 화면 표시부(12)를 통해 화상 이미지로 출력되도록 하기 위한 영상 처리 프로세스가 제어부(15)에 의해 수행될 수 있다.
- [112] 도 2에 도시한 실시예에서는 영상 입력부와 화면 표시부를 마스터 로봇(10)에 포함된 구성으로 도시하였으나 이에 한정되는 것은 아니다. 즉, 디스플레이 부재가 마스터 로봇(10)과 이격된 별도의 부재로 제공될 수 있다. 또는, 디스플레이 부재가 마스터 로봇(10)의 일 구성 요소로서 제공될 수도 있다. 또한, 다른 실시예에서는 디스플레이 부재가 다수 개 구비되어, 이 중 어느 하나는 마스터 로봇(10)과 인접한 곳에 배치되고, 다른 일부는 마스터 로봇(10)과 다소 이격된 곳에 배치될 수도 있을 것이다.
- [113] 여기서, 화면 표시부(12)(즉, 도 1의 디스플레이 부재(10b))는 입체 디스플레이 장치로 구비될 수도 있다. 상세히, 입체 디스플레이 장치는 스테레오스코픽(stereoscopic) 기술을 적용하여 2차원 영상에 깊이(depth) 정보를 부가하고, 이 깊이 정보를 이용하여 관찰자가 3차원의 생동감과 현실감을 느낄 수 있게 하는 화상표시장치를 지칭한다. 본 발명의 일 실시예에 따른 수술 로봇 시스템(1)은 화면 표시부(12)로 입체 디스플레이 장치를 구비하여 사용자에게 보다 실제적인 가상환경을 제공할 수도 있다.
- [114] 사용자 입력부(13)는 슬레이브 로봇(40)의 수술용 로봇 암(41)(42)(43)들의 위치 및 기능을 수술자가 조작할 수 있도록 하는 수단이다. 사용자 입력부(13)는 도 1에 예시된 바와 같이 핸들 형상의 조작 부재(도 1의 10a 참조) 형태로 형성될 수 있으나, 그 형상이 이에 제한되지 않으며 동일한 목적 달성을 위한 다양한 형상으로 변형 구현될 수 있다. 또한, 예를 들어 일부는 핸들 형상으로, 다른 일부는 클러치 버튼 등의 상이한 형상으로 형성될 수도 있으며, 수술도구의 조작을 용이하도록 하기 위해 수술자의 손가락을 삽입 고정할 수 있도록 하는 손가락 삽입관 또는 삽입 고리가 더 형성될 수도 있다.
- [115] 조작신호 생성부(14)는 수술용 로봇 암(41)(42)(43)의 위치 이동 또는 수술 동작에 대한 조작을 위해 수술자가 사용자 입력부(13)를 조작하는 경우, 이에 상응하는 조작신호를 생성하여 통신부(18)를 통해 슬레이브 로봇(40)으로 전송한다. 조작신호는 유선 또는 무선 통신망을 통해 송수신될 수 있다.

- [116] 제어부(15)는 일종의 중앙처리장치로서, 상술한 기능이 수행될 수 있도록 각 구성 요소들의 동작을 제어한다. 일 예로, 제어부(15)는 영상 입력부(11)를 통해 입력되는 영상이 화면 표시부(12)를 통해 표시될 화상 이미지로 변환하는 기능을 수행할 수도 있다.
- [117] 메모리(16)는 제어부(15)가 처리하는 데이터를 일시적 또는 영구적으로 저장하는 기능을 수행할 수 있다. 여기서, 메모리(16)는 자기 저장 매체(magnetic storage media) 또는 플래시 저장 매체(flash storage media)를 포함할 수 있으나, 본 발명의 범위가 이에 한정되는 것은 아니다.
- [118] 저장부(17)는 슬레이브 로봇(40)으로부터 수신한 자료들을 저장할 수 있다. 또한 저장부(17)는 입력된 각종 데이터(예를 들어, 환자 데이터, 기기 데이터, 수술 데이터 등)들을 저장할 수 있다.
- [119] 통신부(18)는 통신망(60)과 연동하여 슬레이브 로봇(40)에서 전송되는 영상 데이터 및 마스터 로봇(10)에서 전송하는 제어 데이터를 송수신하는데 필요한 통신 인터페이스를 제공한다.
- [120] 슬레이브 로봇(40)은 복수 개의 수술용 로봇 암 제어부(41a)(42a)(43a)를 포함한다. 그리고 수술용 로봇 암 제어부(41a)는 로봇 암 제어부(46), 인스트루먼트 제어부(47), 통신부(49)를 포함한다. 또한, 수술용 로봇 암 제어부(41a)는 레일 제어부(48)를 더 포함할 수 있다.
- [121] 로봇 암 제어부(46)는 마스터 로봇(10)의 조작신호 생성부(14)에서 생성된 조작 신호를 수신하여, 이 조작 신호에 따라 수술용 로봇 암(41)(42)(43)이 동작하도록 제어하는 역할을 수행할 수 있다.
- [122] 인스트루먼트 제어부(47)는 마스터 로봇(10)의 조작신호 생성부(14)에서 생성된 조작 신호를 수신하여, 이 조작 신호에 따라 수술용 인스트루먼트(20)가 동작하도록 제어하는 역할을 수행할 수 있다.
- [123] 통신부(49)는 통신망(60)과 연동하여 슬레이브 로봇(40)에서 전송되는 영상 데이터 및 마스터 로봇(10)에서 전송하는 제어 데이터를 송수신하는데 필요한 통신 인터페이스를 제공한다.
- [124] 한편, 통신망(60)은 마스터 로봇(10)과 슬레이브 로봇(40)을 연결하는 역할을 수행한다. 즉, 통신망(60)은 마스터 로봇(10)과 슬레이브 로봇(40)이 연결된 후 상호 데이터를 송수신할 수 있도록 접속 경로를 제공하는 통신망을 의미한다. 통신망(60)은 예컨대 LANs(Local Area Networks), WANs(Wide Area Networks), MANs(Metropolitan Area Networks), ISDNs(Integrated Service Digital Networks) 등의 유선 네트워크나, 무선 LANs, CDMA, 블루투스, 위성 통신 등의 무선 네트워크를 망라할 수 있으나, 본 발명의 범위가 이에 한정되는 것은 아니다.
- [125]
- [126] **<수술용 로봇 암의 제1 실시예>**
- [127] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예에 대해 설명하면, 다음과 같다.
- [128] 도 4는 본 발명의 제1 실시예에 따른 수술용 로봇 암(100)의 전체 구조를 나타낸

사시도이다. 도 5는 도 4의 수술용 로봇 암의 측면도이다. 도 6 내지 도 8은 도 4의 수술용 로봇 암의 X축 방향 RCM 모션(피치 동작)을 나타내는 측면도와 평면도이다. 도 9는 도 6 내지 도 8의 X축 방향 RCM 모션(피치 동작)을 보다 상세히 설명하는 도면이다. 도 10 내지 도 12는 도 4의 수술용 로봇 암의 Y축 방향 RCM 모션(요 동작)을 나타내는 사시도이다. 도 13은 도 4의 수술용 로봇 암이 옆으로 누운 상태를 나타내는 측면도와 평면도이다.

- [129] 도 4 내지 도 13을 참조하면, 본 발명의 제1 실시예에 따른 수술용 로봇 암(100)은 베이스(110), 베이스 링크(120), 제1 링크(130), 제2 링크(140), 인스트루먼트 장착 링크(150)를 포함한다. 그리고 이와 같은 수술용 로봇 암(100)의 인스트루먼트 장착 링크(150)에 트로카(30) 및 수술용 인스트루먼트(20)가 결합된다. 이를 더욱 상세히 설명하면 다음과 같다.
- [130] 수술용 로봇은 수술을 위한 조작을 위해 하나 이상의 수술용 로봇 암을 구비하게 되며, 수술용 로봇 암의 선단부에는 수술용 인스트루먼트(instrument)가 장착된다.
- [131] 일반적으로 로봇 암은 인간의 팔 및/또는 손목과 유사한 기능을 가지고 있으며 손목 부위에 소정의 도구를 부착시킬 수 있는 장치를 의미한다. 본 명세서에서 로봇 암이란 상박, 하박, 손목, 팔꿈치 등의 구성 요소 및 상기 손목 부위에 결합되는 수술용 인스트루먼트 등을 모두 포괄하는 개념으로 정의할 수 있다. 이와 같은, 수술용 로봇 암은 다자유도를 가지도록 구현될 수 있다.
- [132] 이와 같이 수술용 로봇 암의 선단에 수술용 인스트루먼트를 장착하여 수술을 수행하게 되면, 수술용 로봇 암의 움직임에 따라 수술용 인스트루먼트도 같이 움직이며, 이는 환자의 피부를 일부 천공하고 여기에 수술용 인스트루먼트를 삽입하여 수술을 수행하는 과정에서 인체의 피부에 불필요한 손상을 입힐 우려가 있다. 또한, 수술 부위가 넓은 경우에는 수술용 인스트루먼트가 움직이는 경로만큼 피부를 절개하거나 각 수술 부위마다 피부를 천공해야 하는 등 로봇 수술의 장점이 반감될 우려도 있다.
- [133] 따라서, 수술용 로봇 암의 선단에 장착되는 수술용 인스트루먼트의 소정 위치(주로 트로카가 환자의 피부를 뚫고 들어간 피벗 포인트)에 가상의 회전 중심점을 설정하고, 이 점을 중심으로 인스트루먼트가 회전하도록 로봇 암을 제어하게 되는데, 이러한 가상의 중심점을 '원격중심' 또는 'RCM(remote center of motion)'이라 한다.
- [134] 종래의 수술용 로봇 암은, 각 링크의 절점을 연결하면 평행사변형이 되도록 복수의 링크로 로봇 암을 구성하고, 로봇 암의 작동 과정에서도 각 링크가 평행사변형이 유지되도록 제어하는 기계식 RCM 구조가 적용되었다. 이러한 '평행사변형 RCM 구조'는 이론적으로 볼 때 평행사변형의 한 변을 이루는 가상의 선이 RCM 포인트를 중심으로 회전하도록 제어할 수 있는 구조이다. 그러나, 이와 같은 종래의 '평행사변형 RCM 구조'는 이를 구현하기 위한 구조물의 크기가 필연적으로 커질 수밖에 없어서 공간을 많이 차지하게 되며,

- 또한 이로 인해 여러 개의 로봇 암끼리 충돌이 일어나는 문제가 존재하였다.
- [135] 이와 같은 문제점을 해결하기 위하여, 본 발명의 제1 실시예에 따른 수술용 로봇 암(100)은 '평행사변형 RCM 구조'를 통한 기계식 제어가 아니라, 전자식 제어를 통해 RCM 제어를 구현함으로써, 전체 기구 크기가 작아지고 구성이 간단 해지며, 따라서 공간 효율성이 커지고 로봇 암간 충돌이 발생하지 않는 수술용 로봇 암을 제공하는 것을 특징으로 한다.
- [136] 이하에서는 이에 대해 보다 상세히 설명하도록 한다.
- [137] 본 실시예에서는 편의상 환자가 눕는 베드(bed)의 길이 방향을 X축, 베드(bed)의 폭 방향을 Y축, 지면에 수직인 방향을 Z축으로 정의하였다.
- [138] 다시 도 4 내지 도 13을 참조하면, 베이스(110)는 수술용 로봇 암(100) 전체의 기저부의 역할을 수행한다. 여기서 베이스(110)의 하면에는 바퀴와 같은 이동 수단(미도시)이 형성되어, 베이스(110)가 일종의 카트 역할을 수행할 수도 있다. 또한 베이스(110)에는 위치 고정 수단(미도시)이 더 형성되어, 수술 중에 베이스(110)의 위치를 고정시킬 수도 있다. 다만, 본 발명의 사상은 이에 제한되지 아니하며, 베이스(110)가 베드(bed)에 탈부착 가능한 형상으로 형성되거나, 또는 벽면에 탈부착 가능한 형상으로 형성될 수도 있다 할 것이다.
- [139] 베이스 링크(120)는 연장부(121)와 롤 회전 베이스부(122)를 포함한다. 연장부(121)는 베이스(110)로부터 일 방향으로 연장되어 형성될 수 있으며, 도면에는 베이스 링크(120)의 연장부(121)가 베이스(110)로부터 Z축 방향으로 연장 형성되어 있는 것으로 도시되어 있다. 다시 말하면, 베이스 링크(120)의 일 단부는 베이스(110)와 연결되어 있다. 본 실시예에서는 베이스 링크(120)가 베이스(110)에 고정 결합되어 있는 경우를 상정한다.
- [140] 한편, 베이스 링크(120)의 타 단부에는 롤 회전 베이스부(122)가 형성된다. 롤 회전 베이스부(122)는 연장부(121)와 소정의 각을 갖도록 일정 정도 기울어지게 형성될 수 있다.
- [141] 여기서, 베이스 링크(120)의 롤 회전 베이스부(122)는 제1 방향을 따라 형성된 제1 축(A1)을 중심으로 한 원통 형상으로 형성될 수 있다. 그리고 이 롤 회전 베이스부(122)와 연결된 제1 링크(130)(및 제1 링크(130)와 차례로 연결된 제2 링크(140), 인스트루먼트 장착 링크(150), 수술용 인스트루먼트(20))는 제1 축(A1)을 중심으로 롤(roll) 회전하도록 형성될 수 있다.
- [142] 여기서 제1 축(A1)은, X축/Y축/Z축과 평행하지 않은 비스듬한 방향으로 형성될 수 있다. 그리고 제1 축(A1)의 연장선상에 후술할 RCM이 위치할 수 있다.
- [143] 제1 링크(130)는 베이스 링크(120), 보다 상세하게는 베이스 링크(120)의 롤 회전 베이스부(122)와 결합하며, 롤 회전 베이스부(122)의 제1 축(A1)을 중심으로 제1 링크(130) 전체가 회전 가능하도록 형성될 수 있다. 또는 제1 링크(130)가 베이스 링크(120)를 중심으로 롤링(rolling) 한다고 표현할 수도 있을 것이다. 이와 같은 베이스 링크(120)에 대한 제1 링크(130) 회전 운동을 구현하기 위해 베이스 링크(120) 또는 제1 링크(130) 중 어느 일 측에는 모터가 구비될 수

있다. 이러한 모터에 의해 베이스 링크(120)에 대한 제1 링크(130)의 회전 운동이 능동적으로 제어될 수 있다.

- [144] 한편, 제1 링크(130)는 베이스 링크(120)와 결합하는 제1 영역(131)과, 제2 링크(140)와 결합하는 제2 영역(132)을 포함할 수 있다. 여기서, 제1 영역(131)의 중심축과 제2 영역(132)의 중심축은 서로 소정의 각도를 이루도록 형성될 수 있다.
- [145] 이때 제1 영역(131)의 중심축은 제1 축(A1)과 일치할 수 있으며, 따라서 제1 영역(131)의 중심축의 연장선 상에 RCM이 위치할 수 있다.
- [146] 다만, 도면에는 제1 링크(130)가 제1 영역(131)과 제2 영역(132)의 두 부분으로 이루어지며, 직선 형태의 제1 영역(131)과 제2 영역(132)이 서로 소정의 각도를 이루도록 형성되는 것으로 도시되어 있으나, 본 발명의 사상은 이에 제한되지 아니하며, 제1 링크(130)가 두 개 이상의 영역으로 구분될 수도 있고, 각 영역이 곡선으로 완만하게 형성될 수도 있다 할 것이다. 또한 본 실시예에서는 제1 영역(131)이 제2 영역(132)을 일체로 형성되는 것으로 도시되어 있으나, 서로 별도의 부재로 형성되어 결합할 수도 있을 것이다.
- [147] 여기서 제1 링크(130)가 제1 축(A1)을 중심으로 회전하면, 제1 링크(130)와 연결된 제2 링크(140), 인스트루먼트 장착 링크(150) 및 수술용 인스트루먼트(20)가 함께 회전하게 된다. 이로 인해, 제2 링크(140)와 인스트루먼트 장착 링크(150)의 좌표계는 고정된 것이 아니라, 제1 링크(130)의 회전에 따라 상대적으로 계속 변화하게 된다. 즉, 도 1 등에는 제2 링크(140)는 Y축과 평행하고, 인스트루먼트 장착 링크(150)는 Z축과 평행한 것으로 도시되어 있다. 그러나 제1 링크(130)가 회전하게 되면, 제2 링크(140)와 인스트루먼트 장착 링크(150)의 좌표계도 이와 함께 회전하는 것이다. 다만, 본 명세서에서는 설명의 편의를 위하여, 별도의 설명이 없는 이상, 도 4와 같이 제2 링크(140)는 Y축에 평행하고 인스트루먼트 장착 링크(150)는 Z축에 평행하게 위치한 상태를 기준으로 하여 설명하도록 한다.
- [148] 마찬가지로, 제2 링크(140)가 직선 운동하면 인스트루먼트 장착 링크(150)와 수술용 인스트루먼트(20)가 함께 직선 운동하게 된다. 이로 인해, 인스트루먼트 장착 링크(150) 및 수술용 인스트루먼트(20)의 좌표계는 고정된 것이 아니라, 제2 링크(140)의 직선 운동에 따라 상대적으로 계속 변화하게 된다.
- [149] 마찬가지로, 인스트루먼트 장착 링크(150)가 회전하면 수술용 인스트루먼트(20)가 함께 회전하게 된다. 이로 인해, 수술용 인스트루먼트(20)의 좌표계는 고정된 것이 아니라, 인스트루먼트 장착 링크(150)의 회전에 따라 상대적으로 계속 변화하게 된다.
- [150] 제2 링크(140)는 제1 링크(130)와 결합하며, 제1 링크(130)에 대해서 제2 축(A2)을 따라 양 방향으로 직선 왕복 운동할 수 있다. 여기서 도면에는 제1 링크(130)에 대해 제2 링크(140)가 X축 방향을 따라 직선 왕복 운동하는 것으로 도시되어 있으나, 본 발명의 사상은 이에 제한되지 아니하며, 링크들의 형상 및

- 구성에 따라 제2 링크(140)의 직선 왕복 축이 다양하게 형성될 수 있을 것이다.
- [151] 이와 같은 직선 운동을 구현하기 위해 제1 링크(130) 또는 제2 링크(140) 중 어느 일 측에는 리니어 액츄에이터(미도시)가 구비될 수 있다. 이러한 리니어 액츄에이터(미도시)에 의해 제1 링크(130)에 대한 제2 링크(140) 직선 운동이 능동적으로 제어될 수 있다.
- [152] 여기서 제1 축(A1)과 제2 축(A2)은 일반적으로 서로 상이한 축일 수 있다. 또는 제1 링크(130) 또는 제2 링크(140) 등을 일정 정도 절곡하여 제1 축(A1)과 제2 축(A2)이 평행하게 형성된다고 하더라도, 제2 축(A2)은 RCM를 지나가지는 않도록 형성될 수 있다.
- [153] 인스트루먼트 장착 링크(150)와 제2 링크(140)는 제3 축(A3) 방향으로 결합되는 링크 회전축(160)에 의해 축 결합하여, 인스트루먼트 장착 링크(150)가 제2 링크(140)에 대해 제3 축(A3)을 중심으로 회전가능하도록 형성된다. 즉, 도면에서 보았을 때 X축을 중심으로 회전할 수 있다.
- [154] 이와 같은 회전 운동을 구현하기 위해 제2 링크(140) 또는 인스트루먼트 장착 링크(150) 중 어느 일 측에는 모터가 구비될 수 있다. 이러한 모터에 의해 제2 링크(140)에 대한 인스트루먼트 장착 링크(150) 회전 운동이 능동적으로 제어될 수 있다.
- [155] 여기서, 제2 링크(140)와 인스트루먼트 장착 링크(150)는 링크 회전축(160)만에 의해 결합하며, 링크 회전축(160)은 모터(미도시)에 의해 능동 제어될 수 있다.
- [156] 한편, 인스트루먼트 장착 링크(150)에는 인스트루먼트 장착부(151) 및 가이드 레일(152)이 형성되어, 인스트루먼트 장착부(151)에 수술용 인스트루먼트(20)가 장착된 상태에서, 제4 축(A4) 방향으로 형성된 가이드 레일(152)을 따라 인스트루먼트 장착부(151)가 직선운동 할 수 있다. 이와 같은 직선 운동을 구현하기 위해 인스트루먼트 장착부(151)에는 리니어 액츄에이터(미도시)가 구비될 수 있다.
- [157] 여기서 제4 축(A4)은 가이드 레일(152)의 형성 방향일 수 있으며 동시에 인스트루먼트 장착 링크(150)에 결합되는 수술용 인스트루먼트(20)의 샤프트(22)의 연장 방향일 수 있다.
- [158] 그리고 이와 같은 수술용 로봇 암(100)의 인스트루먼트 장착 링크(150)의 인스트루먼트 장착부(151)에 수술용 인스트루먼트(20)가 장착된다.
- [159] 여기서 도면에는 도시되지 않았지만, 인스트루먼트 장착부(151)에는 수술용 인스트루먼트(20)와 결합하여 수술용 인스트루먼트(20)의 운동을 제어하기 위한 인터페이스부(미도시)가 더 형성될 수 있다. 인터페이스부(미도시)에는 수술용 인스트루먼트(20)의 구동부(23)와의 결합을 위한 구성 요소 및 수술용 로봇 암(100)으로부터 구동력을 수술용 인스트루먼트(20)로 전달하기 위한 모터 등이 구비될 수 있다. 이 인터페이스부(미도시)에 의해 수술용 인스트루먼트(20)의 엔드 툴(21)이 피치(pitch), 요(yaw), 액츄에이션(actuation) 운동을 수행할 수 있다. 나아가 이 인터페이스부(미도시)에 의해 수술용 인스트루먼트(20)의

샤프트(22)와 엔드 툴(21)이 제4 축(A4)을 중심으로 롤(roll) 운동을 수행할 수 있다.

[160] 한편, 수술용 인스트루먼트(20)가 환자의 신체에 삽입되기 위한 삽입 통로가 되는 트로카(30)가 인스트루먼트 장착 링크(150)에 결합될 수 있으며, 트로카(30)가 신체에 삽입된 상태에서 수술용 인스트루먼트(20)가 트로카(30)를 통해 환자의 신체에 삽입될 수 있다. 그리고 이와 같은 트로카(30) 상의 소정의 위치에 RCM이 형성될 수 있다. 그리고, 전술한 바와 같이 제1 링크(130)의 회전축인 제1 축(A1)이, 이러한 RCM를 지나도록 형성될 수 있다.

[161] 또한, 수술용 인스트루먼트(20)는 구동부(23)를 더 포함할 수 있다. 구동부(23)에는 인터페이스부(미도시)와의 결합을 위한 구성 요소 및 모터에 맞물려 작동되는 구동 휠 등이 형성될 수 있다. 이처럼, 인터페이스부(미도시)와 구동부(23)에는 서로 대응되는 결합 수단 및 구동전달 수단이 각각 형성되며, 이로써 수술용 인스트루먼트(20)가 인스트루먼트 장착 링크(150)에 장착된 상태에서 수술용 로봇 암(100)으로부터 구동력을 전달받아 작동되게 된다.

[162]

[163] 본 발명에서 수술용 로봇 암(100)의 RCM 구조는 수술용 로봇 암(100)의 일 측에 수술용 인스트루먼트(20)를 장착하고, 수술용 인스트루먼트(20)가 그것이 삽입되는 트로카(30) 상의 소정 지점(RCM)을 중심으로 회전하도록 작동 및 제어하는 구조이다. 여기서 본 실시예에 따른 RCM 구조는, 기존의 기계식 평행사변형 링크 구조가 아니라 각 링크에 대한 전자식 제어를 통해 구현되는 것을 특징으로 한다.

[164] 이하에서는 편의상 도면의 X축 방향으로의 제어와 Y축 방향으로의 제어를 나누어서 설명하나, X축 방향으로의 제어와 Y축 방향으로의 제어가 결합하여 전체적인 제어를 수행한다고 할 수 있다. 또한 각 링크의 회전 및 직선 운동에 의해 각 구성요소의 좌표계는 상대적으로 변화할 수 있으나, 아래의 설명에서는 편의상 베드(bed)를 기준점으로 하여, 베드(bed)의 X축 방향 및 Y축 방향으로 기준으로 설명하도록 한다.

[165] 이에 대해 보다 상세히 설명하면 다음과 같다.

[166] 먼저, 도 6 내지 도 8을 참조하면, X축 방향으로의 제어, 즉 피치(pitch) 운동의 제어는,

[167] 1) 제1 링크(130)에 대한 제2 링크(140)의 직선 운동의 제어,

[168] 2) 제2 링크(140)에 대한 인스트루먼트 장착 링크(150)의 회전 운동의 제어,

[169] 3) 인스트루먼트 장착 링크(150)의 가이드 레일(152)에 대한 인스트루먼트 장착부(151)의 직선 운동의 제어의 조합으로 구현될 수 있다.

[170] 상세히, X축을 중심으로 한 수술용 인스트루먼트(20)의 회전 운동을 제어하기 위해서는 먼저 제2 링크(140)가 제1 링크(130)에 대해 제2 축(A2)을 따라 직선 운동을 수행한다. 그리고 이와 동시에, 인스트루먼트 장착 링크(150)가 제2 링크(140)에 대해 제3 축(A3)을 중심으로 회전 운동을 수행하도록 제어하여,

RCM 모션을 수행하게 된다. 이에 따라, 링크들이 움직이더라도 RCM는 그 위치를 유지하게 된다.

[171] 또한 수술용 인스트루먼트(20)가 X축을 중심으로 한 회전 운동을 하더라도 인스트루먼트의 삽입 깊이(LE)는 변해서는 안 되므로, 제4 축(A4)을 따라 형성된 가이드 레일(152)을 따라 인스트루먼트 장착부(151)(및 이와 결합된 수술용 인스트루먼트(20))를 직선 이동시킴으로써, 인스트루먼트 삽입 깊이(LE)를 일정하게 유지할 수 있다.

[172] 이를 다른 관점에서 설명하면, 수술용 인스트루먼트(20)가 Z축에 수직인 상태(도 6 참조)에서의 트로카(30)의 인입부(31)로부터 RCM까지의 길이(L1)에 비해, 제2 링크(140)가 제1 링크(130)에 대해 직선운동을 하여 제1 링크(130)로부터 인출(도 7 참조)되거나 또는 제1 링크(130)로 인입(도 8 참조)되었을 때의 트로카(30)의 인입부(31)로부터 RCM까지의 길이(L2)는 더 길어지게 된다. 반대로 이때 트로카(30)의 인출부(32)로부터 RCM까지의 거리는 짧아지게 된다. 따라서, 만약 수술용 인스트루먼트(20)가 트로카(30)와 함께 움직이게 된다면, 트로카(30) 및 그 내부의 수술용 인스트루먼트(20)는 상대적으로 인체 내부에서 외부로 빠져나오는 방향으로 이동하는 셈이 된다.

[173] 따라서, 적어도 수술용 인스트루먼트(20)의 환자 체내에서의 삽입 깊이(LE)는 일정하게 유지되도록 하기 위하여, 가이드 레일(152)을 따라 인스트루먼트 장착부(151)(및 이와 결합된 수술용 인스트루먼트(20))를 인체 내에 삽입하는 방향으로 직선 이동시킴으로써, 엔드 툴(21)의 끝단으로부터 RCM까지의 거리(LE)를 일정하게 유지해 주는 것이다.

[174] 이와 같이, 1) 제1 링크(130)에 대한 제2 링크(140)의 직선 운동의 제어와, 2) 제2 링크(140)에 대한 인스트루먼트 장착 링크(150)의 회전 운동의 제어와, 3) 인스트루먼트 장착 링크(150)의 가이드 레일(152)에 대한 인스트루먼트 장착부(151)의 직선 운동의 제어를 조합하여 수행함으로써, 링크들이 운동하더라도 X축 방향에 있어서의 RCM는 그 위치를 유지하게 된다.

[175] 물론 엄밀히 이야기하자면, 수술용 로봇 암(100) 자체의 RCM는 1) 제1 링크(130)에 대한 제2 링크(140)의 직선 운동의 제어와, 2) 제2 링크(140)에 대한 인스트루먼트 장착 링크(150)의 회전 운동의 제어 만으로 구현될 수 있다. 다만, 실제 수술 시에는 수술용 로봇 암(100) 자체의 RCM의 유지 뿐 아니라, 수술용 인스트루먼트(20)의 인체 삽입 깊이도 일정하게 유지하여야 하기에, 3) 가이드 레일(152)에 대한 인스트루먼트 장착부(151)의 직선 운동의 제어까지 함께 수행하게 되는 것이다.

[176]

[177] 다음으로, 도 10 내지 도 12를 참조하면, Y축 방향으로의 RCM 제어, 즉 요(yaw) 운동의 제어는,

[178] 1) 제1 축(A1)을 중심으로 하는 제1 링크(130)의 롤 회전 운동의 제어,

[179] 2) 제2 링크(140)에 대한 인스트루먼트 장착 링크(150)의 회전 운동의 제어,

- [180] 3) 제1 링크(130)에 대한 제2 링크(140)의 직선 운동의 제어,
- [181] 4) 수술용 인스트루먼트(20)의 롤(roll) 운동의 제어의 조합으로 구현될 수 있다.
- [182] 상세히, Y축을 중심으로 한 수술용 인스트루먼트(20)의 회전 운동을 제어하기 위해서는 먼저 제1 축(A1)을 중심으로 제1 링크(130)가 롤 회전 운동을 수행한다. 그러면, 제1 링크(130) 및 제1 링크(130)와 차례로 연결된 제2 링크(140), 인스트루먼트 장착 링크(150), 수술용 인스트루먼트(20)가 모두 함께 제1 축(A1)을 중심으로 롤(roll) 회전을 하게 된다.
- [183] 이때 제1 링크(130)의 회전축인 제1 축(A1)과 Y축이 일치하지 않고 비스듬하게 형성되므로, 제1 링크(130)만 회전하게 되면 의도하지 않은 운동이 섞이게 된다. 즉, 도면에 도시된 바와 같이, 제1 링크(130)가 회전하면, 제2 링크(140), 인스트루먼트 장착 링크(150) 및 수술용 인스트루먼트(20)가 일종의 롤링(rolling)을 하게 된다.
- [184] 이를 보상하기 위해서, 제1 링크(130)의 회전과 함께, 인스트루먼트 장착 링크(150)가 제2 링크(140)에 대해 링크 회전축(160)을 중심으로 회전 운동을 수행하도록 제어하는 동시에, 제1 링크(130)에 대한 제2 링크(140)의 직선 운동을 수행하도록 제어하여, RCM 모션을 수행하게 된다. 즉, 링크들이 움직이더라도 RCM는 그 위치를 유지하게 된다.
- [185] 이와 더불어, 수술용 인스트루먼트(20)의 샤프트(22)와 엔드 툴(21)이 제4 축(A4)을 중심으로 롤(roll) 운동을 수행하도록 제어하여, 제1 링크(130)의 회전과 무관하게 엔드 툴(21) 또한 그 자세를 유지하도록 보상할 수 있다.
- [186] 이와 같이, 1) 제1 축(A1)을 중심으로 하는 제1 링크(130)의 롤 회전 운동의 제어와, 2) 제2 링크(140)에 대한 인스트루먼트 장착 링크(150)의 회전 운동의 제어와, 3) 제1 링크(130)에 대한 제2 링크(140)의 직선 운동의 제어와, 4) 수술용 인스트루먼트(20)의 롤(roll) 운동의 제어를 조합하여 수행함으로써, 링크들이 운동하더라도 Y축 방향에 있어서의 RCM는 그 위치를 유지하게 된다.
- [187] 결론적으로, (수술용 인스트루먼트(20)를 제외한) 수술용 로봇 암(100) 자체의 자유도(Degree of Freedom)의 관점에서 본다면, 본 발명의 제1 실시예에 따른 수술용 로봇 암(100)은, 1) 제1 축(A1)을 중심으로 하는 제1 링크(130)의 롤 회전 운동, 2) 제1 링크(130)에 대한 제2 링크(140)의 직선 운동, 3) 제2 링크(140)에 대한 인스트루먼트 장착 링크(150)의 회전 운동, 4) 인스트루먼트 장착 링크(150)의 가이드 레일(152)에 대한 인스트루먼트 장착부(151)의 직선 운동의 4개의 자유도를 가짐으로써 작동할 수 있다.
- [188] 이와 같은 본 발명에 의해서, 전자식 제어를 통해 RCM 제어를 구현함으로써, 전체 기구 크기가 작아지고 구성이 간단 해지며, 따라서 공간 효율성이 커지고 로봇 암간 충돌이 발생하지 않는 효과를 얻을 수 있다. 특히, 수술용 인스트루먼트(20)를 동작 시키기 위해, 종래와 같이 수술용 인스트루먼트(20)의 뒤쪽(즉, 엔드 툴(21)의 반대쪽)을 잡고 구동하는 것이 아니라, 상대적으로 엔드 툴(21)과 가까운 트로카(30)와의 결합부 부분을 잡고 구동함으로써, 수술용 로봇

암(100)의 동작 범위가 작아지고, 동작에 필요한 구동력이 작아지는 효과를 얻을 수 있다.

발명의 실시를 위한 형태

[189] <수술용 로봇 암의 제1-1 실시예>

[190] 이하에서는 본 발명의 제1-1 실시예에 따른 수술용 로봇 암(200)에 대해 설명한다. 여기서, 본 발명의 제1-1 실시예에 따른 수술용 로봇 암(200)은 앞서 기술한 본 발명의 제1 실시예에 따른 수술용 로봇 암(도 4의 100 참조)에 비해 로봇 암(200)의 인스트루먼트 장착 링크(250)의 구성이 특징적으로 달라진다. 다시 말하면, 본 발명의 제1-1 실시예에 따른 로봇 암(200)은 도 4의 실시예에 비해 트로카 홀더부(270)가 추가된 실시예이다. 이와 같이 제1 실시예에 비해 달라진 구성은 뒤에서 상세히 설명하도록 한다.

[191] 도 14는 본 발명의 제1-1 실시예에 따른 수술용 로봇 암(200)의 전체 구조를 나타낸 사시도이다. 도 15는 도 14의 A 부분의 확대도이다. 도 16은 도 14의 수술용 로봇 암의 X축 방향 RCM 모션(피치 동작)을 보다 상세히 설명하는 도면이다.

[192] 도 14 내지 도 16을 참조하면, 본 발명의 제1-1 실시예에 따른 수술용 로봇 암(200)은 베이스(210), 베이스 링크(220), 제1 링크(230), 제2 링크(240), 인스트루먼트 장착 링크(250)를 포함한다. 또한, 본 발명의 제1-1 실시예에 따른 수술용 로봇 암(200)은 트로카 홀더부(270)를 더 포함한다. 이를 더욱 상세히 설명하면 다음과 같다.

[193] 전술한 바와 같이, X축을 중심으로 한 수술용 인스트루먼트(20)의 회전 운동을 제어하기 위해서는 먼저 제2 링크(240)가 제1 링크(230)에 대해 제2 축(A2)을 따라 직선 운동을 수행한다. 그리고 이와 동시에, 인스트루먼트 장착 링크(250)가 제2 링크(240)에 대해 제3 축(A3)을 중심으로 회전 운동을 수행하도록 제어하여, RCM 모션을 수행하게 된다. 이 경우 제2 링크(240)가 제1 링크(230)에 대해 직선 운동을 수행함에 따라 RCM부터 트로카(30) 끝단까지의 거리(도 6의 Lt 참조)는 변할 수밖에 없으며, 이때 Lt가 너무 짧아지면 트로카(30)가 환자의 복부로부터 빠질 수도 있어서 위험하게 된다.

[194] 이와 같은 문제점을 해결하기 위하여, 본 발명의 제1-1 실시예에 따른 수술용 로봇 암(200)은 트로카 홀더부(270)를 더 구비하여, 인스트루먼트 장착 링크(250) 및 제2 링크(240) 등의 움직임에 대응하여, 제4 축(A4)을 따라 트로카 홀더부(270)를 직선 이동시킴으로써, 트로카(30)의 삽입 깊이를 일정하게 유지하는 것을 특징으로 한다.

[195] 상세히, 트로카 홀더부(270)는 본체부(271)와 트로카 결합부(272)를 포함할 수 있다. 본체부(271)는 인스트루먼트 장착 링크(250)의 가이드 레일(252)과 결합 가능하도록 형성되어, 가이드 레일(252)을 따라 제4 축(A4) 방향으로 직선 운동하도록 형성될 수 있다. 트로카 결합부(272)는 본체부(271)의 일 측에 돌출

형성되며, 일 측에 트로카(30)가 결합 가능하도록 형성될 수 있다.

[196]

[197] 본 실시예에서의 X축 방향으로의 제어는,

[198] 1) 제1 링크(230)에 대한 제2 링크(240)의 직선 운동의 제어,

[199] 2) 제2 링크(240)에 대한 인스트루먼트 장착 링크(250)의 회전 운동의 제어,

[200] 3) 인스트루먼트 장착 링크(250)의 가이드 레일(252)에 대한 인스트루먼트 장착부(251)의 직선 운동의 제어,

[201] 4) 인스트루먼트 장착 링크(250)의 가이드 레일(252)에 대한 트로카 홀더부(270)의 직선 운동의 제어의 조합으로 구현될 수 있다.

[202] 상세히, X축을 중심으로 한 수술용 인스트루먼트(20)의 회전 운동을 제어하기 위해서는 먼저 제2 링크(240)가 제1 링크(230)에 대해 제2 축(A2)을 따라 직선 운동을 수행한다. 그리고 이와 동시에, 인스트루먼트 장착 링크(250)가 제2 링크(240)에 대해 제3 축(A3)을 중심으로 회전 운동을 수행하도록 제어하여, RCM 모션을 수행하게 된다. 즉, 링크들이 움직이더라도 RCM는 그 위치를 유지하게 된다.

[203] 또한 수술용 인스트루먼트(20)가 X축을 중심으로 한 회전 운동을 하더라도 인스트루먼트의 삽입 깊이(도 6의 LE 참조)는 변해서는 안 되므로, 제4 축(A4)을 따라 형성된 가이드 레일(252)을 따라 인스트루먼트 장착부(251)(및 이와 결합된 수술용 인스트루먼트(20))를 직선 이동시킴으로써, 인스트루먼트 삽입 깊이(도 6의 LE 참조)를 일정하게 유지할 수 있다.

[204] 즉, 수술용 인스트루먼트(20)가 Z축에 수직인 상태에서부터 일정 정도 기울어지는 방향으로 회전하게 되면, 수술용 인스트루먼트(20)는 상대적으로 인체 내부에서 외부로 빠져나오는 방향으로 이동하는 셈이 된다. 이때, 적어도 수술용 인스트루먼트(20)의 환자 체내에서의 삽입 깊이(도 6의 LE 참조)는 일정하게 유지되도록 하기 위하여, 가이드 레일(252)을 따라 인스트루먼트 장착부(251)(및 이와 결합된 수술용 인스트루먼트(20))를 인체 내에 삽입하는 방향으로 직선 이동시킴으로써, 엔드 툴(21)의 끝단으로부터 RCM까지의 거리를 일정하게 유지해 주는 것이다.

[205] 한편, 이 경우 제2 링크(240)가 제1 링크(230)에 대해 직선 운동을 수행함에 따라 RCM부터 트로카(30) 끝단까지의 거리(Lt)는 변할 수밖에 없으며, 특히 도 16의 왼쪽 및 오른쪽 상황처럼 Lt가 너무 짧아지면 트로카(30)가 빠질 수도 있어서 위험하게 된다.

[206] 이를 다른 관점에서 설명하면, 수술용 인스트루먼트(20)가 Z축에 수직인 상태에서의 트로카(30)의 인입부(도 9의 31 참조)로부터 RCM까지의 길이(도 9의 L1 참조)에 비해, 제2 링크(240)가 제1 링크(230)에 대해 직선운동을 하여 제1 링크(230)로부터 인출되거나 또는 제1 링크(230)로 인입되었을 때의 트로카(30)의 인입부(도 9의 31 참조)로부터 RCM까지의 길이(도 9의 L2 참조)는 더 길어지게 된다. 반대로 이때 트로카(30)의 인출부(도 9의 32 참조)로부터

RCM까지의 거리는 짧아지게 된다.

- [207] 이에 따라 트로카(30)는 상대적으로 인체 내부에서 외부로 빠져나오는 방향으로 이동하는 셈이 된다. 이를 보상해주기 위하여, 가이드 레일(252)을 따라 트로카 홀더부(270)를 인체 내에 삽입하는 방향으로 직선 이동시킴으로써, 트로카(30)의 삽입 깊이를 일정하게 유지해 주는 것이다.
- [208] 이와 같이, 1) 제1 링크(230)에 대한 제2 링크(240)의 직선 운동의 제어와, 2) 제2 링크(240)에 대한 인스트루먼트 장착 링크(250)의 회전 운동의 제어와, 3) 인스트루먼트 장착 링크(250)의 가이드 레일(252)에 대한 인스트루먼트 장착부(251)의 직선 운동의 제어와, 4) 인스트루먼트 장착 링크(250)의 가이드 레일(252)에 대한 트로카 홀더부(270)의 직선 운동의 제어를 조합하여 수행함으로써, 링크들이 운동하더라도 X축 방향에 있어서의 RCM는 그 위치를 유지하게 된다.
- [209] 물론 엄밀히 이야기하자면, 수술용 로봇 암(200) 자체의 RCM는 1) 제1 링크(230)에 대한 제2 링크(240)의 직선 운동의 제어와, 2) 제2 링크(240)에 대한 인스트루먼트 장착 링크(250)의 회전 운동의 제어만으로 구현될 수 있다. 다만, 실제 수술 시에는 수술용 로봇 암(200) 자체의 RCM의 유지 뿐 아니라, 수술용 인스트루먼트(20) 및 트로카(30)의 인체 삽입 깊이도 일정하게 유지하여야 하기에, 3) 가이드 레일(252)에 대한 인스트루먼트 장착부(251)의 직선 운동의 제어와, 4) 인스트루먼트 장착 링크(250)의 가이드 레일(252)에 대한 트로카 홀더부(270)의 직선 운동의 제어까지 함께 수행하게 되는 것이다.
- [210] 결론적으로, (수술용 인스트루먼트(20)를 제외한) 수술용 로봇 암(200) 자체의 자유도(Degree of Freedom)의 관점에서 본다면, 본 발명의 제1-1 실시예에 따른 수술용 로봇 암(200)은, 1) 제1 축(A1)을 중심으로 하는 제1 링크(230)의 롤 회전 운동, 2) 제1 링크(230)에 대한 제2 링크(240)의 직선 운동, 3) 제2 링크(240)에 대한 인스트루먼트 장착 링크(250)의 회전 운동, 4) 인스트루먼트 장착 링크(250)의 가이드 레일(252)에 대한 인스트루먼트 장착부(251)의 직선 운동, 5) 인스트루먼트 장착 링크(250)에 대한 트로카 홀더부(270)의 직선 운동의 5개의 자유도를 가짐으로써 작동할 수 있다.
- [211] 이와 같은 본 발명에 의해서, 전자식 제어를 통해 RCM 제어를 구현함으로써, 전체 기구 크기가 작아지고 구성이 간단 해지며, 따라서 공간 효율성이 커지고 로봇 암간 충돌이 발생하지 않는 효과를 얻을 수 있다. 특히, 수술용 인스트루먼트(20)를 동작 시키기 위해, 종래와 같이 수술용 인스트루먼트(20)의 뒤쪽(즉, 엔드 툴(21)의 반대쪽)을 잡고 구동하는 것이 아니라, 상대적으로 엔드 툴(21)과 가까운 트로카(30)와의 결합부 부분을 잡고 구동함으로써, 수술용 로봇 암(100)의 동작 범위가 작아지고, 동작에 필요한 구동력이 작아지는 효과를 얻을 수 있다. 나아가 트로카 홀더부(270)를 구비하여 트로카(30)의 삽입 깊이를 일정하게 제어함으로써, 수술 중에 트로카(30)가 복부로부터 빠질 위험을 제거하여, 안전성을 더욱 향상시킬 수 있다.

[212]

[213] <수술용 로봇 암의 제2 실시예>

[214]

이하에서는 본 발명의 제2 실시예에 따른 수술용 로봇 암(300)에 대해 설명한다. 여기서, 본 발명의 제2 실시예에 따른 수술용 로봇 암(300)은 앞서 기술한 본 발명의 제1 실시예에 따른 수술용 로봇 암(도 4의 100 참조)에 비해 로봇 암(300)의 제1 링크(330)의 구성이 특징적으로 달라진다. 다시 말하면, 본 발명의 제2 실시예에 따른 로봇 암(300)은 도 4의 실시예에 비해 제1 링크(330)의 제1 영역(331)과 제2 영역(332)이 피치 회전축(335)을 중심으로 서로에 대해 회전 가능하도록 형성된 실시예이다. 이와 같이 제1 실시예에 비해 달라진 구성은 뒤에서 상세히 설명하도록 한다.

[215]

도 17은 본 발명의 제2 실시예에 따른 수술용 로봇 암(300)의 전체 구조를 나타낸 사시도이다. 도 18은 도 4의 수술용 로봇 암의 측면도이다. 도 19 내지 도 21은 도 17의 수술용 로봇 암의 X축 방향 RCM 모션(피치 동작)을 나타내는 측면도와 평면도이다. 도 22 내지 도 24는 도 17의 수술용 로봇 암의 Y축 방향 RCM 모션(요 동작)을 나타내는 사시도이다. 도 25는 도 17의 수술용 로봇 암이 옆으로 누운 상태를 나타내는 측면도와 평면도이다.

[216]

도 17 내지 25를 참조하면, 본 발명의 제2 실시예에 따른 수술용 로봇 암(300)은 베이스(310), 베이스 링크(320), 제1 링크(330), 제2 링크(340), 인스트루먼트 장착 링크(350)를 포함한다. 여기서, 본 발명의 제2 실시예에 따른 수술용 로봇 암(300)은 제1 링크(330)가 제1 영역(331)과 제2 영역(332)의 두 부분으로 이루어지며, 제1 영역(331)과 제2 영역(332)이 피치 회전축(335)을 중심으로 서로에 대해 회전 가능하도록 형성되는 것을 일 특징으로 한다.

[217]

베이스(310)는 수술용 로봇 암(300) 전체의 기저부의 역할을 수행한다. 여기서 베이스(310)의 하면에는 바퀴와 같은 이동 수단(미도시)이 형성되어, 베이스(310)가 일종의 카트 역할을 수행할 수도 있다. 또한 베이스(310)에는 위치 고정 수단(미도시)이 더 형성되어, 수술 중에 베이스(310)의 위치를 고정시킬 수도 있다. 다만, 본 발명의 사상은 이에 제한되지 아니하며, 베이스(310)가 베드(bed)에 탈부착 가능한 형상으로 형성되거나, 또는 벽면에 탈부착 가능한 형상으로 형성될 수도 있다 할 것이다.

[218]

베이스 링크(320)는 연장부(321)와 롤 회전 베이스부(322)를 포함한다. 연장부(321)는 베이스(310)로부터 일 방향으로 연장되어 형성될 수 있으며, 도면에는 베이스 링크(320)의 연장부(321)가 베이스(310)로부터 Z축 방향으로 연장 형성되어 있는 것으로 도시되어 있다. 다시 말하면, 베이스 링크(320)의 일 단부는 베이스(310)와 연결되어 있다. 본 실시예에서는 베이스 링크(320)가 베이스(310)에 고정 결합되어 있는 경우를 상정한다.

[219]

한편, 베이스 링크(320)의 타 단부에는 롤 회전 베이스부(322)가 형성된다. 롤 회전 베이스부(322)는 연장부(321)와 소정의 각을 갖도록 일정 정도 기울어지게 형성될 수 있다.

- [220] 여기서, 베이스 링크(320)의 롤 회전 베이스부(322)는 제1 방향을 따라 형성된 제1 축(A1)을 중심으로 한 원통 형상으로 형성될 수 있다. 그리고 이 롤 회전 베이스부(322)와 연결된 제1 링크(330)(및 제1 링크(330)와 차례로 연결된 제2 링크(340), 인스트루먼트 장착 링크(350), 수술용 인스트루먼트(20)가 모두 함께)는 제1 축(A1)을 중심으로 롤(roll) 회전하도록 형성될 수 있다.
- [221] 여기서 제1 축(A1)은, X축/Y축/Z축과 평행하지 않은 비스듬한 방향으로 형성될 수 있다. 그리고 제1 축(A1)의 연장선상에 후술할 RCM이 형성될 수 있다.
- [222] 제1 링크(330)는 베이스 링크(320), 보다 상세하게는 베이스 링크(320)의 롤 회전 베이스부(322)와 결합하며, 롤 회전 베이스부(322)의 제1 축(A1)을 중심으로 제1 링크(330) 전체가 회전 가능하도록 형성될 수 있다. 또는 제1 링크(330)가 베이스 링크(320)를 중심으로 롤링(rolling) 한다고 표현할 수도 있을 것이다. 이와 같은 베이스 링크(320)에 대한 제1 링크(330)의 회전 운동을 구현하기 위해 베이스 링크(320) 또는 제1 링크(330) 중 어느 일 측에는 모터가 구비될 수 있다.
- [223] 한편, 제1 링크(330)는 베이스 링크(320)와 결합하는 제1 영역(331)과, 제2 링크(340)와 결합하는 제2 영역(332)을 포함할 수 있다. 여기서, 제1 영역(331)의 중심축과 제2 영역(332)의 중심축은 서로 소정의 각도를 이루도록 형성될 수 있다. 그리고, 제1 영역(331)과 제2 영역(332)은 제5 축(A5) 방향으로 형성되는 피치 회전축(335)에 의해 축 결합하여, 제2 영역(332)이 제1 영역(331)에 대해 제5 축(A5)을 중심으로 회전가능하도록 형성된다. 즉, 도면에서 보았을 때 X축을 중심으로 회전할 수 있다.
- [224] 여기서, 제1 영역(331)의 중심축은 제1 축(A1)과 일치할 수 있으며, 따라서 제1 영역(331)의 중심축의 연장선 상에 RCM이 위치할 수 있다.
- [225] 여기서 제1 링크(330)가 제1 축(A1)을 중심으로 회전하면, 제1 링크(330)와 연결된 제2 링크(340), 인스트루먼트 장착 링크(350), 및 수술용 인스트루먼트(20)가 함께 회전하게 된다.
- [226] 상술한 바와 같이, 제1 영역(331)의 중심축과 제2 영역(332)의 중심축은 서로 소정의 각도를 이루도록 형성될 수 있다. 즉, 제1 링크(330)의 중심축은 제1 축(A1)과 일치할 수 있으며, 따라서 제1 영역(331)의 중심축의 연장선 상에 RCM이 위치할 수 있다. 또한, 제2 영역(332)의 중심축은 후술할 제2 링크(340)의 제2 축(A2)과 일치할 수 있다.
- [227] 한편, 제1 영역(331)에 대한 제2 영역(332)의 회전 운동을 구현하기 위해 제1 영역(331) 또는 제2 영역(332) 중 어느 일 측에는 모터가 구비될 수 있다.
- [228] 제2 링크(340)는 제1 링크(330)의 제2 영역(332)과 결합하며, 제1 링크(330)의 제2 영역(332)에 대해서 제2 축(A2)을 따라 일 방향으로 직선 왕복 운동할 수 있다. 여기서 도면에는 제1 링크(330)에 대해 제2 링크(340)가 X축 방향을 따라 직선 왕복 운동하는 것으로 도시되어 있으나, 본 발명의 사상은 이에 제한되지 아니하며, 링크들의 형상 및 구성에 따라 제2 링크(340)의 직선 왕복 축이

다양하게 형성될 수 있을 것이다.

- [229] 이와 같은 직선 운동을 구현하기 위해 제1 링크(330) 또는 제2 링크(340) 중 어느 일 측에는 리니어 액츄에이터(미도시)가 구비될 수 있다.
- [230] 여기서 제1 축(A1)과 제2 축(A2)은 일반적으로 서로 상이한 축일 수 있다. 또는 제1 링크(330) 또는 제2 링크(340) 등을 일정 정도 절곡하여 제1 축(A1)과 제2 축(A2)이 평행하게 형성된다고 하더라도, 제2 축(A2)은 RCM를 지나가지는 않도록 형성될 수 있다.
- [231] 인스트루먼트 장착 링크(350)와 제2 링크(340)는 제3 축(A3) 방향으로 결합되는 링크 회전축(360)에 의해 축 결합하여, 인스트루먼트 장착 링크(350)가 제2 링크(340)에 대해 제3 축(A3)을 중심으로 회전가능하도록 형성된다. 즉, 도면에서 보았을 때 X축을 중심으로 회전할 수 있다. 이와 같은 회전 운동을 구현하기 위해 제2 링크(340) 또는 인스트루먼트 장착 링크(350) 중 어느 일 측에는 모터가 구비될 수 있다.
- [232] 한편, 인스트루먼트 장착 링크(350)에는 인스트루먼트 장착부(351) 및 가이드 레일(352)이 형성되어, 인스트루먼트 장착부(351)에 수술용 인스트루먼트(20)가 장착된 상태에서, 제4 축(A4) 방향으로 형성된 가이드 레일(352)을 따라 인스트루먼트 장착부(351)가 직선운동 할 수 있다. 이와 같은 직선 운동을 구현하기 위해 인스트루먼트 장착부(351)에는 리니어 액츄에이터(미도시)가 구비될 수 있다.
- [233] 여기서 제4 축(A4)은 가이드 레일(352)의 형성 방향일 수 있으며 동시에 인스트루먼트 장착 링크(350)에 결합되는 수술용 인스트루먼트(20)의 샤프트의 연장 방향일 수 있다.
- [234] 그리고 이와 같은 수술용 로봇 암(300)의 인스트루먼트 장착 링크(350)의 인스트루먼트 장착부(351)에 수술용 인스트루먼트(20)가 장착된다.
- [235] 여기서 도면에는 도시되지 않았지만, 인스트루먼트 장착부(351)에는 수술용 인스트루먼트(20)와 결합하여 수술용 인스트루먼트(20)의 운동을 제어하기 위한 인터페이스부(미도시)가 더 형성될 수 있다. 인터페이스부(미도시)에는 수술용 인스트루먼트(20)의 구동부(23)와의 결합을 위한 구성 요소 및 수술용 로봇 암(300)으로부터 구동력을 수술용 인스트루먼트(20)로 전달하기 위한 모터 등이 구비될 수 있다. 이 인터페이스부(미도시)에 의해 수술용 인스트루먼트(20)의 엔드 툴(21)이 피치(pitch), 요(yaw), 액츄에이션(actuation) 운동을 수행할 수 있다. 나아가 이 인터페이스부(미도시)에 의해 수술용 인스트루먼트(20)의 샤프트(22)와 엔드 툴(21)이 제4 축(A4)을 중심으로 롤(roll) 운동을 수행할 수 있다.
- [236] 한편, 수술용 인스트루먼트(20)가 환자의 신체에 삽입되기 위한 삽입 통로가 되는 트로카(30)가 더 구비될 수 있으며, 트로카(30)가 신체에 삽입된 상태에서 수술용 인스트루먼트(20)가 트로카(30)를 통해 환자의 신체에 삽입될 수 있다. 그리고 이와 같은 트로카(30) 상의 소정의 위치에 RCM이 형성될 수 있다.

그리고, 전술한 바와 같이 제1 링크(330)의 롤 회전축인 제1 축(A1)이 이 RCM를 지나도록 형성될 수 있다.

- [237] 또한, 수술용 인스트루먼트(20)는 구동부(23)를 더 포함할 수 있다. 구동부(23)에는 인터페이스부(미도시)와의 결합을 위한 구성 요소 및 모터에 맞물려 작동되는 구동 휠 등이 형성될 수 있다. 이처럼, 인터페이스부(미도시)와 구동부(23)에는 서로 대응되는 결합 수단 및 구동전달 수단이 각각 형성되며, 이로써 수술용 인스트루먼트(20)가 인스트루먼트 장착 링크(350)에 장착된 상태에서 수술용 로봇 암(300)으로부터 구동력을 전달받아 작동되게 된다.
- [238]
- [239] 본 발명에서 수술용 로봇 암(300)의 RCM 구조는 수술용 로봇 암(300)의 일 측에 수술용 인스트루먼트(20)를 장착하고, 수술용 인스트루먼트(20)가 그것이 삽입되는 트로카(30) 상의 소정 지점(RCM)을 중심으로 회전하도록 작동 및 제어하는 구조이다. 여기서 본 실시예에 따른 RCM 구조는, 기존의 기계식 평행사변형 링크 구조가 아니라 각 링크에 대한 전자식 제어를 통해 구현되는 것을 특징으로 한다.
- [240] 이하에서는 편의상 도면의 X축 방향으로의 제어와 Y축 방향으로의 제어를 나누어서 설명하나, X축 방향으로의 제어와 Y축 방향으로의 제어가 결합하여 전체적인 제어를 수행한다고 할 수 있다. 또한 각 링크의 회전 및 직선 운동에 의해 각 구성요소의 좌표계는 상대적으로 변화할 수 있으나, 아래의 설명에서는 편의상 베드(bed)를 기준점으로 하여, 베드(bed)의 X축 방향 및 Y축 방향으로 기준으로 설명하도록 한다.
- [241] 이에 대해 보다 상세히 설명하면 다음과 같다.
- [242] 먼저, X축 방향으로의 제어는,
- [243] 1) 제1 링크(330)에 대한 제2 링크(340)의 직선 운동의 제어,
- [244] 2) 제2 링크(340)에 대한 인스트루먼트 장착 링크(350)의 회전 운동의 제어,
- [245] 3) 제1 링크(330)의 제1 영역(331)에 대한 제1 링크(330)의 제2 영역(332)의 회전 운동의 제어의 조합으로 구현될 수 있다.
- [246] 상세히, X축을 중심으로 한 수술용 인스트루먼트(20)의 회전 운동을 제어하기 위해서는 먼저 제2 링크(340)가 제1 링크(330)에 대해 제2 축(A2)을 따라 직선 운동을 수행한다. 그리고 이와 동시에, 인스트루먼트 장착 링크(350)가 제2 링크(340)에 대해 제3 축(A3)을 중심으로 회전 운동을 수행하고, 제1 링크(330)의 제2 영역(332)이 제1 링크(330)의 제1 영역(331)에 대해 회전 운동을 수행하도록 제어하여, RCM 모션을 수행하게 된다. 이에 따라, 링크들이 움직이더라도 RCM은 그 위치를 유지하게 된다.
- [247] 이때, 수술용 인스트루먼트(20)가 X축을 중심으로 한 회전 운동을 하더라도 인스트루먼트의 삽입 깊이(도 6의 LE 참조)는 변해서는 안 되며, 또한 RCM으로부터 트로카(30) 끝단까지의 거리(도 6의 Lt 참조)도 변해서는 안 된다.
- [248] 이를 위하여, 본 발명의 제2 실시예에 따른 수술용 로봇 암(300)은 앞서 기술한

본 발명의 제1 실시예에 따른 수술용 로봇 암(도 4의 100 참조)에 비해 자유도가 하나 추가된 것을 특징으로 한다. 즉, 본 발명의 제2 실시예에 따른 수술용 로봇 암(300)은 제1 링크(330)의 제1 영역(331)과 제2 영역(332)이 피치 회전축(335)을 중심으로 서로에 대해 회전 가능하도록 형성된다.

[249] 따라서, X축을 중심으로 한 수술용 인스트루먼트(20)의 회전 운동을 제어함에 있어서, 제1 링크(330)의 제2 영역(332)이 제1 링크(330)의 제1 영역(331)에 대해 회전하도록 제어할 수 있으며, 이에 따라 수술용 인스트루먼트(20) 및 트로카(30)의 삽입 깊이를 일정하게 유지해 줄 수 있게 된다.

[250] 이와 같이, 1) 제1 링크(330)에 대한 제2 링크(340)의 직선 운동의 제어와, 2) 제2 링크(340)에 대한 인스트루먼트 장착 링크(350)의 회전 운동의 제어와, 3) 제1 링크(330)의 제1 영역(331)에 대한 제1 링크(330)의 제2 영역(332)의 회전 운동의 제어를 조합하여 수행함으로써, 링크들이 운동하더라도 X축 방향에 있어서의 RCM는 그 위치를 유지하게 된다.

[251]

[252] 다음으로, Y축 방향으로의 RCM 제어는,

[253] 1) 제1 축(A1)을 중심으로 하는 제1 링크(330)의 롤 회전 운동의 제어,

[254] 2) 제2 링크(340)에 대한 인스트루먼트 장착 링크(350)의 회전 운동의 제어,

[255] 3) 제1 링크(330)에 대한 제2 링크(340)의 직선 운동의 제어,

[256] 4) 수술용 인스트루먼트(20)의 롤(roll) 운동의 제어의 조합으로 구현될 수 있다.

[257] 상세히, Y축을 중심으로 한 수술용 인스트루먼트(20)의 회전 운동을 제어하기 위해서는 먼저 제1 축(A1)을 중심으로 제1 링크(330)가 롤 회전 운동을 수행한다. 그러면, 제1 링크(330) 및 제1 링크(330)와 차례로 연결된 제2 링크(340), 인스트루먼트 장착 링크(350), 수술용 인스트루먼트(20)가 모두 함께 제1 축(A1)을 중심으로 롤(roll) 회전을 하게 된다.

[258] 이때 제1 링크(330)의 회전축인 제1 축(A1)과 Y축이 일치하지 않고 비스듬하게 형성되므로, 제1 링크(330)만 회전하게 되면 의도하지 않은 운동이 섞이게 된다. 즉, 도면에 도시된 바와 같이, 제1 링크(330)가 회전하면, 제2 링크(340), 인스트루먼트 장착 링크(350) 및 수술용 인스트루먼트(20)가 일종의 롤링(rolling)을 하게 된다.

[259] 이를 보상하기 위해서, 제1 링크(330)의 회전과 함께, 인스트루먼트 장착 링크(350)가 제2 링크(340)에 대해 제3 축(A3)을 중심으로 회전 운동을 수행하도록 제어하는 동시에, 제1 링크(330)에 대한 제2 링크(340)의 직선 운동을 수행하도록 제어하여, RCM 모션을 수행하게 된다. 즉, 링크들이 움직이더라도 RCM는 그 위치를 유지하게 된다.

[260] 이와 더불어, 수술용 인스트루먼트(20)의 샤프트(22)와 엔드 툴(21)이 제4 축(A4)을 중심으로 롤(roll) 운동을 수행하도록 제어하여, 제1 링크(330)의 회전과 무관하게 엔드 툴(21) 또한 그 자세를 유지하도록 보상할 수 있다.

[261] 이와 같이, 1) 제1 축(A1)을 중심으로 하는 제1 링크(330)의 롤 회전 운동의

제어와, 2) 제2 링크(340)에 대한 인스트루먼트 장착 링크(350)의 회전 운동의 제어와, 3) 제1 링크(330)에 대한 제2 링크(340)의 직선 운동의 제어와, 4) 수술용 인스트루먼트(20)의 롤(roll) 운동의 제어를 조합하여 수행함으로써, 링크들이 운동하더라도 Y축 방향에 있어서의 RCM는 그 위치를 유지하게 된다.

[262] 결론적으로, (수술용 인스트루먼트(20)를 제외한) 수술용 로봇 암(300) 자체의 자유도(Degree of Freedom)의 관점에서 본다면, 본 발명의 제2 실시예에 따른 수술용 로봇 암(300)은, 1) 제1 축(A1)을 중심으로 하는 제1 링크(330)의 롤 회전 운동, 2) 제1 링크(330)에 대한 제2 링크(340)의 직선 운동, 3) 제2 링크(340)에 대한 인스트루먼트 장착 링크(350)의 회전 운동, 4) 제1 링크(330)의 제1 영역(331)에 대한 제1 링크(330)의 제2 영역(332)의 회전 운동의 4개의 자유도를 가짐으로써 작동할 수 있다. 여기에, 인스트루먼트 장착 링크(350)의 가이드 레일(352)에 대한 인스트루먼트 장착부(351)의 직선 운동을 통해, 수술용 인스트루먼트(20)의 트랜슬레이션(translation) 동작, 즉 제4 축(A4) 방향으로의 수술용 인스트루먼트(20)의 직선 운동도 가능하게 된다.

[263] 이와 같은 본 발명에 의해서, 전자식 제어를 통해 RCM 제어를 구현함으로써, 전체 기구 크기가 작아지고 구성이 간단 해지며, 따라서 공간 효율성이 커지고 로봇 암간 충돌이 발생하지 않는 효과를 얻을 수 있다. 특히, 수술용 인스트루먼트(20)를 동작 시키기 위해, 종래와 같이 수술용 인스트루먼트(20)의 뒤쪽(즉, 엔드 툴(21)의 반대쪽)을 잡고 구동하는 것이 아니라, 상대적으로 엔드 툴(21)과 가까운 트로카(30)와의 결합부 부분을 잡고 구동함으로써, 수술용 로봇 암(100)의 동작 범위가 작아지고, 동작에 필요한 구동력이 작아지는 효과를 얻을 수 있다. 나아가 제1 링크(330)의 제1 영역(331)에 대한 제1 링크(330)의 제2 영역(332)의 회전 운동의 제어를 통해 트로카(30)의 삽입 깊이를 일정하게 제어함으로써, 수술 중에 트로카(30)가 복부로부터 빠질 위험을 제거하여, 안전성을 더욱 향상시킬 수 있다.

[264]

[265] <수술용 로봇 암의 제2-1 실시예>

[266] 이하에서는 본 발명의 제2-1 실시예에 따른 수술용 로봇 암(700)에 대해 설명한다.

[267] 여기서, 본 발명의 제2-1 실시예에 따른 수술용 로봇 암(700)은 앞서 기술한 본 발명의 제1 실시예에 따른 수술용 로봇 암(도 4의 100 참조)에 비해 로봇 암(700)의 제1 링크(730)의 구성이 특징적으로 달라진다. 다시 말하면, 본 발명의 제2-1 실시예에 따른 로봇 암(700)은 도 4의 실시예에 비해 제1 링크(730)가 제1 영역(731)과 제2 영역(732)의 두 부분으로 이루어지며, 제1 영역(731)은 다시 제1-1 영역(731-1)과 제1-2 영역(731-2)의 두 부분으로 이루어진다. 그리고, 제1 링크(730)의 제1-1 영역(731-1)과 제1-2 영역(731-2)이 요 회전축(736)을 중심으로 서로에 대해 회전 가능하도록 형성되고, 제1 영역(731)과 제2 영역(732)이 피치 회전축(735)을 중심으로 서로에 대해 회전 가능하도록 형성된 실시예이다.

- [268] 또한, 본 발명의 제2-1 실시예에 따른 수술용 로봇 암(700)은 앞서 기술한 본 발명의 제1 실시예에 따른 수술용 로봇 암(도 4의 100 참조)에 비해 로봇 암(700)의 베이스 링크(720)의 동작이 특징적으로 달라진다. 다시 말하면, 본 발명의 제2-1 실시예에 따른 수술용 로봇 암(700)은 도 4의 실시예에 비해 베이스 링크(720)가 베이스(710)에 대해 제6 축(A6)을 따라 상하로 직선 이동이 가능하도록 형성된 실시예이다.
- [269] 이와 같이 제1 실시예에 비해 달라진 구성은 뒤에서 상세히 설명하도록 한다.
- [270] 도 26은 본 발명의 제2-1 실시예에 따른 수술용 로봇 암(700)의 전체 구조를 나타낸 사시도이다. 도 27은 도 26의 수술용 로봇 암의 측면도이다. 도 28은 도 26의 수술용 로봇 암의 동작 상태를 나타내는 측면도이다. 도 29 내지 도 31은 도 26의 수술용 로봇 암의 X축 방향 RCM 모션(피치 동작)을 나타내는 측면도와 평면도이다. 도 32 내지 도 34는 도 26의 수술용 로봇 암의 Y축 방향 RCM 모션(요 동작)을 나타내는 사시도이다. 도 35는 도 26의 수술용 로봇 암이 옆으로 누운 상태를 나타내는 측면도와 평면도이다.
- [271] 도 26 내지 35를 참조하면, 본 발명의 제2-1 실시예에 따른 수술용 로봇 암(700)은 베이스(710), 베이스 링크(720), 제1 링크(730), 제2 링크(740), 인스트루먼트 장착 링크(750)를 포함한다.
- [272] 베이스(710)는 수술용 로봇 암(700) 전체의 기저부의 역할을 수행한다. 여기서 베이스(710)의 하면에는 바퀴와 같은 이동 수단(미도시)이 형성되어, 베이스(710)가 일종의 카트 역할을 수행할 수도 있다. 또한 베이스(710)에는 위치 고정 수단(미도시)이 더 형성되어, 수술 중에 베이스(710)의 위치를 고정시킬 수도 있다. 다만, 본 발명의 사상은 이에 제한되지 아니하며, 베이스(710)가 베드(bed)에 탈부착 가능한 형상으로 형성되거나, 또는 벽면에 탈부착 가능한 형상으로 형성될 수도 있다 할 것이다.
- [273] 베이스 링크(720)는 연장부(721)와 롤 회전 베이스부(722)를 포함한다.
- [274] 연장부(721)는 베이스(710)로부터 일 방향으로 연장되어 형성될 수 있으며, 도면에는 베이스 링크(720)의 연장부(721)가 베이스(710)로부터 Z축 방향으로 연장 형성되어 있는 것으로 도시되어 있다.
- [275] 여기서 연장부(721)는 베이스(710)에 대해 직선 운동 할 수 있도록 형성된다. 즉, 본 실시예에서는 베이스 링크(720)가 베이스(710)에 대해서 제6 축(A6)을 따라 일 방향(상하 방향)으로 직선 운동이 가능하도록 형성되는 것을 특징으로 한다. 다만, 여기서 베이스(710)에 대한 베이스 링크(720)의 직선 운동은, 수술용 로봇 암(700)의 작동 중에 실시간으로 수행되는 것은 아니며, 수술 시작 전의 수술용 로봇 암(700)의 셋업(set-up) 단계에서 수행될 수 있다.
- [276] 상세히, 도 28에 도시된 바와 같이, 베이스 링크(720)는 베이스(710)에 대해 인입/인출이 가능하도록 형성되어, 베이스 링크(720)가 다양한 위치에 위치할 수 있다. 즉, 본 실시예에서는 베이스 링크(720)의 롤 회전축인 제1 축(A1)과 RCM이 Z축 방향에 있어서 일치하지 않더라도 RCM 모션이 구현 가능한 것을 일

특징으로 한다. 즉, 도 28에 도시된 바와 같이, 베이스 링크(720)가 Z축 방향에 있어서 어느 위치에 위치하더라도 RCM 모션이 구현될 수 있다. 즉, 베이스 링크(720)가 도 28의 L1 위치, L2 위치, L3 위치 등 어느 위치에 배치되더라도 RCM 모션이 구현될 수 있다.

- [277] 그리고, 이를 위해 제1 링크(730)에 피치 회전축(735)이 추가로 구비되어, 제1 링크(730)의 제1 영역(731)과 제2 영역(732)이 서로에 대해 회전 가능하도록 형성될 수 있다. 이와 같이, Z축 방향에 있어서 RCM과 베이스 링크(720)의 제1 축(A1)이 서로 만나지 않고 이격되어 있어도 RCM 모션이 가능해지므로, 수술용 로봇 암의 초기 위치를 유동적으로 세팅할 수 있게 된다. 즉, 수술용 로봇 암(700)의 다양한 셋업 위치가 가능해지는 것이다. 이에 대해서는 후술하도록 한다.
- [278] 한편, 베이스 링크(720)의 타 단부에는 롤 회전 베이스부(722)가 형성된다. 롤 회전 베이스부(722)는 연장부(721)와 소정의 각을 갖도록 일정 정도 기울어지게 형성될 수 있다.
- [279] 여기서, 베이스 링크(720)의 롤 회전 베이스부(722)는 제1 방향을 따라 형성된 제1 축(A1)을 중심으로 한 원통 형상으로 형성될 수 있다. 그리고 이 롤 회전 베이스부(722)와 연결된 제1 링크(730)(및 제1 링크(730)와 차례로 연결된 제2 링크(740), 인스트루먼트 장착 링크(750), 수술용 인스트루먼트(20)가 모두 함께)는 제1 축(A1)을 중심으로 롤(roll) 회전하도록 형성될 수 있다. 여기서 제1 축(A1)은, X축/Y축/Z축과 평행하지 않은 비스듬한 방향으로 형성될 수 있다.
- [280] 제1 링크(730)는 베이스 링크(720), 보다 상세하게는 베이스 링크(720)의 롤 회전 베이스부(722)와 결합하며, 롤 회전 베이스부(722)의 제1 축(A1)을 중심으로 제1 링크(730) 전체가 회전 가능하도록 형성될 수 있다. 또는 제1 링크(730)가 베이스 링크(720)를 중심으로 롤링(rolling) 한다고 표현할 수도 있을 것이다. 이와 같은 베이스 링크(720)에 대한 제1 링크(730)의 회전 운동을 구현하기 위해 베이스 링크(720) 또는 제1 링크(730) 중 어느 일 측에는 모터가 구비될 수 있다.
- [281] 한편, 제1 링크(730)는 베이스 링크(720)와 결합하는 제1 영역(731)과, 제2 링크(740)와 결합하는 제2 영역(732)을 포함할 수 있다. 그리고 제1 영역(731)은 다시 베이스 링크(720)와 결합하는 제1-1 영역(731-1)과, 제1-1 영역(731-1) 및 제2 영역(732)의 사이에 배치되어 제1-1 영역(731-1) 및 제2 영역(732)과 각각 연결되는 제1-2 영역(731-2)을 포함할 수 있다.
- [282] 그리고, 제1-1 영역(731-1)과 제1-2 영역(731-2)은 제7 축(A7) 방향으로 형성되는 요 회전축(736)에 의해 축 결합하여, 제1-2 영역(731-2)이 제1-1 영역(731-1)에 대해 제7 축(A7)을 중심으로 회전 가능하도록 형성된다. 즉, 도면에서 보았을 때 Z축을 중심으로 회전할 수 있다.
- [283] 그리고, 제1 영역(731)과 제2 영역(732)은 제5 축(A5) 방향으로 형성되는 피치 회전축(735)에 의해 축 결합하여, 제2 영역(732)이 제1 영역(731)에 대해 제5

축(A5)을 중심으로 회전 가능하도록 형성된다. 즉, 도면에서 보았을 때 X축을 중심으로 회전할 수 있다.

- [284] 여기서 제1 링크(730)가 제1 축(A1)을 중심으로 회전하면, 제1 링크(730)와 연결된 제2 링크(740), 인스트루먼트 장착 링크(750), 및 수술용 인스트루먼트(20)가 함께 회전하게 된다.
- [285] 한편, 제1-1 영역(731-1)에 대한 제1-2 영역(731-2)의 회전 운동을 구현하기 위해 제1-1 영역(731-1) 또는 제1-2 영역(731-2) 중 어느 일 측에는 모터가 구비될 수 있다. 또한, 제1-2 영역(731-2)에 대한 제2 영역(732)의 회전 운동을 구현하기 위해 제1-2 영역(731-2) 또는 제2 영역(732) 중 어느 일 측에는 모터가 구비될 수 있다.
- [286] 여기서, 본 실시예는 제1 링크(730)의 제1-2 영역(731-2)이 제1-1 영역(731-1)에 대해 제7 축(A7)을 중심으로 시계방향 또는 반시계방향으로 회전 가능하도록 형성되는 것을 일 특징으로 한다.
- [287] 여기서, 제1-1 영역(731-1)에 대한 제1-2 영역(731-2)의 회전은, 수술 시작 전의 수술용 로봇 암(700)의 셋업(set-up) 단계에서 수행될 수 있다. 그리고 셋업(set-up) 단계에서의 제1-1 영역(731-1)에 대한 제1-2 영역(731-2)의 회전에 의해, XY 평면상에서 베이스 링크(720)의 롤 회전축인 제1 축(A1)과 RCM이 일치하지 않게 셋업 될 경우, 수술용 로봇 암(700)의 작동 중에도 실시간으로 제1-1 영역(731-1)에 대한 제1-2 영역(731-2)이 회전하게 된다.
- [288] 상세히, 제1-2 영역(731-2)은 제1-1 영역(731-1)에 대해 제7 축(A7)을 중심으로 회전 가능하도록 형성되어, 제1-2 영역(731-2) 및 이와 연결된 제2 링크(740)와 인스트루먼트 장착 링크(750)가 XY 평면상에서 다양한 위치에 위치할 수 있다. 이와 같은 구성에 의해서, 본 실시예에서는 베이스 링크(720)의 롤 회전축인 제1 축(A1)과 RCM이 일치하지 않더라도 RCM 모션이 구현 가능한 것을 일 특징으로 한다. 즉, 후술할 제3 실시예의 도 47 (b) 및 도 47 (c) 등에도 도시된 바와 같이, 제1-2 영역(731-2) 및 이와 연결된 제2 링크(740)와 인스트루먼트 장착 링크(750)가 XY 평면상에서 어느 위치에 위치하더라도 RCM 모션이 구현될 수 있다.
- [289] 제2 링크(740)는 제1 링크(730)의 제2 영역(732)과 결합하며, 제1 링크(730)의 제2 영역(732)에 대해서 제2 축(A2)을 따라 일 방향으로 직선 왕복 운동할 수 있다. 여기서 도면에는 제1 링크(730)에 대해 제2 링크(740)가 X축 방향을 따라 직선 왕복 운동하는 것으로 도시되어 있으나, 본 발명의 사상은 이에 제한되지 아니하며, 링크들의 형상 및 구성에 따라 제2 링크(740)의 직선 왕복 축이 다양하게 형성될 수 있을 것이다.
- [290] 이와 같은 직선 운동을 구현하기 위해 제1 링크(730) 또는 제2 링크(740) 중 어느 일 측에는 리니어 액츄에이터(미도시)가 구비될 수 있다.
- [291] 여기서 제1 축(A1)과 제2 축(A2)은 일반적으로 서로 상이한 축일 수 있다. 또는 제1 링크(730) 또는 제2 링크(740) 등을 일정 정도 절곡하여 제1 축(A1)과 제2

축(A2)이 평행하게 형성된다고 하더라도, 제2 축(A2)은 RCM를 지나가지는 않도록 형성될 수 있다.

- [292] 인스트루먼트 장착 링크(750)와 제2 링크(740)는 제3 축(A3) 방향으로 결합되는 링크 회전축(760)에 의해 축 결합하여, 인스트루먼트 장착 링크(750)가 제2 링크(740)에 대해 제3 축(A3)을 중심으로 회전가능하도록 형성된다. 즉, 도면에서 보았을 때 X축을 중심으로 회전할 수 있다. 이와 같은 회전 운동을 구현하기 위해 제2 링크(740) 또는 인스트루먼트 장착 링크(750) 중 어느 일 축에는 모터가 구비될 수 있다.
- [293] 한편, 인스트루먼트 장착 링크(750)에는 인스트루먼트 장착부(751) 및 가이드 레일(752)이 형성되어, 인스트루먼트 장착부(751)에 수술용 인스트루먼트(20)가 장착된 상태에서, 제4 축(A4) 방향으로 형성된 가이드 레일(752)을 따라 인스트루먼트 장착부(751)가 직선운동 할 수 있다. 이와 같은 직선 운동을 구현하기 위해 인스트루먼트 장착부(751)에는 리니어 액츄에이터(미도시)가 구비될 수 있다.
- [294] 여기서 제4 축(A4)은 가이드 레일(752)의 형성 방향일 수 있으며 동시에 인스트루먼트 장착 링크(750)에 결합되는 수술용 인스트루먼트(20)의 샤프트의 연장 방향일 수 있다.
- [295] 그리고 이와 같은 수술용 로봇 암(700)의 인스트루먼트 장착 링크(750)의 인스트루먼트 장착부(751)에 수술용 인스트루먼트(20)가 장착된다.
- [296] 여기서 도면에는 도시되지 않았지만, 인스트루먼트 장착부(751)에는 수술용 인스트루먼트(20)와 결합하여 수술용 인스트루먼트(20)의 운동을 제어하기 위한 인터페이스부(미도시)가 더 형성될 수 있다. 인터페이스부(미도시)에는 수술용 인스트루먼트(20)의 구동부(23)와의 결합을 위한 구성 요소 및 수술용 로봇 암(700)으로부터 구동력을 수술용 인스트루먼트(20)로 전달하기 위한 모터 등이 구비될 수 있다. 이 인터페이스부(미도시)에 의해 수술용 인스트루먼트(20)의 엔드 툴(21)이 피치(pitch), 요(yaw), 액츄에이션(actuation) 운동을 수행할 수 있다. 나아가 이 인터페이스부(미도시)에 의해 수술용 인스트루먼트(20)의 샤프트(22)와 엔드 툴(21)이 제4 축(A4)을 중심으로 롤(roll) 운동을 수행할 수 있다.
- [297] 한편, 수술용 인스트루먼트(20)가 환자의 신체에 삽입되기 위한 삽입 통로가 되는 트로카(30)가 더 구비될 수 있으며, 트로카(30)가 신체에 삽입된 상태에서 수술용 인스트루먼트(20)가 트로카(30)를 통해 환자의 신체에 삽입될 수 있다. 그리고 이와 같은 트로카(30) 상의 소정의 위치에 RCM이 형성될 수 있다. 그리고, 전술한 바와 같이 제1 링크(730)의 롤 회전축인 제1 축(A1)이 이 RCM를 지나도록 형성될 수 있다.
- [298] 또한, 수술용 인스트루먼트(20)는 구동부(23)를 더 포함할 수 있다. 구동부(23)에는 인터페이스부(미도시)와의 결합을 위한 구성 요소 및 모터에 맞물려 작동되는 구동 휠 등이 형성될 수 있다. 이처럼, 인터페이스부(미도시)와

구동부(23)에는 서로 대응되는 결합 수단 및 구동전달 수단이 각각 형성되며, 이로써 수술용 인스트루먼트(20)가 인스트루먼트 장착 링크(750)에 장착된 상태에서 수술용 로봇 암(700)으로부터 구동력을 전달받아 작동되게 된다.

[299]

[300] 본 발명에서 수술용 로봇 암(700)의 RCM 구조는 수술용 로봇 암(700)의 일 측에 수술용 인스트루먼트(20)를 장착하고, 수술용 인스트루먼트(20)가 그것이 삽입되는 트로카(30) 상의 소정 지점(RCM)을 중심으로 회전하도록 작동 및 제어하는 구조이다. 여기서 본 실시예에 따른 RCM 구조는, 기존의 기계식 평행사변형 링크 구조가 아니라 각 링크에 대한 전자식 제어를 통해 구현되는 것을 특징으로 한다.

[301] 특히, 본 실시예가 이전의 실시예들과 상이한 점은, RCM과 베이스 링크의 회전축(A1)이 서로 만나지 않고 이격되어 있어도 RCM 모션이 가능해지므로, 수술용 로봇 암의 초기 세팅이 간편해지는 것이다. 즉, RCM과 베이스 링크가 요 축 방향과 피치 축 방향에 있어서 모두 이격되어도 RCM 동작이 가능해지는 것을 특징으로 한다.

[302] 즉, 도 28 등에 도시된 바와 같이, 제1 링크(730)의 롤 회전축인 제1 축(A1)이 RCM을 지나도록 배치되지 않더라도 RCM 모션이 가능하게 된다. 이는 본 실시예에서 추가적으로 부여된 자유도인, 베이스(710)에 대한 베이스 링크(720)의 직선 운동과, 제1-1 영역(731-1)에 대한 제1-2 영역(731-2)의 회전 운동과, 제1-2 영역(731-2)에 대한 제2 영역(732)의 회전 운동에 의해 가능해진다. 즉, 본 실시예의 수술용 로봇 암(700)은 총 7 자유도를 가지며, 이러한 7 자유도의 운동에 의해, 제1 축(A1)이 RCM을 지나지 않더라도 RCM 모션이 가능하게 되는 것이다.

[303] 이하에서는 편의상 도면의 X축 방향으로의 제어와 Y축 방향으로의 제어를 나누어서 설명하나, X축 방향으로의 제어와 Y축 방향으로의 제어가 결합하여 전체적인 제어를 수행한다고 할 수 있다. 또한 각 링크의 회전 및 직선 운동에 의해 각 구성요소의 좌표계는 상대적으로 변화할 수 있으나, 아래의 설명에서는 편의상 베드(bed)를 기준점으로 하여, 베드(bed)의 X축 방향 및 Y축 방향으로 기준으로 설명하도록 한다.

[304] 이에 대해 보다 상세히 설명하면 다음과 같다.

[305] 먼저, X축 방향으로의 제어는,

[306] 1) 제1 링크(730)에 대한 제2 링크(740)의 직선 운동의 제어,

[307] 2) 제2 링크(740)에 대한 인스트루먼트 장착 링크(750)의 회전 운동의 제어,

[308] 3) 제1 링크(730)의 제1 영역(731)에 대한 제1 링크(730)의 제2 영역(732)의 회전 운동의 제어의 조합으로 구현될 수 있다.

[309] 상세히, X축을 중심으로 한 수술용 인스트루먼트(20)의 회전 운동을 제어하기 위해서는 먼저 제2 링크(740)가 제1 링크(730)에 대해 제2 축(A2)을 따라 직선 운동을 수행한다. 그리고 이와 동시에, 인스트루먼트 장착 링크(750)가 제2

링크(740)에 대해 제3 축(A3)을 중심으로 회전 운동을 수행하고, 제1 링크(730)의 제2 영역(732)이 제1 링크(730)의 제1 영역(731)에 대해 회전 운동을 수행하도록 제어하여, RCM 모션을 수행하게 된다. 이에 따라, 링크들이 움직이더라도 RCM은 그 위치를 유지하게 된다.

[310] 이때, 수술용 인스트루먼트(20)가 X축을 중심으로 한 회전 운동을 하더라도 인스트루먼트의 삽입 깊이(도 6의 LE 참조)는 변해서는 안 되며, 또한 RCM으로부터 트로카(30) 끝단까지의 거리(도 6의 Lt 참조)도 변해서는 안 된다.

[311] 이를 위하여, 본 발명의 제2-1 실시예에 따른 수술용 로봇 암(700)은 앞서 기술한 본 발명의 제1 실시예에 따른 수술용 로봇 암(도 4의 100 참조)에 비해 자유도가 하나 추가된 것을 특징으로 한다. 즉, 본 발명의 제2 실시예에 따른 수술용 로봇 암(700)은 제1 링크(730)의 제1 영역(731)과 제2 영역(732)이 피치 회전축(735)을 중심으로 서로에 대해 회전 가능하도록 형성된다.

[312] 따라서, X축을 중심으로 한 수술용 인스트루먼트(20)의 회전 운동을 제어함에 있어서, 제1 링크(730)의 제2 영역(732)이 제1 링크(730)의 제1 영역(731)에 대해 회전하도록 제어할 수 있으며, 이에 따라 수술용 인스트루먼트(20) 및 트로카(30)의 삽입 깊이를 일정하게 유지해 줄 수 있게 된다.

[313] 이와 같이, 1) 제1 링크(730)에 대한 제2 링크(740)의 직선 운동의 제어와, 2) 제2 링크(740)에 대한 인스트루먼트 장착 링크(750)의 회전 운동의 제어와, 3) 제1 링크(730)의 제1 영역(731)에 대한 제1 링크(730)의 제2 영역(732)의 회전 운동의 제어를 조합하여 수행함으로써, 링크들이 운동하더라도 X축 방향에 있어서의 RCM는 그 위치를 유지하게 된다.

[314]

[315] 다음으로, Y축 방향으로의 RCM 제어는,

[316] 1) 제1 축(A1)을 중심으로 하는 제1 링크(730)의 롤 회전 운동의 제어,

[317] 2) 제2 링크(740)에 대한 인스트루먼트 장착 링크(750)의 회전 운동의 제어,

[318] 3) 제1 링크(730)에 대한 제2 링크(740)의 직선 운동의 제어,

[319] 4) 수술용 인스트루먼트(20)의 롤(roll) 운동의 제어,

[320] 5) 제1 링크(730)의 제1-1 영역(731-1)에 대한 제1 링크(730)의 제1-2

영역(731-2)의 회전 운동의 제어의 조합으로 구현될 수 있다.

[321] 상세히, Y축을 중심으로 한 수술용 인스트루먼트(20)의 회전 운동을 제어하기 위해서는 먼저 제1 축(A1)을 중심으로 제1 링크(730)가 롤 회전 운동을 수행한다. 그러면, 제1 링크(730) 및 제1 링크(730)와 차례로 연결된 제2 링크(740), 인스트루먼트 장착 링크(750), 수술용 인스트루먼트(20)가 모두 함께 제1 축(A1)을 중심으로 롤(roll) 회전을 하게 된다.

[322] 이때 제1 링크(730)의 회전축인 제1 축(A1)과 Y축이 일치하지 않고 비스듬하게 형성되므로, 제1 링크(730)만 회전하게 되면 의도하지 않은 운동이 섞이게 된다. 즉, 도면에 도시된 바와 같이, 제1 링크(730)가 회전하면, 제2 링크(740), 인스트루먼트 장착 링크(750) 및 수술용 인스트루먼트(20)가 일종의

롤링(rolling)을 하게 된다.

- [323] 이를 보상하기 위해서, 제1 링크(730)의 회전과 함께, 인스트루먼트 장착 링크(750)가 제2 링크(740)에 대해 제3 축(A3)을 중심으로 회전 운동을 수행하도록 제어하는 동시에, 제1 링크(730)에 대한 제2 링크(740)의 직선 운동을 수행하도록 제어하는 동시에, 제1 링크(730)의 제1-2 영역(731-2)이 제1 링크(730)의 제1-1 영역(731-1)에 대해 회전 운동을 수행하도록 제어하여, RCM 모션을 수행하게 된다. 즉, 링크들이 움직이더라도 RCM는 그 위치를 유지하게 된다.
- [324] 이와 더불어, 수술용 인스트루먼트(20)의 샤프트(22)와 엔드 툴(21)이 제4 축(A4)을 중심으로 롤(roll) 운동을 수행하도록 제어하여, 제1 링크(730)의 회전과 무관하게 엔드 툴(21) 또한 그 자세를 유지하도록 보상할 수 있다.
- [325] 이와 같이, 1) 제1 축(A1)을 중심으로 하는 제1 링크(730)의 롤 회전 운동의 제어와, 2) 제2 링크(740)에 대한 인스트루먼트 장착 링크(750)의 회전 운동의 제어와, 3) 제1 링크(730)에 대한 제2 링크(740)의 직선 운동의 제어와, 4) 수술용 인스트루먼트(20)의 롤(roll) 운동의 제어와, 5) 제1 링크(730)의 제1-1 영역(731-1)에 대한 제1 링크(730)의 제1-2 영역(731-2)의 회전 운동의 제어를 조합하여 수행함으로써, 링크들이 운동하더라도 Y축 방향에 있어서의 RCM는 그 위치를 유지하게 된다.
- [326] 결론적으로, (수술용 인스트루먼트(20)를 제외한) 수술용 로봇 암(700) 자체의 자유도(Degree of Freedom)의 관점에서 본다면, 본 발명의 제2-1 실시예에 따른 수술용 로봇 암(700)은, 1) 제1 축(A1)을 중심으로 하는 제1 링크(730)의 롤 회전 운동, 2) 제1 링크(730)에 대한 제2 링크(740)의 직선 운동, 3) 제2 링크(740)에 대한 인스트루먼트 장착 링크(750)의 회전 운동, 4) 제1 링크(730)의 제1 영역(731)에 대한 제1 링크(730)의 제2 영역(732)의 회전 운동, 5) 제1 링크(730)의 제1-1 영역(731-1)에 대한 제1 링크(730)의 제1-2 영역(731-2)의 회전 운동, 6) 베이스(710)에 대한 베이스 링크(720)의 직선 운동의 6개의 자유도를 가짐으로써 작동할 수 있다. 여기에, 인스트루먼트 장착 링크(750)의 가이드 레일(752)에 대한 인스트루먼트 장착부(751)의 직선 운동을 통해, 수술용 인스트루먼트(20)의 트랜슬레이션(translation) 동작, 즉 제4 축(A4) 방향으로의 수술용 인스트루먼트(20)의 직선 운동도 가능하게 된다.
- [327] 이와 같은 본 발명에 의해서, 전자식 제어를 통해 RCM 제어를 구현함으로써, 전체 기구 크기가 작아지고 구성이 간단 해지며, 따라서 공간 효율성이 커지고 로봇 암간 충돌이 발생하지 않는 효과를 얻을 수 있다. 특히, 수술용 인스트루먼트(20)를 동작 시키기 위해, 종래와 같이 수술용 인스트루먼트(20)의 뒤쪽(즉, 엔드 툴(21)의 반대쪽)을 잡고 구동하는 것이 아니라, 상대적으로 엔드 툴(21)과 가까운 트로카(30)와의 결합부 부분을 잡고 구동함으로써, 수술용 로봇 암(100)의 동작 범위가 작아지고, 동작에 필요한 구동력이 작아지는 효과를 얻을 수 있다. 나아가 제1 링크(730)의 제1 영역(731)에 대한 제1 링크(730)의 제2

영역(732)의 회전 운동의 제어를 통해 트로카(30)의 삽입 깊이를 일정하게 제어함으로써, 수술 중에 트로카(30)가 복부로부터 빠질 위험을 제거하여, 안전성을 더욱 향상시킬 수 있다.

- [328] 또한, 본 실시예와 같이 추가적인 자유도(즉, 제1 링크(730)의 제1-1 영역(731-1)에 대한 제1 링크(730)의 제1-2 영역(731-2)의 회전 운동)가 주어질 경우, XY 평면과 Z축 방향에 있어서, 베이스 링크(720)의 롤 회전축인 제1 축(A1)을 RCM과 일치시키지 않더라도 RCM 모션이 구현 가능하게 되어, 수술용 로봇 암의 초기 세팅이 간편해지는 효과를 얻을 수 있다.

[329]

[330] <수술용 로봇 암의 제2-2 실시예>

- [331] 이하에서는 본 발명의 제2-2 실시예에 따른 수술용 로봇 암(800)에 대해 설명한다. 여기서, 본 발명의 제2-2 실시예에 따른 수술용 로봇 암(800)은 앞서 기술한 본 발명의 제2 실시예에 따른 수술용 로봇 암(도 17의 300 참조)에 비해 로봇 암(800)의 제2 링크(840)와 인스트루먼트 장착 링크(850)의 결합 관계가 특징적으로 달라진다. 다시 말하면, 본 발명의 제2-2 실시예에 따른 로봇 암(800)은 도 17의 제2 실시예에 비해, 제2 링크(840)와 인스트루먼트 장착 링크(850)가 트로카(30)와의 교차점에서 결합하는 것이 아니라, 인스트루먼트 장착 링크(850)에서 제2 링크(840) 쪽으로 일정 정도 돌출되어 나온 별도의 제2 링크 결합부(853)에서 축 결합하도록 형성된 실시예이다. 이와 같이 제2 실시예에 비해 달라진 구성은 뒤에서 상세히 설명하도록 한다.

- [332] 도 36은 본 발명의 제2-2 실시예에 따른 수술용 로봇 암(800)의 전체 구조를 나타낸 사시도이다. 도 37은 도 36의 수술용 로봇 암의 측면도이다. 도 38 내지 도 40은 도 36의 수술용 로봇 암의 X축 방향 RCM 모션(피치 동작)을 나타내는 측면도와 평면도이다. 도 41 내지 도 43은 도 36의 수술용 로봇 암의 Y축 방향 RCM 모션(요 동작)을 나타내는 사시도이다. 도 44는 도 36의 수술용 로봇 암이 옆으로 누운 상태를 나타내는 측면도와 평면도이다.

- [333] 도 36 내지 44를 참조하면, 본 발명의 제2-2 실시예에 따른 수술용 로봇 암(800)은 베이스(810), 베이스 링크(820), 제1 링크(830), 제2 링크(840), 인스트루먼트 장착 링크(850)를 포함한다.

- [334] 베이스(810)는 수술용 로봇 암(800) 전체의 기저부의 역할을 수행한다. 여기서 베이스(810)의 하면에는 바퀴와 같은 이동 수단(미도시)이 형성되어, 베이스(810)가 일종의 카트 역할을 수행할 수도 있다. 또한 베이스(810)에는 위치 고정 수단(미도시)이 더 형성되어, 수술 중에 베이스(810)의 위치를 고정시킬 수도 있다. 다만, 본 발명의 사상은 이에 제한되지 아니하며, 베이스(810)가 베드(bed)에 탈부착 가능한 형상으로 형성되거나, 또는 벽면에 탈부착 가능한 형상으로 형성될 수도 있다 할 것이다.

- [335] 베이스 링크(820)는 연장부(821)와 롤 회전 베이스부(822)를 포함한다. 연장부(821)는 베이스(810)로부터 일 방향으로 연장되어 형성될 수 있으며,

도면에는 베이스 링크(820)의 연장부(821)가 베이스(810)로부터 Z축 방향으로 연장 형성되어 있는 것으로 도시되어 있다. 다시 말하면, 베이스 링크(820)의 일단부는 베이스(810)와 연결되어 있다. 본 실시예에서는 베이스 링크(820)가 베이스(810)에 고정 결합되어 있는 경우를 상정한다.

- [336] 한편, 베이스 링크(820)의 타 단부에는 롤 회전 베이스부(822)가 형성된다. 롤 회전 베이스부(822)는 연장부(821)와 소정의 각을 갖도록 일정 정도 기울어지게 형성될 수 있다.
- [337] 여기서, 베이스 링크(820)의 롤 회전 베이스부(822)는 제1 방향을 따라 형성된 제1 축(A1)을 중심으로 한 원통 형상으로 형성될 수 있다. 그리고 이 롤 회전 베이스부(822)와 연결된 제1 링크(830)(및 제1 링크(830)와 차례로 연결된 제2 링크(840), 인스트루먼트 장착 링크(850), 수술용 인스트루먼트(20)가 모두 함께는 제1 축(A1)을 중심으로 롤(roll) 회전하도록 형성될 수 있다.
- [338] 여기서 제1 축(A1)은, X축/Y축/Z축과 평행하지 않은 비스듬한 방향으로 형성될 수 있다. 그리고 제1 축(A1)의 연장선상에 후술할 RCM이 형성될 수 있다.
- [339] 제1 링크(830)는 베이스 링크(820), 보다 상세하게는 베이스 링크(820)의 롤 회전 베이스부(822)와 결합하며, 롤 회전 베이스부(822)의 제1 축(A1)을 중심으로 제1 링크(830) 전체가 회전 가능하도록 형성될 수 있다. 또는 제1 링크(830)가 베이스 링크(820)를 중심으로 롤링(rolling) 한다고 표현할 수도 있을 것이다. 이와 같은 베이스 링크(820)에 대한 제1 링크(830)의 회전 운동을 구현하기 위해 베이스 링크(820) 또는 제1 링크(830) 중 어느 일 측에는 모터가 구비될 수 있다.
- [340] 여기서, 제1 링크(830)는 베이스 링크(820)와 결합하는 제1 영역(831)과, 제2 링크(840)와 결합하는 제2 영역(832)을 포함할 수 있다. 여기서, 제1 영역(831)의 중심축과 제2 영역(832)의 중심축은 서로 소정의 각도를 이루도록 형성될 수 있다. 그리고, 제1 영역(831)과 제2 영역(832)는 제5 축(A5) 방향으로 형성되는 피치 회전축(835)에 의해 축 결합하여, 제2 영역(832)이 제1 영역(831)에 대해 제5 축(A5)을 중심으로 회전가능하도록 형성된다. 즉, 도면에서 보았을 때 X축을 중심으로 회전할 수 있다.
- [341] 여기서, 제1 영역(831)의 중심축은 제1 축(A1)과 일치할 수 있으며, 따라서 제1 영역(831)의 중심축의 연장선 상에 RCM이 위치할 수 있다.
- [342] 여기서 제1 링크(830)가 제1 축(A1)을 중심으로 회전하면, 제1 링크(830)와 연결된 제2 링크(840), 인스트루먼트 장착 링크(850), 및 수술용 인스트루먼트(20)가 함께 회전하게 된다.
- [343] 상술한 바와 같이, 제1 영역(831)의 중심축과 제2 영역(832)의 중심축은 서로 소정의 각도를 이루도록 형성될 수 있다. 즉, 제1 링크(830)의 중심축은 제1 축(A1)과 일치할 수 있으며, 따라서 제1 영역(831)의 중심축의 연장선 상에 RCM이 위치할 수 있다. 또한, 제2 영역(832)의 중심축은 후술할 제2 링크(840)의 제2 축(A2)과 일치할 수 있다.

- [344] 한편, 제1 영역(831)에 대한 제2 영역(832)의 회전 운동을 구현하기 위해 제1 영역(831) 또는 제2 영역(832) 중 어느 일 측에는 모터가 구비될 수 있다.
- [345] 제2 링크(840)는 제1 링크(830)의 제2 영역(832)과 결합하며, 제1 링크(830)의 제2 영역(832)에 대해서 제2 축(A2)을 따라 일 방향으로 직선 왕복 운동할 수 있다. 여기서 도면에는 제1 링크(830)에 대해 제2 링크(840)가 X축 방향을 따라 직선 왕복 운동하는 것으로 도시되어 있으나, 본 발명의 사상은 이에 제한되지 아니하며, 링크들의 형상 및 구성에 따라 제2 링크(840)의 직선 왕복 축이 다양하게 형성될 수 있을 것이다.
- [346] 이와 같은 직선 운동을 구현하기 위해 제1 링크(830) 또는 제2 링크(840) 중 어느 일 측에는 리니어 액츄에이터(미도시)가 구비될 수 있다.
- [347] 여기서 제1 축(A1)과 제2 축(A2)은 일반적으로 서로 상이한 축일 수 있다. 또는 제1 링크(830) 또는 제2 링크(840) 등을 일정 정도 절곡하여 제1 축(A1)과 제2 축(A2)이 평행하게 형성된다고 하더라도, 제2 축(A2)은 RCM를 지나가지는 않도록 형성될 수 있다.
- [348] 인스트루먼트 장착 링크(850)는 인스트루먼트 장착부(851), 가이드 레일(852), 제2 링크 결합부(853)를 포함할 수 있다.
- [349] 상세히, 인스트루먼트 장착부(851)에 수술용 인스트루먼트(20)가 장착된 상태에서, 제4 축(A4) 방향으로 형성된 가이드 레일(852)을 따라 인스트루먼트 장착부(851)가 직선운동 할 수 있다. 이와 같은 직선 운동을 구현하기 위해 인스트루먼트 장착부(851)에는 리니어 액츄에이터(미도시)가 구비될 수 있다.
- [350] 여기서 제4 축(A4)은 가이드 레일(852)의 형성 방향일 수 있으며 동시에 인스트루먼트 장착 링크(850)에 결합되는 수술용 인스트루먼트(20)의 샤프트의 연장 방향일 수 있다.
- [351] 그리고 이와 같은 수술용 로봇 암(800)의 인스트루먼트 장착 링크(850)의 인스트루먼트 장착부(851)에 수술용 인스트루먼트(20)가 장착된다.
- [352] 여기서 도면에는 도시되지 않았지만, 인스트루먼트 장착부(851)에는 수술용 인스트루먼트(20)와 결합하여 수술용 인스트루먼트(20)의 운동을 제어하기 위한 인터페이스부(미도시)가 더 형성될 수 있다. 인터페이스부(미도시)에는 수술용 인스트루먼트(20)의 구동부(23)와의 결합을 위한 구성 요소 및 수술용 로봇 암(800)으로부터 구동력을 수술용 인스트루먼트(20)로 전달하기 위한 모터 등이 구비될 수 있다. 이 인터페이스부(미도시)에 의해 수술용 인스트루먼트(20)의 엔드 툴(21)이 피치(pitch), 요(yaw), 액츄에이션(actuation) 운동을 수행할 수 있다. 나아가 이 인터페이스부(미도시)에 의해 수술용 인스트루먼트(20)의 샤프트(22)와 엔드 툴(21)이 제4 축(A4)을 중심으로 롤(roll) 운동을 수행할 수 있다.
- [353] 한편, 수술용 인스트루먼트(20)가 환자의 신체에 삽입되기 위한 삽입 통로가 되는 트로카(30)가 더 구비될 수 있으며, 트로카(30)가 신체에 삽입된 상태에서 수술용 인스트루먼트(20)가 트로카(30)를 통해 환자의 신체에 삽입될 수 있다.

그리고 이와 같은 트로카(30) 상의 소정의 위치에 RCM이 형성될 수 있다. 그리고, 전술한 바와 같이 제1 링크(830)의 롤 회전축인 제1 축(A1)이 이 RCM를 지나도록 형성될 수 있다.

- [354] 또한, 수술용 인스트루먼트(20)는 구동부(23)를 더 포함할 수 있다. 구동부(23)에는 인터페이스부(미도시)와의 결합을 위한 구성 요소 및 모터에 맞물려 작동되는 구동 휠 등이 형성될 수 있다. 이처럼, 인터페이스부(미도시)와 구동부(23)에는 서로 대응되는 결합 수단 및 구동전달 수단이 각각 형성되며, 이로써 수술용 인스트루먼트(20)가 인스트루먼트 장착 링크(850)에 장착된 상태에서 수술용 로봇 암(800)으로부터 구동력을 전달받아 작동되게 된다.
- [355] 한편, 제2 링크 결합부(853)는 인스트루먼트 장착 링크(850)에서 제2 링크(840) 쪽으로 일정 정도 돌출되어 형성될 수 있다. 그리고, 이와 같은 제2 링크 결합부(853)와 제2 링크(840)가 제3 축(A3) 방향으로 결합되는 링크 회전축(860)에 의해 축 결합하여, 인스트루먼트 장착 링크(850)가 제2 링크(840)에 대해 제3 축(A3)을 중심으로 회전 가능하도록 형성된다. 즉, 도면에서 보았을 때 X축을 중심으로 회전할 수 있다. 이와 같은 회전 운동을 구현하기 위해 제2 링크(840) 또는 인스트루먼트 장착 링크(850) 중 어느 일 축에는 모터가 구비될 수 있다.
- [356] 이와 같이 제2 링크(840)와 인스트루먼트 장착 링크(850)가 결합하는 결합부가 트로카(30)의 목 부분이 아니라, 트로카(30)로부터 일정 정도 이격/분리되어 인스트루먼트 장착 링크(850)에 형성됨으로써, 제1 링크(830)의 제1 영역(831)에 대한 제2 영역(832)의 작동 각도(회전 각도)가 커지게 되어, RCM 모션을 위한 제어가 보다 용이해지는 효과를 얻을 수 있다.
- [357] 즉, 작동 각도가 과도하게 작을 경우, 제어를 매우 미세하게 수행하여야 하므로, 그 제어를 구현하는 것이 용이하지 않다. 따라서, 제2 링크 결합부(853)가 인스트루먼트 장착 링크(850)에서 제2 링크(840) 쪽으로 일정 정도 돌출되어 형성됨으로써, 제1 링크(830)의 제1 영역(831)에 대한 제2 영역(832)의 작동 각도(회전 각도)가 커지게 되어, RCM 모션을 위한 제어가 보다 용이해질 수 있다.
- [358] 즉, 도 17 등에 도시된 실시예의 경우, 제2 링크(340)와 인스트루먼트 장착 링크(350)가 결합하는 결합부가 트로카(30)의 목 부분, 또는 수술용 인스트루먼트(20)의 직선 운동 축 위에 위치한다.
- [359] 이에 반해, 도 36 내지 도 44에 도시된 본 실시예의 경우, 제2 링크(840)와 인스트루먼트 장착 링크(850)가 결합하는 결합부가 트로카(30)의 목 부분이 아니라, 트로카(30)로부터 일정 정도 이격/분리되어 인스트루먼트 장착 링크(850)에 형성된다.
- [360] 이와 같은 구성에 의하여, 제1 링크(830)의 제1 영역(831)에 대한 제2 영역(832)의 작동 각도(회전 각도)가 커지게 되어, RCM 모션을 위한 제어가 보다 용이해지는 효과를 얻을 수 있다.

[361]

[362] 본 발명에서 수술용 로봇 암(800)의 RCM 구조는 수술용 로봇 암(800)의 일측에 수술용 인스트루먼트(20)를 장착하고, 수술용 인스트루먼트(20)가 그것이 삽입되는 트로카(30) 상의 소정 지점(RCM)을 중심으로 회전하도록 작동 및 제어하는 구조이다. 여기서 본 실시예에 따른 RCM 구조는, 기존의 기계식 평행사변형 링크 구조가 아니라 각 링크에 대한 전자식 제어를 통해 구현되는 것을 특징으로 한다.

[363] 이하에서는 편의상 도면의 X축 방향으로의 제어와 Y축 방향으로의 제어를 나누어서 설명하나, X축 방향으로의 제어와 Y축 방향으로의 제어가 결합하여 전체적인 제어를 수행한다고 할 수 있다. 또한 각 링크의 회전 및 직선 운동에 의해 각 구성요소의 좌표계는 상대적으로 변화할 수 있으나, 아래의 설명에서는 편의상 베드(bed)를 기준점으로 하여, 베드(bed)의 X축 방향 및 Y축 방향으로 기준으로 설명하도록 한다.

[364] 먼저, X축 방향으로의 제어는,

[365] 1) 제1 링크(830)에 대한 제2 링크(840)의 직선 운동의 제어,

[366] 2) 제2 링크(840)에 대한 인스트루먼트 장착 링크(850)의 회전 운동의 제어,

[367] 3) 제1 링크(830)의 제1 영역(831)에 대한 제1 링크(830)의 제2 영역(832)의 회전 운동의 제어의 조합으로 구현될 수 있다.

[368] 이에 대한 구체적인 제어 방법은 제2 실시예와 동일하므로, 상세한 설명은 생략하도록 한다.

[369] 다음으로, Y축 방향으로의 RCM 제어는,

[370] 1) 제1 축(A1)을 중심으로 하는 제1 링크(830)의 롤 회전 운동의 제어,

[371] 2) 제2 링크(840)에 대한 인스트루먼트 장착 링크(850)의 회전 운동의 제어,

[372] 3) 제1 링크(830)에 대한 제2 링크(840)의 직선 운동의 제어,

[373] 4) 수술용 인스트루먼트(20)의 롤(roll) 운동의 제어의 조합으로 구현될 수 있다.

[374] 이에 대한 구체적인 제어 방법은 제2 실시예와 동일하므로, 상세한 설명은 생략하도록 한다.

[375] 결론적으로, (수술용 인스트루먼트(20)를 제외한) 수술용 로봇 암(800) 자체의 자유도(Degree of Freedom)의 관점에서 본다면, 본 발명의 제2-2 실시예에 따른 수술용 로봇 암(800)은, 1) 제1 축(A1)을 중심으로 하는 제1 링크(830)의 롤 회전 운동, 2) 제1 링크(830)에 대한 제2 링크(840)의 직선 운동, 3) 제2 링크(840)에 대한 인스트루먼트 장착 링크(850)의 회전 운동, 4) 제1 링크(830)의 제1 영역(831)에 대한 제1 링크(830)의 제2 영역(832)의 회전 운동의 4개의 자유도를 가짐으로써 작동할 수 있다. 여기에, 인스트루먼트 장착 링크(850)의 가이드 레일(852)에 대한 인스트루먼트 장착부(851)의 직선 운동을 통해, 수술용 인스트루먼트(20)의 트랜슬레이션(translation) 동작, 즉 제4 축(A4) 방향으로의 수술용 인스트루먼트(20)의 직선 운동도 가능하게 된다.

[376] 이와 같은 본 발명에 의해서, 전자식 제어를 통해 RCM 제어를 구현함으로써,

전체 기구 크기가 작아지고 구성이 간단 해지며, 따라서 공간 효율성이 커지고 로봇 암간 충돌이 발생하지 않는 효과를 얻을 수 있다. 특히, 수술용 인스트루먼트(20)를 동작 시키기 위해, 종래와 같이 수술용 인스트루먼트(20)의 뒤쪽(즉, 엔드 툴(21)의 반대쪽)을 잡고 구동하는 것이 아니라, 상대적으로 엔드 툴(21)과 가까운 트로카(30)와의 결합부 부분을 잡고 구동함으로써, 수술용 로봇 암(100)의 동작 범위가 작아지고, 동작에 필요한 구동력이 작아지는 효과를 얻을 수 있다. 나아가 제1 링크(830)의 제1 영역(831)에 대한 제1 링크(830)의 제2 영역(832)의 회전 운동의 제어를 통해 트로카(30)의 삽입 깊이를 일정하게 제어함으로써, 수술 중에 트로카(30)가 복부로부터 빠질 위험을 제거하여, 안전성을 더욱 향상시킬 수 있다.

[377]

[378] <수술용 로봇 암의 제3 실시예>

[379] 이하에서는 본 발명의 제3 실시예에 따른 수술용 로봇 암(400)에 대해 설명한다. 여기서, 본 발명의 제3 실시예에 따른 수술용 로봇 암(400)은 앞서 기술한 본 발명의 제1 실시예에 따른 수술용 로봇 암(도 4의 100 참조)에 비해 로봇 암(400)의 베이스 링크(420)의 동작이 특징적으로 달라진다. 다시 말하면, 본 발명의 제3 실시예에 따른 로봇 암(400)은 도 4의 실시예에 비해 베이스 링크(420)가 베이스(410)에 대해 회전이 가능하도록 형성된 실시예이다. 이와 같이 제1 실시예에 비해 달라진 구성은 뒤에서 상세히 설명하도록 한다.

[380] 도 45는 본 발명의 제3 실시예에 따른 수술용 로봇 암(400)의 전체 구조를 나타낸 사시도이다. 도 46은 도 45의 수술용 로봇 암의 측면도이다. 도 47 내지 도 49는 도 45의 수술용 로봇 암의 X축 방향 RCM 모션(피치 동작)을 나타내는 측면도와 평면도이다. 도 50 내지 도 52은 도 45의 수술용 로봇 암의 Y축 방향 RCM 모션(요 동작)을 나타내는 사시도이다. 도 53은 도 45의 수술용 로봇 암이 옆으로 누운 상태를 나타내는 측면도와 평면도이다.

[381] 도 45 내지 도 53을 참조하면, 본 발명의 제4 실시예에 따른 수술용 로봇 암(400)은 베이스(410), 베이스 링크(420), 제1 링크(430), 제2 링크(440), 인스트루먼트 장착 링크(450)를 포함한다. 그리고 이와 같은 수술용 로봇 암(400)의 인스트루먼트 장착 링크(450)에 트로카(30) 및 수술용 인스트루먼트(20)가 결합된다. 이를 더욱 상세히 설명하면 다음과 같다.

[382] 베이스(410)는 수술용 로봇 암(400) 전체의 기저부의 역할을 수행한다. 여기서 베이스(410)의 하면에는 바퀴와 같은 이동 수단(미도시)이 형성되어, 베이스(410)가 일종의 카트 역할을 수행할 수도 있다. 또한 베이스(410)에는 위치 고정 수단(미도시)이 더 형성되어, 수술 중에 베이스(410)의 위치를 고정시킬 수도 있다. 다만, 본 발명의 사상은 이에 제한되지 아니하며, 베이스(410)가 베드(bed)에 탈부착 가능한 형상으로 형성되거나, 또는 벽면에 탈부착 가능한 형상으로 형성될 수도 있다 할 것이다.

[383] 베이스 링크(420)는 연장부(421)와 롤 회전 베이스부(422)를 포함한다.

- [384] 연장부(421)는 베이스(410)로부터 일 방향으로 연장되어 형성될 수 있으며, 도면에는 베이스 링크(420)의 연장부(421)가 베이스(410)로부터 Z축 방향으로 연장 형성되어 있는 것으로 도시되어 있다.
- [385] 한편, 베이스 링크(420)의 타 단부에는 롤 회전 베이스부(422)가 형성된다. 롤 회전 베이스부(422)는 연장부(421)와 소정의 각을 갖도록 일정 정도 기울어지게 형성될 수 있다.
- [386] 여기서, 베이스 링크(420)의 롤 회전 베이스부(422)는 제1 방향을 따라 형성된 제1 축(A1)을 중심으로 한 원통 형상으로 형성될 수 있다. 그리고 이 롤 회전 베이스부(422)와 연결된 제1 링크(430)(및 제1 링크(430)와 차례로 연결된 제2 링크(440), 인스트루먼트 장착 링크(450), 수술용 인스트루먼트(20))는 제1 축(A1)을 중심으로 롤(roll) 회전하도록 형성될 수 있다.
- [387] 여기서, 베이스 링크(420)의 연장부(421)는 베이스(410)에 대해 A6 축을 중심으로 회전 가능하도록 형성된다. 즉, 본 실시예에서는 베이스 링크(420)가 베이스(410)에 대해서 제6 축(A6)을 중심으로 시계방향 또는 반시계방향으로 회전하는 것을 특징으로 한다.
- [388] 여기서, 베이스(410)에 대한 베이스 링크(420)의 회전은, 수술 시작 전의 수술용 로봇 암(400)의 셋업(set-up) 단계에서 수행될 수 있다. 그리고 셋업(set-up) 단계에서의 베이스(410)에 대한 베이스 링크(420)의 회전에 의해, XY 평면상에서 베이스 링크(420)의 롤 회전축인 제1 축(A1)과 RCM이 일치하지 않게 셋업 될 경우, 수술용 로봇 암(400)의 작동 중에도 실시간으로 베이스(410)에 대해 베이스 링크(420)가 회전하게 된다.
- [389] 상세히, 도 47 (b) 및 도 47 (c)에 도시된 바와 같이, 베이스 링크(420)는 베이스(410)에 대해 제6 축(A6)을 중심으로 회전 가능하도록 형성되어, 베이스 링크(420)가 XY 평면상에서 다양한 위치에 위치할 수 있다. 이와 같은 구성에 의해서, 본 실시예에서는 베이스 링크(420)의 롤 회전축인 제1 축(A1)과 RCM이 일치하지 않더라도 RCM 모션이 구현 가능한 것을 일 특징으로 한다. 즉, 도 47 (b) 및 도 47 (c)에 도시된 바와 같이, 베이스 링크(420)가 XY 평면상에서 어느 위치에 위치하더라도 RCM 모션이 구현될 수 있다.
- [390] 제1 링크(430)는 베이스 링크(420), 보다 상세하게는 베이스 링크(420)의 롤 회전 베이스부(422)와 결합하며, 롤 회전 베이스부(422)의 제1 축(A1)을 중심으로 제1 링크(430) 전체가 회전 가능하도록 형성될 수 있다. 또는 제1 링크(430)가 베이스 링크(420)를 중심으로 롤링(rolling) 한다고 표현할 수도 있을 것이다. 이와 같은 베이스 링크(420)에 대한 제1 링크(430) 회전 운동을 구현하기 위해 베이스 링크(420) 또는 제1 링크(430) 중 어느 일 측에는 모터가 구비될 수 있다.
- [391] 한편, 제1 링크(430)는 베이스 링크(420)와 결합하는 제1 영역(431)과, 제2 링크(440)와 결합하는 제2 영역(432)을 포함할 수 있다. 여기서, 제1 영역(431)의 중심축과 제2 영역(432)의 중심축은 서로 소정의 각도를 이루도록 형성될 수

있다.

- [392] 이때 제1 영역(431)의 중심축은 제1 축(A1)과 일치할 수 있으며, 따라서 제1 영역(431)의 중심축의 연장선 상에 RCM이 위치할 수 있다.
- [393] 다만, 도면에는 제1 링크(430)가 제1 영역(431)과 제2 영역(432)의 두 부분으로 이루어지며, 직선 형태의 제1 영역(431)과 제2 영역(432)이 서로 소정의 각도를 이루도록 형성되는 것으로 도시되어 있으나, 본 발명의 사상은 이에 제한되지 아니하며, 제1 링크(430)가 두 개 이상의 영역으로 구분될 수도 있고, 각 영역이 곡선으로 완만하게 형성될 수도 있다 할 것이다. 또한 본 실시예에서는 제1 영역(431)이 제2 영역(432)을 일체로 형성되는 것으로 도시되어 있으나, 서로 별도의 부재로 형성되어 결합할 수도 있을 것이다.
- [394] 여기서 제1 링크(430)가 제1 축(A1)을 중심으로 회전하면, 제1 링크(430)와 연결된 제2 링크(440), 인스트루먼트 장착 링크(450) 및 수술용 인스트루먼트(20)가 함께 회전하게 된다. 이로 인해, 제2 링크(440)와 인스트루먼트 장착 링크(450)의 좌표계는 고정된 것이 아니라, 제1 링크(430)의 회전에 따라 상대적으로 계속 변화하게 된다. 즉, 도 4 등에는 제2 링크(440)는 Y축과 평행하고, 인스트루먼트 장착 링크(450)는 Z축과 평행한 것으로 도시되어 있다. 그러나 제1 링크(430)가 회전하게 되면, 제2 링크(440)와 인스트루먼트 장착 링크(450)의 좌표계도 이와 함께 회전하는 것이다. 다만, 본 명세서에서는 설명의 편의를 위하여, 별도의 설명이 없는 이상, 도 4와 같이 제2 링크(440)는 Y축에 평행하고 인스트루먼트 장착 링크(450)는 Z축에 평행하게 위치한 상태를 기준으로 하여 설명하도록 한다.
- [395] 마찬가지로, 제2 링크(440)가 직선 운동하면 인스트루먼트 장착 링크(450)와 수술용 인스트루먼트(20)가 함께 직선 운동하게 된다. 이로 인해, 인스트루먼트 장착 링크(450) 및 수술용 인스트루먼트(20)의 좌표계는 고정된 것이 아니라, 제2 링크(440)의 직선 운동에 따라 상대적으로 계속 변화하게 된다.
- [396] 마찬가지로, 인스트루먼트 장착 링크(450)가 회전하면 수술용 인스트루먼트(20)가 함께 회전하게 된다. 이로 인해, 수술용 인스트루먼트(20)의 좌표계는 고정된 것이 아니라, 인스트루먼트 장착 링크(450)의 회전에 따라 상대적으로 계속 변화하게 된다.
- [397] 제2 링크(440)는 제1 링크(430)와 결합하며, 제1 링크(430)에 대해서 제2 축(A2)을 따라 일 방향으로 직선 왕복 운동할 수 있다. 여기서 도면에는 제1 링크(430)에 대해 제2 링크(440)가 X축 방향을 따라 직선 왕복 운동하는 것으로 도시되어 있으나, 본 발명의 사상은 이에 제한되지 아니하며, 링크들의 형상 및 구성에 따라 제2 링크(440)의 직선 왕복 축이 다양하게 형성될 수 있을 것이다.
- [398] 이와 같은 직선 운동을 구현하기 위해 제1 링크(430) 또는 제2 링크(440) 중 어느 일 축에는 리니어 액츄에이터(미도시)가 구비될 수 있다.
- [399] 여기서 제1 축(A1)과 제2 축(A2)은 일반적으로 서로 상이한 축일 수 있다. 또는 제1 링크(430) 또는 제2 링크(440) 등을 일정 정도 절곡하여 제1 축(A1)과 제2

축(A2)이 평행하게 형성된다고 하더라도, 제2 축(A2)은 RCM를 지나가지는 않도록 형성될 수 있다.

- [400] 인스트루먼트 장착 링크(450)와 제2 링크(440)는 제3 축(A3) 방향으로 결합되는 링크 회전축(460)에 의해 축 결합하여, 인스트루먼트 장착 링크(450)가 제2 링크(440)에 대해 제3 축(A3)을 중심으로 회전가능하도록 형성된다. 즉, 도면에서 보았을 때 X축을 중심으로 회전할 수 있다.
- [401] 이와 같은 회전 운동을 구현하기 위해 제2 링크(440) 또는 인스트루먼트 장착 링크(450) 중 어느 일 축에는 모터가 구비될 수 있다.
- [402] 한편, 인스트루먼트 장착 링크(450)에는 인스트루먼트 장착부(451) 및 가이드 레일(452)이 형성되어, 인스트루먼트 장착부(451)에 수술용 인스트루먼트(20)가 장착된 상태에서, 제4 축(A4) 방향으로 형성된 가이드 레일(452)을 따라 인스트루먼트 장착부(451)가 직선운동 할 수 있다. 이와 같은 직선 운동을 구현하기 위해 인스트루먼트 장착부(451)에는 리니어 액츄에이터(미도시)가 구비될 수 있다.
- [403] 여기서 제4 축(A4)은 가이드 레일(452)의 형성 방향일 수 있으며 동시에 인스트루먼트 장착 링크(450)에 결합되는 수술용 인스트루먼트(20)의 샤프트(22)의 연장 방향일 수 있다.
- [404] 그리고 이와 같은 수술용 로봇 암(400)의 인스트루먼트 장착 링크(450)의 인스트루먼트 장착부(451)에 수술용 인스트루먼트(20)가 장착된다.
- [405] 여기서 도면에는 도시되지 않았지만, 인스트루먼트 장착부(451)에는 수술용 인스트루먼트(20)와 결합하여 수술용 인스트루먼트(20)의 운동을 제어하기 위한 인터페이스부(미도시)가 더 형성될 수 있다. 인터페이스부(미도시)에는 수술용 인스트루먼트(20)의 구동부(23)와의 결합을 위한 구성 요소 및 수술용 로봇 암(400)으로부터 구동력을 수술용 인스트루먼트(20)로 전달하기 위한 모터 등이 구비될 수 있다. 이 인터페이스부(미도시)에 의해 수술용 인스트루먼트(20)의 엔드 툴(21)이 피치(pitch), 요(yaw), 액츄에이션(actuation) 운동을 수행할 수 있다. 나아가 이 인터페이스부(미도시)에 의해 수술용 인스트루먼트(20)의 샤프트(22)와 엔드 툴(21)이 제4 축(A4)을 중심으로 롤(roll) 운동을 수행할 수 있다.
- [406] 한편, 수술용 인스트루먼트(20)가 환자의 신체에 삽입되기 위한 삽입 통로가 되는 트로카(30)가 인스트루먼트 장착 링크(450)에 결합될 수 있으며, 트로카(30)가 신체에 삽입된 상태에서 수술용 인스트루먼트(20)가 트로카(30)를 통해 환자의 신체에 삽입될 수 있다. 그리고 이와 같은 트로카(30) 상의 소정의 위치에 RCM이 형성될 수 있다. 그리고, 전술한 바와 같이 제1 링크(430)의 롤 회전축인 제1 축(A1)이 이 RCM를 지나도록 형성될 수 있다.
- [407] 또한, 수술용 인스트루먼트(20)는 구동부(23)를 더 포함할 수 있다. 구동부(23)에는 인터페이스부(미도시)와의 결합을 위한 구성 요소 및 모터에 맞물려 작동되는 구동 휠 등이 형성될 수 있다. 이처럼, 인터페이스부(미도시)와

구동부(23)에는 서로 대응되는 결합 수단 및 구동전달 수단이 각각 형성되며, 이로써 수술용 인스트루먼트(20)가 인스트루먼트 장착 링크(450)에 장착된 상태에서 수술용 로봇 암(400)으로부터 구동력을 전달받아 작동되게 된다.

[408]

[409] 본 발명에서 수술용 로봇 암(400)의 RCM 구조는 수술용 로봇 암(400)의 일측에 수술용 인스트루먼트(20)를 장착하고, 수술용 인스트루먼트(20)가 그것이 삽입되는 트로카(30) 상의 소정 지점(RCM)을 중심으로 회전하도록 작동 및 제어하는 구조이다. 여기서 본 실시예에 따른 RCM 구조는, 기존의 기계식 평행사변형 링크 구조가 아니라 각 링크에 대한 전자식 제어를 통해 구현되는 것을 특징으로 한다.

[410] 특히, 본 실시예가 이전의 실시예들과 상이한 점은, RCM과 베이스 링크(420)의 회전축(A1)이 서로 만나지 않고 이격되어 있어도 RCM 모션이 가능해지므로, 수술용 로봇 암의 초기 세팅이 간편해지는 것이다. 즉, XY 평면에 있어서 RCM과 베이스 링크(420)가 일정 정도 이격되어도 RCM 동작이 가능해지는 것을 특징으로 한다.

[411] 즉, 도 47 (b) 및 도 47 (c)에 도시된 바와 같이, 제1 링크(430)의 롤 회전축인 제1 축(A1)이 RCM을 지나도록 배치되지 않더라도 RCM 모션이 가능하게 된다. 이는 본 실시예에서 추가적으로 부여된 자유도인, 베이스(410)에 대한 베이스 링크(420)의 회전에 의해 가능해진다. 즉, 본 실시예의 수술용 로봇 암(400)은 총 5 자유도를 가지며, 이러한 5 자유도의 운동에 의해, XY 평면 상에서 제1 축(A1)이 RCM을 지나지 않더라도 RCM 모션이 가능하게 되는 것이다.

[412] 이하에서는 편의상 도면의 X축 방향으로의 제어와 Y축 방향으로의 제어를 나누어서 설명하나, X축 방향으로의 제어와 Y축 방향으로의 제어가 결합하여 전체적인 제어를 수행한다고 할 수 있다. 또한 각 링크의 회전 및 직선 운동에 의해 각 구성요소의 좌표계는 상대적으로 변화할 수 있으나, 아래의 설명에서는 편의상 베드(bed)를 기준점으로 하여, 베드(bed)의 X축 방향 및 Y축 방향으로 기준으로 설명하도록 한다.

[413] 이에 대해 보다 상세히 설명하면 다음과 같다.

[414] 먼저, X축 방향으로의 제어는,

[415] 1) 제1 링크(430)에 대한 제2 링크(440)의 직선 운동의 제어,

[416] 2) 제2 링크(440)에 대한 인스트루먼트 장착 링크(450)의 회전 운동의 제어,

[417] 3) 인스트루먼트 장착 링크(450)의 가이드 레일(452)에 대한 인스트루먼트 장착부(451)의 직선 운동의 제어의 조합으로 구현될 수 있다.

[418] 상세히, X축을 중심으로 한 수술용 인스트루먼트(20)의 회전 운동을 제어하기 위해서는 먼저 제2 링크(440)가 제1 링크(430)에 대해 제2 축(A2)을 따라 직선 운동을 수행한다. 그리고 이와 동시에, 인스트루먼트 장착 링크(450)가 제2 링크(440)에 대해 제3 축(A3)을 중심으로 회전 운동을 수행하도록 제어하여, RCM 모션을 수행하게 된다. 이에 따라, 링크들이 움직이더라도 RCM은 그

위치를 유지하게 된다.

[419] 또한 수술용 인스트루먼트(20)가 X축을 중심으로 한 회전 운동을 하더라도 인스트루먼트의 삽입 깊이(도 6의 LE 참조)는 변해서는 안 되므로, 제4 축(A4)을 따라 형성된 가이드 레일(452)을 따라 인스트루먼트 장착부(451)(및 이와 결합된 수술용 인스트루먼트(20))를 직선 이동시킴으로써, 인스트루먼트 삽입 깊이(도 6의 LE 참조)를 일정하게 유지할 수 있다.

[420] 이를 다른 관점에서 설명하면, 수술용 인스트루먼트(20)가 Z축에 수직인 상태(도 47 참조)에서의 트로카(30)의 인입부(도 9의 31 참조)로부터 RCM까지의 길이(도 9의 L1 참조)에 비해, 제2 링크(440)가 제1 링크(430)에 대해 직선운동을 하여 제1 링크(430)로부터 인출(도 48 참조)되거나 또는 제1 링크(430)로 인입(도 49 참조)되었을 때의 트로카(30)의 인입부(도 9의 31 참조)로부터 RCM까지의 길이(도 9의 L2 참조)는 더 길어지게 된다. 반대로 이때 트로카(30)의 인출부(도 9의 32 참조)로부터 RCM까지의 거리는 짧아지게 된다. 따라서, 만약 수술용 인스트루먼트(20)가 트로카(30)와 함께 움직이게 된다면, 트로카(30) 및 그 내부의 수술용 인스트루먼트(20)는 상대적으로 인체 내부에서 외부로 빠져나오는 방향으로 이동하는 셈이 된다.

[421] 따라서, 적어도 수술용 인스트루먼트(20)의 환자 체내에서의 삽입 깊이(도 6의 LE 참조)는 일정하게 유지되도록 하기 위하여, 가이드 레일(452)을 따라 인스트루먼트 장착부(451)(및 이와 결합된 수술용 인스트루먼트(20))를 인체 내에 삽입하는 방향으로 직선 이동시킴으로써, 엔드 툴(21)의 끝단으로부터 RCM까지의 거리를 일정하게 유지해 주는 것이다.

[422] 이와 같이, 1) 제1 링크(430)에 대한 제2 링크(440)의 직선 운동의 제어와, 2) 제2 링크(440)에 대한 인스트루먼트 장착 링크(450)의 회전 운동의 제어와, 3) 인스트루먼트 장착 링크(150)의 가이드 레일(452)에 대한 인스트루먼트 장착부(451)의 직선 운동의 제어를 조합하여 수행함으로써, 링크들이 운동하더라도 X축 방향에 있어서의 RCM는 그 위치를 유지하게 된다.

[423] 물론 엄밀히 이야기하자면, 수술용 로봇 암(400) 자체의 RCM는 1) 제1 링크(430)에 대한 제2 링크(440)의 직선 운동의 제어와, 2) 제2 링크(440)에 대한 인스트루먼트 장착 링크(450)의 회전 운동의 제어 만으로 구현될 수 있다. 다만, 실제 수술 시에는 수술용 로봇 암(400) 자체의 RCM의 유지 뿐 아니라, 수술용 인스트루먼트(20)의 인체 삽입 깊이도 일정하게 유지하여야 하기에, 인스트루먼트 장착 링크(450)의 가이드 레일(452)에 대한 인스트루먼트 장착부(451)의 직선 운동의 제어까지 함께 수행하게 되는 것이다.

[424] 다음으로, Y축 방향으로의 RCM 제어는,

[425] 1) 제1 축(A1)을 중심으로 하는 제1 링크(430)의 롤 회전 운동의 제어,

[426] 2) 제2 링크(440)에 대한 인스트루먼트 장착 링크(450)의 회전 운동의 제어,

[427] 3) 제1 링크(430)에 대한 제2 링크(440)의 직선 운동의 제어,

[428] 4) 수술용 인스트루먼트(20)의 롤(roll) 운동의 제어,

- [429] 5) 베이스(410)에 대한 베이스 링크(420)의 회전 운동의 제어의 조합으로 구현될 수 있다.
- [430] 상세히, Y축을 중심으로 한 수술용 인스트루먼트(20)의 회전 운동을 제어하기 위해서는 먼저 제1 축(A1)을 중심으로 제1 링크(430)가 롤 회전 운동을 수행한다. 그러면, 제1 링크(430) 및 제1 링크(430)와 차례로 연결된 제2 링크(440), 인스트루먼트 장착 링크(450), 수술용 인스트루먼트(20)가 모두 함께 제1 축(A1)을 중심으로 롤(roll) 회전을 하게 된다.
- [431] 이때 제1 링크(430)의 회전축인 제1 축(A1)과 Y축이 일치하지 않고 비스듬하게 형성되므로, 제1 링크(430)만 회전하게 되면 의도하지 않은 운동이 섞이게 된다. 즉, 도면에 도시된 바와 같이, 제1 링크(430)가 회전하면, 제2 링크(440), 인스트루먼트 장착 링크(450) 및 수술용 인스트루먼트(20)가 일종의 롤링(rolling)을 하게 된다.
- [432] 이를 보상하기 위해서, 제1 링크(430)의 회전과 함께, 인스트루먼트 장착 링크(450)가 제2 링크(440)에 대해 링크 회전축(460)을 중심으로 회전 운동을 수행하도록 제어하는 동시에, 제1 링크(430)에 대한 제2 링크(440)의 직선 운동을 수행하도록 제어한다. 또한 동시에, 베이스 링크(420)가 베이스(410)에 대해 A6 축을 중심으로 회전 운동을 수행하도록 제어하여, RCM 모션을 수행하게 된다. 즉, 링크들이 움직이더라도 RCM는 그 위치를 유지하게 된다.
- [433] 이와 더불어, 수술용 인스트루먼트(20)의 샤프트(22)와 엔드 툴(21)이 제4 축(A4)을 중심으로 롤(roll) 운동을 수행하도록 제어하여, 제1 링크(430)의 회전과 무관하게 엔드 툴(21) 또한 그 자세를 유지하도록 보상할 수 있다.
- [434] 이와 같이, 1) 제1 축(A1)을 중심으로 하는 제1 링크(430)의 롤 회전 운동의 제어와, 2) 제2 링크(440)에 대한 인스트루먼트 장착 링크(450)의 회전 운동의 제어와, 3) 제1 링크(430)에 대한 제2 링크(440)의 직선 운동의 제어와, 4) 수술용 인스트루먼트(20)의 롤(roll) 운동의 제어와, 5) 베이스(410)에 대한 베이스 링크(420)의 회전 운동의 제어를 조합하여 수행함으로써, 링크들이 운동하더라도 Y축 방향에 있어서의 RCM는 그 위치를 유지하게 된다.
- [435] 결론적으로, (수술용 인스트루먼트(20)를 제외한) 수술용 로봇 암(400) 자체의 자유도(Degree of Freedom)의 관점에서 본다면, 본 발명의 제3 실시예에 따른 수술용 로봇 암(400)은, 1) 제1 축(A1)을 중심으로 하는 제1 링크(430)의 롤 회전 운동, 2) 제1 링크(430)에 대한 제2 링크(440)의 직선 운동, 3) 제2 링크(440)에 대한 인스트루먼트 장착 링크(450)의 회전 운동, 4) 인스트루먼트 장착 링크(450)의 가이드 레일(452)에 대한 인스트루먼트 장착부(451)의 직선 운동, 5) 베이스(410)에 대한 베이스 링크(420)의 회전 운동의 5개의 자유도를 가짐으로써 작동할 수 있다.
- [436] 이와 같은 본 발명에 의해서, 전자식 제어를 통해 RCM 제어를 구현함으로써, 전체 기구 크기가 작아지고 구성이 간단 해지며, 따라서 공간 효율성이 커지고 로봇 암간 충돌이 발생하지 않는 효과를 얻을 수 있다. 특히, 수술용

인스트루먼트(20)를 동작 시키기 위해, 종래와 같이 수술용 인스트루먼트(20)의 뒤쪽(즉, 엔드 툴(21)의 반대쪽)을 잡고 구동하는 것이 아니라, 상대적으로 엔드 툴(21)과 가까운 트로카(30)와의 결합부 부분을 잡고 구동함으로써, 수술용 로봇 암(400)의 동작 범위가 작아지고, 동작에 필요한 구동력이 작아지는 효과를 얻을 수 있다.

[437]

[438] <수술용 로봇 암의 제4 실시예>

[439] 이하에서는 본 발명의 제4 실시예에 따른 수술용 로봇 암(600)에 대해 설명한다. 여기서, 본 발명의 제4 실시예에 따른 수술용 로봇 암(600)은 앞서 기술한 본 발명의 제1 실시예에 따른 수술용 로봇 암(도 4의 100 참조)에 비해 로봇 암(600)의 제1 링크(630)의 구성과, 로봇 암(600)의 베이스 링크(620)의 동작이 특징적으로 달라진다. 다시 말하면, 본 발명의 제4 실시예에 따른 로봇 암(600)은 도 4의 실시예에 비해 제1 링크(630)의 제1 영역(631)과 제2 영역(632)이 피치 회전축(635)을 중심으로 서로에 대해 회전 가능하도록 형성된 실시예이다. 나아가 본 발명의 제4 실시예에 따른 로봇 암(600)은 도 4의 실시예에 비해 베이스 링크(620)가 베이스(610)에 대해 회전이 가능하도록 형성된 실시예이다. 이와 같이 제1 실시예에 비해 달라진 구성은 뒤에서 상세히 설명하도록 한다.

[440] 도 54는 본 발명의 제4 실시예에 따른 수술용 로봇 암(600)의 전체 구조를 나타낸 사시도이다. 도 55는 도 54의 수술용 로봇 암의 측면도이다. 도 56 내지 도 58은 도 54의 수술용 로봇 암의 X축 방향 RCM 모션(피치 동작)을 나타내는 측면도와 평면도이다. 도 59 내지 도 61은 도 54의 수술용 로봇 암의 Y축 방향 RCM 모션(요 동작)을 나타내는 사시도이다. 도 62는 도 54의 수술용 로봇 암이 옆으로 누운 상태를 나타내는 측면도와 평면도이다.

[441] 도 54 내지 62를 참조하면, 본 발명의 제4 실시예에 따른 수술용 로봇 암(600)은 베이스(610), 베이스 링크(620), 제1 링크(630), 제2 링크(640), 인스트루먼트 장착 링크(650)를 포함한다. 여기서, 본 발명의 제4 실시예에 따른 수술용 로봇 암(600)은 제1 링크(630)가 제1 영역(631)과 제2 영역(632)의 두 부분으로 이루어지며, 제1 영역(631)과 제2 영역(632)이 피치 회전축(635)을 중심으로 서로에 대해 회전 가능하도록 형성되는 것을 일 특징으로 한다.

[442] 베이스(610)는 수술용 로봇 암(600) 전체의 기저부의 역할을 수행한다. 여기서 베이스(610)의 하면에는 바퀴와 같은 이동 수단(미도시)이 형성되어, 베이스(610)가 일종의 카트 역할을 수행할 수도 있다. 또한 베이스(610)에는 위치 고정 수단(미도시)이 더 형성되어, 수술 중에 베이스(610)의 위치를 고정시킬 수도 있다. 다만, 본 발명의 사상은 이에 제한되지 아니하며, 베이스(610)가 베드(bed)에 탈부착 가능한 형상으로 형성되거나, 또는 벽면에 탈부착 가능한 형상으로 형성될 수도 있다 할 것이다.

[443] 베이스 링크(620)는 연장부(621)와 롤 회전 베이스부(622)를 포함한다.

연장부(621)는 베이스(610)로부터 일 방향으로 연장되어 형성될 수 있으며, 도면에는 베이스 링크(620)의 연장부(621)가 베이스(610)로부터 Z축 방향으로 연장 형성되어 있는 것으로 도시되어 있다. 다시 말하면, 베이스 링크(620)의 일 단부는 베이스(610)와 연결되어 있다.

- [444] 여기서, 본 실시예는 베이스 링크(620)가 베이스(610)에 대해서 제6 축(A6)을 따라 회전 가능하도록 형성되는 것을 특징으로 한다. 여기서 도면에는 베이스(610)에 대해 베이스 링크(620)가 제6 축(A6)을 중심으로 회전하는 것으로 도시되어 있으나, 본 발명의 사상은 이에 제한되지 아니하며, 링크들의 형상 및 구성에 따라 베이스 링크(620)의 회전 중심축이 다양하게 형성될 수 있을 것이다.
- [445] 한편, 베이스 링크(620)의 타 단부에는 롤 회전 베이스부(622)가 형성된다. 롤 회전 베이스부(622)는 연장부(621)와 소정의 각을 갖도록 일정 정도 기울어지게 형성될 수 있다. 도면에는 롤 회전 베이스부(622)가 연장부(621)와 거의 직각을 이루도록 연장부(621)로부터 돌출 형성되는 것으로 도시되어 있다.
- [446] 여기서, 베이스 링크(620)의 롤 회전 베이스부(622)는 제1 방향을 따라 형성된 제1 축(A1)을 중심으로 한 원통 형상으로 형성될 수 있다. 그리고 이 롤 회전 베이스부(622)와 연결된 제1 링크(630)(및 제1 링크(630)와 차례로 연결된 제2 링크(640), 인스트루먼트 장착 링크(650), 수술용 인스트루먼트(20)가 모두 함께)는 제1 축(A1)을 중심으로 롤(roll) 회전하도록 형성될 수 있다.
- [447] 여기서, 베이스 링크(620)의 연장부(621)는 베이스(610)에 대해 A6 축을 중심으로 회전 가능하도록 형성된다. 즉, 본 실시예에서는 베이스 링크(620)가 베이스(610)에 대해서 제6 축(A6)을 중심으로 시계방향 또는 반시계방향으로 회전하는 것을 특징으로 한다.
- [448] 여기서, 베이스(610)에 대한 베이스 링크(620)의 회전은, 수술 시작 전의 수술용 로봇 암(600)의 셋업(set-up) 단계에서 수행될 수 있다. 그리고 셋업(set-up) 단계에서의 베이스(610)에 대한 베이스 링크(620)의 회전에 의해, XY 평면상에서 베이스 링크(620)의 롤 회전축인 제1 축(A1)과 RCM이 일치하지 않게 셋업 될 경우, 수술용 로봇 암(600)의 작동 중에도 실시간으로 베이스(610)에 대해 베이스 링크(620)가 회전하게 된다.
- [449] 상세히, 본 발명의 제3 실시예에 대한 도 45 등에서 설명한 바와 같이, 베이스 링크(620)는 베이스(610)에 대해 제6 축(A6)을 중심으로 회전 가능하도록 형성되어, 베이스 링크(620)가 XY 평면상에서 다양한 위치에 위치할 수 있다. 이와 같은 구성에 의해서, 본 실시예에서는 베이스 링크(620)의 롤 회전축인 제1 축(A1)과 RCM이 일치하지 않더라도 RCM 모션이 구현 가능한 것을 일 특징으로 한다. 즉, 베이스 링크(720)가 XY 평면상에서 어느 위치에 위치하더라도 RCM 모션이 구현될 수 있다.
- [450] 제1 링크(630)는 베이스 링크(620), 보다 상세하게는 베이스 링크(620)의 롤 회전 베이스부(622)와 결합하며, 롤 회전 베이스부(622)의 제1 축(A1)을 중심으로 제1 링크(630) 전체가 회전 가능하도록 형성될 수 있다. 또는 제1

링크(630)가 베이스 링크(620)를 중심으로 롤링(rolling) 한다고 표현할 수도 있을 것이다. 이와 같은 베이스 링크(620)에 대한 제1 링크(630)의 회전 운동을 구현하기 위해 베이스 링크(620) 또는 제1 링크(630) 중 어느 일 측에는 모터가 구비될 수 있다.

- [451] 한편, 제1 링크(630)는 베이스 링크(620)와 결합하는 제1 영역(631)과, 제2 링크(640)와 결합하는 제2 영역(632)을 포함할 수 있다. 여기서, 제1 영역(631)의 중심축과 제2 영역(632)의 중심축은 서로 소정의 각도를 이루도록 형성될 수 있다. 그리고, 제1 영역(631)과 제2 영역(632)은 제5 축(A5) 방향으로 형성되는 피치 회전축(635)에 의해 축 결합하여, 제2 영역(632)이 제1 영역(631)에 대해 제5 축(A5)을 중심으로 회전가능하도록 형성된다. 즉, 도면에서 보았을 때 X축을 중심으로 회전할 수 있다.
- [452] 여기서, 제1 영역(631)의 중심축은 제1 축(A1)과 일치할 수 있다.
- [453] 여기서 제1 링크(630)가 제1 축(A1)을 중심으로 회전하면, 제1 링크(630)와 연결된 제2 링크(640), 인스트루먼트 장착 링크(650), 및 수술용 인스트루먼트(20)가 함께 회전하게 된다.
- [454] 상술한 바와 같이, 제1 영역(631)의 중심축과 제2 영역(632)의 중심축은 서로 소정의 각도를 이루도록 형성될 수 있다. 즉, 제1 링크(630)의 중심축은 제1 축(A1)과 일치할 수 있으며, 제2 영역(632)의 중심축은 후술할 제2 링크(640)의 제2 축(A2)과 일치할 수 있다.
- [455] 한편, 제1 영역(631)에 대한 제2 영역(632)의 회전 운동을 구현하기 위해 제1 영역(631) 또는 제2 영역(632) 중 어느 일 측에는 모터가 구비될 수 있다.
- [456] 제2 링크(640)는 제1 링크(630)의 제2 영역(632)과 결합하며, 제1 링크(630)의 제2 영역(632)에 대해서 제2 축(A2)을 따라 일 방향으로 직선 왕복 운동할 수 있다. 여기서 도면에는 제1 링크(630)에 대해 제2 링크(640)가 X축 방향을 따라 직선 왕복 운동하는 것으로 도시되어 있으나, 본 발명의 사상은 이에 제한되지 아니하며, 링크들의 형상 및 구성에 따라 제2 링크(640)의 직선 왕복 축이 다양하게 형성될 수 있을 것이다.
- [457] 이와 같은 직선 운동을 구현하기 위해 제1 링크(630) 또는 제2 링크(640) 중 어느 일 측에는 리니어 액츄에이터(미도시)가 구비될 수 있다.
- [458] 여기서 제1 축(A1)과 제2 축(A2)은 일반적으로 서로 상이한 축일 수 있다. 또는 제1 링크(630) 또는 제2 링크(640) 등을 일정 정도 절곡하여 제1 축(A1)과 제2 축(A2)이 평행하게 형성된다고 하더라도, 제2 축(A2)은 RCM를 지나가지는 않도록 형성될 수 있다.
- [459] 인스트루먼트 장착 링크(650)와 제2 링크(640)는 제3 축(A3) 방향으로 결합되는 링크 회전축(660)에 의해 축 결합하여, 인스트루먼트 장착 링크(650)가 제2 링크(640)에 대해 제3 축(A3)을 중심으로 회전가능하도록 형성된다. 즉, 도면에서 보았을 때 X축을 중심으로 회전할 수 있다. 이와 같은 회전 운동을 구현하기 위해 제2 링크(640) 또는 인스트루먼트 장착 링크(650) 중 어느 일

측에는 모터가 구비될 수 있다.

- [460] 한편, 인스트루먼트 장착 링크(650)에는 인스트루먼트 장착부(651) 및 가이드 레일(652)이 형성되어, 인스트루먼트 장착부(651)에 수술용 인스트루먼트(20)가 장착된 상태에서, 제4 축(A4) 방향으로 형성된 가이드 레일(652)을 따라 인스트루먼트 장착부(651)가 직선운동 할 수 있다. 이와 같은 직선 운동을 구현하기 위해 인스트루먼트 장착부(651)에는 리니어 액츄에이터(미도시)가 구비될 수 있다.
- [461] 여기서 제4 축(A4)은 가이드 레일(652)의 형성 방향일 수 있으며 동시에 인스트루먼트 장착 링크(650)에 결합되는 수술용 인스트루먼트(20)의 샤프트의 연장 방향일 수 있다.
- [462] 그리고 이와 같은 수술용 로봇 암(600)의 인스트루먼트 장착 링크(650)의 인스트루먼트 장착부(651)에 수술용 인스트루먼트(20)가 장착된다.
- [463] 여기서 도면에는 도시되지 않았지만, 인스트루먼트 장착부(651)에는 수술용 인스트루먼트(20)와 결합하여 수술용 인스트루먼트(20)의 운동을 제어하기 위한 인터페이스부(미도시)가 더 형성될 수 있다. 인터페이스부(미도시)에는 수술용 인스트루먼트(20)의 구동부(23)와의 결합을 위한 구성 요소 및 수술용 로봇 암(600)으로부터 구동력을 수술용 인스트루먼트(20)로 전달하기 위한 모터 등이 구비될 수 있다. 이 인터페이스부(미도시)에 의해 수술용 인스트루먼트(20)의 엔드 툴(21)이 피치(pitch), 요(yaw), 액츄에이션(actuation) 운동을 수행할 수 있다. 나아가 이 인터페이스부(미도시)에 의해 수술용 인스트루먼트(20)의 샤프트(22)와 엔드 툴(21)이 제4 축(A4)을 중심으로 롤(roll) 운동을 수행할 수 있다.
- [464] 한편, 수술용 인스트루먼트(20)가 환자의 신체에 삽입되기 위한 삽입 통로가 되는 트로카(30)가 더 구비될 수 있으며, 트로카(30)가 신체에 삽입된 상태에서 수술용 인스트루먼트(20)가 트로카(30)를 통해 환자의 신체에 삽입될 수 있다. 그리고 이와 같은 트로카(30) 상의 소정의 위치에 RCM이 형성될 수 있다. 그리고, 전술한 바와 같이 제1 링크(630)의 롤 회전축인 제1 축(A1)이 이 RCM를 지나도록 형성될 수 있다.
- [465] 또한, 수술용 인스트루먼트(20)는 구동부(23)를 더 포함할 수 있다. 구동부(23)에는 인터페이스부(미도시)와의 결합을 위한 구성 요소 및 모터에 맞물려 작동되는 구동 휠 등이 형성될 수 있다. 이처럼, 인터페이스부(미도시)와 구동부(23)에는 서로 대응되는 결합 수단 및 구동전달 수단이 각각 형성되며, 이로써 수술용 인스트루먼트(20)가 인스트루먼트 장착 링크(650)에 장착된 상태에서 수술용 로봇 암(600)으로부터 구동력을 전달받아 작동되게 된다.
- [466]
- [467] 본 발명에서 수술용 로봇 암(600)의 RCM 구조는 수술용 로봇 암(600)의 일 측에 수술용 인스트루먼트(20)를 장착하고, 수술용 인스트루먼트(20)가 그것에 삽입되는 트로카(30) 상의 소정 지점(RCM)을 중심으로 회전하도록 작동 및

제어하는 구조이다. 여기서 본 실시예에 따른 RCM 구조는, 기존의 기계식 평행사변형 링크 구조가 아니라 각 링크에 대한 전자식 제어를 통해 구현되는 것을 특징으로 한다.

[468] 특히, 본 실시예가 이전의 실시예들과 상이한 점은, RCM과 베이스 링크(620)의 회전축(A1)이 서로 만나지 않고 이격되어 있어도 RCM 모션이 가능해지므로, 수술용 로봇 암의 초기 세팅이 간편해지는 것이다. 즉, XY 평면에 있어서 RCM과 베이스 링크(620)가 일정 정도 이격되어도 RCM 동작이 가능해지는 것을 특징으로 한다.

[469] 즉, 제3 실시예의 도 47 등에 도시된 바와 동일하게, XY 평면 상에서 제1 링크(630)의 롤 회전축인 제1 축(A1)이 RCM을 지나도록 배치되지 않더라도 RCM 모션이 가능하게 된다. 이는 본 실시예에서 추가적으로 부여된 자유도인, 베이스(610)에 대한 베이스 링크(620)의 회전 운동 및 제1 링크(630)의 제1 영역(631)에 대한 제2 영역(632)의 회전 운동에 의해 가능해진다. 즉, 본 실시예의 수술용 로봇 암(600)은 총 6 자유도를 가지며, 이러한 6 자유도의 운동에 의해, XY 평면 상에서 제1 축(A1)이 RCM을 지나지 않더라도 RCM 모션이 가능하게 되는 것이다.

[470]

[471] 이하에서는 편의상 도면의 X축 방향으로의 제어와 Y축 방향으로의 제어를 나누어서 설명하나, X축 방향으로의 제어와 Y축 방향으로의 제어가 결합하여 전체적인 제어를 수행한다고 할 수 있다. 또한 각 링크의 회전 및 직선 운동에 의해 각 구성요소의 좌표계는 상대적으로 변화할 수 있으나, 아래의 설명에서는 편의상 베드(bed)를 기준점으로 하여, 베드(bed)의 X축 방향 및 Y축 방향으로 기준으로 설명하도록 한다.

[472] 이에 대해 보다 상세히 설명하면 다음과 같다.

[473] 먼저, X축 방향으로의 제어는,

[474] 1) 제1 링크(630)에 대한 제2 링크(640)의 직선 운동의 제어,

[475] 2) 제2 링크(640)에 대한 인스트루먼트 장착 링크(650)의 회전 운동의 제어,

[476] 3) 제1 링크(630)의 제1 영역(631)에 대한 제1 링크(630)의 제2 영역(632)의 회전 운동의 제어의 조합으로 구현될 수 있다.

[477] 상세히, X축을 중심으로 한 수술용 인스트루먼트(20)의 회전 운동을 제어하기 위해서는 먼저 제2 링크(640)가 제1 링크(630)에 대해 제2 축(A2)을 따라 직선 운동을 수행한다. 그리고 이와 동시에, 인스트루먼트 장착 링크(650)가 제2 링크(640)에 대해 제3 축(A3)을 중심으로 회전 운동을 수행하고, 제1 링크(630)의 제2 영역(632)이 제1 링크(630)의 제1 영역(631)에 대해 회전 운동을 수행하도록 제어하여, RCM 모션을 수행하게 된다. 이에 따라, 링크들이 움직이더라도 RCM은 그 위치를 유지하게 된다.

[478] 이때, 수술용 인스트루먼트(20)가 X축을 중심으로 한 회전 운동을 하더라도 인스트루먼트의 삽입 깊이(도 6의 LE 참조)는 변해서는 안 되며, 또한

- RCM으로부터 트로카(30) 끝단까지의 거리(도 6의 Lt 참조)도 변해서는 안 된다.
- [479] 이를 위하여, 본 발명의 제4 실시예에 따른 수술용 로봇 암(600)은 앞서 기술한 본 발명의 제1 실시예에 따른 수술용 로봇 암(도 4의 100 참조)에 비해 자유도가 하나 추가된 것을 특징으로 한다. 즉, 본 발명의 제4 실시예에 따른 수술용 로봇 암(600)은 제1 링크(630)의 제1 영역(631)과 제2 영역(632)이 피치 회전축(635)을 중심으로 서로에 대해 회전 가능하도록 형성된다.
- [480] 따라서, X축을 중심으로 한 수술용 인스트루먼트(20)의 회전 운동을 제어함에 있어서, 제1 링크(630)의 제2 영역(632)이 제1 링크(630)의 제1 영역(631)에 대해 회전하도록 제어할 수 있으며, 이에 따라 수술용 인스트루먼트(20) 및 트로카(30)의 삽입 깊이를 일정하게 유지해 줄 수 있게 된다.
- [481] 이와 같이, 1) 제1 링크(630)에 대한 제2 링크(640)의 직선 운동의 제어와, 2) 제2 링크(640)에 대한 인스트루먼트 장착 링크(650)의 회전 운동의 제어와, 3) 제1 링크(630)의 제1 영역(631)에 대한 제1 링크(630)의 제2 영역(632)의 회전 운동의 제어를 조합하여 수행함으로써, 링크들이 운동하더라도 X축 방향에 있어서의 RCM는 그 위치를 유지하게 된다.
- [482]
- [483] 다음으로, Y축 방향으로의 RCM 제어는,
- [484] 1) 제1 축(A1)을 중심으로 하는 제1 링크(630)의 롤 회전 운동의 제어,
- [485] 2) 제2 링크(640)에 대한 인스트루먼트 장착 링크(650)의 회전 운동의 제어,
- [486] 3) 제1 링크(630)에 대한 제2 링크(640)의 직선 운동의 제어,
- [487] 4) 수술용 인스트루먼트(20)의 롤(roll) 운동의 제어,
- [488] 5) 베이스(610)에 대한 베이스 링크(620)의 회전 운동의 제어의 조합으로 구현될 수 있다.
- [489] 상세히, Y축을 중심으로 한 수술용 인스트루먼트(20)의 회전 운동을 제어하기 위해서는 먼저 제1 축(A1)을 중심으로 제1 링크(630)가 롤 회전 운동을 수행한다. 그러면, 제1 링크(630) 및 제1 링크(630)와 차례로 연결된 제2 링크(640), 인스트루먼트 장착 링크(650), 수술용 인스트루먼트(20)가 모두 함께 제1 축(A1)을 중심으로 롤(roll) 회전을 하게 된다.
- [490] 이때 제1 링크(630)의 회전축인 제1 축(A1)과 Y축이 일치하지 않고 비스듬하게 형성되므로, 제1 링크(630)만 회전하게 되면 의도하지 않은 운동이 섞이게 된다. 즉, 도면에 도시된 바와 같이, 제1 링크(630)가 회전하면, 제2 링크(640), 인스트루먼트 장착 링크(650) 및 수술용 인스트루먼트(20)가 일종의 롤링(rolling)을 하게 된다.
- [491] 이를 보상하기 위해서, 제1 링크(630)의 회전과 함께, 인스트루먼트 장착 링크(650)가 제2 링크(640)에 대해 제3 축(A3)을 중심으로 회전 운동을 수행하도록 제어하는 동시에, 제1 링크(630)에 대한 제2 링크(640)의 직선 운동을 수행하도록 제어하는 동시에, 베이스 링크(620)가 베이스(610)에 대해 제6 축(A6)을 중심으로 회전 운동을 수행하도록 제어하여, RCM 모션을 수행하게 된다.

즉, 링크들이 움직이더라도 RCM는 그 위치를 유지하게 된다.

- [492] 이와 더불어, 수술용 인스트루먼트(20)의 샤프트(22)와 엔드 툴(21)이 제4 축(A4)을 중심으로 롤(roll) 운동을 수행하도록 제어하여, 제1 링크(630)의 회전과 무관하게 엔드 툴(21) 또한 그 자세를 유지하도록 보상할 수 있다.
- [493] 이와 같이, 1) 제1 축(A1)을 중심으로 하는 제1 링크(630)의 롤 회전 운동의 제어와, 2) 제2 링크(640)에 대한 인스트루먼트 장착 링크(650)의 회전 운동의 제어와, 3) 제1 링크(630)에 대한 제2 링크(640)의 직선 운동의 제어와, 4) 수술용 인스트루먼트(20)의 롤(roll) 운동의 제어와, 5) 베이스(610)에 대한 베이스 링크(620)의 회전 운동의 제어를 조합하여 수행함으로써, 링크들이 운동하더라도 Y축 방향에 있어서의 RCM는 그 위치를 유지하게 된다.
- [494] 결론적으로, (수술용 인스트루먼트(20)를 제외한) 수술용 로봇 암(600) 자체의 자유도(Degree of Freedom)의 관점에서 본다면, 본 발명의 제4 실시예에 따른 수술용 로봇 암(600)은, 1) 제1 축(A1)을 중심으로 하는 제1 링크(630)의 롤 회전 운동, 2) 제1 링크(630)에 대한 제2 링크(640)의 직선 운동, 3) 제2 링크(640)에 대한 인스트루먼트 장착 링크(650)의 회전 운동, 4) 제1 링크(630)의 제1 영역(631)에 대한 제1 링크(630)의 제2 영역(632)의 회전 운동, 5) 베이스(610)에 대한 베이스 링크(620)의 회전 운동의 5개의 자유도를 가짐으로써 작동할 수 있다. 여기에, 인스트루먼트 장착 링크(650)의 가이드 레일(652)에 대한 인스트루먼트 장착부(651)의 직선 운동을 통해, 수술용 인스트루먼트(20)의 트랜스레이션(translation) 동작, 즉 제4 축(A4) 방향으로의 수술용 인스트루먼트(20)의 직선 운동도 가능하게 된다.
- [495] 이와 같은 본 발명에 의해서, 전자식 제어를 통해 RCM 제어를 구현함으로써, 전체 기구 크기가 작아지고 구성이 간단 해지며, 따라서 공간 효율성이 커지고 로봇 암간 충돌이 발생하지 않는 효과를 얻을 수 있다. 특히, 수술용 인스트루먼트(20)를 동작 시키기 위해, 종래와 같이 수술용 인스트루먼트(20)의 뒤쪽(즉, 엔드 툴(21)의 반대쪽)을 잡고 구동하는 것이 아니라, 상대적으로 엔드 툴(21)과 가까운 트로카(30)와의 결합부 부분을 잡고 구동함으로써, 수술용 로봇 암(100)의 동작 범위가 작아지고, 동작에 필요한 구동력이 작아지는 효과를 얻을 수 있다. 나아가 제1 링크(630)의 제1 영역(631)에 대한 제1 링크(630)의 제2 영역(632)의 회전 운동의 제어를 통해 트로카(30)의 삽입 깊이를 일정하게 제어함으로써, 수술 중에 트로카(30)가 복부로부터 빠질 위험을 제거하여, 안전성을 더욱 향상시킬 수 있다.

[496]

[497] **<수술용 로봇 암의 제4-1 실시예>**

- [498] 이하에서는 본 발명의 제4-1 실시예에 따른 수술용 로봇 암(900)에 대해 설명한다. 여기서, 본 발명의 제4-1 실시예에 따른 수술용 로봇 암(900)은 앞서 기술한 본 발명의 제4 실시예에 따른 수술용 로봇 암(도 54의 600 참조)에 비해 로봇 암(900)의 제1 링크(930) 및 제2 링크(940)의 구성이 특징적으로 달라진다.

- [499] 상세히, 본 발명의 제4 실시예에 따른 로봇 암(600)은 제1 링크(630)에 제1 영역(631), 제2 영역(632) 및 피치 회전축(635)을 구비한데 비하여, 본 발명의 제4-1 실시예에 따른 로봇 암(900)은 제2 링크(940)에 제1 영역(941), 제2 영역(942) 및 피치 회전축(945)을 구비하도록 형성된 실시예이다. 이와 같이 제4 실시예에 비해 달라진 구성은 뒤에서 상세히 설명하도록 한다.
- [500] 도 63은 본 발명의 제4-1 실시예에 따른 수술용 로봇 암(900)의 전체 구조를 나타낸 사시도이다. 도 64는 도 63의 수술용 로봇 암의 측면도이다. 도 65 내지 도 67은 도 63의 수술용 로봇 암의 X축 방향 RCM 모션(피치 동작)을 나타내는 측면도와 평면도이다. 도 68 내지 도 70은 도 63의 수술용 로봇 암의 Y축 방향 RCM 모션(요 동작)을 나타내는 사시도이다. 도 71은 도 63의 수술용 로봇 암이 옆으로 누운 상태를 나타내는 측면도와 평면도이다.
- [501] 도 63 내지 71을 참조하면, 본 발명의 제4-1 실시예에 따른 수술용 로봇 암(900)은 베이스(910), 베이스 링크(920), 제1 링크(930), 제2 링크(940), 인스트루먼트 장착 링크(950)를 포함한다. 여기서, 본 발명의 제4-1 실시예에 따른 수술용 로봇 암(900)은 제2 링크(940)가 제1 영역(941)과 제2 영역(942)의 두 부분으로 이루어지며, 제1 영역(941)과 제2 영역(942)이 피치 회전축(945)을 중심으로 서로에 대해 회전 가능하도록 형성되는 것을 일 특징으로 한다.
- [502] 베이스(910)는 수술용 로봇 암(900) 전체의 기저부의 역할을 수행한다.
- [503] 베이스 링크(920)는 연장부(921)와 롤 회전 베이스부(922)를 포함한다. 연장부(921)는 베이스(910)로부터 일 방향으로 연장되어 형성될 수 있으며, 도면에는 베이스 링크(920)의 연장부(921)가 베이스(910)로부터 Z축 방향으로 연장 형성되어 있는 것으로 도시되어 있다. 다시 말하면, 베이스 링크(920)의 일 단부는 베이스(910)와 연결되어 있다. 여기서, 본 실시예는 베이스 링크(920)가 베이스(910)에 대해서 제6 축(A6)을 따라 회전 가능하도록 형성되는 것을 특징으로 한다.
- [504] 여기서, 베이스 링크(920)의 롤 회전 베이스부(922)는 제1 방향을 따라 형성된 제1 축(A1)을 중심으로 한 원통 형상으로 형성될 수 있다. 그리고 이 롤 회전 베이스부(922)와 연결된 제1 링크(930)(및 제1 링크(930)와 차례로 연결된 제2 링크(940), 인스트루먼트 장착 링크(950), 수술용 인스트루먼트(20)가 모두 함께)는 제1 축(A1)을 중심으로 롤(roll) 회전하도록 형성될 수 있다.
- [505] 여기서, 베이스 링크(920)의 연장부(921)는 베이스(910)에 대해 A6 축을 중심으로 회전 가능하도록 형성된다. 즉, 본 실시예에서는 베이스 링크(920)가 베이스(910)에 대해서 제6 축(A6)을 중심으로 시계방향 또는 반시계방향으로 회전하는 것을 특징으로 한다.
- [506] 여기서, 베이스(910)에 대한 베이스 링크(920)의 회전은, 수술 시작 전의 수술용 로봇 암(900)의 셋업(set-up) 단계에서 수행될 수 있다. 그리고 셋업(set-up) 단계에서의 베이스(910)에 대한 베이스 링크(920)의 회전에 의해, XY 평면 상에서 베이스 링크(920)의 롤 회전축인 제1 축(A1)과 RCM이 일치하지 않게

셋업 될 경우, 수술용 로봇 암(900)의 작동 중에도 실시간으로 베이스(910)에 대해 베이스 링크(920)가 회전하게 된다.

- [507] 상세히, 본 발명의 제3 실시예에 대한 도 47 등에서 설명한 바와 동일하게, 베이스 링크(920)는 베이스(910)에 대해 제6 축(A6)을 중심으로 회전 가능하도록 형성되어, 베이스 링크(920)가 XY 평면상에서 다양한 위치에 위치할 수 있다. 이와 같은 구성에 의해서, 본 실시예에서는 베이스 링크(920)의 롤 회전축인 제1 축(A1)과 RCM이 일치하지 않더라도 RCM 모션이 구현 가능한 것을 일 특징으로 한다. 즉, 베이스 링크(720)가 XY 평면상에서 어느 위치에 위치하더라도 RCM 모션이 구현될 수 있다.
- [508] 제1 링크(930)는 베이스 링크(920), 보다 상세하게는 베이스 링크(920)의 롤 회전 베이스부(922)와 결합하며, 롤 회전 베이스부(922)의 제1 축(A1)을 중심으로 제1 링크(930) 전체가 회전 가능하도록 형성될 수 있다. 또는 제1 링크(930)가 베이스 링크(920)를 중심으로 롤링(rolling) 한다고 표현할 수도 있을 것이다. 이와 같은 베이스 링크(920)에 대한 제1 링크(930)의 회전 운동을 구현하기 위해 베이스 링크(920) 또는 제1 링크(930) 중 어느 일 측에는 모터가 구비될 수 있다.
- [509] 여기서 제1 링크(930)가 제1 축(A1)을 중심으로 회전하면, 제1 링크(930)와 연결된 제2 링크(940), 인스트루먼트 장착 링크(950), 및 수술용 인스트루먼트(20)가 함께 회전하게 된다.
- [510] 제2 링크(940)는 제1 링크(930)와 결합하며, 제1 링크(930)에 대해서 제2 축(A2)을 따라 일 방향으로 직선 왕복 운동할 수 있다. 여기서 도면에는 제1 링크(930)에 대해 제2 링크(940)가 X축 방향을 따라 직선 왕복 운동하는 것으로 도시되어 있으나, 본 발명의 사상은 이에 제한되지 아니하며, 링크들의 형상 및 구성에 따라 제2 링크(940)의 직선 왕복 축이 다양하게 형성될 수 있을 것이다. 이와 같은 직선 운동을 구현하기 위해 제1 링크(930) 또는 제2 링크(940) 중 어느 일 측에는 리니어 액츄에이터(미도시)가 구비될 수 있다.
- [511] 한편, 제2 링크(940)는 제1 링크(930)와 결합하는 제1 영역(941)과, 인스트루먼트 장착 링크(950)와 결합하는 제2 영역(942)을 포함할 수 있다. 여기서, 제1 영역(941)의 중심축과 제2 영역(942)의 중심축은 서로 소정의 각도를 이루도록 형성될 수 있다. 그리고, 제1 영역(941)과 제2 영역(942)은 제5 축(A5) 방향으로 형성되는 피치 회전축(945)에 의해 축 결합하여, 제2 영역(942)이 제1 영역(941)에 대해 제5 축(A5)을 중심으로 회전가능하도록 형성된다. 즉, 도면에서 보았을 때 X축을 중심으로 회전할 수 있다. 여기서, 제1 영역(941)에 대한 제2 영역(942)의 회전 운동을 구현하기 위해 제1 영역(941) 또는 제2 영역(942) 중 어느 일 측에는 모터가 구비될 수 있다.
- [512] 인스트루먼트 장착 링크(950)와 제2 링크(940)는 제3 축(A3) 방향으로 결합되는 링크 회전축(960)에 의해 축 결합하여, 인스트루먼트 장착 링크(950)가 제2 링크(940)에 대해 제3 축(A3)을 중심으로 회전가능하도록 형성된다. 즉,

도면에서 보았을 때 X축을 중심으로 회전할 수 있다. 이와 같은 회전 운동을 구현하기 위해 제2 링크(940) 또는 인스트루먼트 장착 링크(950) 중 어느 일 측에는 모터가 구비될 수 있다.

- [513] 한편, 인스트루먼트 장착 링크(950)에는 인스트루먼트 장착부(951) 및 가이드 레일(952)이 형성되어, 인스트루먼트 장착부(951)에 수술용 인스트루먼트(20)가 장착된 상태에서, 제4 축(A4) 방향으로 형성된 가이드 레일(952)을 따라 인스트루먼트 장착부(951)가 직선운동 할 수 있다. 이와 같은 직선 운동을 구현하기 위해 인스트루먼트 장착부(951)에는 리니어 액츄에이터(미도시)가 구비될 수 있다.
- [514] 여기서 제4 축(A4)은 가이드 레일(952)의 형성 방향일 수 있으며 동시에 인스트루먼트 장착 링크(950)에 결합되는 수술용 인스트루먼트(20)의 샤프트의 연장 방향일 수 있다.
- [515] 그리고 이와 같은 수술용 로봇 암(900)의 인스트루먼트 장착 링크(950)의 인스트루먼트 장착부(951)에 수술용 인스트루먼트(20)가 장착된다.
- [516] 여기서 도면에는 도시되지 않았지만, 인스트루먼트 장착부(951)에는 수술용 인스트루먼트(20)와 결합하여 수술용 인스트루먼트(20)의 운동을 제어하기 위한 인터페이스부(미도시)가 더 형성될 수 있다. 인터페이스부(미도시)에는 수술용 인스트루먼트(20)의 구동부(23)와의 결합을 위한 구성 요소 및 수술용 로봇 암(900)으로부터 구동력을 수술용 인스트루먼트(20)로 전달하기 위한 모터 등이 구비될 수 있다. 이 인터페이스부(미도시)에 의해 수술용 인스트루먼트(20)의 엔드 툴(21)이 피치(pitch), 요(yaw), 액츄에이션(actuation) 운동을 수행할 수 있다. 나아가 이 인터페이스부(미도시)에 의해 수술용 인스트루먼트(20)의 샤프트(22)와 엔드 툴(21)이 제4 축(A4)을 중심으로 롤(roll) 운동을 수행할 수 있다.
- [517] 한편, 수술용 인스트루먼트(20)가 환자의 신체에 삽입되기 위한 삽입 통로가 되는 트로카(30)가 더 구비될 수 있으며, 트로카(30)가 신체에 삽입된 상태에서 수술용 인스트루먼트(20)가 트로카(30)를 통해 환자의 신체에 삽입될 수 있다. 그리고 이와 같은 트로카(30) 상의 소정의 위치에 RCM이 형성될 수 있다. 그리고, 전술한 바와 같이 제1 링크(930)의 롤 회전축인 제1 축(A1)이 이 RCM를 지나도록 형성될 수 있다.
- [518] 또한, 수술용 인스트루먼트(20)는 구동부(23)를 더 포함할 수 있다. 구동부(23)에는 인터페이스부(미도시)와의 결합을 위한 구성 요소 및 모터에 맞물려 작동되는 구동 휠 등이 형성될 수 있다. 이처럼, 인터페이스부(미도시)와 구동부(23)에는 서로 대응되는 결합 수단 및 구동전달 수단이 각각 형성되며, 이로써 수술용 인스트루먼트(20)가 인스트루먼트 장착 링크(950)에 장착된 상태에서 수술용 로봇 암(900)으로부터 구동력을 전달받아 작동되게 된다.
- [519]
- [520] 본 발명에서 수술용 로봇 암(900)의 RCM 구조는 수술용 로봇 암(900)의 일

측에 수술용 인스트루먼트(20)를 장착하고, 수술용 인스트루먼트(20)가 그것이 삽입되는 트로카(30) 상의 소정 지점(RCM)을 중심으로 회전하도록 작동 및 제어하는 구조이다. 여기서 본 실시예에 따른 RCM 구조는, 기존의 기계식 평행사변형 링크 구조가 아니라 각 링크에 대한 전자식 제어를 통해 구현되는 것을 특징으로 한다.

[521] 특히, 본 실시예가 이전의 실시예들과 상이한 점은, RCM과 베이스 링크(920)의 회전축(A1)이 서로 만나지 않고 이격되어 있어도 RCM 모션이 가능해지므로, 수술용 로봇 암의 초기 세팅이 간편해지는 것이다. 즉, XY 평면에 있어서 RCM과 베이스 링크(920)가 일정 정도 이격되어도 RCM 동작이 가능해지는 것을 특징으로 한다.

[522] 즉, 제3 실시예의 도 47 등에 도시된 바와 동일하게, XY 평면 상에서 제1 링크(930)의 롤 회전축인 제1 축(A1)이 RCM을 지나도록 배치되지 않더라도 RCM 모션이 가능하게 된다. 이는 본 실시예에서 추가적으로 부여된 자유도인, 베이스(910)에 대한 베이스 링크(920)의 회전 운동 및 제2 링크(940)의 제1 영역(941)에 대한 제2 영역(942)의 회전 운동에 의해 가능해진다. 즉, 본 실시예의 수술용 로봇 암(900)은 총 6 자유도를 가지며, 이러한 6 자유도의 운동에 의해, XY 평면 상에서 제1 축(A1)이 RCM을 지나지 않더라도 RCM 모션이 가능하게 되는 것이다.

[523]

[524] 이하에서는 편의상 도면의 X축 방향으로의 제어와 Y축 방향으로의 제어를 나누어서 설명하나, X축 방향으로의 제어와 Y축 방향으로의 제어가 결합하여 전체적인 제어를 수행한다고 할 수 있다. 또한 각 링크의 회전 및 직선 운동에 의해 각 구성요소의 좌표계는 상대적으로 변화할 수 있으나, 아래의 설명에서는 편의상 베드(bed)를 기준점으로 하여, 베드(bed)의 X축 방향 및 Y축 방향으로 기준으로 설명하도록 한다.

[525] 이에 대해 보다 상세히 설명하면 다음과 같다.

[526] 먼저, X축 방향으로의 제어는,

[527] 1) 제1 링크(930)에 대한 제2 링크(940)의 직선 운동의 제어,

[528] 2) 제2 링크(940)에 대한 인스트루먼트 장착 링크(950)의 회전 운동의 제어,

[529] 3) 제2 링크(940)의 제1 영역(941)에 대한 제2 링크(940)의 제2 영역(942)의 회전 운동의 제어의 조합으로 구현될 수 있다.

[530] 상세히, X축을 중심으로 한 수술용 인스트루먼트(20)의 회전 운동을 제어하기 위해서는 먼저 제2 링크(940)가 제1 링크(930)에 대해 제2 축(A2)을 따라 직선 운동을 수행한다. 그리고 이와 동시에, 인스트루먼트 장착 링크(950)가 제2 링크(940)에 대해 제3 축(A3)을 중심으로 회전 운동을 수행하고, 제2 링크(940)의 제2 영역(942)이 제2 링크(940)의 제1 영역(941)에 대해 회전 운동을 수행하도록 제어하여, RCM 모션을 수행하게 된다. 이에 따라, 링크들이 움직이더라도 RCM은 그 위치를 유지하게 된다.

- [531] 이때, 수술용 인스트루먼트(20)가 X축을 중심으로 한 회전 운동을 하더라도 인스트루먼트의 삽입 깊이(도 6의 LE 참조)는 변해서는 안 되며, 또한 RCM으로부터 트로카(30) 끝단까지의 거리(도 6의 Lt 참조)도 변해서는 안 된다.
- [532] 이를 위하여, 본 발명의 제4-1 실시예에 따른 수술용 로봇 암(900)은 앞서 기술한 본 발명의 제1 실시예에 따른 수술용 로봇 암(도 4의 100 참조)에 비해 자유도가 하나 추가된 것을 특징으로 한다. 즉, 본 발명의 제4-1 실시예에 따른 수술용 로봇 암(900)은 제2 링크(940)의 제1 영역(941)과 제2 영역(942)이 피치 회전축(945)을 중심으로 서로에 대해 회전 가능하도록 형성된다.
- [533] 따라서, X축을 중심으로 한 수술용 인스트루먼트(20)의 회전 운동을 제어함에 있어서, 제2 링크(940)의 제2 영역(942)이 제2 링크(940)의 제1 영역(941)에 대해 회전하도록 제어할 수 있으며, 이에 따라 수술용 인스트루먼트(20) 및 트로카(30)의 삽입 깊이를 일정하게 유지해 줄 수 있게 된다.
- [534] 이와 같이, 1) 제1 링크(930)에 대한 제2 링크(940)의 직선 운동의 제어와, 2) 제2 링크(940)에 대한 인스트루먼트 장착 링크(950)의 회전 운동의 제어와, 3) 제2 링크(940)의 제1 영역(941)에 대한 제2 링크(940)의 제2 영역(942)의 회전 운동의 제어를 조합하여 수행함으로써, 링크들이 운동하더라도 X축 방향에 있어서의 RCM는 그 위치를 유지하게 된다.
- [535]
- [536] 다음으로, Y축 방향으로의 RCM 제어는,
- [537] 1) 제1 축(A1)을 중심으로 하는 제1 링크(930)의 롤 회전 운동의 제어,
- [538] 2) 제2 링크(940)에 대한 인스트루먼트 장착 링크(950)의 회전 운동의 제어,
- [539] 3) 제1 링크(930)에 대한 제2 링크(940)의 직선 운동의 제어,
- [540] 4) 수술용 인스트루먼트(20)의 롤(roll) 운동의 제어,
- [541] 5) 베이스(910)에 대한 베이스 링크(920)의 회전 운동의 제어의 조합으로 구현될 수 있다.
- [542] 상세히, Y축을 중심으로 한 수술용 인스트루먼트(20)의 회전 운동을 제어하기 위해서는 먼저 제1 축(A1)을 중심으로 제1 링크(930)가 롤 회전 운동을 수행한다. 그러면, 제1 링크(930) 및 제1 링크(930)와 차례로 연결된 제2 링크(940), 인스트루먼트 장착 링크(950), 수술용 인스트루먼트(20)가 모두 함께 제1 축(A1)을 중심으로 롤(roll) 회전을 하게 된다.
- [543] 이때 제1 링크(930)의 회전축인 제1 축(A1)과 Y축이 일치하지 않고 비스듬하게 형성되므로, 제1 링크(930)만 회전하게 되면 의도하지 않은 운동이 섞이게 된다. 즉, 도면에 도시된 바와 같이, 제1 링크(930)가 회전하면, 제2 링크(940), 인스트루먼트 장착 링크(950) 및 수술용 인스트루먼트(20)가 일종의 롤링(rolling)을 하게 된다.
- [544] 이를 보상하기 위해서, 제1 링크(930)의 회전과 함께, 인스트루먼트 장착 링크(950)가 제2 링크(940)에 대해 제3 축(A3)을 중심으로 회전 운동을 수행하도록 제어하는 동시에, 제1 링크(930)에 대한 제2 링크(940)의 직선 운동을

수행하도록 제어하는 동시에, 베이스 링크(920)가 베이스(910)에 대해 제6 축(A6 축)을 중심으로 회전 운동을 수행하도록 제어하여, RCM 모션을 수행하게 된다. 즉, 링크들이 움직이더라도 RCM는 그 위치를 유지하게 된다.

- [545] 이와 더불어, 수술용 인스트루먼트(20)의 샤프트(22)와 엔드 툴(21)이 제4 축(A4)을 중심으로 롤(roll) 운동을 수행하도록 제어하여, 제1 링크(930)의 회전과 무관하게 엔드 툴(21) 또한 그 자세를 유지하도록 보상할 수 있다.
- [546] 이와 같이, 1) 제1 축(A1)을 중심으로 하는 제1 링크(930)의 롤 회전 운동의 제어와, 2) 제2 링크(940)에 대한 인스트루먼트 장착 링크(950)의 회전 운동의 제어와, 3) 제1 링크(930)에 대한 제2 링크(940)의 직선 운동의 제어와, 4) 수술용 인스트루먼트(20)의 롤(roll) 운동의 제어와, 5) 베이스(910)에 대한 베이스 링크(920)의 회전 운동의 제어를 조합하여 수행함으로써, 링크들이 운동하더라도 Y축 방향에 있어서의 RCM는 그 위치를 유지하게 된다.
- [547] 결론적으로, (수술용 인스트루먼트(20)를 제외한) 수술용 로봇 암(900) 자체의 자유도(Degree of Freedom)의 관점에서 본다면, 본 발명의 제4-1 실시예에 따른 수술용 로봇 암(900)은, 1) 제1 축(A1)을 중심으로 하는 제1 링크(930)의 롤 회전 운동, 2) 제1 링크(930)에 대한 제2 링크(940)의 직선 운동, 3) 제2 링크(940)에 대한 인스트루먼트 장착 링크(950)의 회전 운동, 4) 제2 링크(940)의 제1 영역(941)에 대한 제2 링크(940)의 제2 영역(942)의 회전 운동, 5) 베이스(910)에 대한 베이스 링크(920)의 회전 운동의 5개의 자유도를 가짐으로써 작동할 수 있다. 여기에, 인스트루먼트 장착 링크(950)의 가이드 레일(952)에 대한 인스트루먼트 장착부(951)의 직선 운동을 통해, 수술용 인스트루먼트(20)의 트랜스레이션(translation) 동작, 즉 제4 축(A4) 방향으로의 수술용 인스트루먼트(20)의 직선 운동도 가능하게 된다.
- [548] 이와 같은 본 발명에 의해서, 전자식 제어를 통해 RCM 제어를 구현함으로써, 전체 기구 크기가 작아지고 구성이 간단 해지며, 따라서 공간 효율성이 커지고 로봇 암간 충돌이 발생하지 않는 효과를 얻을 수 있다. 특히, 수술용 인스트루먼트(20)를 동작 시키기 위해, 종래와 같이 수술용 인스트루먼트(20)의 뒤쪽(즉, 엔드 툴(21)의 반대쪽)을 잡고 구동하는 것이 아니라, 상대적으로 엔드 툴(21)과 가까운 트로카(30)와의 결합부 부분을 잡고 구동함으로써, 수술용 로봇 암(100)의 동작 범위가 작아지고, 동작에 필요한 구동력이 작아지는 효과를 얻을 수 있다. 나아가 제2 링크(940)의 제1 영역(941)에 대한 제2 링크(940)의 제2 영역(942)의 회전 운동의 제어를 통해 트로카(30)의 삽입 깊이를 일정하게 제어함으로써, 수술 중에 트로카(30)가 복부로부터 빠질 위험을 제거하여, 안전성을 더욱 향상시킬 수 있다.

[549]

[550] <수술용 로봇 암의 제5 실시예>

[551] 이하에서는 본 발명의 제5 실시예에 따른 수술용 로봇 암(500)에 대해 설명한다.

- [552] 여기서, 본 발명의 제5 실시예에 따른 수술용 로봇 암(500)은 앞서 기술한 본 발명의 제1 실시예에 따른 수술용 로봇 암(도 4의 100 참조)에 비해 로봇 암(500)의 제1 링크(530)의 구성이 특징적으로 달라진다. 다시 말하면, 본 발명의 제5 실시예에 따른 로봇 암(500)은 도 4의 실시예에 비해 제1 링크(530)가 제1 영역(531)과 제2 영역(532)과 제3 영역(533)의 세 부분으로 이루어진다. 그리고, 제1 링크(530)의 제2 영역(532)이 제1 영역(531)에 대해 상하 방향(즉, Z축 방향)으로 이동 가능하도록 형성되고, 제1 링크(530)의 제3 영역(533)이 제2 영역(532)에 대해 A2 축을 중심으로 회전 가능하도록 형성된다.
- [553] 또한, 본 발명의 제5 실시예에 따른 수술용 로봇 암(500)은 앞서 기술한 본 발명의 제1 실시예에 따른 수술용 로봇 암(도 4의 100 참조)에 비해 로봇 암(500)의 베이스 링크(520)의 동작이 특징적으로 달라진다. 다시 말하면, 본 발명의 제5 실시예에 따른 수술용 로봇 암(500)은 도 4의 실시예에 비해 베이스 링크(520)가 베이스(510)에 대해 상하 방향으로 직선 이동이 가능하도록 형성된 실시예이다.
- [554] 이와 같이 제1 실시예에 비해 달라진 구성은 뒤에서 상세히 설명하도록 한다.
- [555] 도 72는 본 발명의 제5 실시예에 따른 수술용 로봇 암(500)의 전체 구조를 나타낸 사시도이다. 도 73은 도 72의 수술용 로봇 암의 측면도이다. 도 74 내지 도 76은 도 72의 수술용 로봇 암의 X축 방향 RCM 모션(피치 동작)을 나타내는 측면도와 평면도이다. 도 77 내지 도 79는 도 72의 수술용 로봇 암의 Y축 방향 RCM 모션(요 동작)을 나타내는 사시도이다. 도 80은 도 72의 수술용 로봇 암이 옆으로 누운 상태를 나타내는 측면도와 평면도이다.
- [556] 도 72 내지 80을 참조하면, 본 발명의 제5 실시예에 따른 수술용 로봇 암(500)은 베이스(510), 베이스 링크(520), 제1 링크(530), 제2 링크(540), 인스트루먼트 장착 링크(550)를 포함한다.
- [557] 베이스(510)는 수술용 로봇 암(500) 전체의 기저부의 역할을 수행한다. 여기서 베이스(510)의 하면에는 바퀴와 같은 이동 수단(미도시)이 형성되어, 베이스(510)가 일종의 카트 역할을 수행할 수도 있다. 또한 베이스(510)에는 위치 고정 수단(미도시)이 더 형성되어, 수술 중에 베이스(510)의 위치를 고정시킬 수도 있다. 다만, 본 발명의 사상은 이에 제한되지 아니하며, 베이스(510)가 베드(bed)에 탈부착 가능한 형상으로 형성되거나, 또는 벽면에 탈부착 가능한 형상으로 형성될 수도 있다 할 것이다.
- [558] 베이스 링크(520)는 연장부(521)와 롤 회전 베이스부(522)를 포함한다.
- [559] 연장부(521)는 베이스(510)로부터 일 방향으로 연장되어 형성될 수 있으며, 도면에는 베이스 링크(520)의 연장부(521)가 베이스(510)로부터 Z축 방향으로 연장 형성되어 있는 것으로 도시되어 있다.
- [560] 여기서 연장부(521)는 베이스(510)에 대해 직선 운동 할 수 있도록 형성된다. 즉, 본 실시예에서는 베이스 링크(520)가 베이스(510)에 대해서 제6 축(A6)을 따라 일 방향(상하 방향)으로 직선 운동이 가능하도록 형성되는 것을 특징으로

한다. 다만, 여기서 베이스(510)에 대한 베이스 링크(520)의 직선 운동은, 수술용 로봇 암(500)의 작동 중에 실시간으로 수행되는 것은 아니며, 수술 시작 전의 수술용 로봇 암(500)의 셋업(set-up) 단계에서 수행될 수 있다. 즉, 앞서 기술한 제2-1 실시예의 도 28에 도시된 바와 같이, 베이스 링크(720)가 Z축 방향에 있어서 어느 위치에 위치하더라도 RCM 모션이 구현될 수 있다.

- [561] 상세히, 도 72에 도시된 바와 같이, 베이스 링크(520)는 베이스(510)에 대해 인입/인출이 가능하도록 형성되어, 베이스 링크(520)가 다양한 위치에 위치할 수 있다. 즉, 본 실시예에서는 베이스 링크(520)의 롤 회전축인 제1 축(A1)과 RCM이 Z축 방향에 있어서 일치하지 않더라도 RCM 모션이 구현 가능한 것을 일 특징으로 한다.
- [562] 그리고, 이를 위해 제1 링크(530)의 제2 영역(532)이 제1 영역(531)에 대해 직선 이동 가능하도록 형성될 수 있다. 이와 같이, Z축 방향에 있어서 RCM과 베이스 링크(520)의 제1 축(A1)이 이격되어 있어도 RCM 모션이 가능해지므로, 수술용 로봇 암의 초기 위치를 유동적으로 세팅할 수 있게 된다. 즉, 수술용 로봇 암(500)의 다양한 셋업 위치가 가능해지는 것이다. 이에 대해서는 후술하도록 한다.
- [563] 한편, 베이스 링크(520)의 타 단부에는 롤 회전 베이스부(522)가 형성된다. 여기서, 베이스 링크(520)의 롤 회전 베이스부(522)는 제1 방향을 따라 형성된 제1 축(A1)을 중심으로 한 원통 형상으로 형성될 수 있다. 그리고 이 롤 회전 베이스부(522)와 연결된 제1 링크(530)(및 제1 링크(530)와 차례로 연결된 제2 링크(540), INSTRUMENT 장착 링크(550), 수술용 INSTRUMENT(20)가 모두 함께)는 제1 축(A1)을 중심으로 롤(roll) 회전하도록 형성될 수 있다. 여기서 제1 축(A1)은, X축과 평행한 방향으로 형성될 수 있다.
- [564] 제1 링크(530)는 베이스 링크(520), 보다 상세하게는 베이스 링크(520)의 롤 회전 베이스부(522)와 결합하며, 롤 회전 베이스부(522)의 제1 축(A1)을 중심으로 제1 링크(530) 전체가 회전 가능하도록 형성될 수 있다. 또는 제1 링크(530)가 베이스 링크(520)를 중심으로 롤링(rolling) 한다고 표현할 수도 있을 것이다. 이와 같은 베이스 링크(520)에 대한 제1 링크(530)의 회전 운동을 구현하기 위해 베이스 링크(520) 또는 제1 링크(530) 중 어느 일 측에는 모터가 구비될 수 있다.
- [565] 한편, 제1 링크(530)는 베이스 링크(520)와 결합하는 제1 영역(531)과, 제2 링크(540)와 결합하는 제3 영역(533)과, 제1 영역(531)과 제3 영역(533)을 연결하는 제2 영역(532)을 포함할 수 있다.
- [566] 여기서, 제2 영역(532)이 제1 영역(531)에 대해 제7 축(A7)을 따라 상하 방향으로 이동 가능하도록 형성될 수 있다.
- [567] 그리고, 제2 영역(532)과 제3 영역(533)은 제2 축(A2) 방향으로 형성되는 롤 회전축(미도시)에 의해 결합하여, 제3 영역(533)이 제2 영역(532)에 대해 제2 축(A2)을 중심으로 롤 회전 가능하도록 형성된다. 즉, 도면에서 보았을 때 Y축을

중심으로 회전할 수 있다.

- [568] 여기서 제1 링크(530)가 제1 축(A1)을 중심으로 회전하면, 제1 링크(530)와 연결된 제2 링크(540), 인스트루먼트 장착 링크(550), 및 수술용 인스트루먼트(20)가 함께 회전하게 된다.
- [569] 한편, 제1 영역(531)에 대한 제2 영역(532)의 회전 운동을 구현하기 위해 제1 영역(531) 또는 제2 영역(532) 중 어느 일 측에는 모터가 구비될 수 있다. 또한, 제2 영역(532)에 대한 제3 영역(533)의 회전 운동을 구현하기 위해 제2 영역(532) 또는 제3 영역(533) 중 어느 일 측에는 모터가 구비될 수 있다.
- [570] 제2 링크(540)는 제1 링크(530)의 제3 영역(533)과 결합하며, 제1 링크(530)의 제3 영역(533)에 대해서 제2 축(A2)을 따라 일 방향으로 직선 왕복 운동할 수 있다. 여기서 도면에는 제1 링크(530)에 대해 제2 링크(540)가 X축 방향으로 직선 왕복 운동하는 것으로 도시되어 있으나, 본 발명의 사상은 이에 제한되지 아니하며, 링크들의 형상 및 구성에 따라 제2 링크(540)의 직선 왕복 축이 다양하게 형성될 수 있을 것이다.
- [571] 이와 같은 직선 운동을 구현하기 위해 제1 링크(530) 또는 제2 링크(540) 중 어느 일 측에는 리니어 액츄에이터(미도시)가 구비될 수 있다.
- [572] 여기서 제1 축(A1)과 제2 축(A2)은 서로 평행한 축일 수 있다. 이때, 제2 축(A2)은 RCM를 지나가지는 않도록 형성될 수 있다.
- [573] 인스트루먼트 장착 링크(550)와 제2 링크(540)는 제3 축(A3) 방향으로 결합되는 링크 회전축(560)에 의해 축 결합하여, 인스트루먼트 장착 링크(550)가 제2 링크(540)에 대해 제3 축(A3)을 중심으로 회전가능하도록 형성된다. 즉, 도면에서 보았을 때 X축을 중심으로 회전할 수 있다. 이와 같은 회전 운동을 구현하기 위해 제2 링크(540) 또는 인스트루먼트 장착 링크(550) 중 어느 일 측에는 모터가 구비될 수 있다.
- [574] 한편, 인스트루먼트 장착 링크(550)에는 인스트루먼트 장착부(551) 및 가이드 레일(552)이 형성되어, 인스트루먼트 장착부(551)에 수술용 인스트루먼트(20)가 장착된 상태에서, 제4 축(A4) 방향으로 형성된 가이드 레일(552)을 따라 인스트루먼트 장착부(551)가 직선운동 할 수 있다. 이와 같은 직선 운동을 구현하기 위해 인스트루먼트 장착부(551)에는 리니어 액츄에이터(미도시)가 구비될 수 있다.
- [575] 여기서 제4 축(A4)은 가이드 레일(552)의 형성 방향일 수 있으며 동시에 인스트루먼트 장착 링크(550)에 결합되는 수술용 인스트루먼트(20)의 샤프트의 연장 방향일 수 있다.
- [576] 그리고 이와 같은 수술용 로봇 암(500)의 인스트루먼트 장착 링크(550)의 인스트루먼트 장착부(551)에 수술용 인스트루먼트(20)가 장착된다.
- [577] 여기서 도면에는 도시되지 않았지만, 인스트루먼트 장착부(551)에는 수술용 인스트루먼트(20)와 결합하여 수술용 인스트루먼트(20)의 운동을 제어하기 위한 인터페이스부(미도시)가 더 형성될 수 있다. 인터페이스부(미도시)에는 수술용

인스트루먼트(20)의 구동부(23)와의 결합을 위한 구성 요소 및 수술용 로봇 암(500)으로부터 구동력을 수술용 인스트루먼트(20)로 전달하기 위한 모터 등이 구비될 수 있다. 이 인터페이스부(미도시)에 의해 수술용 인스트루먼트(20)의 엔드 툴(21)이 피치(pitch), 요(yaw), 액츄에이션(actuation) 운동을 수행할 수 있다. 나아가 이 인터페이스부(미도시)에 의해 수술용 인스트루먼트(20)의 샤프트(22)와 엔드 툴(21)이 제4 축(A4)을 중심으로 롤(roll) 운동을 수행할 수 있다.

[578] 한편, 수술용 인스트루먼트(20)가 환자의 신체에 삽입되기 위한 삽입 통로가 되는 트로카(30)가 더 구비될 수 있으며, 트로카(30)가 신체에 삽입된 상태에서 수술용 인스트루먼트(20)가 트로카(30)를 통해 환자의 신체에 삽입될 수 있다. 그리고 이와 같은 트로카(30) 상의 소정의 위치에 RCM이 형성될 수 있다. 그리고, 전술한 바와 같이 제1 링크(530)의 롤 회전축인 제1 축(A1)이 이 RCM를 지나도록 형성될 수 있다.

[579] 또한, 수술용 인스트루먼트(20)는 구동부(23)를 더 포함할 수 있다. 구동부(23)에는 인터페이스부(미도시)와의 결합을 위한 구성 요소 및 모터에 맞물려 작동되는 구동 휠 등이 형성될 수 있다. 이처럼, 인터페이스부(미도시)와 구동부(23)에는 서로 대응되는 결합 수단 및 구동전달 수단이 각각 형성되며, 이로써 수술용 인스트루먼트(20)가 인스트루먼트 장착 링크(550)에 장착된 상태에서 수술용 로봇 암(500)으로부터 구동력을 전달받아 작동되게 된다.

[580]

[581] 본 발명에서 수술용 로봇 암(500)의 RCM 구조는 수술용 로봇 암(500)의 일 측에 수술용 인스트루먼트(20)를 장착하고, 수술용 인스트루먼트(20)가 그것이 삽입되는 트로카(30) 상의 소정 지점(RCM)을 중심으로 회전하도록 작동 및 제어하는 구조이다. 여기서 본 실시예에 따른 RCM 구조는, 기존의 기계식 평행사변형 링크 구조가 아니라 각 링크에 대한 전자식 제어를 통해 구현되는 것을 특징으로 한다.

[582] 특히, 본 실시예가 이전의 실시예들과 상이한 점은, RCM과 베이스 링크의 회전축(A1)이 서로 만나지 않고 이격되어 있어도 RCM 모션이 가능해지므로, 수술용 로봇 암의 초기 세팅이 간편해지는 것이다. 즉, RCM과 베이스 링크가 요 축 방향과 피치 축 방향에 있어서 모두 이격되어도 RCM 동작이 가능해지는 것을 특징으로 한다.

[583] 즉, 제1 링크(530)의 롤 회전축인 제1 축(A1)이 RCM을 지나도록 배치되지 않더라도 RCM 모션이 가능하게 된다. 이는 본 실시예에서 추가적으로 부여된 자유도인, 베이스(510)에 대한 베이스 링크(520)의 직선 운동과, 제1 영역(531)에 대한 제2 영역(532)의 직선 운동과, 제2 영역(532)에 대한 제3 영역(533)의 회전 운동에 의해 가능해진다. 즉, 본 실시예의 수술용 로봇 암(500)의 총 7 자유도를 가지며, 이러한 7 자유도의 운동에 의해, 제1 축(A1)이 RCM을 지나지 않더라도 RCM 모션이 가능하게 되는 것이다.

- [584] 이하에서는 편의상 도면의 X축 방향으로의 제어와 Y축 방향으로의 제어를 나누어서 설명하나, X축 방향으로의 제어와 Y축 방향으로의 제어가 결합하여 전체적인 제어를 수행한다고 할 수 있다. 또한 각 링크의 회전 및 직선 운동에 의해 각 구성요소의 좌표계는 상대적으로 변화할 수 있으나, 아래의 설명에서는 편의상 베드(**bed**)를 기준점으로 하여, 베드(**bed**)의 X축 방향 및 Y축 방향으로 기준으로 설명하도록 한다.
- [585] 이에 대해 보다 상세히 설명하면 다음과 같다.
- [586] 먼저, X축 방향으로의 제어는,
- [587] 1) 제1 링크(530)에 대한 제2 링크(540)의 직선 운동의 제어,
- [588] 2) 제2 링크(540)에 대한 인스트루먼트 장착 링크(550)의 회전 운동의 제어,
- [589] 3) 제1 링크(530)의 제1 영역(531)에 대한 제1 링크(530)의 제2 영역(532)의 직선 운동의 제어의 조합으로 구현될 수 있다.
- [590] 상세히, X축을 중심으로 한 수술용 인스트루먼트(20)의 회전 운동을 제어하기 위해서는 먼저 제2 링크(540)가 제1 링크(530)에 대해 제2 축(A2)을 따라 직선 운동을 수행한다. 그리고 이와 동시에, 인스트루먼트 장착 링크(550)가 제2 링크(540)에 대해 제3 축(A3)을 중심으로 회전 운동을 수행하고, 제1 링크(530)의 제2 영역(532)이 제1 링크(530)의 제1 영역(531)에 대해 회전 운동을 수행하도록 제어하여, RCM 모션을 수행하게 된다. 이에 따라, 링크들이 움직이더라도 RCM은 그 위치를 유지하게 된다.
- [591] 이때, 수술용 인스트루먼트(20)가 X축을 중심으로 한 회전 운동을 하더라도 인스트루먼트의 삽입 깊이(도 6의 LE 참조)는 변해서는 안 되며, 또한 RCM으로부터 트로카(30) 끝단까지의 거리(도 6의 Lt 참조)도 변해서는 안 된다.
- [592] 이를 위하여, 본 발명의 제5 실시예에 따른 수술용 로봇 암(500)은 앞서 기술한 본 발명의 제1 실시예에 따른 수술용 로봇 암(도 4의 100 참조)에 비해 자유도가 하나 추가된 것을 특징으로 한다. 즉, 본 발명의 제2 실시예에 따른 수술용 로봇 암(500)은 제1 링크(530)의 제2 영역(532)이 제1 영역(531)에 대해, 제7 축(A7)을 따라 상하 이동할 수 있도록 형성된다.
- [593] 따라서, X축을 중심으로 한 수술용 인스트루먼트(20)의 회전 운동을 제어함에 있어서, 제1 링크(530)의 제2 영역(532)이 제1 링크(530)의 제1 영역(531)에 대해 직선 운동을 수행하도록 제어할 수 있으며, 이에 따라 수술용 인스트루먼트(20) 및 트로카(30)의 삽입 깊이를 일정하게 유지해 줄 수 있게 된다.
- [594] 이와 같이, 1) 제1 링크(530)에 대한 제2 링크(540)의 직선 운동의 제어와, 2) 제2 링크(540)에 대한 인스트루먼트 장착 링크(550)의 회전 운동의 제어와, 3) 제1 링크(530)의 제1 영역(531)에 대한 제1 링크(530)의 제2 영역(532)의 직선 운동의 제어를 조합하여 수행함으로써, 링크들이 운동하더라도 X축 방향에 있어서의 RCM은 그 위치를 유지하게 된다.
- [595]
- [596] 다음으로, Y축 방향으로의 RCM 제어는,

- [597] 1) 제1 축(A1)을 중심으로 하는 제1 링크(530)의 롤 회전 운동의 제어,
 [598] 2) 제2 링크(540)에 대한 인스트루먼트 장착 링크(550)의 회전 운동의 제어,
 [599] 3) 제1 링크(530)에 대한 제2 링크(540)의 직선 운동의 제어,
 [600] 4) 수술용 인스트루먼트(20)의 롤(roll) 운동의 제어,
 [601] 5) 제1 링크(530)의 제2 영역(532)에 대한 제1 링크(530)의 제3 영역(533)의 회전 운동의 제어의 조합으로 구현될 수 있다.
- [602] 상세히, Y축을 중심으로 한 수술용 인스트루먼트(20)의 회전 운동을 제어하기 위해서는 먼저 제1 축(A1)을 중심으로 제1 링크(530)가 롤 회전 운동을 수행한다. 그러면, 제1 링크(530) 및 제1 링크(530)와 차례로 연결된 제2 링크(540), 인스트루먼트 장착 링크(550), 수술용 인스트루먼트(20)가 모두 함께 제1 축(A1)을 중심으로 롤(roll) 회전을 하게 된다.
- [603] 이때 제1 링크(530)만 회전하게 되면 의도하지 않은 운동이 섞이게 된다. 즉, 도면에 도시된 바와 같이, 제1 링크(530)가 회전하면, 제2 링크(540), 인스트루먼트 장착 링크(550) 및 수술용 인스트루먼트(20)가 일종의 롤링(rolling)을 하게 된다.
- [604] 이를 보상하기 위해서, 제1 링크(530)의 회전과 함께, 인스트루먼트 장착 링크(550)가 제2 링크(540)에 대해 제3 축(A3)을 중심으로 회전 운동을 수행하도록 제어하는 동시에, 제1 링크(530)에 대한 제2 링크(540)의 직선 운동을 수행하도록 제어하는 동시에, 제1 링크(530)의 제3 영역(533)이 제1 링크(530)의 제2 영역(532)에 대해 회전 운동을 수행하도록 제어하여, RCM 모션을 수행하게 된다. 즉, 링크들이 움직이더라도 RCM는 그 위치를 유지하게 된다.
- [605] 이와 더불어, 수술용 인스트루먼트(20)의 샤프트(22)와 엔드 툴(21)이 제4 축(A4)을 중심으로 롤(roll) 운동을 수행하도록 제어하여, 제1 링크(530)의 회전과 무관하게 엔드 툴(21) 또한 그 자세를 유지하도록 보상할 수 있다.
- [606] 이와 같이, 1) 제1 축(A1)을 중심으로 하는 제1 링크(530)의 롤 회전 운동의 제어와, 2) 제2 링크(540)에 대한 인스트루먼트 장착 링크(550)의 회전 운동의 제어와, 3) 제1 링크(530)에 대한 제2 링크(540)의 직선 운동의 제어와, 4) 수술용 인스트루먼트(20)의 롤(roll) 운동의 제어와, 5) 제1 링크(530)의 제2 영역(532)에 대한 제1 링크(530)의 제3 영역(533)의 회전 운동의 제어를 조합하여 수행함으로써, 링크들이 운동하더라도 Y축 방향에 있어서의 RCM는 그 위치를 유지하게 된다.
- [607] 결론적으로, (수술용 인스트루먼트(20)를 제외한) 수술용 로봇 암(500) 자체의 자유도(Degree of Freedom)의 관점에서 본다면, 본 발명의 제5 실시예에 따른 수술용 로봇 암(500)은, 1) 제1 축(A1)을 중심으로 하는 제1 링크(530)의 롤 회전 운동, 2) 제1 링크(530)에 대한 제2 링크(540)의 직선 운동, 3) 제2 링크(540)에 대한 인스트루먼트 장착 링크(550)의 회전 운동, 4) 제1 링크(530)의 제1 영역(531)에 대한 제1 링크(530)의 제2 영역(532)의 직선 운동, 5) 제1 링크(530)의 제2 영역(532)에 대한 제1 링크(530)의 제3 영역(533)의 회전 운동, 6)

베이스(510)에 대한 베이스 링크(520)의 직선 운동의 6개의 자유도를 가짐으로써 작동할 수 있다. 여기에, 인스트루먼트 장착 링크(550)의 가이드 레일(552)에 대한 인스트루먼트 장착부(551)의 직선 운동을 통해, 수술용 인스트루먼트(20)의 트랜슬레이션(translation) 동작, 즉 제4 축(A4) 방향으로의 수술용 인스트루먼트(20)의 직선 운동도 가능하게 된다.

[608] 이와 같은 본 발명에 의해서, 전자식 제어를 통해 RCM 제어를 구현함으로써, 전체 기구 크기가 작아지고 구성이 간단 해지며, 따라서 공간 효율성이 커지고 로봇 암간 충돌이 발생하지 않는 효과를 얻을 수 있다. 특히, 수술용 인스트루먼트(20)를 동작 시키기 위해, 종래와 같이 수술용 인스트루먼트(20)의 뒤쪽(즉, 엔드 툴(21)의 반대쪽)을 잡고 구동하는 것이 아니라, 상대적으로 엔드 툴(21)과 가까운 트로카(30)와의 결합부 부분을 잡고 구동함으로써, 수술용 로봇 암(100)의 동작 범위가 작아지고, 동작에 필요한 구동력이 작아지는 효과를 얻을 수 있다. 나아가 제1 링크(530)의 제1 영역(531)에 대한 제1 링크(530)의 제2 영역(532)의 회전 운동의 제어를 통해 트로카(30)의 삽입 깊이를 일정하게 제어함으로써, 수술 중에 트로카(30)가 복부로부터 빠질 위험을 제거하여, 안전성을 더욱 향상시킬 수 있다.

[609] 또한, 본 실시예와 같이 추가적인 자유도(즉, 제1 링크(530)의 제2 영역(532)에 대한 제1 링크(530)의 제3 영역(533)의 회전 운동)가 주어질 경우, 베이스 링크(520)의 톨 회전축인 제1 축(A1)을 RCM과 일치시키지 않더라도 RCM 모션이 구현 가능하게 되어, 수술용 로봇 암의 초기 세팅이 간편해지는 효과를 얻을 수 있다.

[610]

[611] 본 발명에서 설명하는 특정 실행들은 일 실시 예들로서, 어떠한 방법으로도 본 발명의 범위를 한정하는 것은 아니다. 명세서의 간결함을 위하여, 종래 전자적인 구성들, 제어 시스템들, 소프트웨어, 상기 시스템들의 다른 기능적인 측면들의 기재는 생략될 수 있다. 또한, 도면에 도시된 구성 요소들 간의 선들의 연결 또는 연결 부재들은 기능적인 연결 및/또는 물리적 또는 회로적 연결들을 예시적으로 나타낸 것으로서, 실제 장치에서는 대체 가능하거나 추가의 다양한 기능적인 연결, 물리적인 연결, 또는 회로 연결들로서 나타내어질 수 있다. 또한, "필수적인", "중요하게" 등과 같이 구체적인 언급이 없다면 본 발명의 적용을 위하여 반드시 필요한 구성 요소가 아닐 수 있다.

[612] 본 발명의 명세서(특히 특허청구범위에서)에서 "상기"의 용어 및 이와 유사한 지시 용어의 사용은 단수 및 복수 모두에 해당하는 것일 수 있다. 또한, 본 발명에서 범위(range)를 기재한 경우 상기 범위에 속하는 개별적인 값을 적용한 발명을 포함하는 것으로서(이에 반하는 기재가 없다면), 발명의 상세한 설명에 상기 범위를 구성하는 각 개별적인 값을 기재한 것과 같다. 마지막으로, 본 발명에 따른 방법을 구성하는 단계들에 대하여 명백하게 순서를 기재하거나 반하는 기재가 없다면, 상기 단계들은 적당한 순서로 행해질 수 있다. 반드시

상기 단계들의 기재 순서에 따라 본 발명이 한정되는 것은 아니다. 본 발명에서 모든 예들 또는 예시적인 용어(예들 들어, 등등)의 사용은 단순히 본 발명을 상세히 설명하기 위한 것으로서 특허청구범위에 의해 한정되지 않는 이상 상기 예들 또는 예시적인 용어로 인해 본 발명의 범위가 한정되는 것은 아니다. 또한, 당업자는 다양한 수정, 조합 및 변경이 부가된 특허청구범위 또는 그 균등물의 범주 내에서 설계 조건 및 팩터에 따라 구성될 수 있음을 알 수 있다.

[613] 이상에서 본 발명이 구체적인 구성요소 등과 같은 특정 사항과 한정된 실시예 및 도면에 의하여 설명되었으나, 이는 본 발명의 보다 전반적인 이해를 돕기 위하여 제공된 것일 뿐, 본 발명이 상기 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상적인 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정과 변경을 꾀할 수 있다.

[614] 따라서, 본 발명의 사상은 상기 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니 되며, 후술하는 특허청구범위 뿐만 아니라 이 특허청구범위와 균등한 또는 이로부터 등가적으로 변경된 모든 범위는 본 발명의 사상의 범주에 속한다고 할 것이다.

산업상 이용가능성

[615] 본 발명은 전자식 제어를 통해 RCM 제어를 구현함으로써, 전체 기구 크기가 작아지고 구성이 간단 해지며, 따라서 공간 효율성이 커지고 로봇 암간 충돌이 발생하지 않는 수술용 로봇 암에 이용될 수 있다.

청구범위

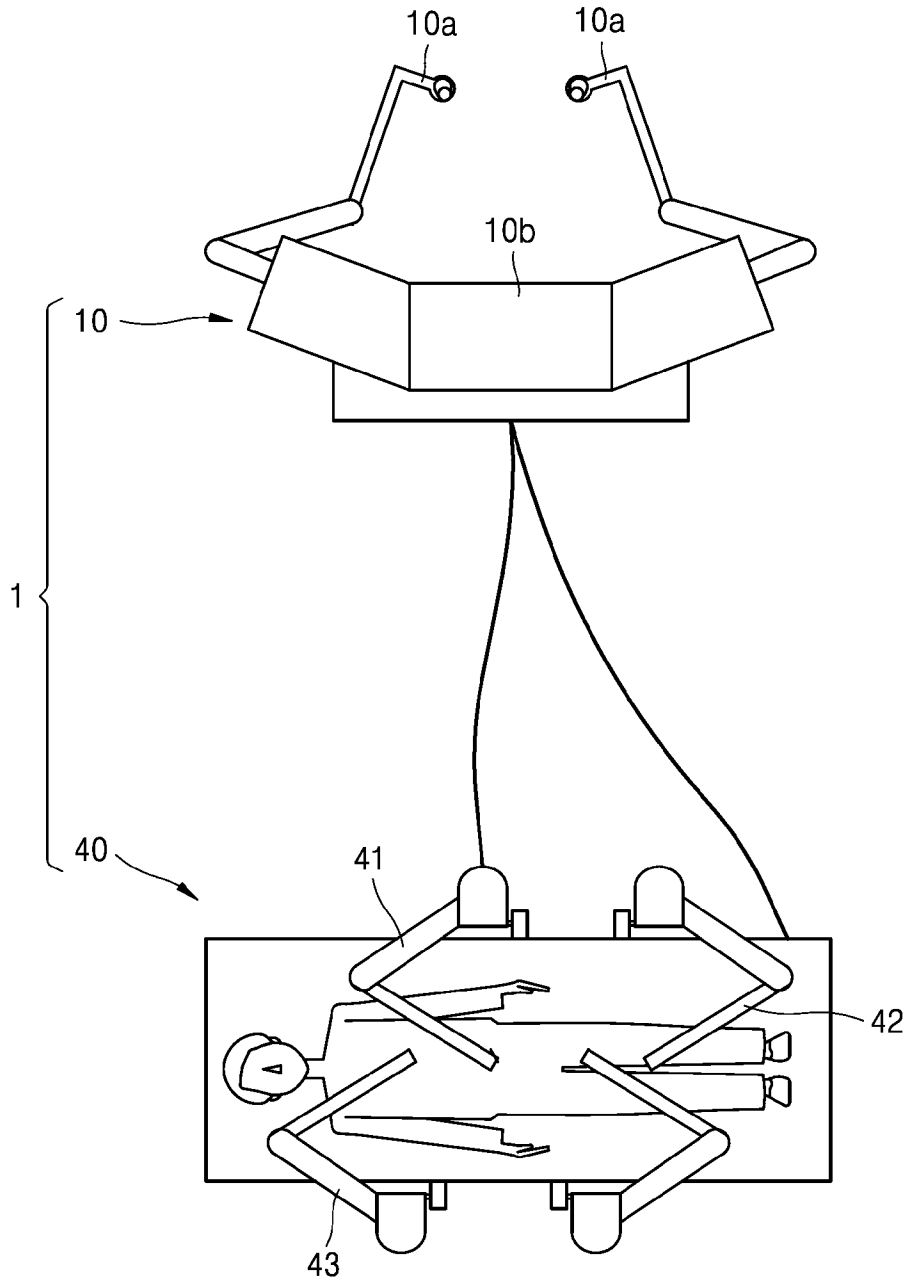
- [청구항 1] 수술용 인스트루먼트가 장착되는 수술용 로봇 암에 있어서,
 일 방향으로 연장 형성된 연장부와, 상기 연장부의 일 단부에 형성되며
 상기 연장부와 소정의 각을 갖도록 형성되는 롤 회전 베이스부를
 포함하는 베이스 링크;
 상기 베이스 링크의 롤 회전 베이스부와 결합하며 제1 축을 중심으로
 롤(roll) 회전 가능하도록 형성된 제1 링크;
 상기 제1 링크와 결합하며, 상기 제1 링크에 대해 제2 축을 따라 직선 운동
 가능하도록 형성된 제2 링크;
 제3 축 방향으로 형성된 링크 회전축에 의해 상기 제2 링크와 축
 결합하며, 상기 링크 회전축을 중심으로 회전 가능하도록 형성된
 인스트루먼트 장착 링크;를 포함하는 수술용 로봇 암.
- [청구항 2] 제 1 항에 있어서,
 상기 수술용 인스트루먼트가 삽입된 트로카 상에는 RCM(remote center of
 motion)이 형성되며,
 상기 트로카 및 이에 삽입된 상기 수술용 인스트루먼트가 상기 RCM을
 중심으로 회전하도록 제어되는 것을 특징으로 하는 수술용 로봇 암.
- [청구항 3] 제 2 항에 있어서,
 상기 제1 링크는 상기 베이스 링크와 결합하는 제1 영역과, 상기 제2
 링크와 결합하는 제2 영역을 포함하고,
 상기 제1 영역의 중심축과 상기 제2 영역의 중심축은 서로 소정의 각도를
 이루도록 형성되는 것을 특징으로 하는 수술용 로봇 암.
- [청구항 4] 제 3 항에 있어서,
 상기 제1 영역의 중심축의 연장선 상에 상기 RCM을 위치시키는 것을
 특징으로 하는 수술용 로봇 암.
- [청구항 5] 제 3 항에 있어서,
 상기 제1 축의 연장선상에 상기 RCM이 배치되는 것을 특징으로 하는
 수술용 로봇 암.
- [청구항 6] 제 2 항에 있어서,
 상기 제1 링크는,
 상기 베이스 링크의 롤 회전 베이스부와 결합하며 상기 제1 축을
 중심으로 롤(roll) 회전 가능하도록 형성된 제1 영역; 및
 제5 축 방향으로 형성된 피치 회전축에 의해 상기 제1 영역과 축
 결합하며, 상기 피치 회전축을 중심으로 회전 가능하도록 형성된 제2
 영역;을 포함하는 수술용 로봇 암.
- [청구항 7] 제 6 항에 있어서,
 상기 제3 축과 상기 제5 축은 실질적으로 평행하게 형성되는 것을

- 특징으로 하는 수술용 로봇 암.
- [청구항 8] 제 6 항에 있어서,
상기 피치 회전축을 중심으로 상기 제2 영역이 상기 제1 영역에 대해 회전하여, 상기 트로카의 일 단부로부터 상기 RCM 까지의 거리가 일정하게 유지되도록 제어 가능한 것을 특징으로 하는 수술용 로봇 암.
- [청구항 9] 제 6 항에 있어서,
상기 제1 링크의 상기 제1 영역은,
상기 베이스 링크와 결합하는 제1-1 영역과,
상기 제1-1 영역 및 상기 제2 영역의 사이에 배치되어 상기 제1-1 영역 및 상기 제2 영역과 각각 연결되는 제1-2 영역을 포함하고,
상기 제1-2 영역이 상기 제1-1 영역에 대해 제7 축을 중심으로 회전 가능하도록, 상기 제1-1 영역과 상기 제1-2 영역은 축 결합하는 것을 특징으로 하는 수술용 로봇 암.
- [청구항 10] 제 9 항에 있어서,
XY 평면 상에서 상기 RCM과 상기 제1 축이 서로 이격되어 있어도 RCM 동작이 가능한 것을 특징으로 하는 수술용 로봇 암.
- [청구항 11] 제 2 항에 있어서,
상기 제2 링크는,
상기 제1 링크와 결합하며 상기 제1 링크에 대해 상기 제2 축을 따라 직선 운동 가능하도록 형성된 제1 영역; 및
피치 회전축에 의해 상기 제1 영역과 축 결합하며, 상기 피치 회전축을 중심으로 회전 가능하도록 형성된 제2 영역;을 포함하는 수술용 로봇 암.
- [청구항 12] 제 11 항에 있어서,
상기 피치 회전축을 중심으로 상기 제2 영역이 상기 제1 영역에 대해 회전하여, 상기 트로카의 일 단부로부터 상기 RCM 까지의 거리가 일정하게 유지되도록 제어 가능한 것을 특징으로 하는 수술용 로봇 암.
- [청구항 13] 제 2 항에 있어서,
상기 수술용 로봇 암은, 상기 수술용 로봇 암의 기저부를 형성하며 일 면상에 상기 베이스 링크가 결합되는 베이스를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 수술용 로봇 암.
- [청구항 14] 제 13 항에 있어서,
상기 베이스 링크는 상기 베이스에 대해 제6 축 방향을 따라 직선 운동 가능하도록 형성되는 것을 특징으로 하는 수술용 로봇 암.
- [청구항 15] 제 14 항에 있어서,
상기 제6 축 상에서 상기 RCM과 상기 제1 축이 서로 이격되어 있어도 RCM 동작이 가능한 것을 특징으로 하는 수술용 로봇 암.
- [청구항 16] 제 13 항에 있어서,
상기 베이스 링크는 상기 베이스에 대해 제6 축을 중심으로 롤 회전

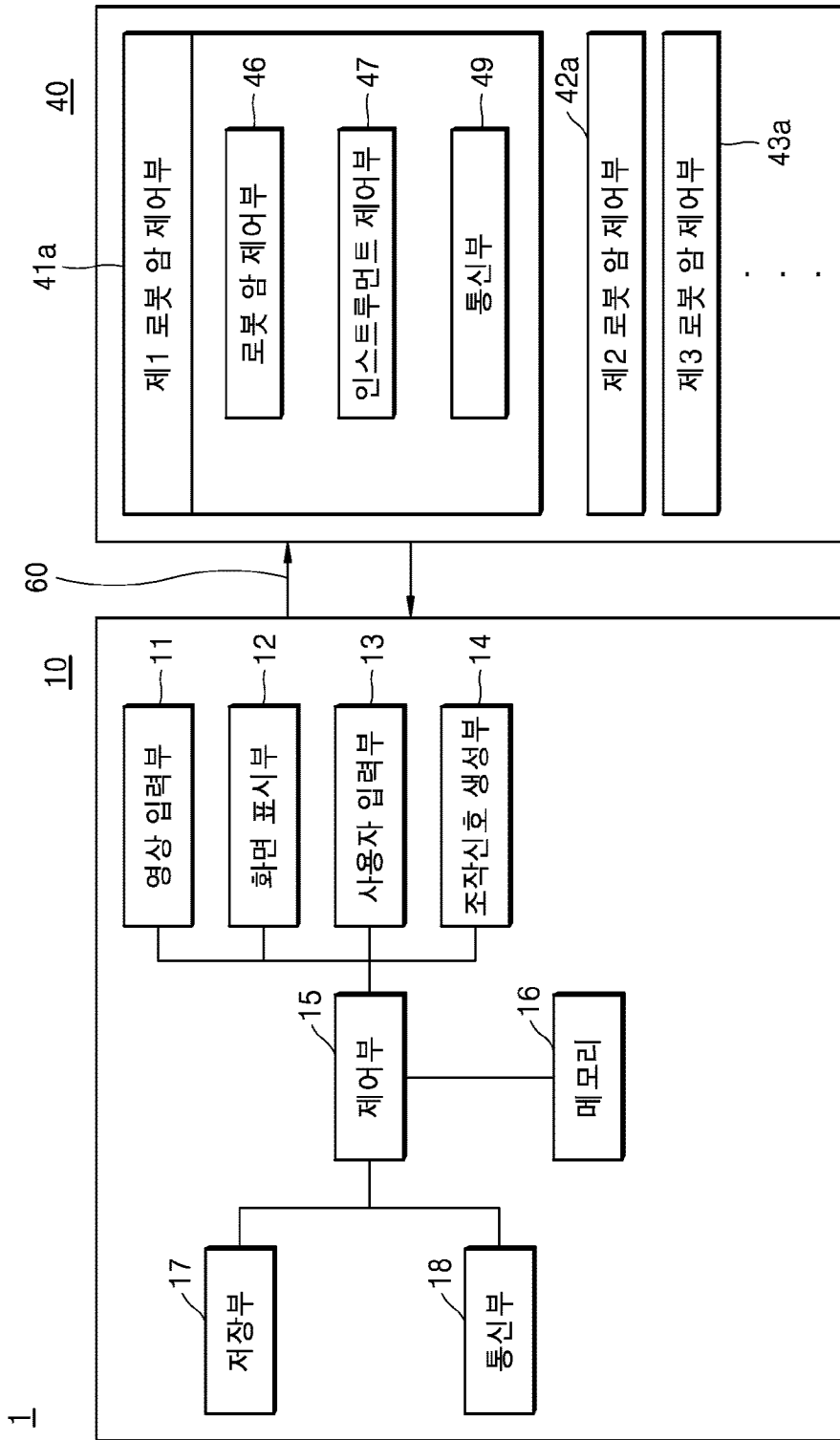
- 가능하도록 형성되는 것을 특징으로 하는 수술용 로봇 암.
- [청구항 17] 제 16 항에 있어서,
XY 평면 상에서 상기 RCM과 상기 제1 축이 서로 이격되어 있어도 RCM 동작이 가능한 것을 특징으로 하는 수술용 로봇 암.
- [청구항 18] 제 2 항에 있어서,
상기 인스트루먼트 장착 링크는,
제4 축 방향으로 연장 형성되는 가이드 레일과,
상기 수술용 인스트루먼트가 결합되며, 상기 가이드 레일을 따라 직선 운동 가능하도록 형성되는 인스트루먼트 장착부를 포함하는 수술용 로봇 암.
- [청구항 19] 제 18 항에 있어서,
상기 가이드 레일에 대한 상기 인스트루먼트 장착부의 직선 운동에 의해, 상기 수술용 인스트루먼트의 엔드 툴의 끝단으로부터 상기 RCM까지의 거리가 일정하게 유지되도록 제어 가능한 것을 특징으로 하는 수술용 로봇 암.
- [청구항 20] 제 18 항에 있어서,
상기 트로카가 결합되며, 상기 인스트루먼트 장착 링크와 결합하여 상기 인스트루먼트 장착 링크를 따라 직선 운동 가능하도록 형성되는 트로카 홀더부를 더 포함하는 수술용 로봇 암.
- [청구항 21] 제 20 항에 있어서,
상기 인스트루먼트 장착 링크에 대한 상기 트로카 홀더부의 직선 운동에 의해, 상기 트로카의 끝단으로부터 상기 RCM까지의 거리가 일정하게 유지되도록 제어가능한 것을 특징으로 하는 수술용 로봇 암.
- [청구항 22] 제 2 항에 있어서,
제1 방향에 있어서의 상기 RCM을 중심으로 한 RCM 동작의 제어는,
상기 제1 축을 중심으로 하는 상기 베이스 링크에 대한 상기 제1 링크의 롤 회전 운동과,
상기 제3 축을 중심으로 하는 상기 제2 링크에 대한 상기 인스트루먼트 장착 링크의 회전 운동의 제어와,
상기 제2 축을 따라 이동하는 상기 제1 링크에 대한 상기 제2 링크의 직선 운동의 제어에 의해 수행되는 것을 특징으로 하는 수술용 로봇 암.
- [청구항 23] 제 22 항에 있어서,
상기 제1 방향에 있어서의 RCM 제어를 위해,
상기 수술용 인스트루먼트의 롤(roll) 운동이 함께 제어되는 것을 특징으로 하는 수술용 로봇 암.
- [청구항 24] 제 23 항에 있어서,
상기 수술용 인스트루먼트의 롤(roll) 운동에 의해, 상기 수술용 인스트루먼트의 엔드 툴의 방향이 일정하게 유지되도록 제어되는 것을

- 특징으로 하는 수술용 로봇 암.
- [청구항 25] 제 22 항에 있어서,
 상기 수술용 로봇 암은, 상기 수술용 로봇 암의 기저부를 형성하며 일 면상에 상기 베이스 링크가 결합되는 베이스를 더 포함하고,
 상기 제1 방향에 있어서의 상기 RCM을 중심으로 한 RCM 동작의 제어를 위해,
 상기 베이스에 대한 상기 베이스 링크의 회전 운동의 제어가 더 수행되는 것을 특징으로 하는 수술용 로봇 암.
- [청구항 26] 제 2 항에 있어서,
 제2 방향에 있어서의 RCM 제어는,
 상기 제2 축을 따라 이동하는 상기 제1 링크에 대한 상기 제2 링크의 직선 운동과,
 상기 제3 축을 중심으로 하는 상기 제2 링크에 대한 상기 인스트루먼트 장착 링크의 회전 운동의 제어에 의해 구현되는 것을 특징으로 하는 수술용 로봇 암.
- [청구항 27] 제 26 항에 있어서,
 상기 제1 링크는,
 상기 베이스 링크의 롤 회전 베이스부와 결합하며 상기 제1 축을 중심으로 롤(roll) 회전 가능하도록 형성된 제1 영역; 및
 피치 회전축에 의해 상기 제1 영역과 축 결합하며, 상기 피치 회전축을 중심으로 회전 가능하도록 형성된 제2 영역;을 포함하고,
 상기 제2 방향에 있어서의 RCM 제어를 위해,
 상기 제1 영역에 대한 상기 제2 영역의 회전 운동이 함께 제어되는 것을 특징으로 하는 수술용 로봇 암.
- [청구항 28] 제 26 항에 있어서,
 상기 제2 링크는,
 상기 제1 링크와 결합하며 상기 제1 링크에 대해 상기 제2 축을 따라 직선 운동 가능하도록 형성된 제1 영역; 및
 피치 회전축에 의해 상기 제1 영역과 축 결합하며, 상기 피치 회전축을 중심으로 회전 가능하도록 형성된 제2 영역;을 포함하고,
 상기 제2 방향에 있어서의 RCM 제어를 위해,
 상기 제1 영역에 대한 상기 제2 영역의 회전 운동이 함께 제어되는 것을 특징으로 하는 수술용 로봇 암.
- [청구항 29] 제 1 항에 있어서,
 상기 제2 링크와 상기 인스트루먼트 장착 링크는 상기 링크 회전축만에 의해 결합하며, 상기 링크 회전축은 모터에 의해 능동 제어되는 것을 특징으로 하는 수술용 로봇 암.

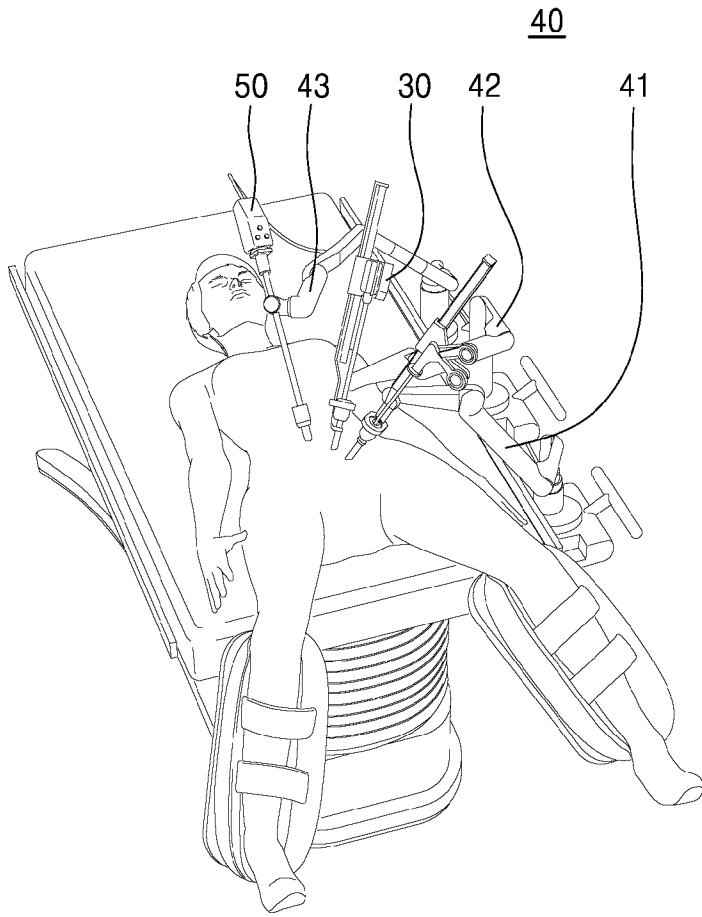
[도 1]



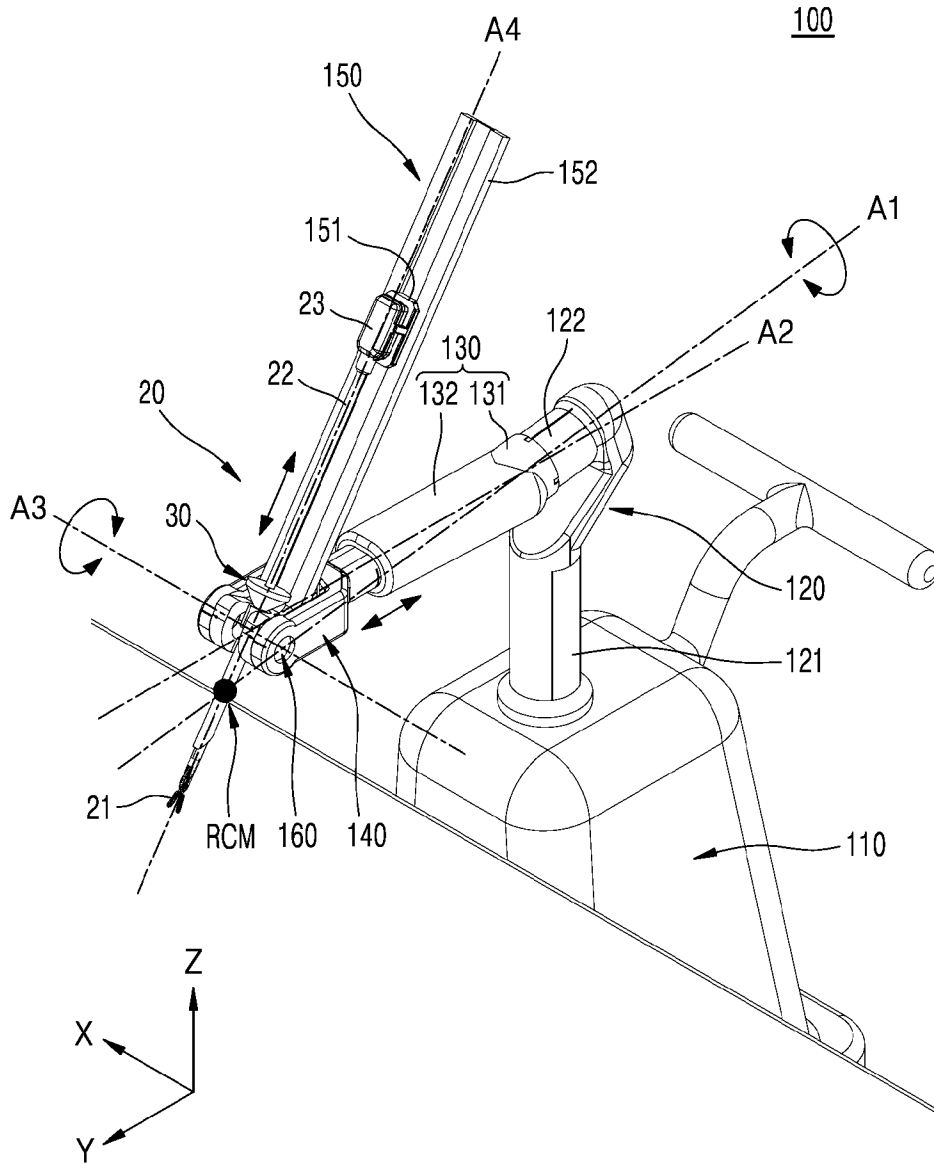
[도2]



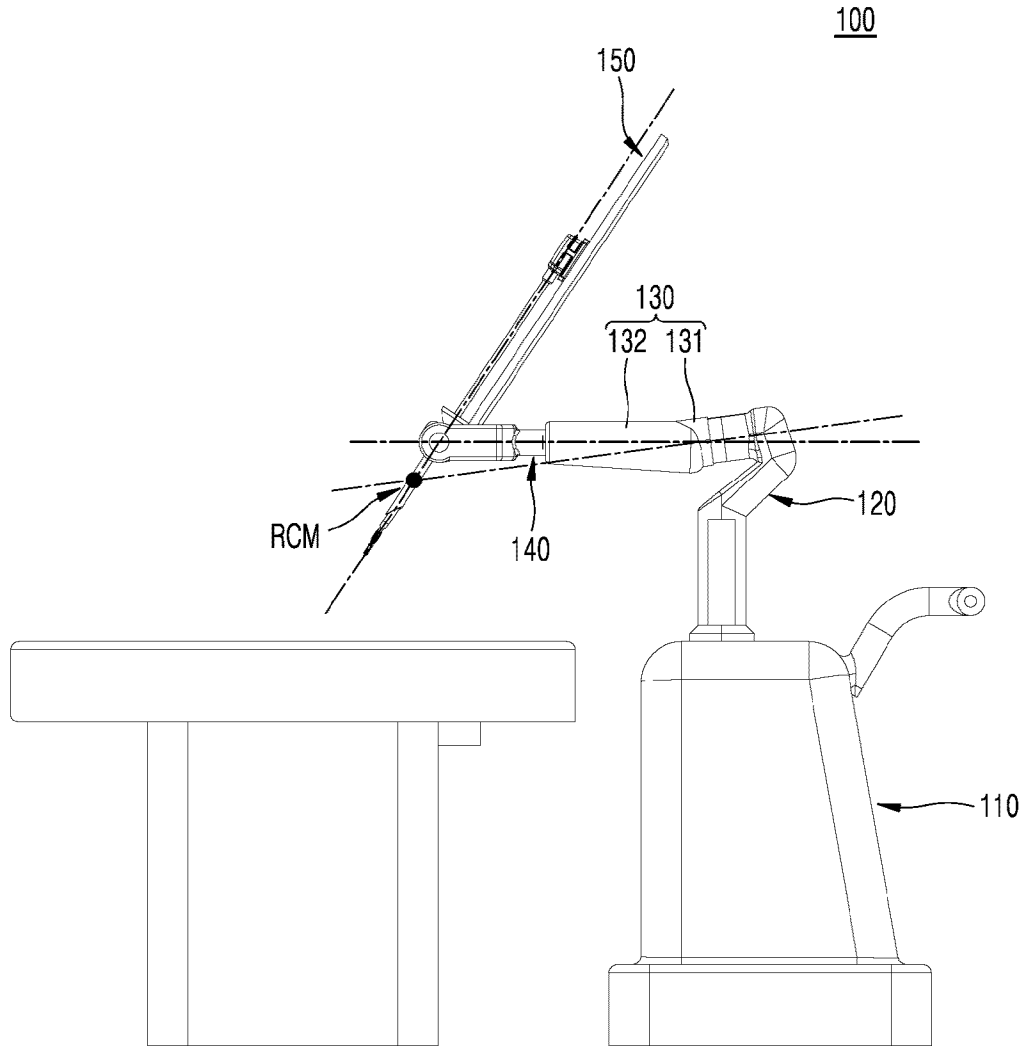
[도3]
1



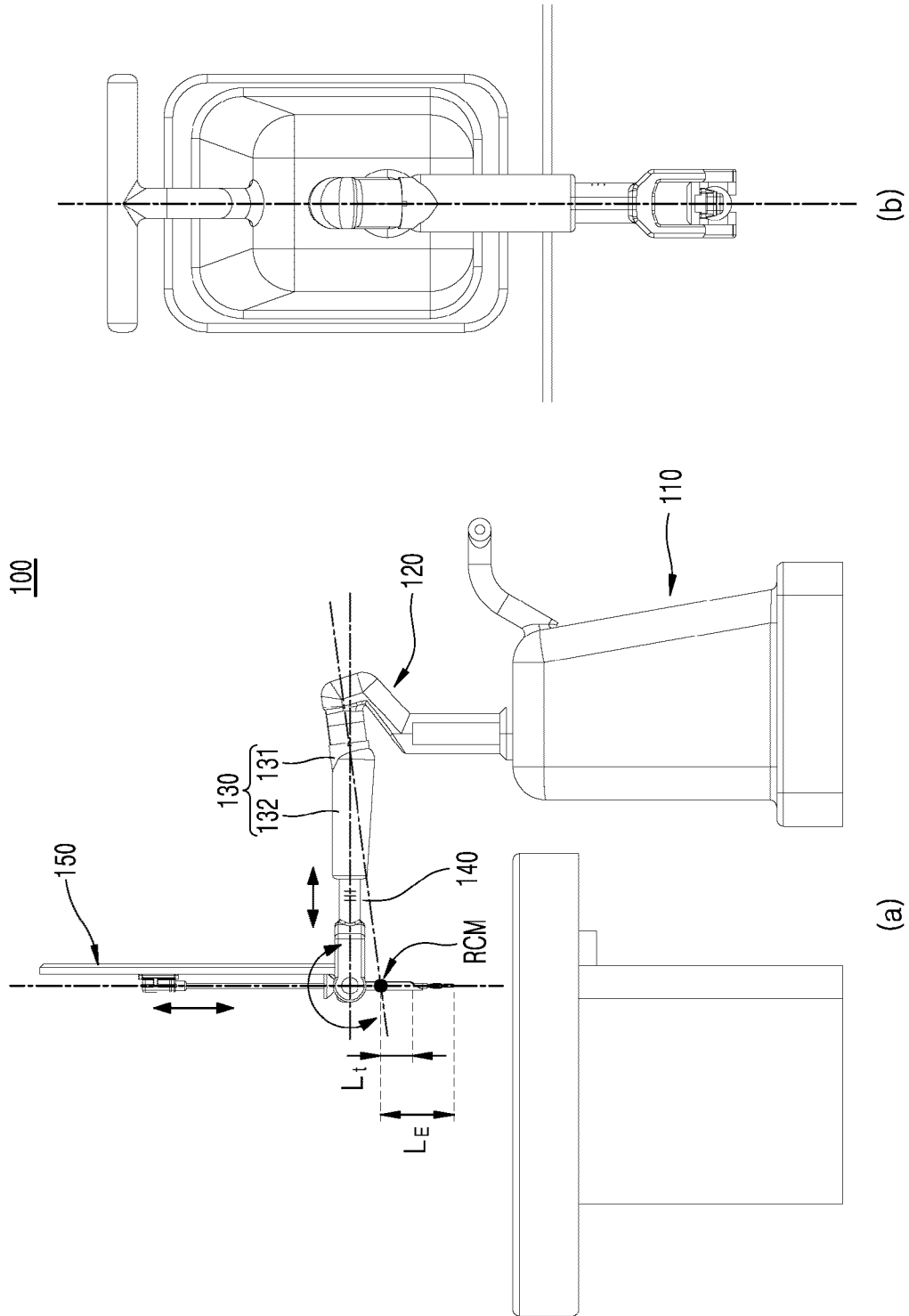
[도4]



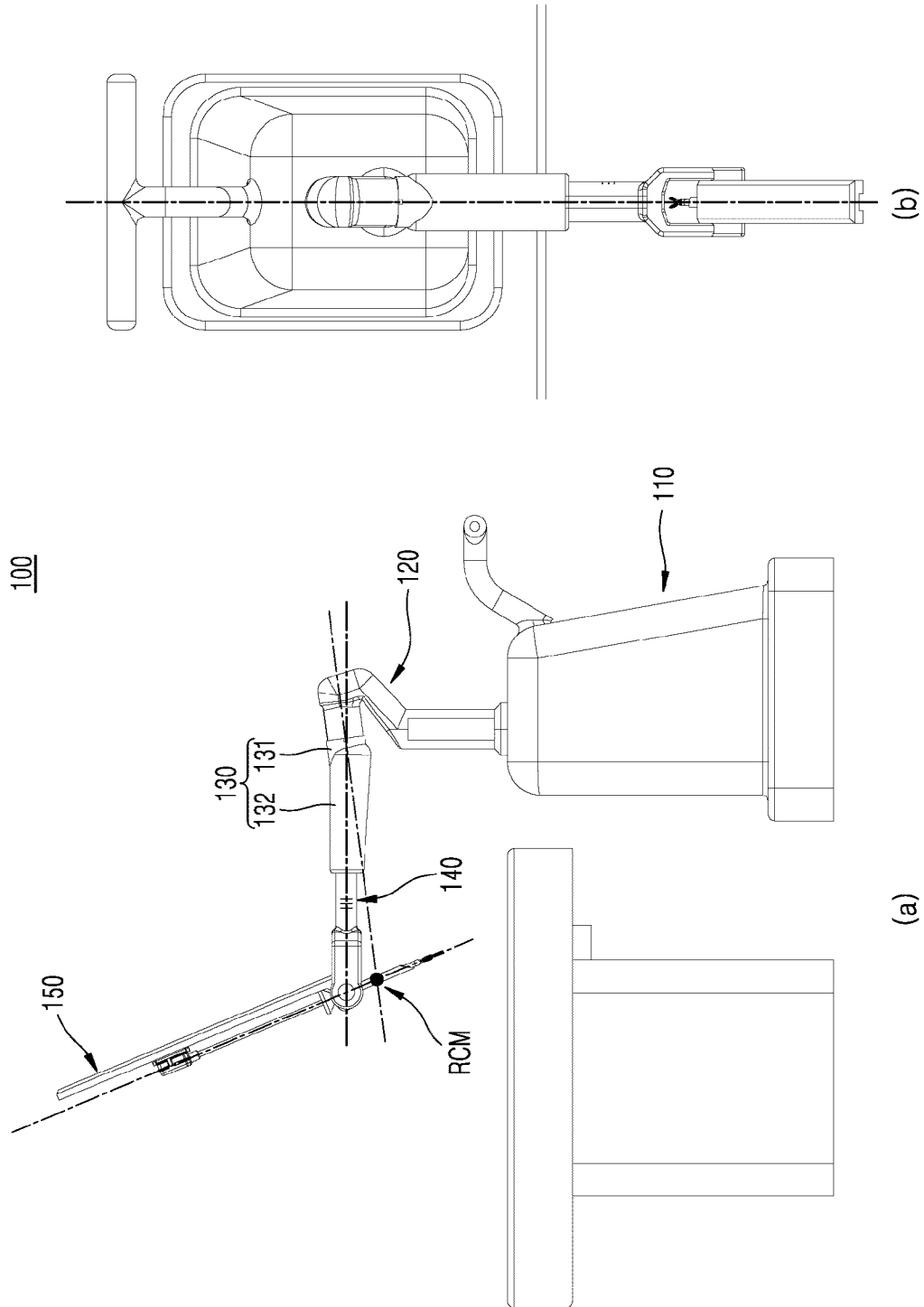
[도5]



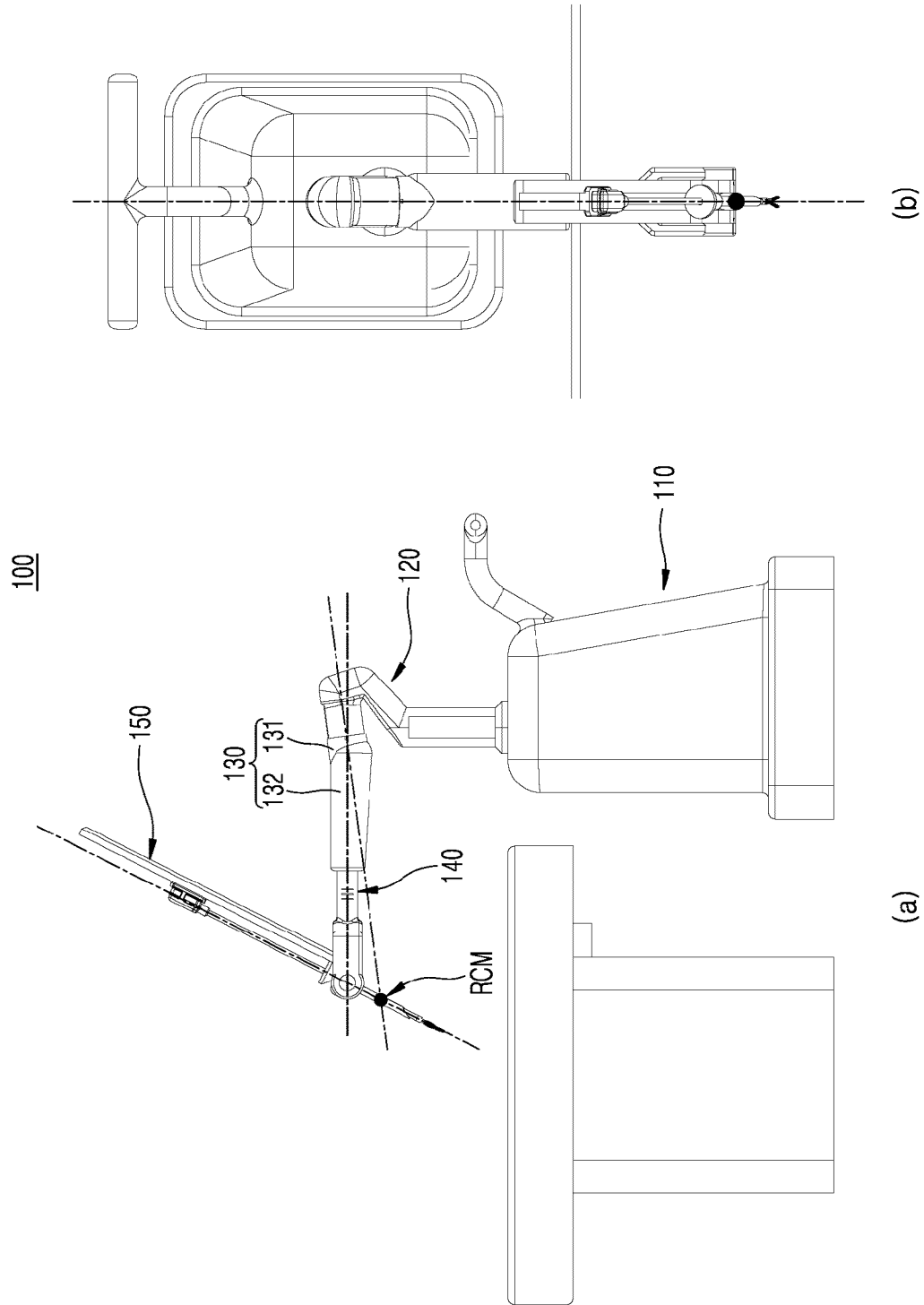
[도6]



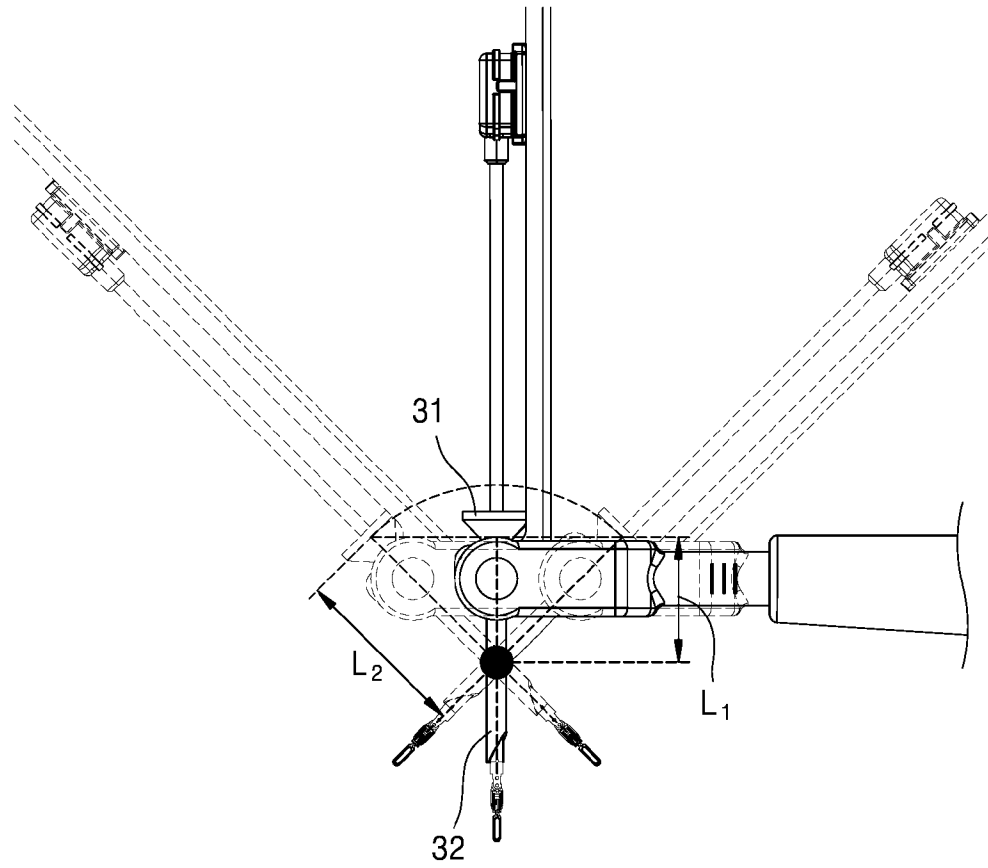
[도7]



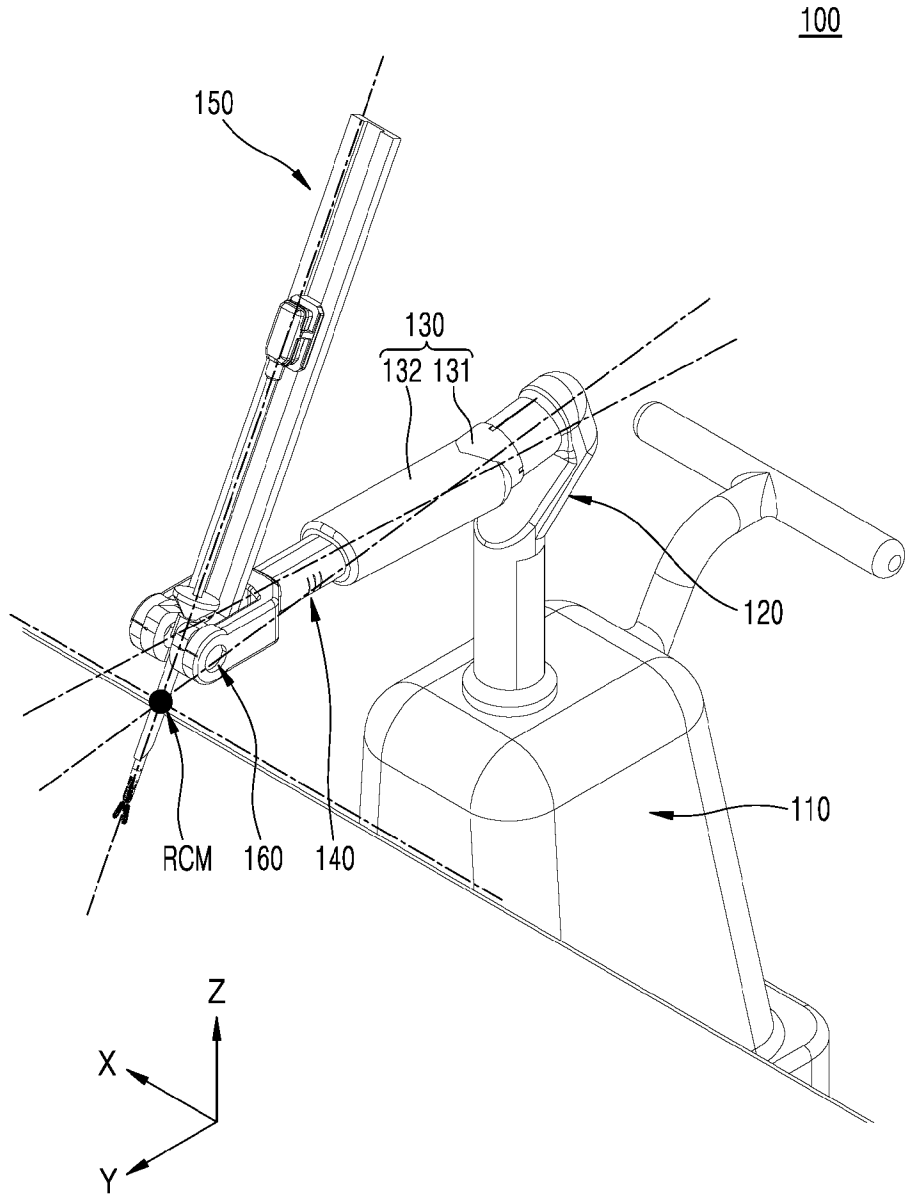
[도8]



[도9]

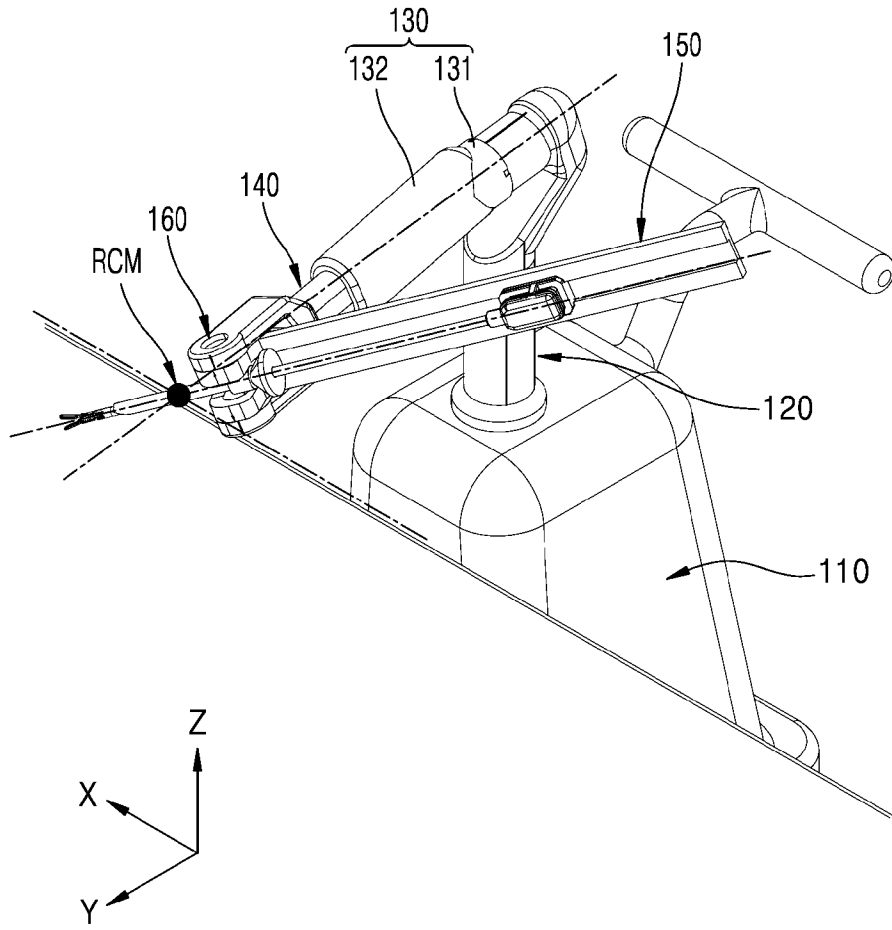


[도 10]

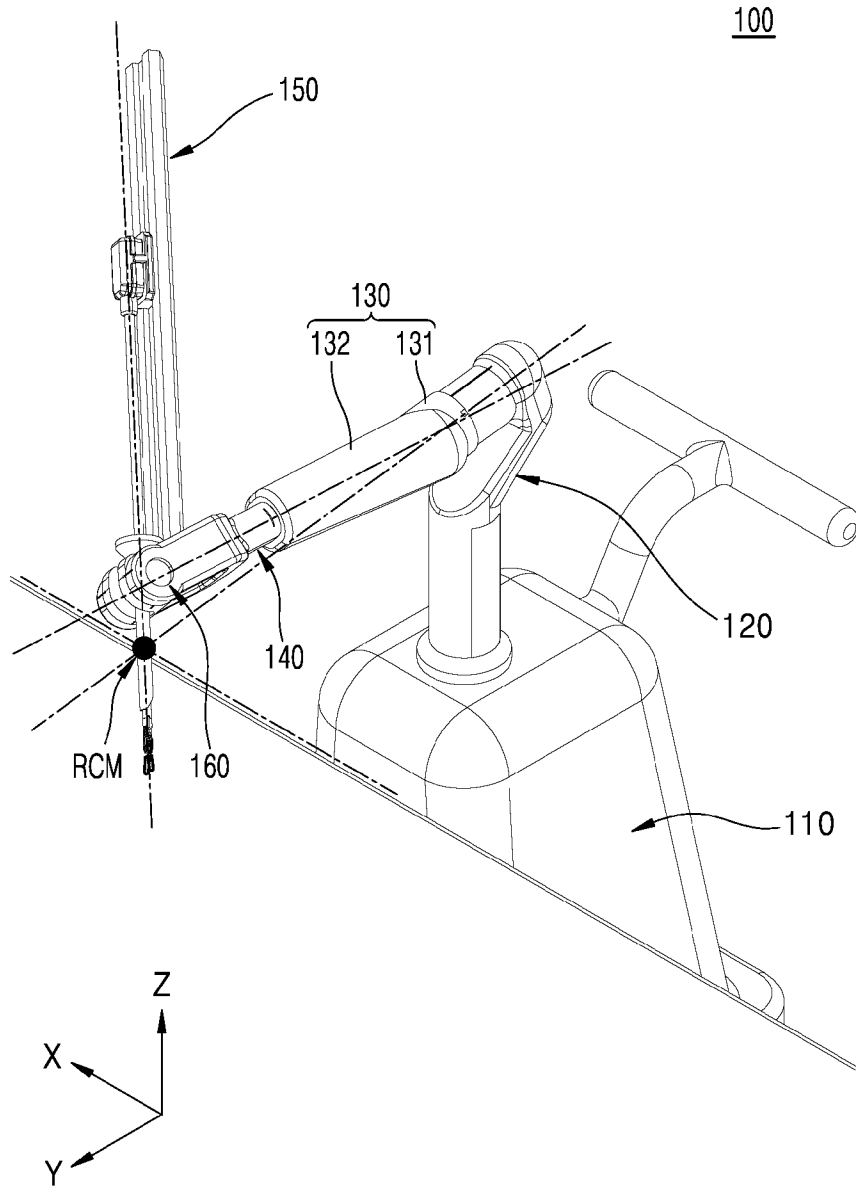


[도11]

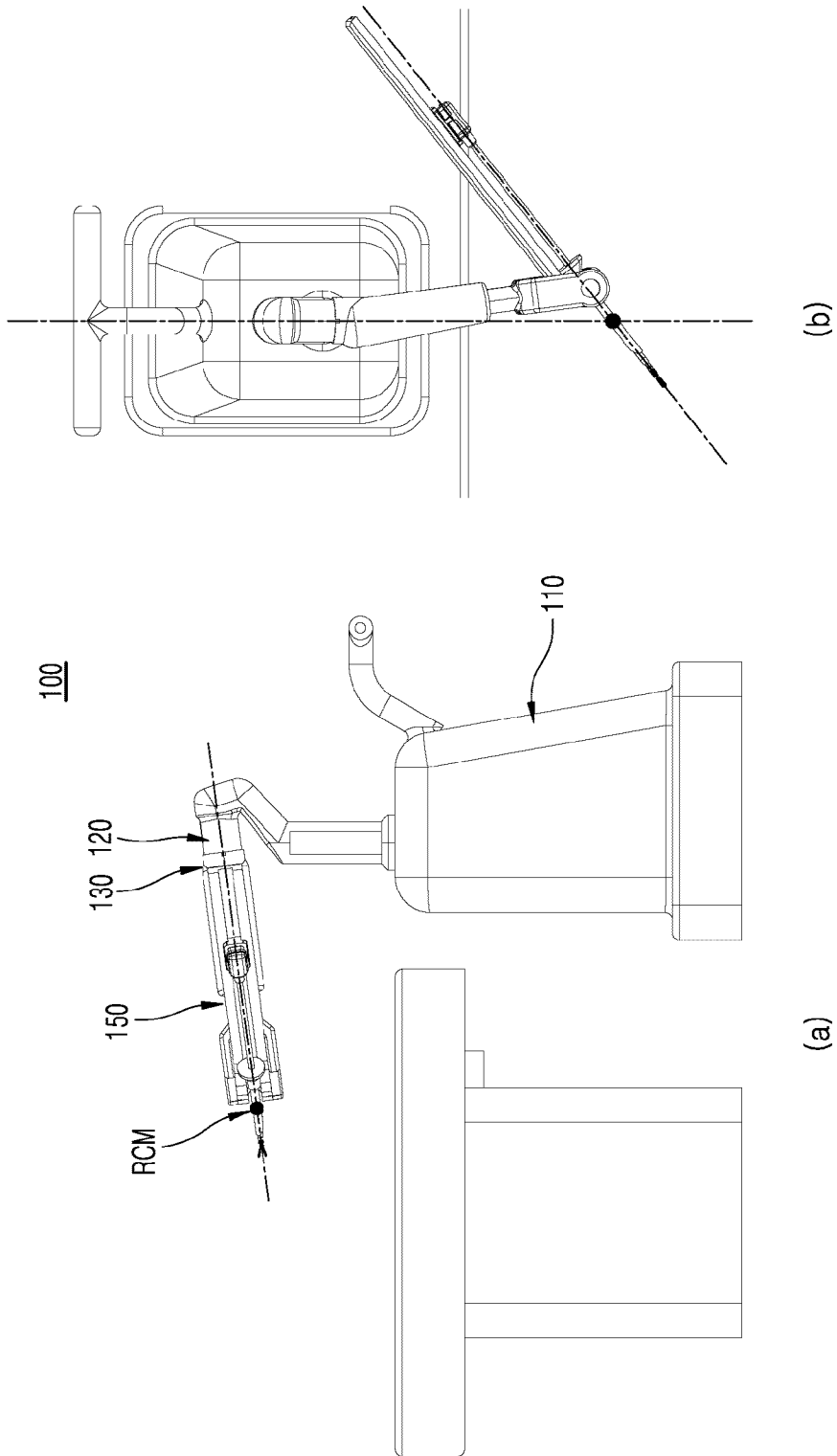
100



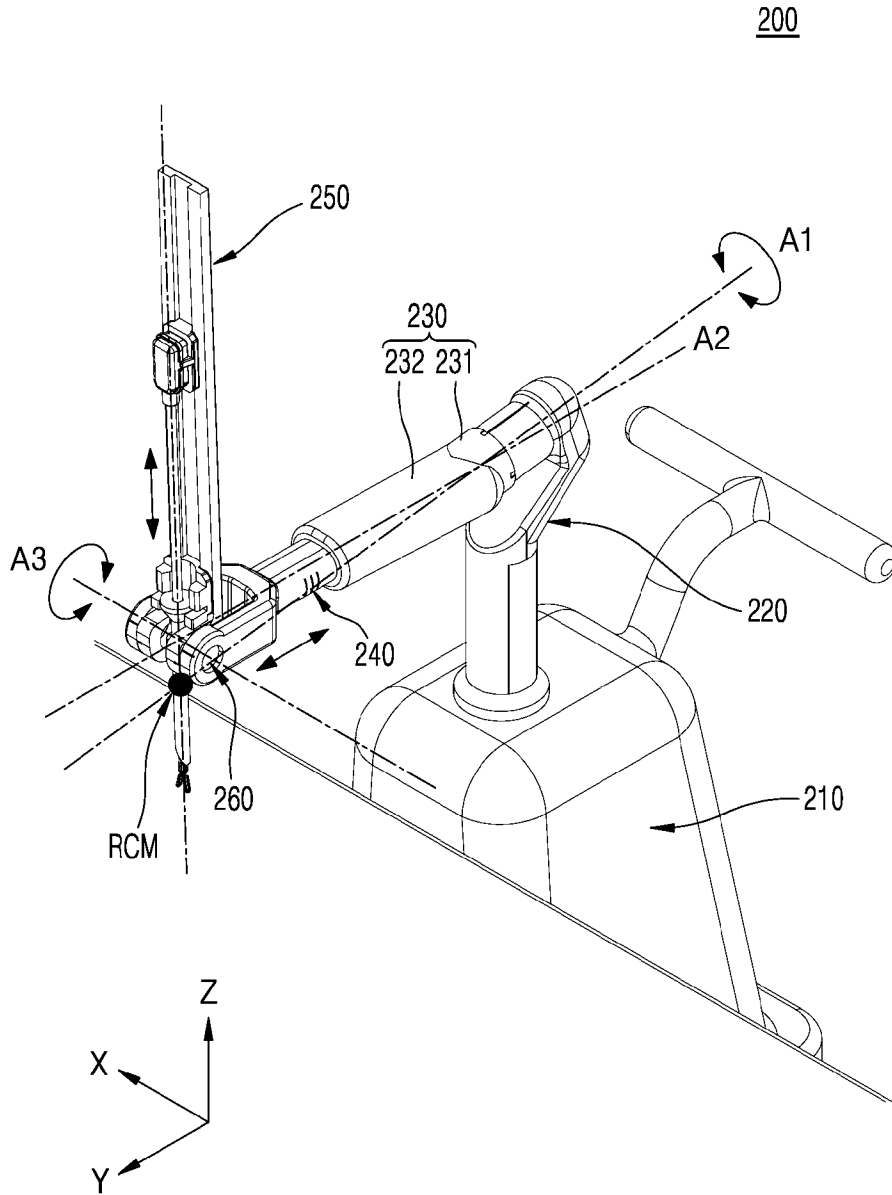
[도 12]



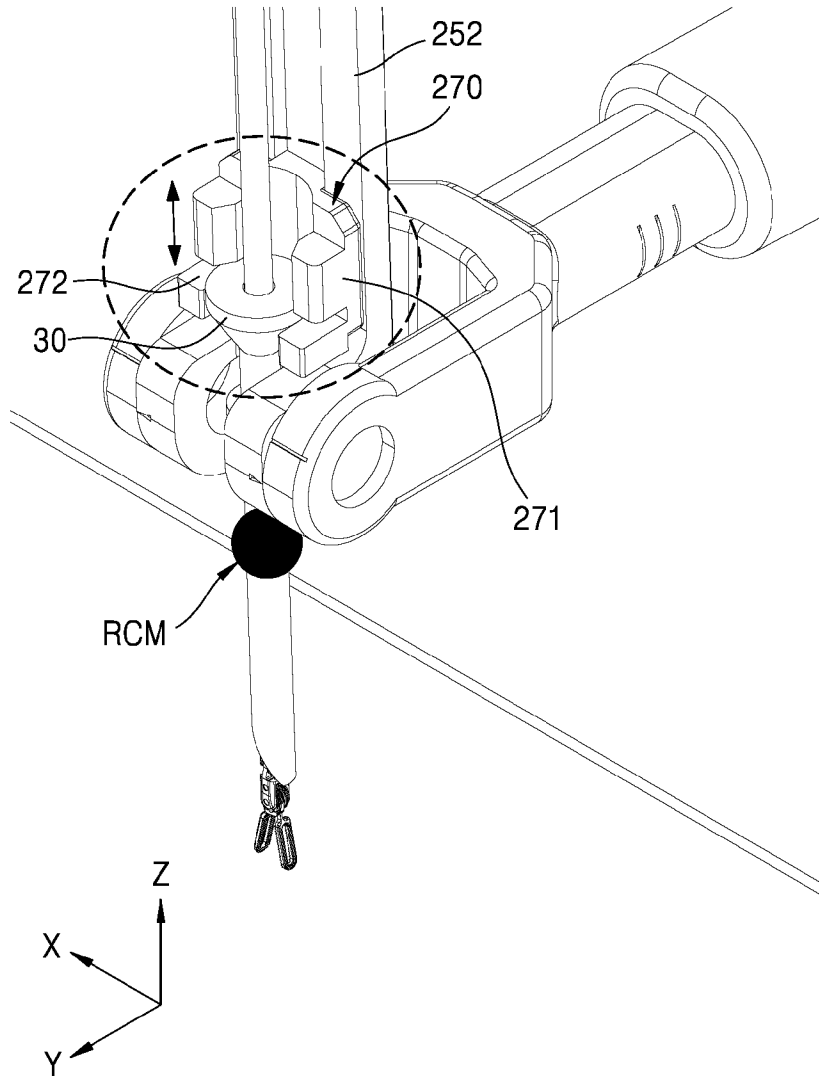
[도13]



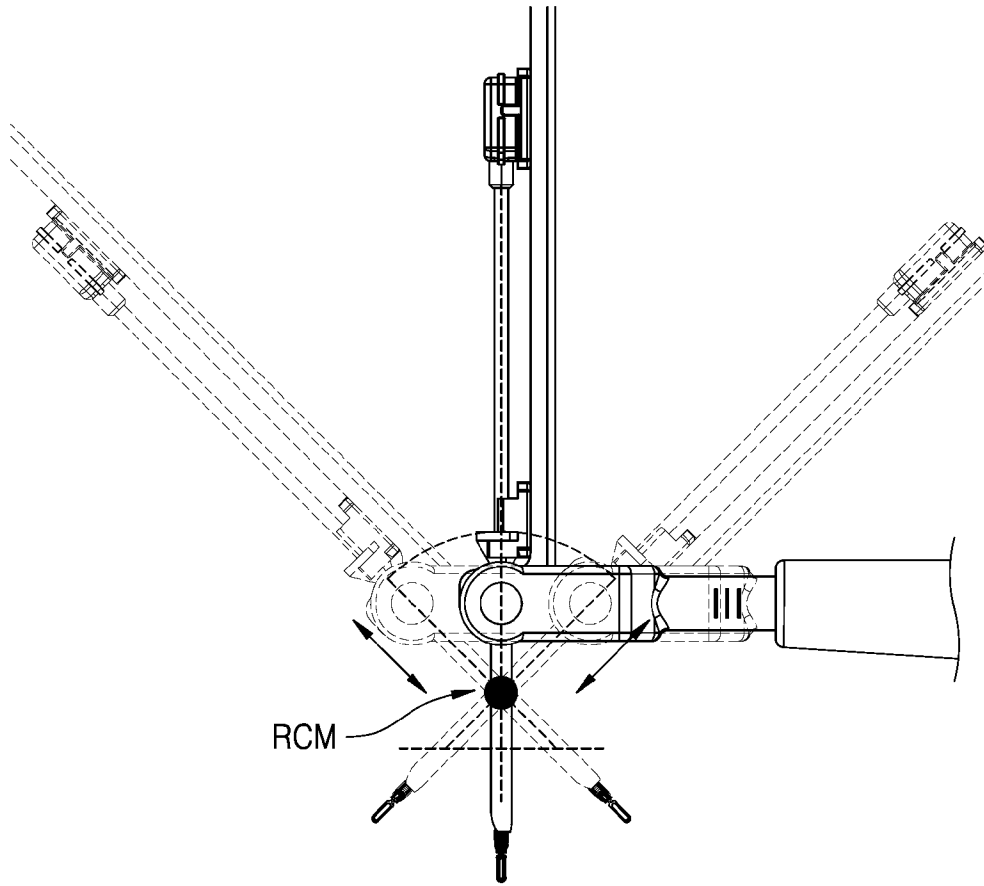
[도 14]



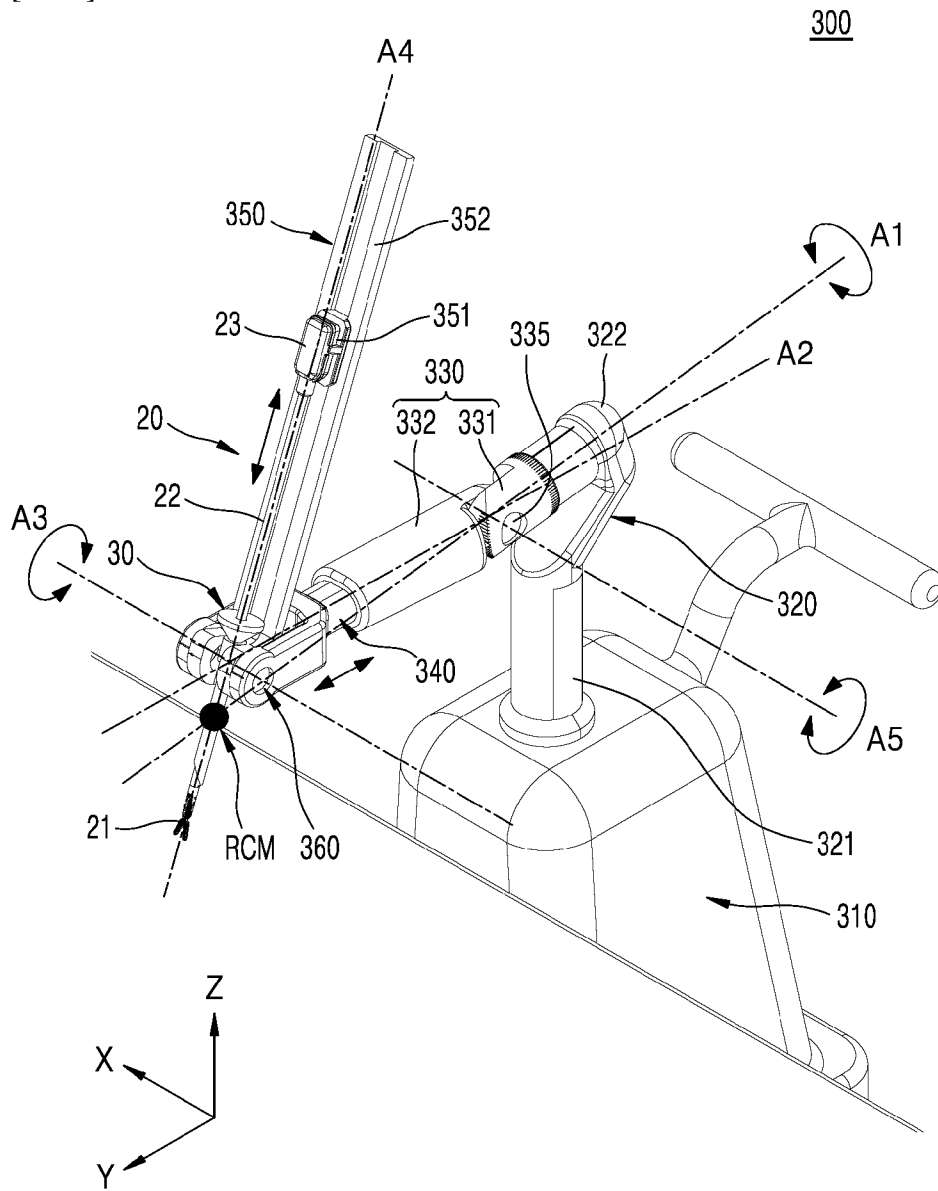
[도 15]



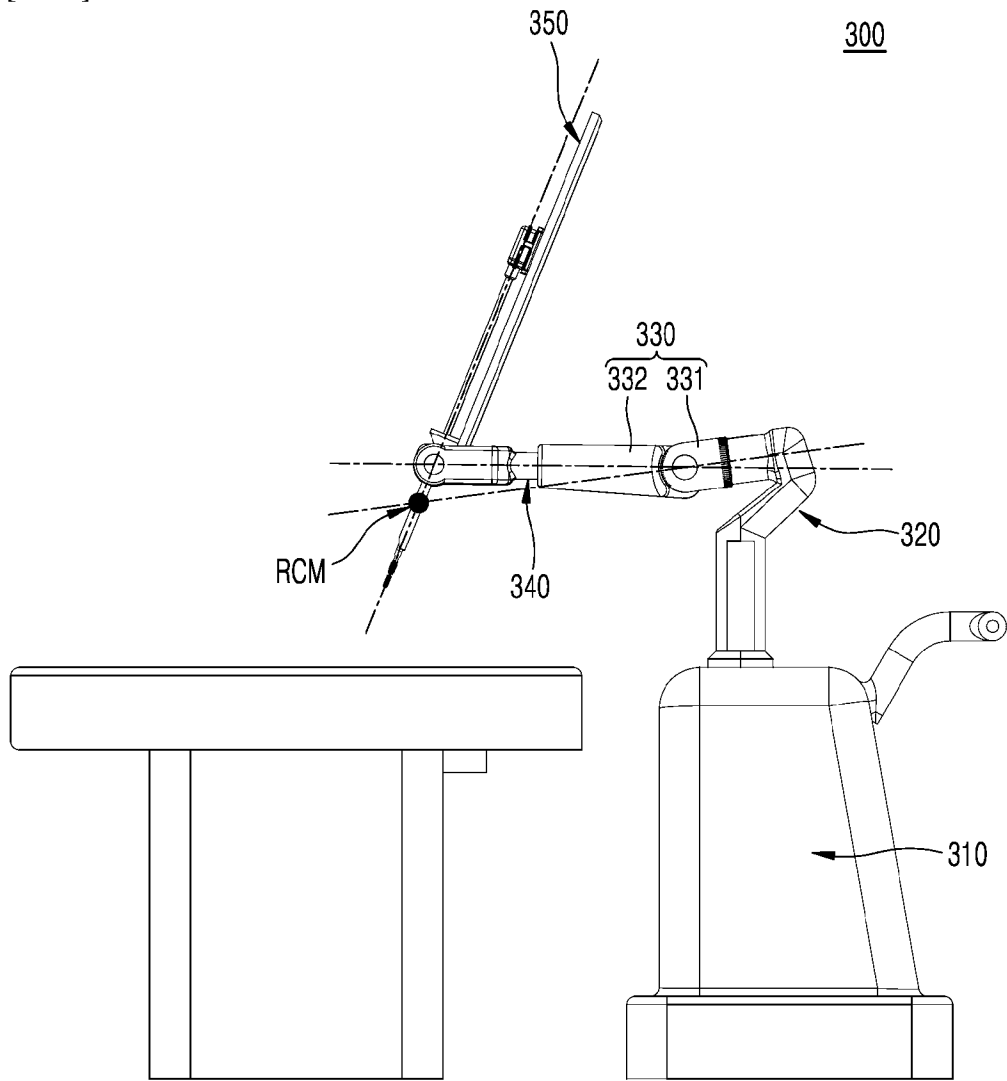
[도16]



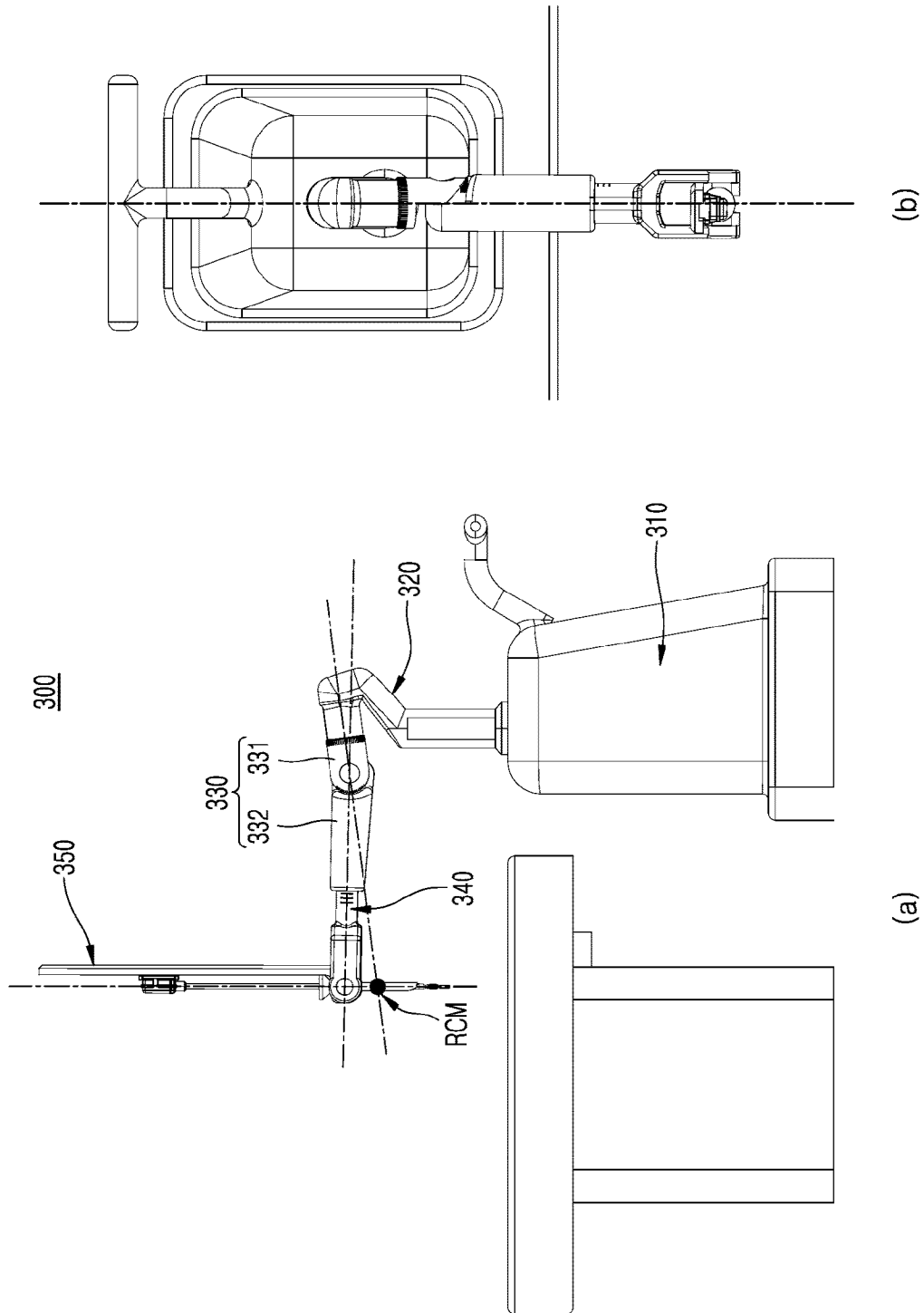
[도17]



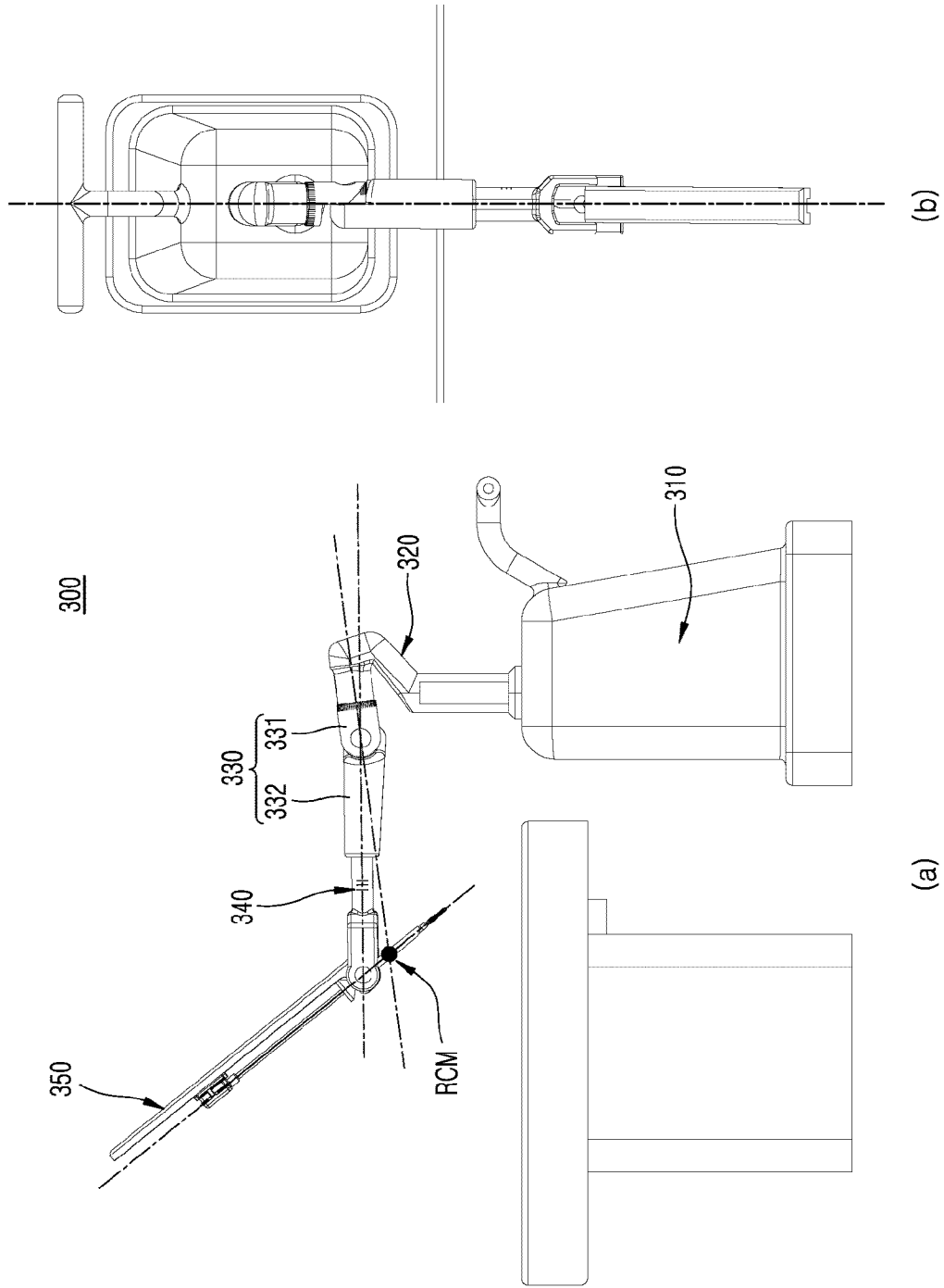
[도 18]



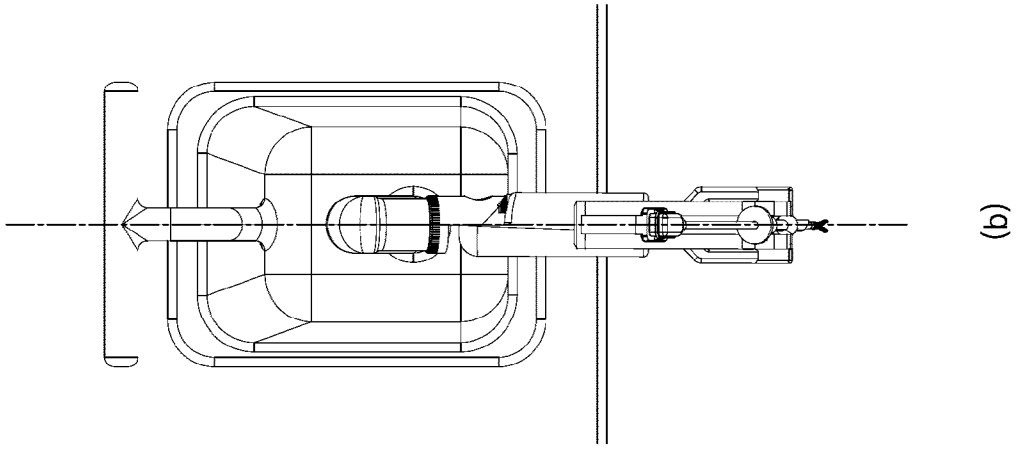
[도19]



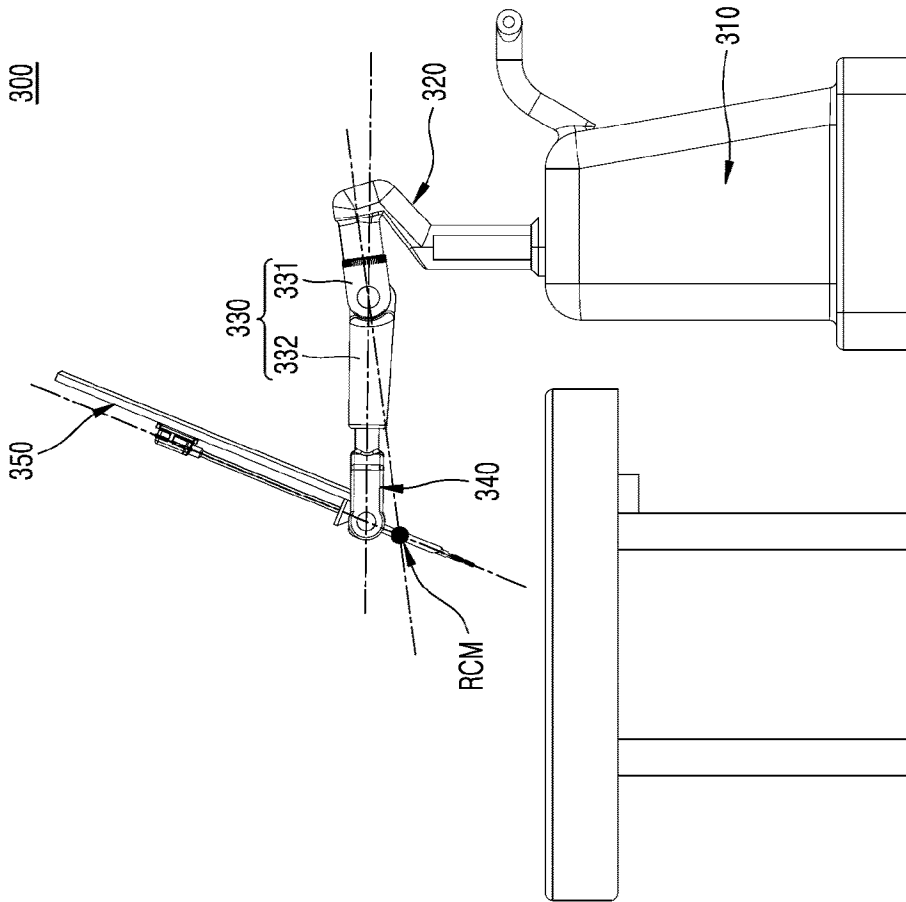
[도20]



[도21]

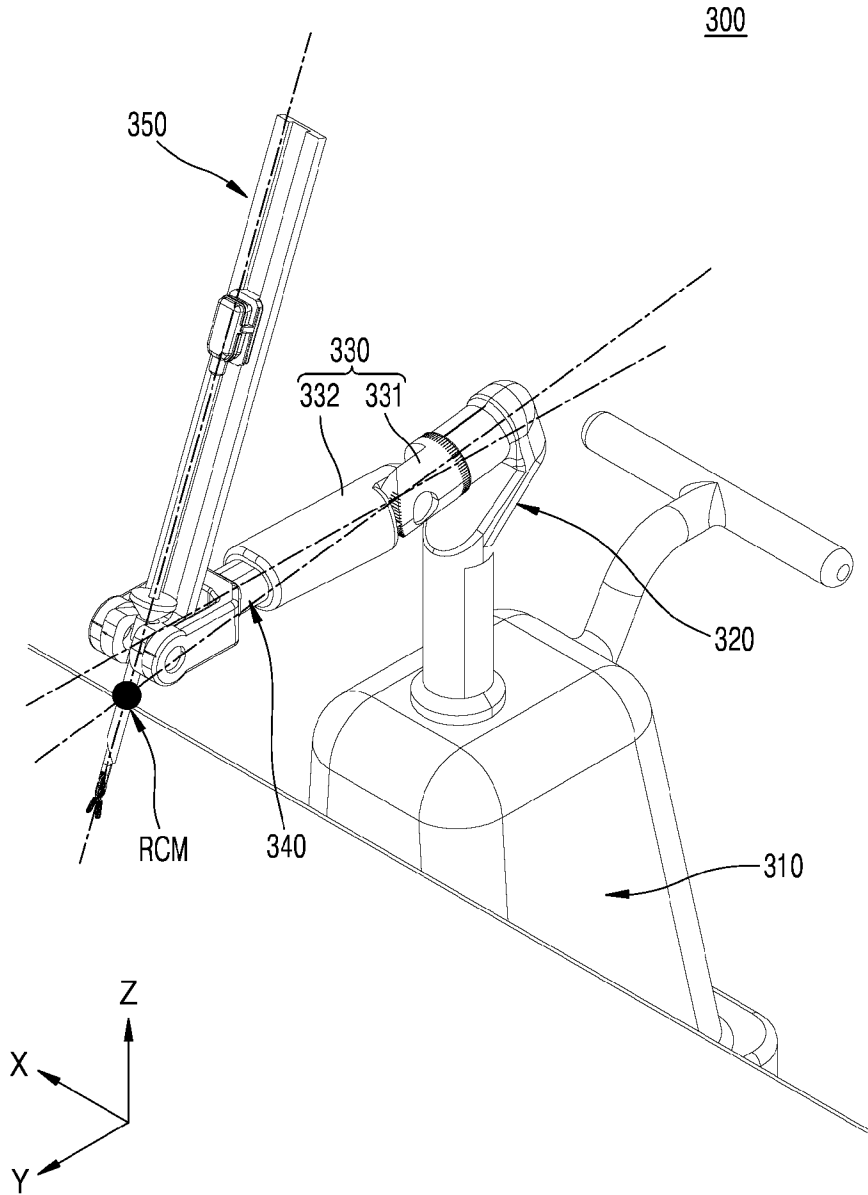


(b)

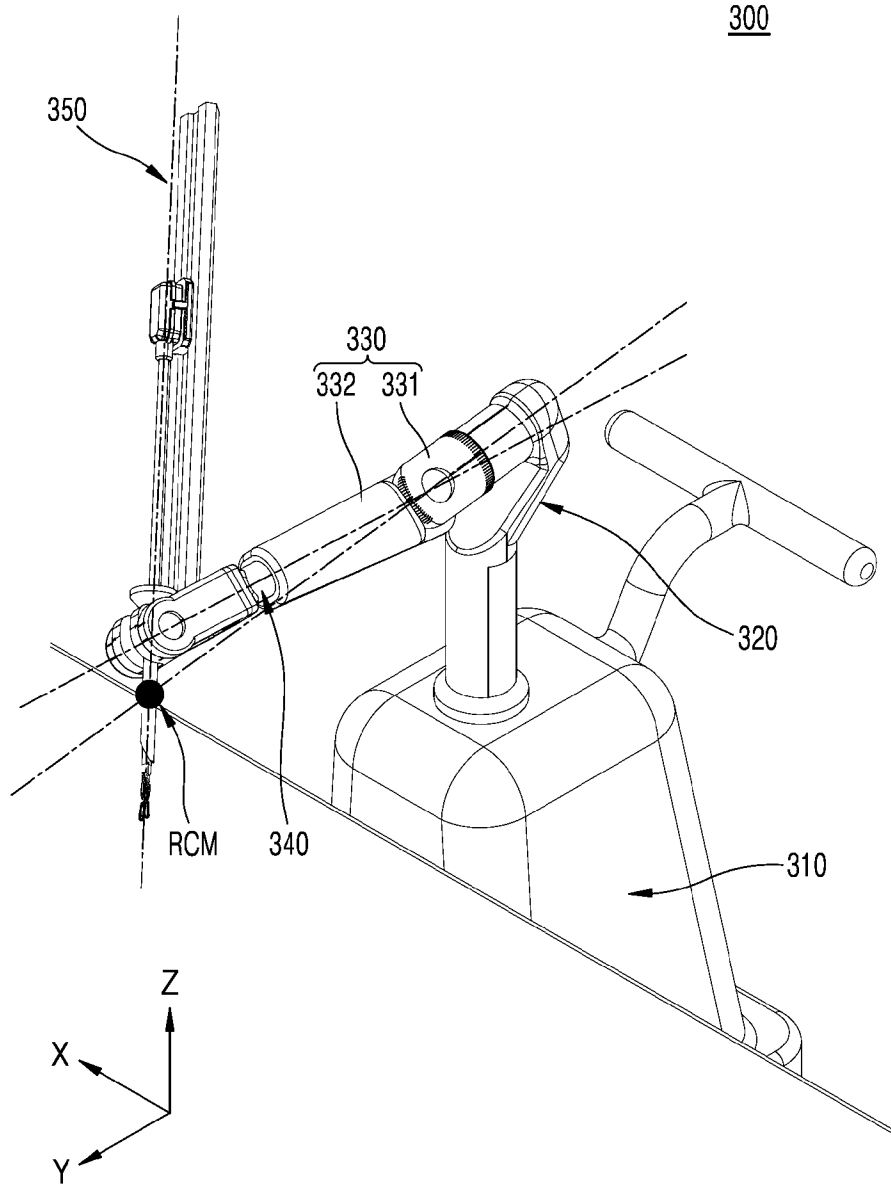


(a)

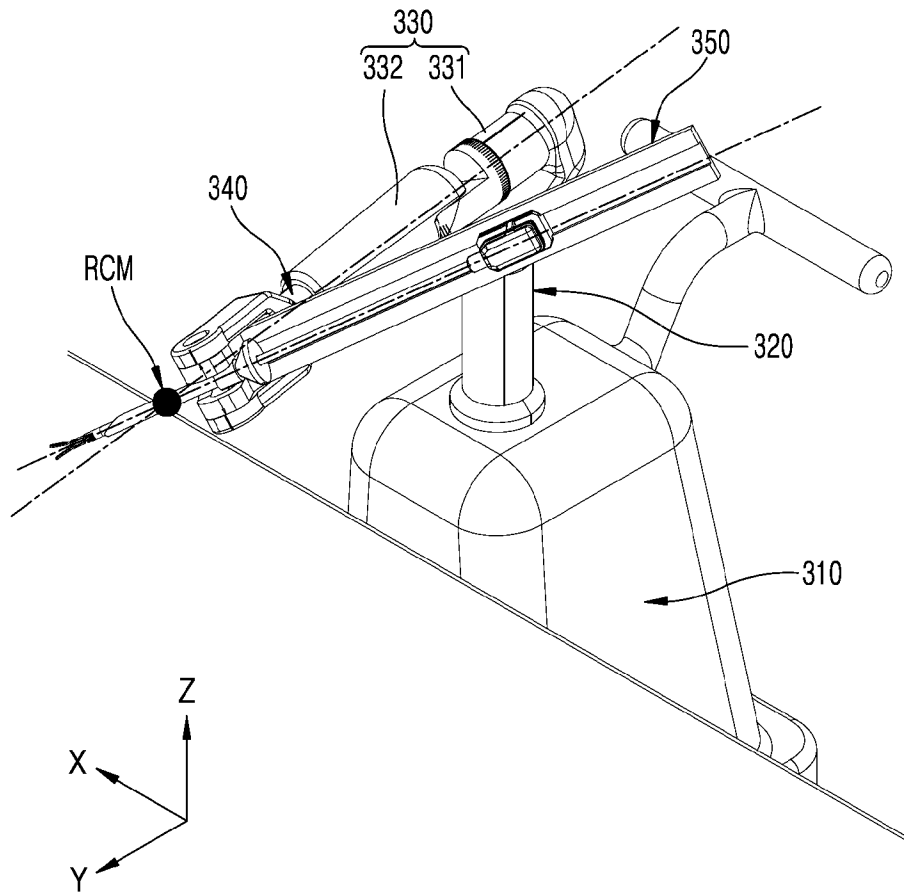
[도22]



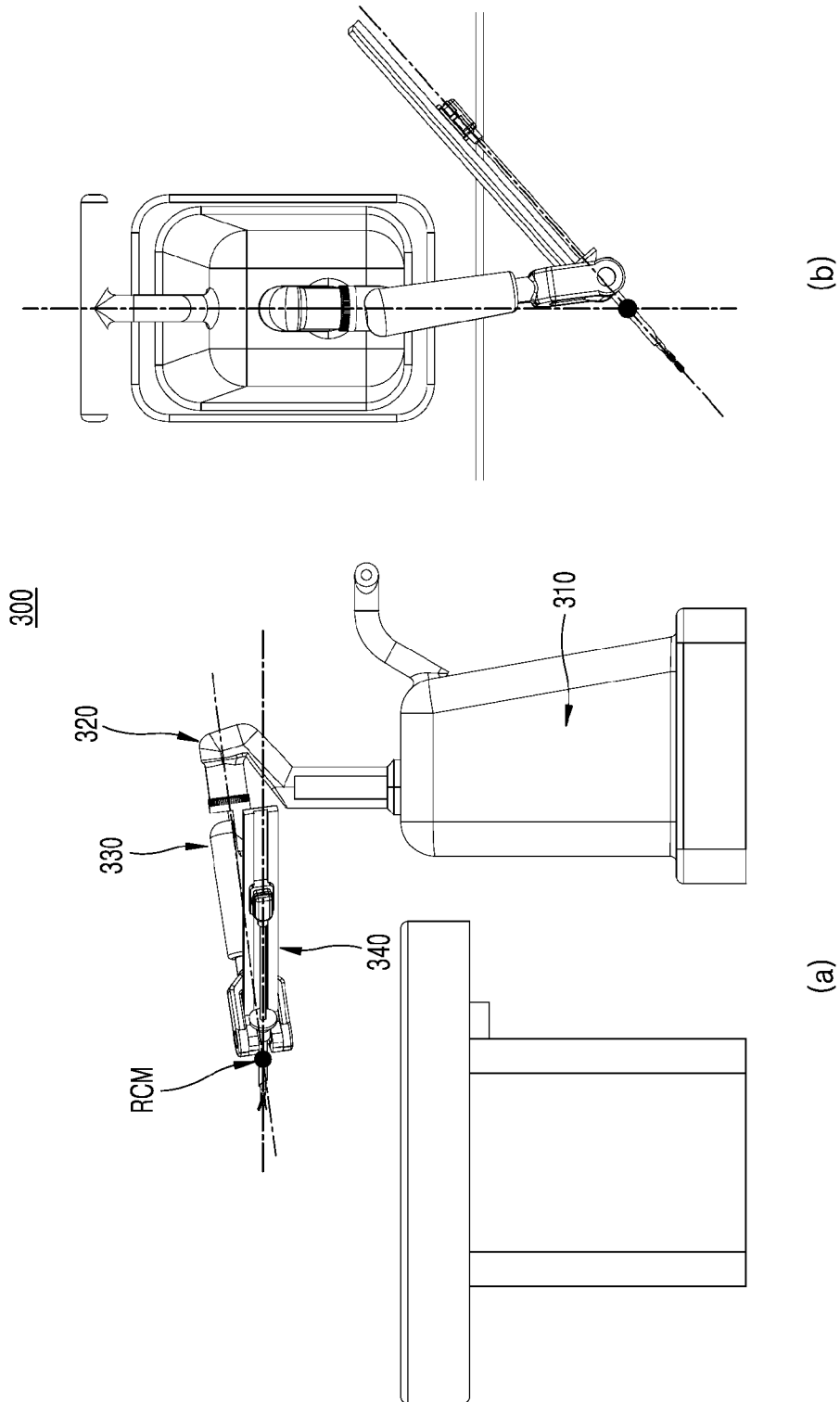
[도23]



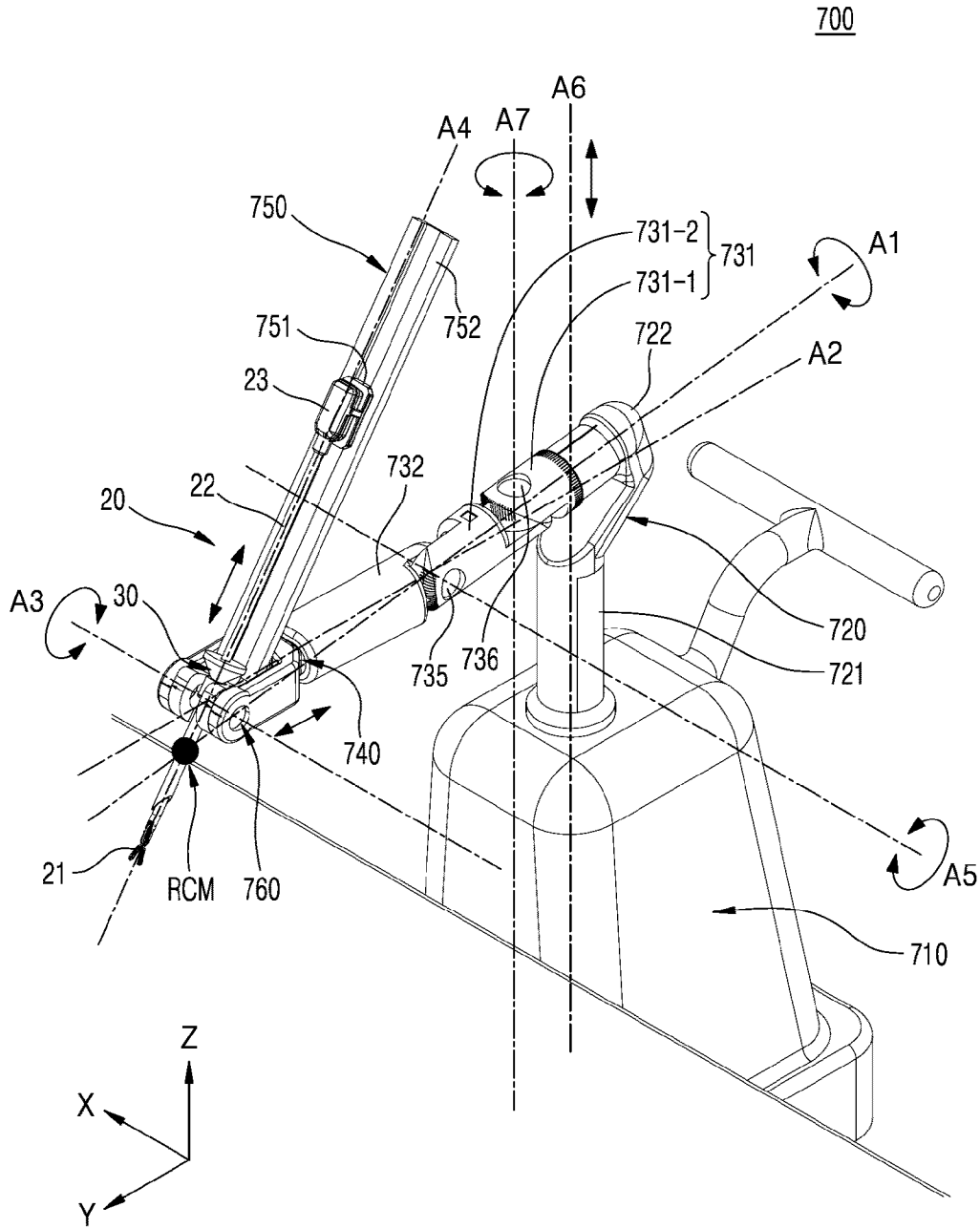
[도24]

300

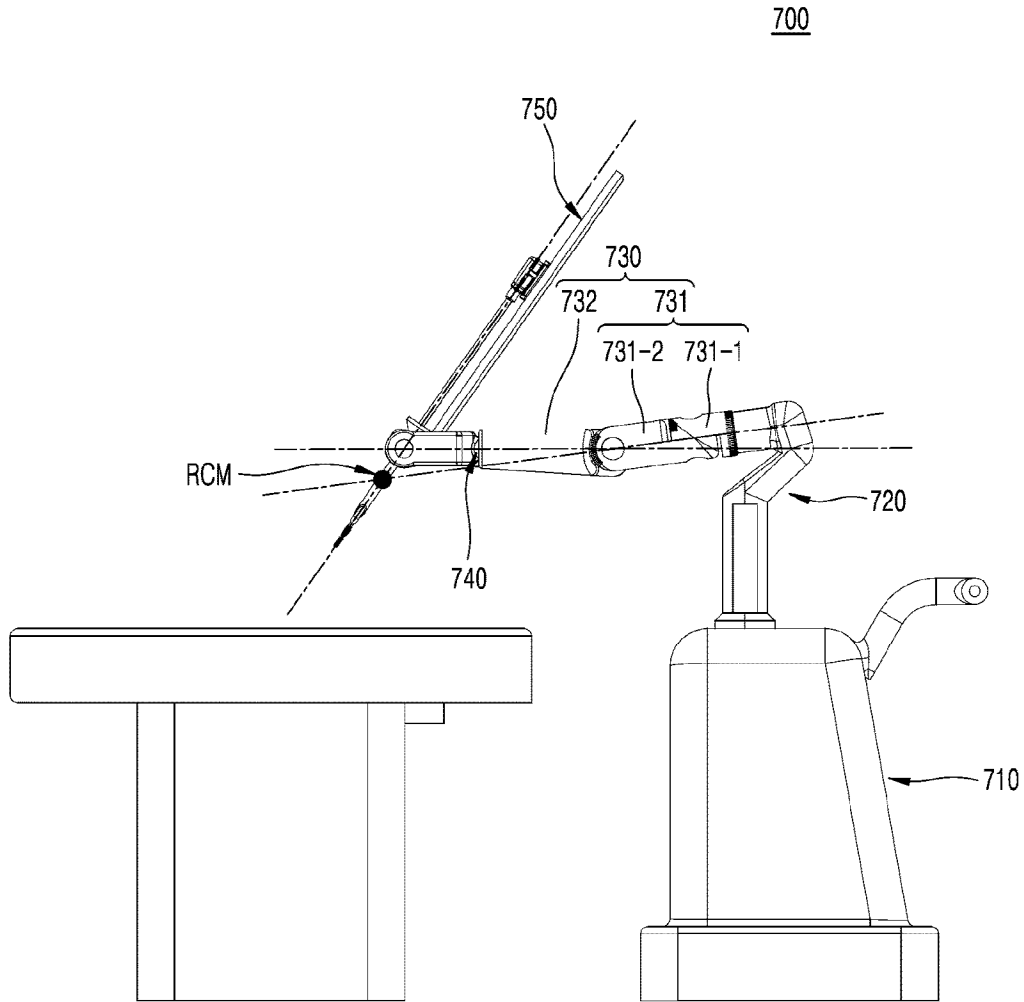
[도25]



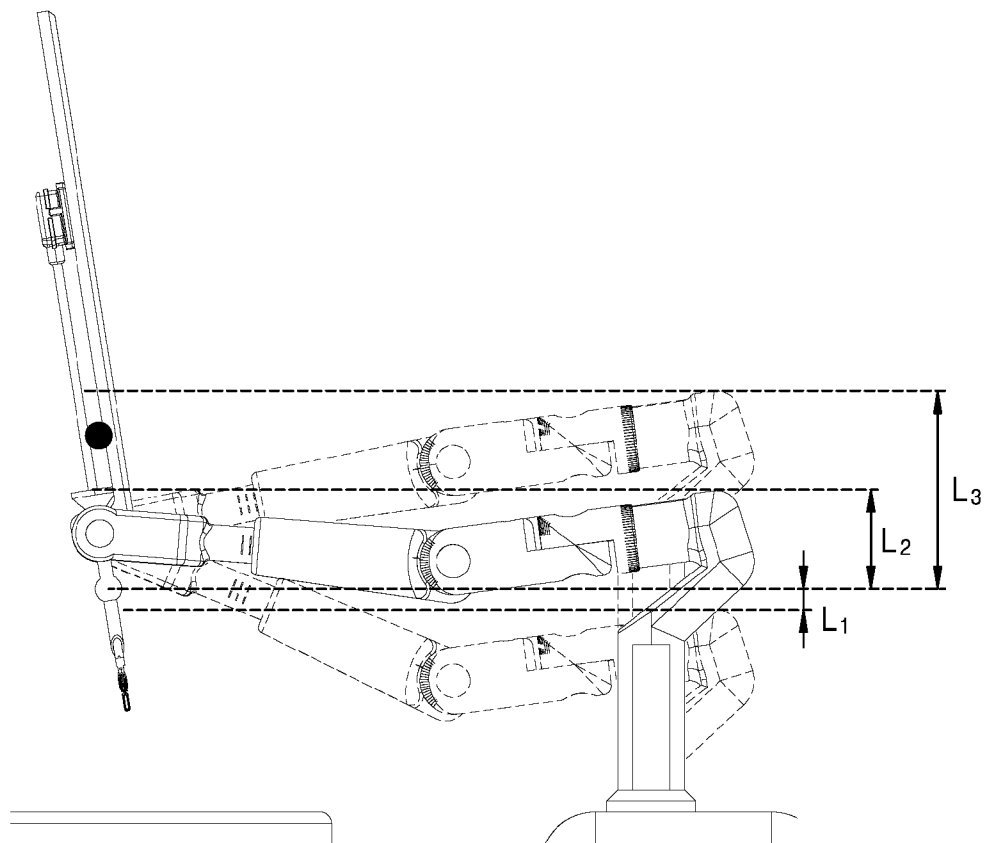
[도26]



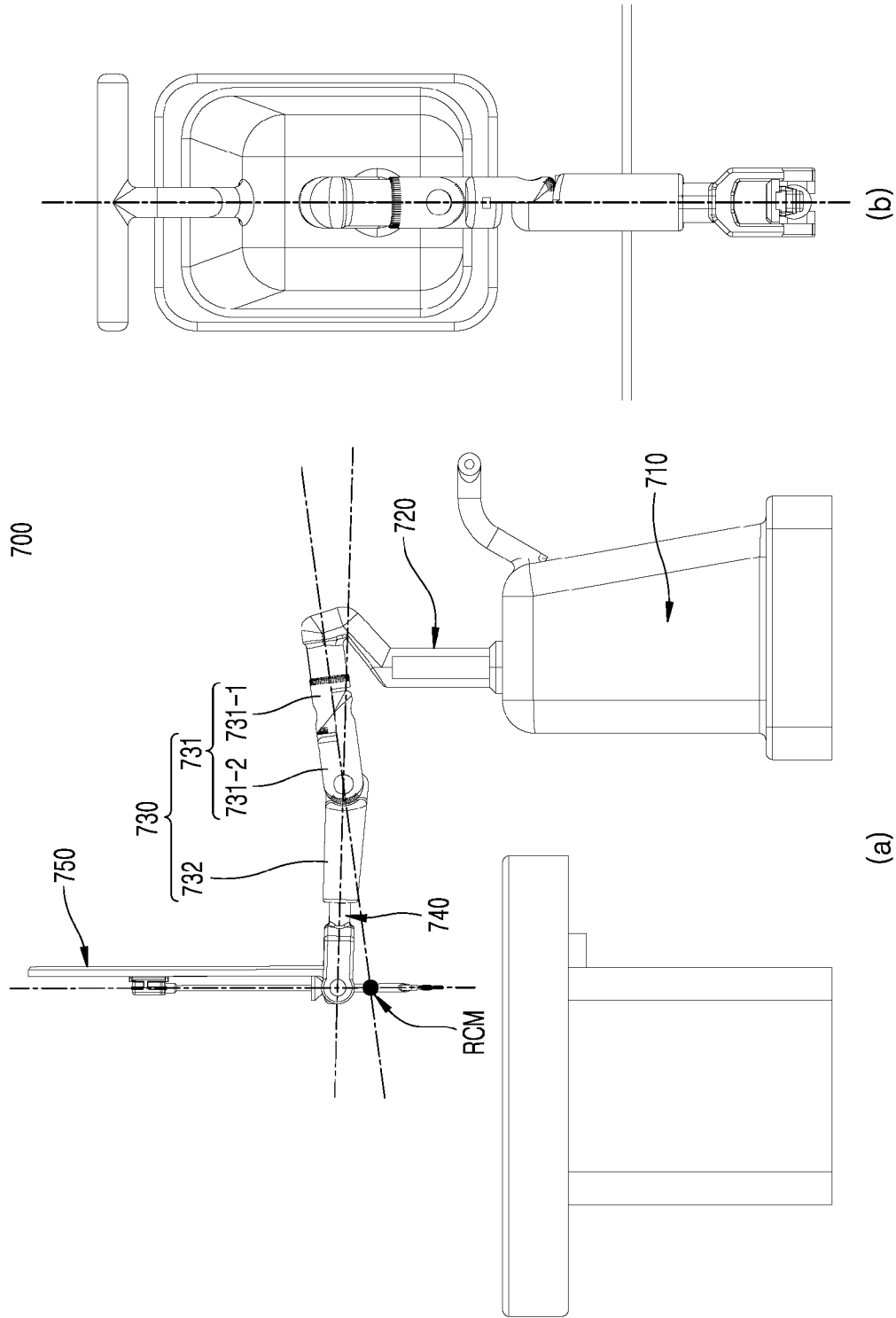
[도27]



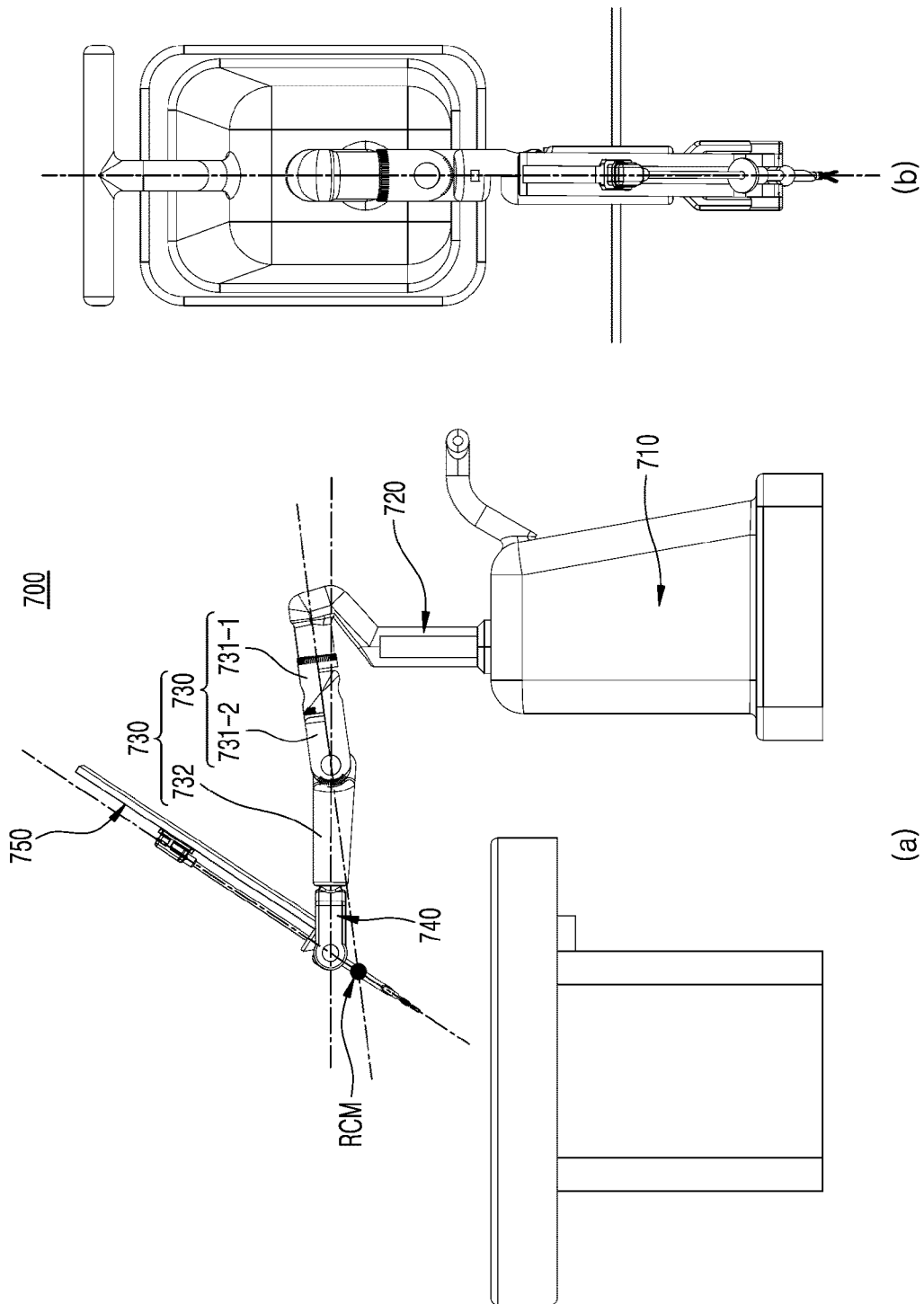
[도28]



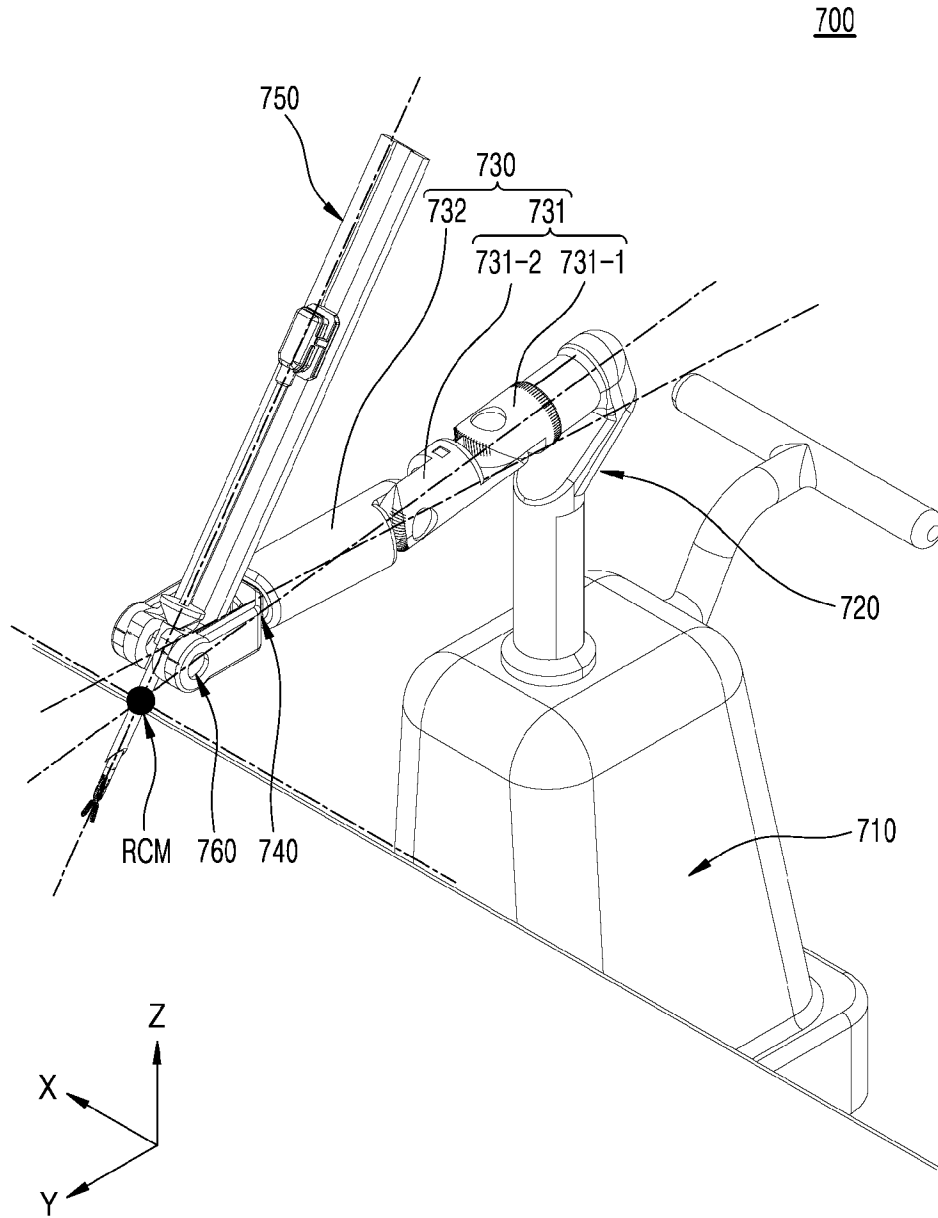
[도29]



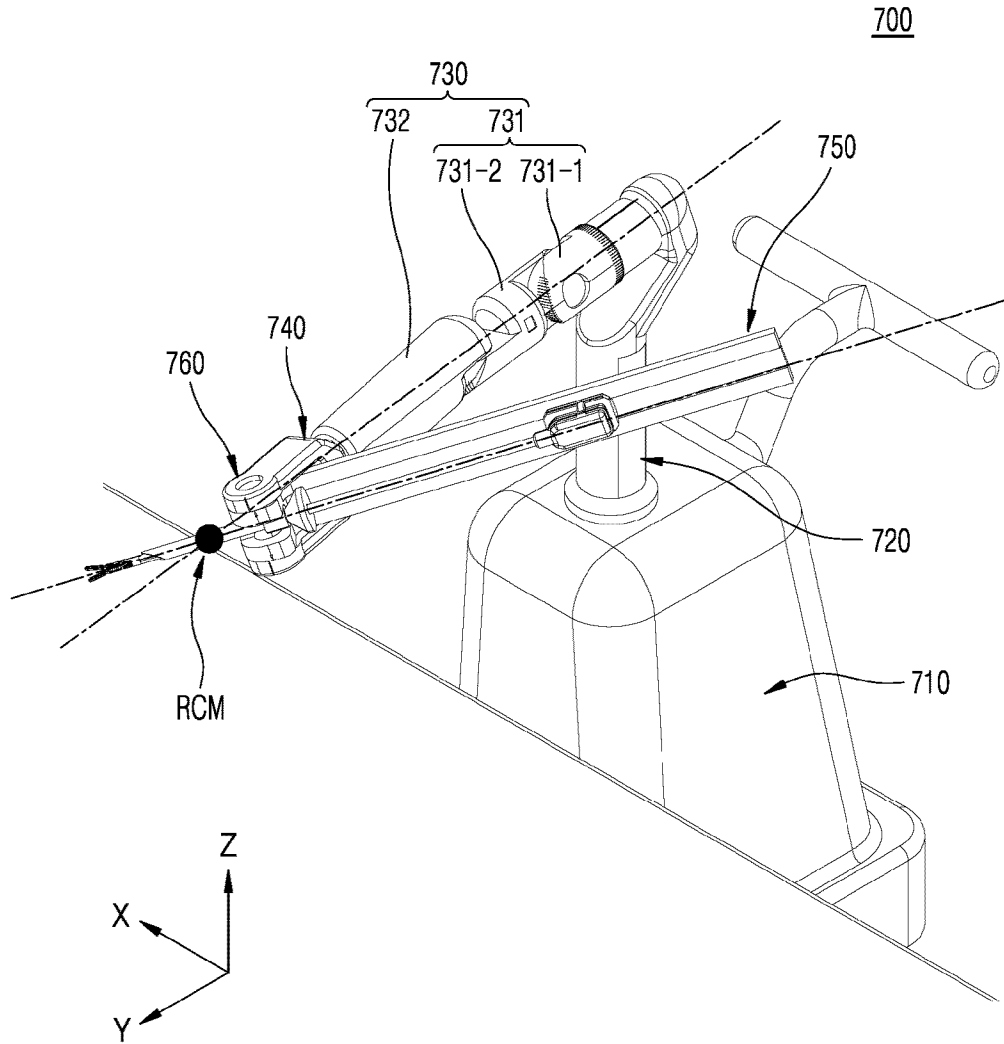
[도31]



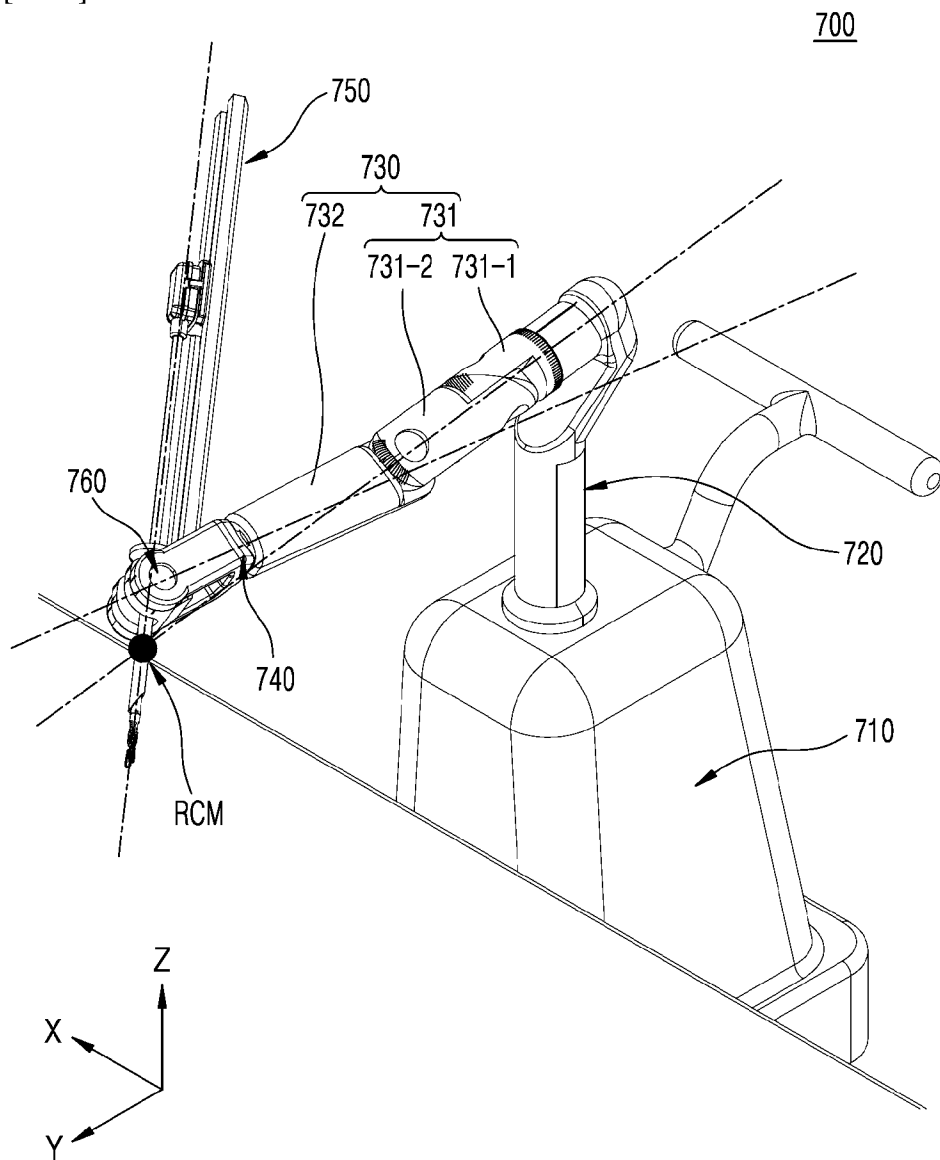
[도32]



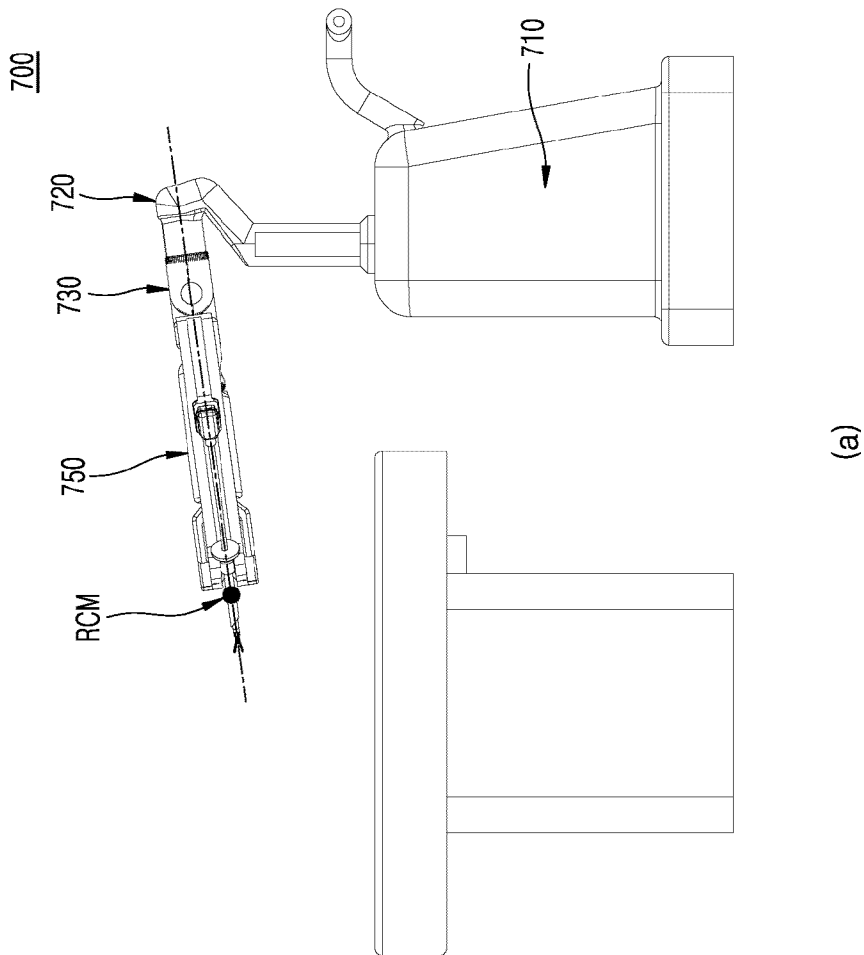
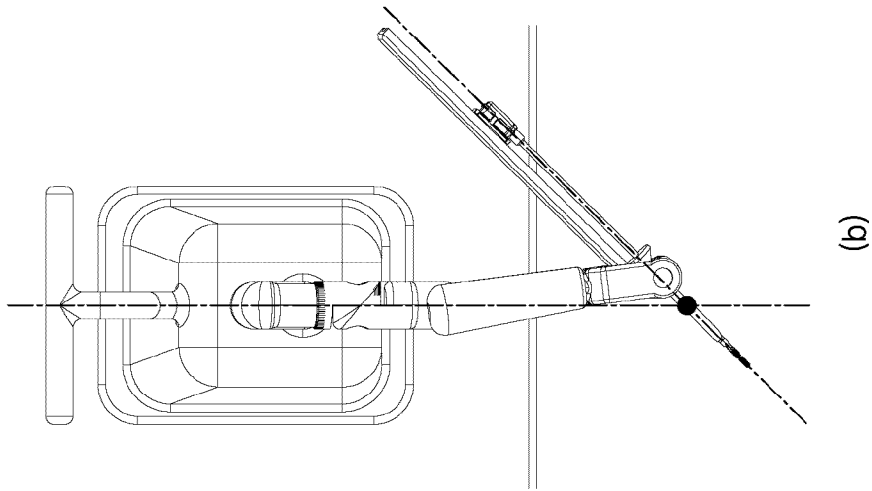
[도33]



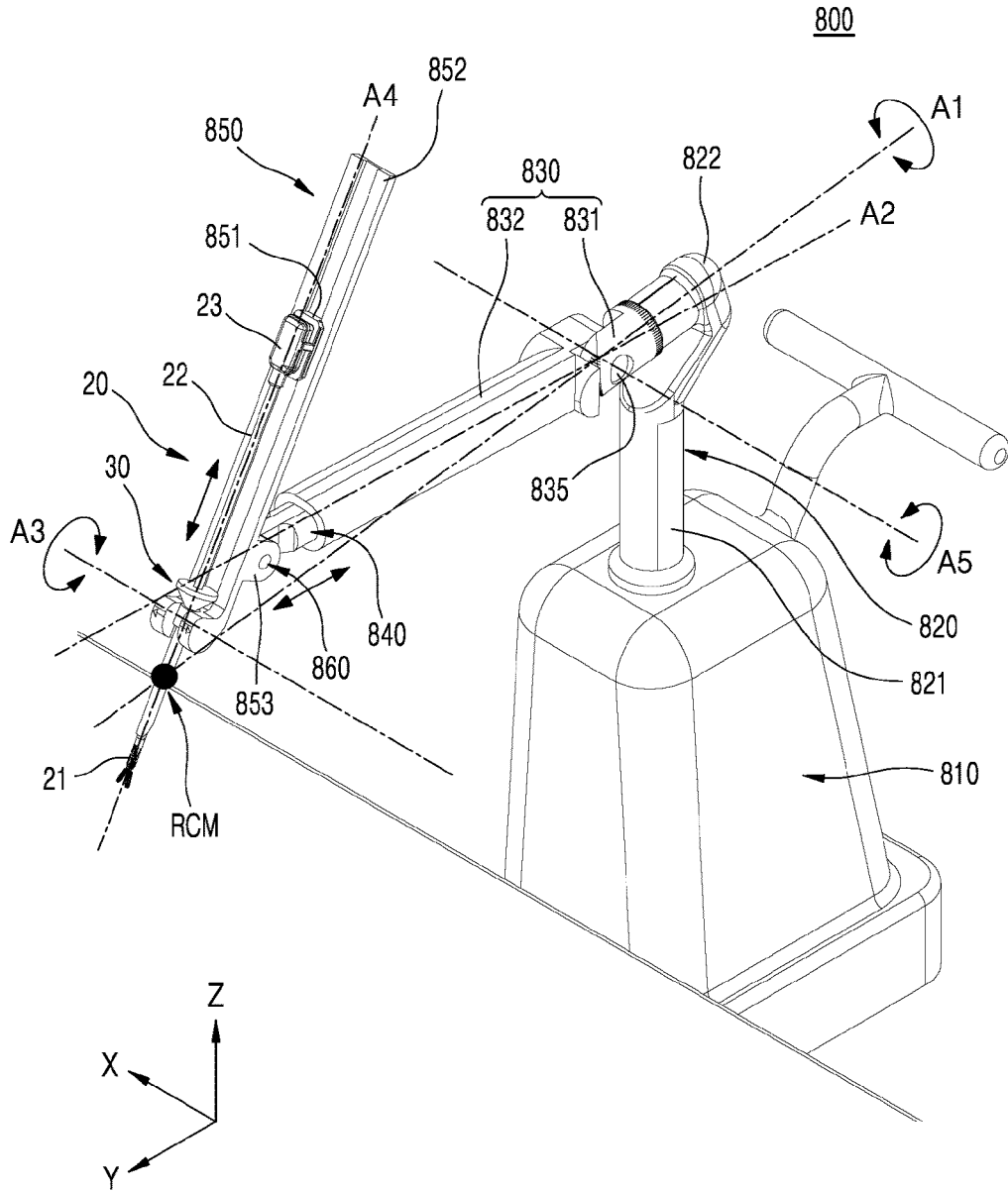
[도34]



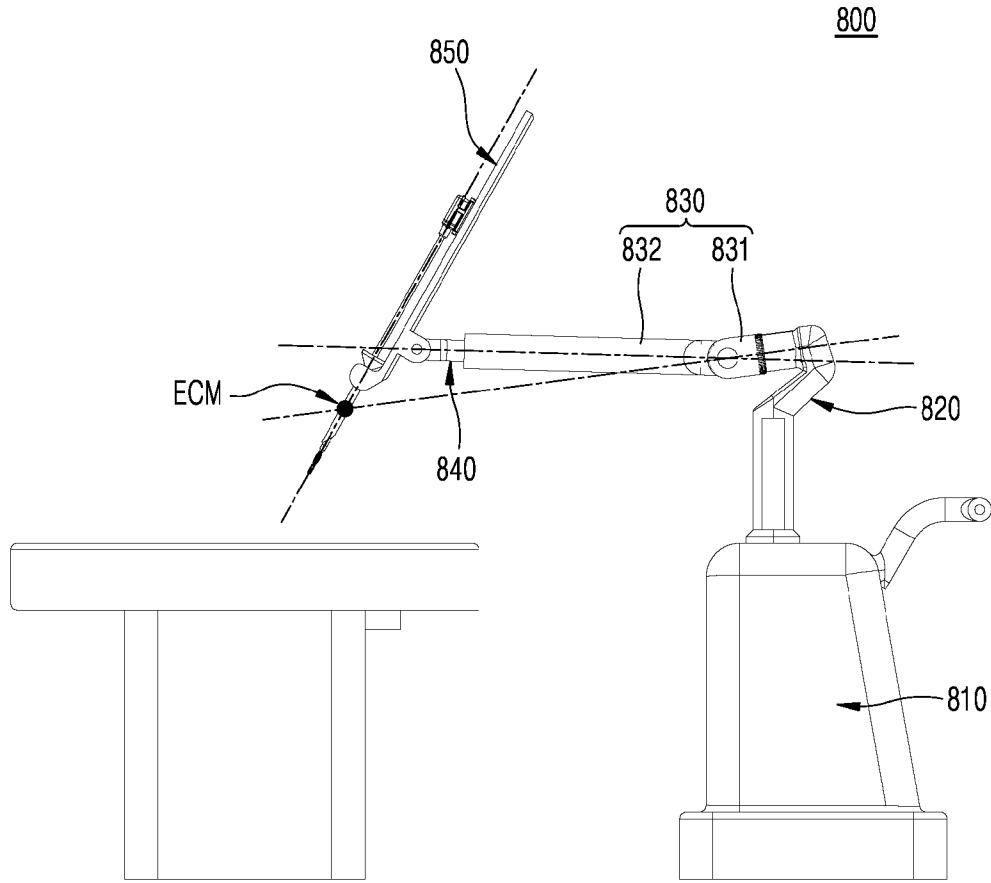
[도35]



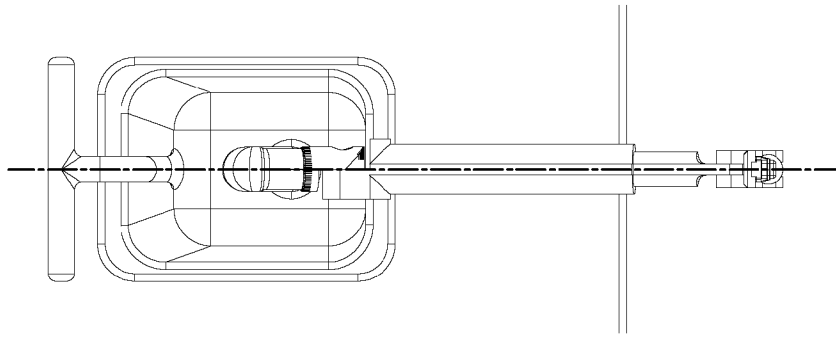
[도36]



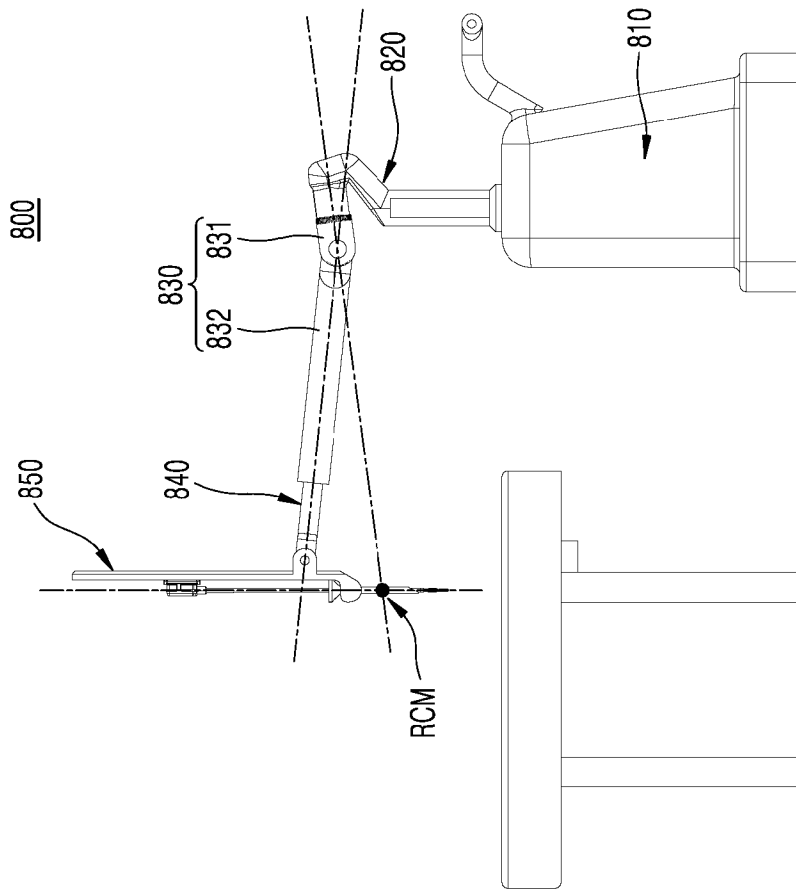
[도37]



[도38]

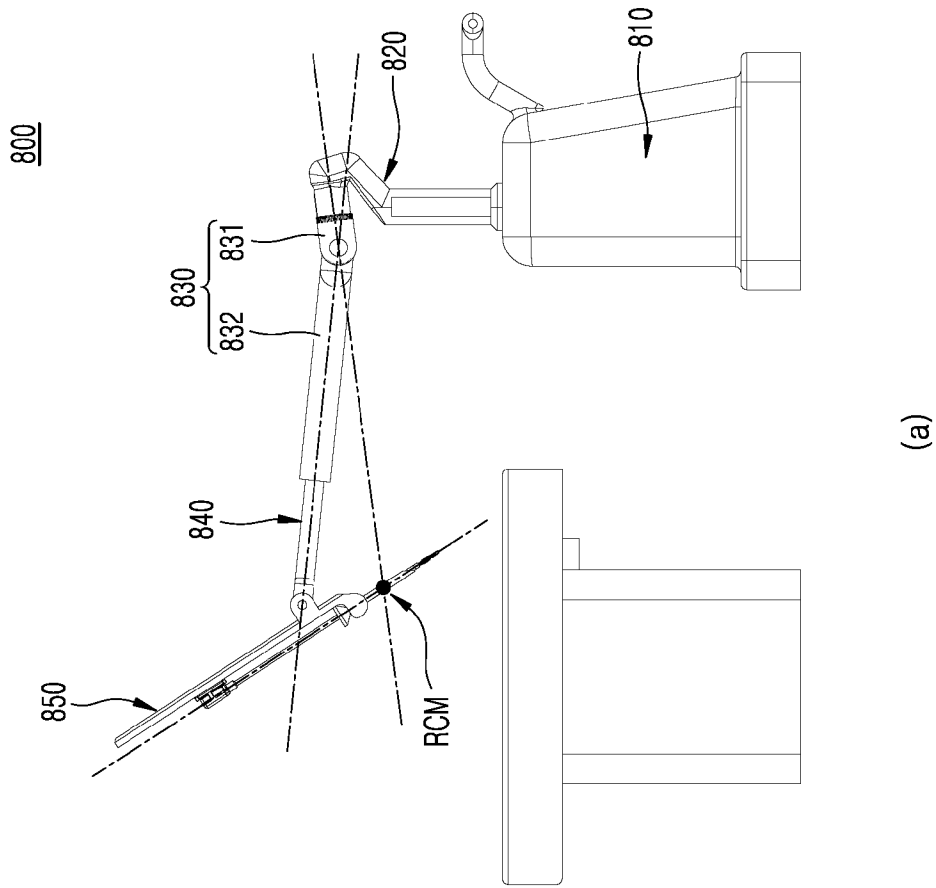
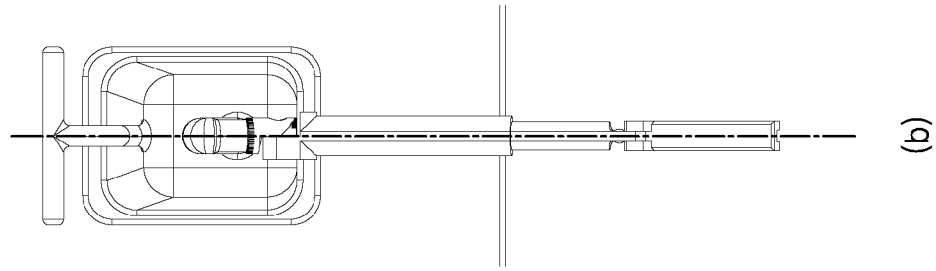


(b)

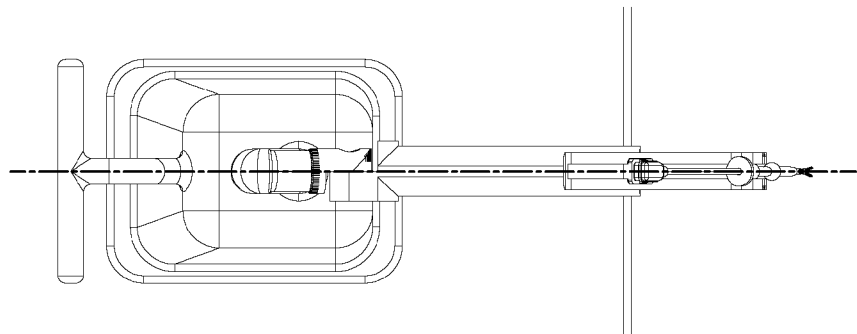


(a)

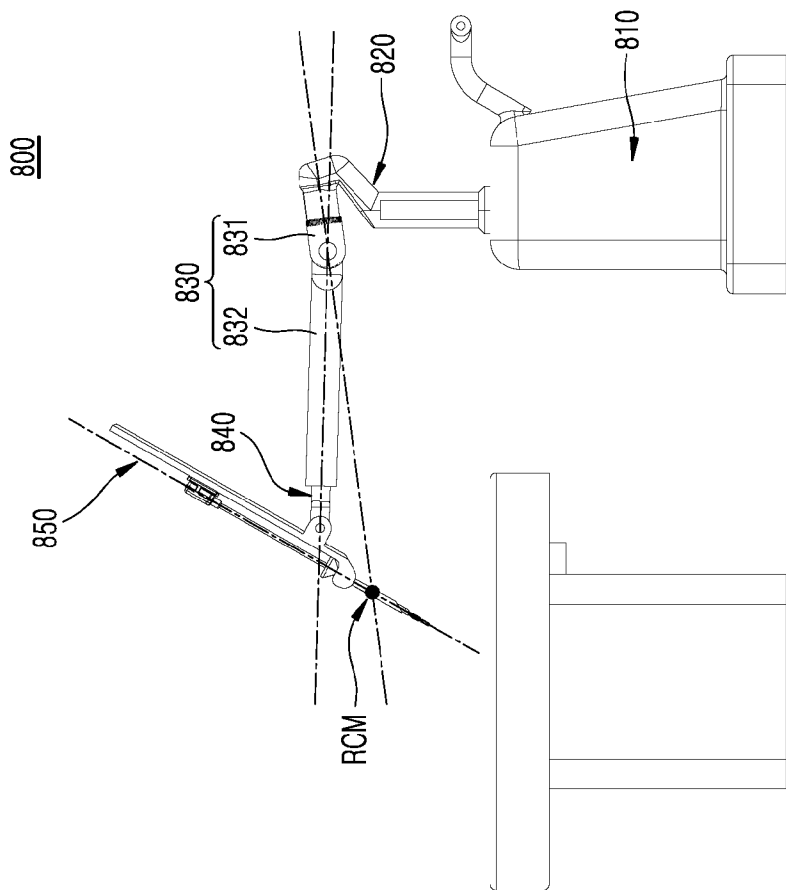
[도39]



[도40]

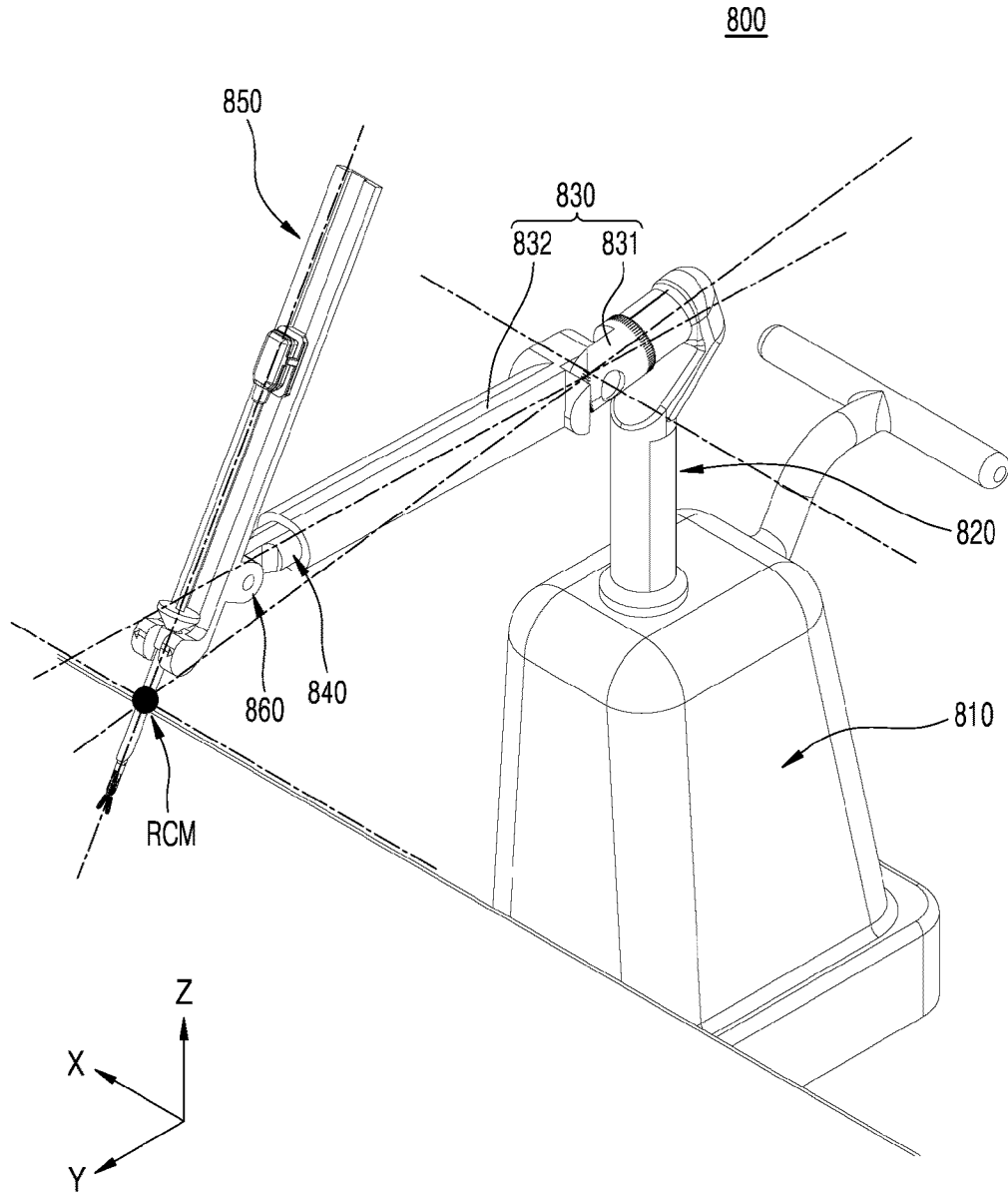


(b)

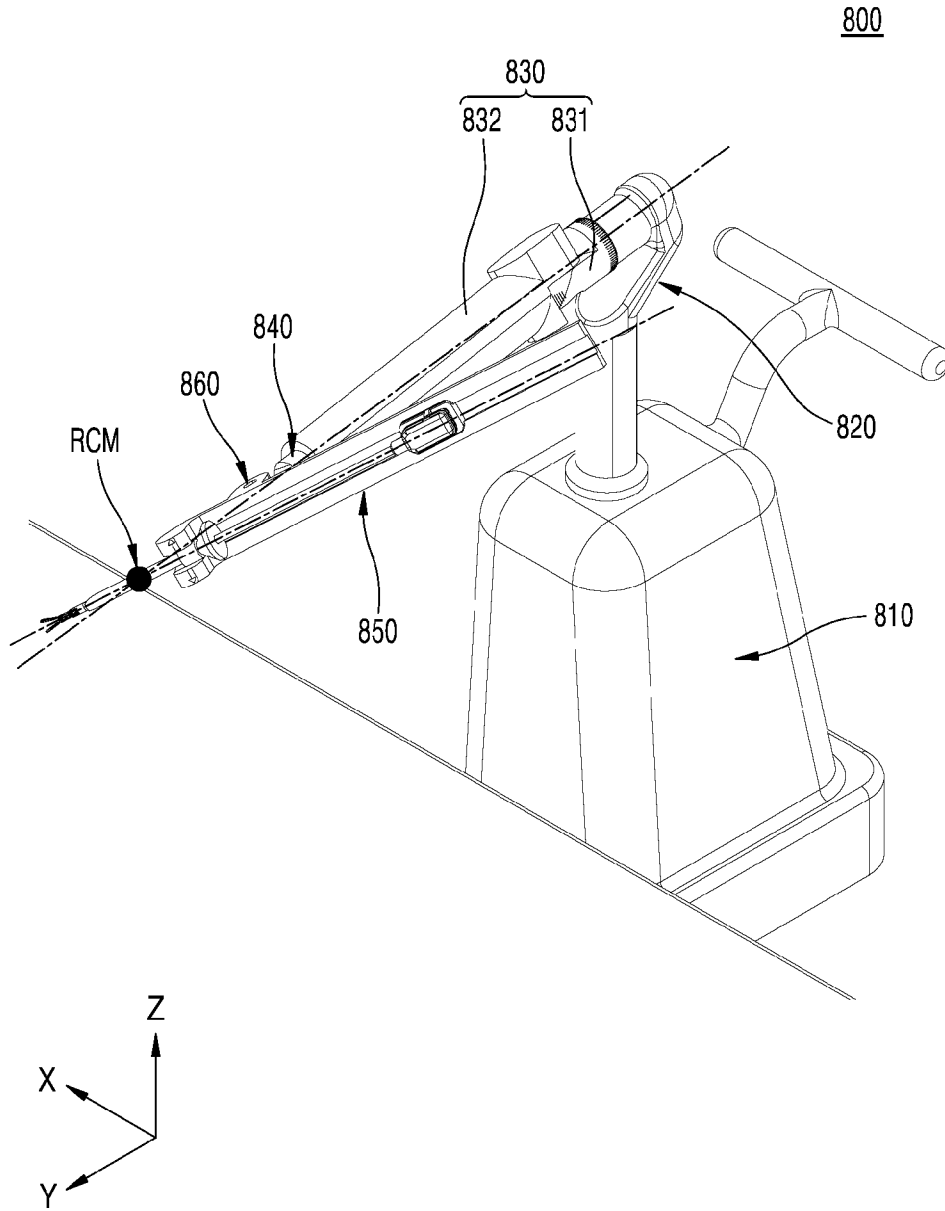


(a)

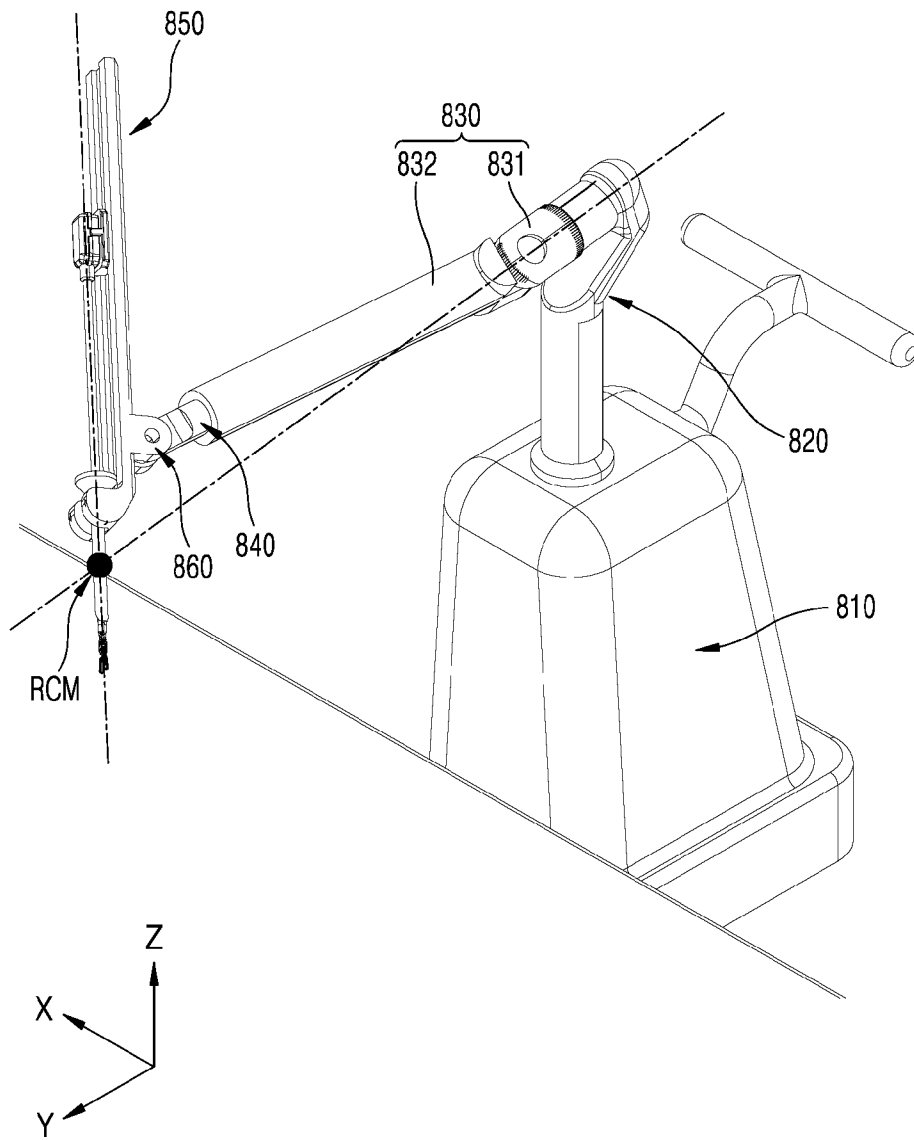
[도41]



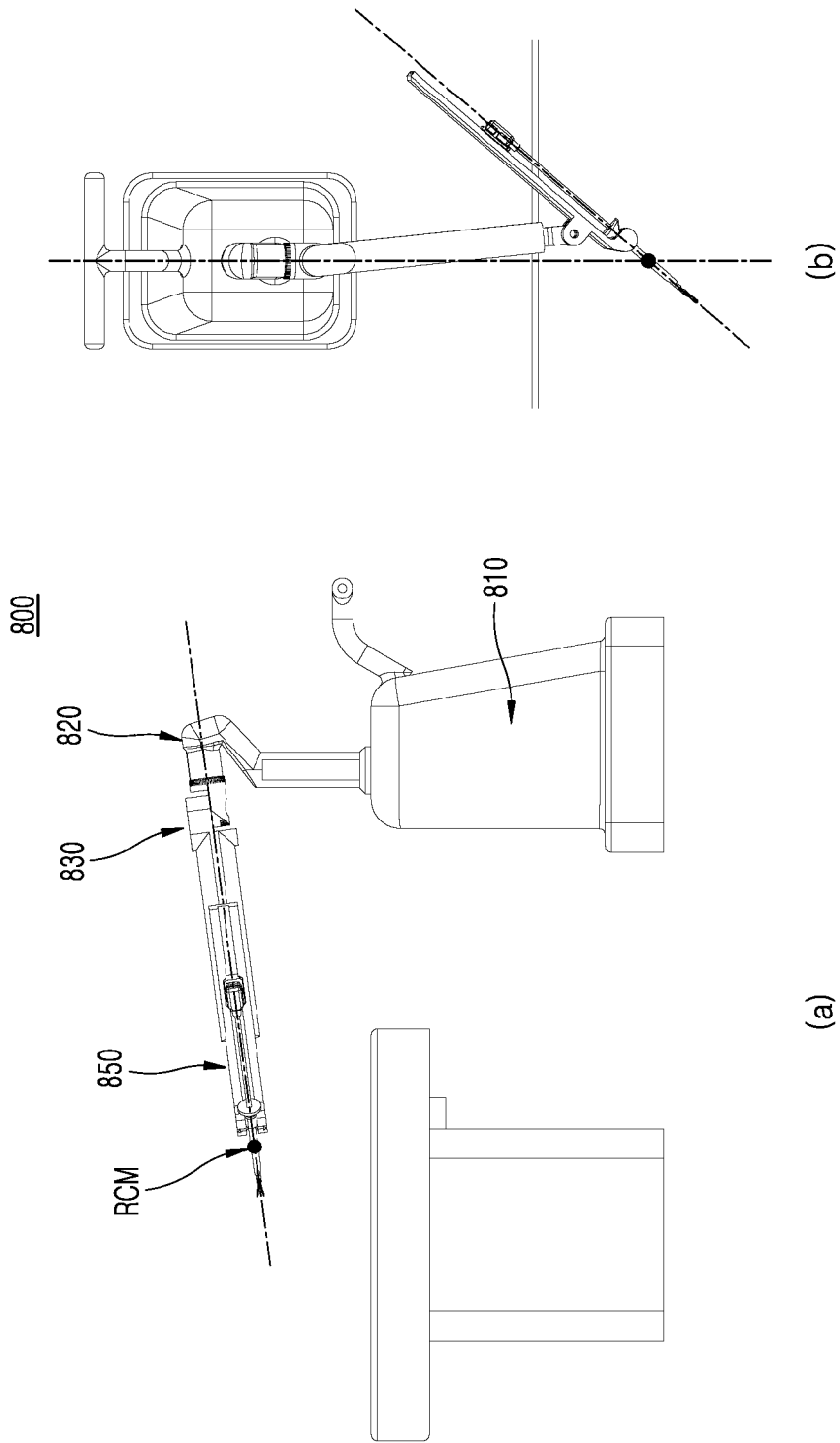
[도42]



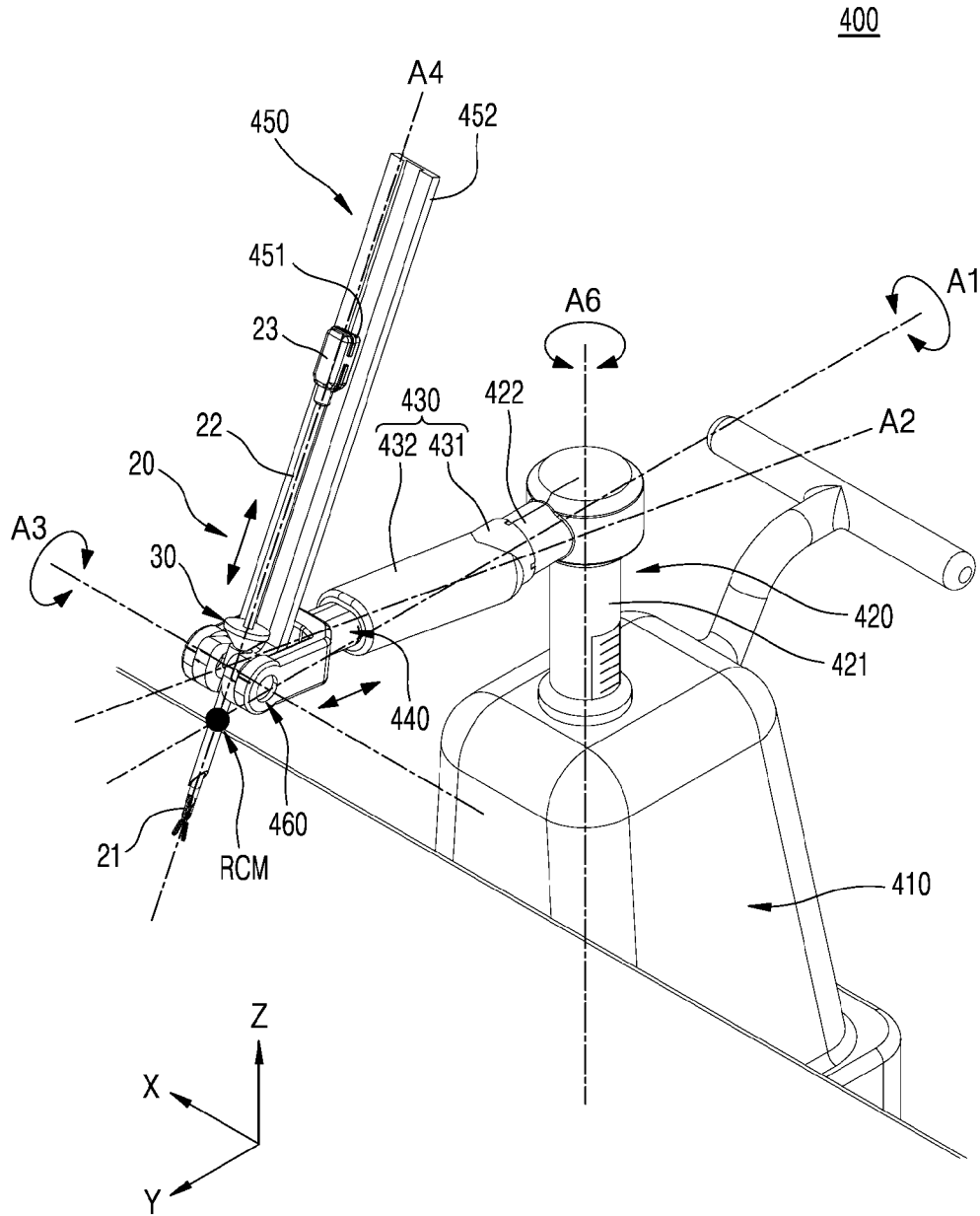
[도43]

800

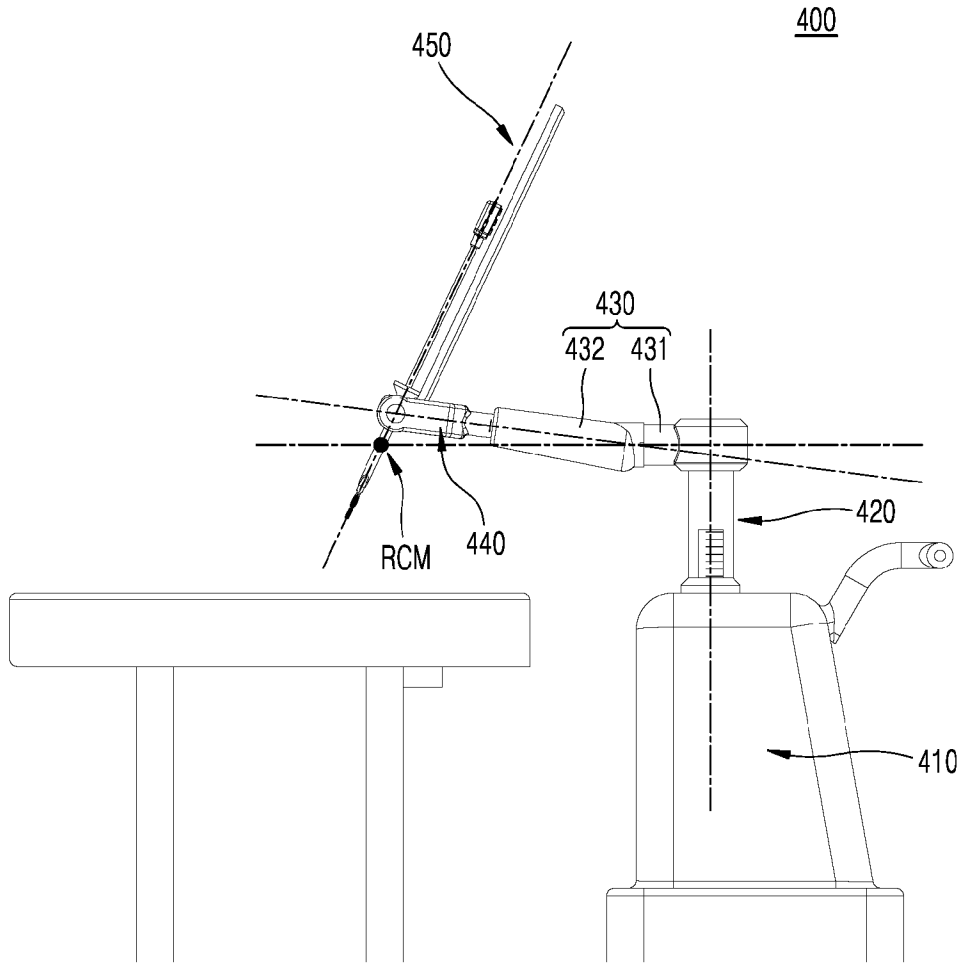
[도44]



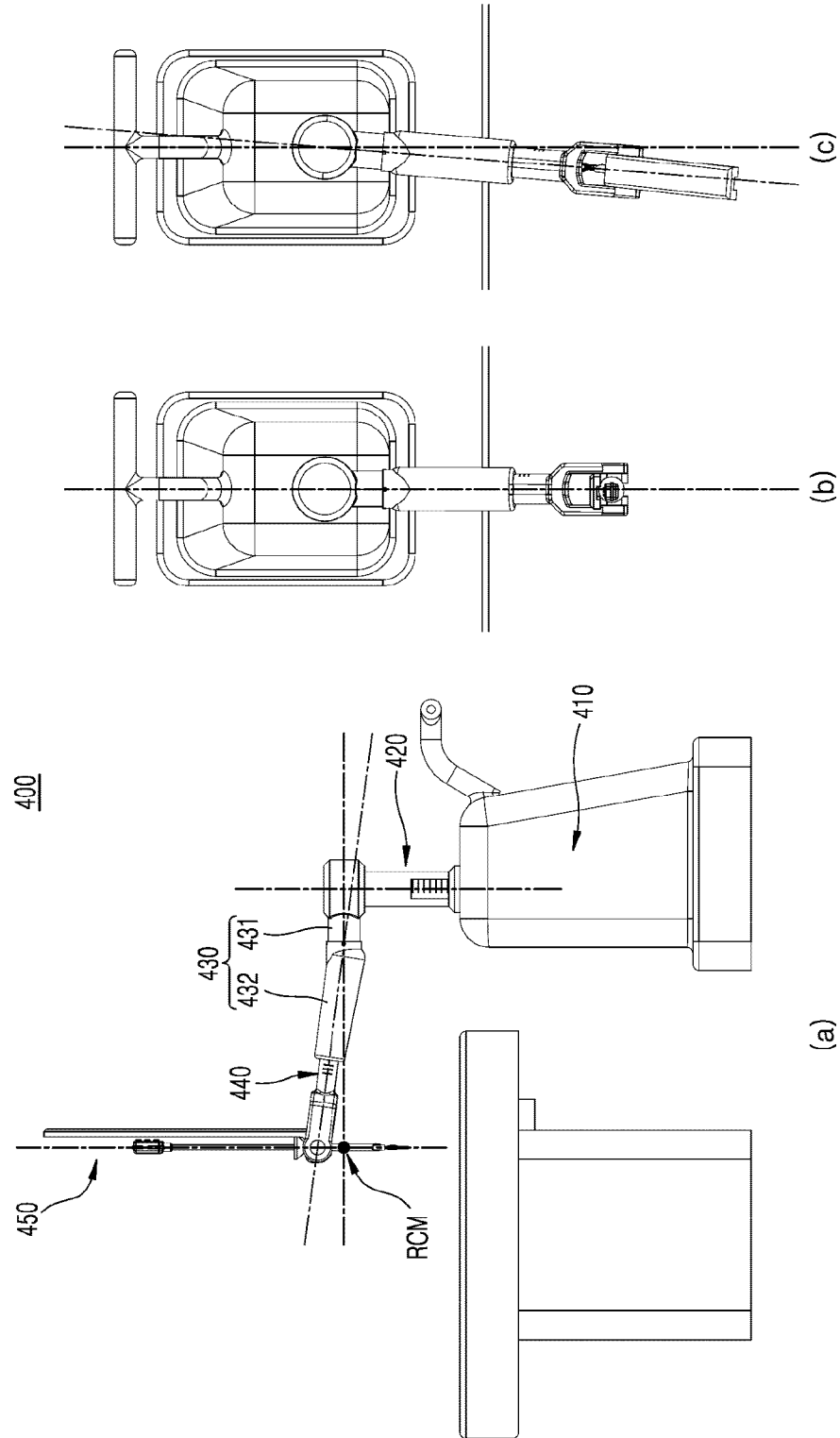
[도45]



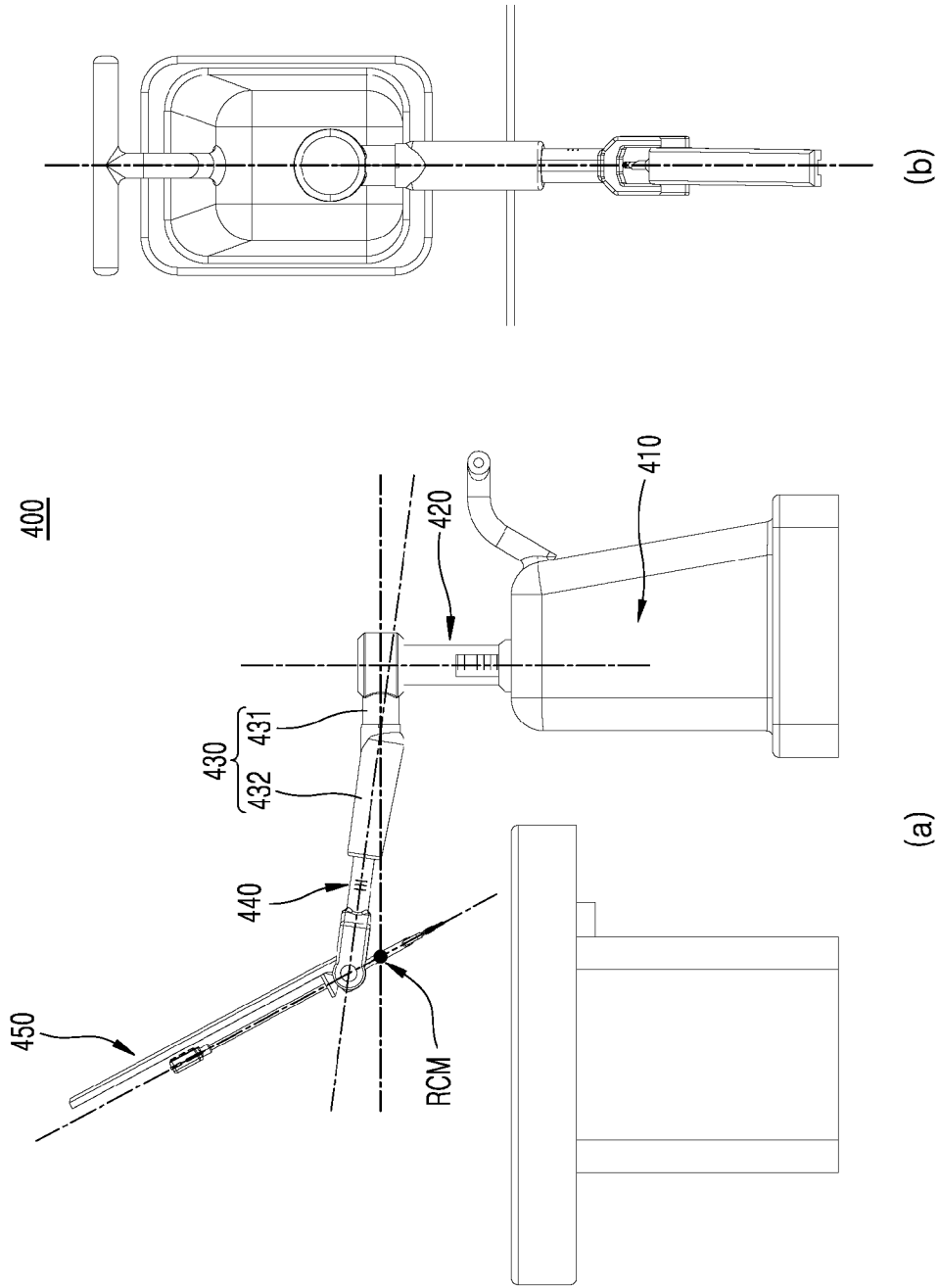
[도46]



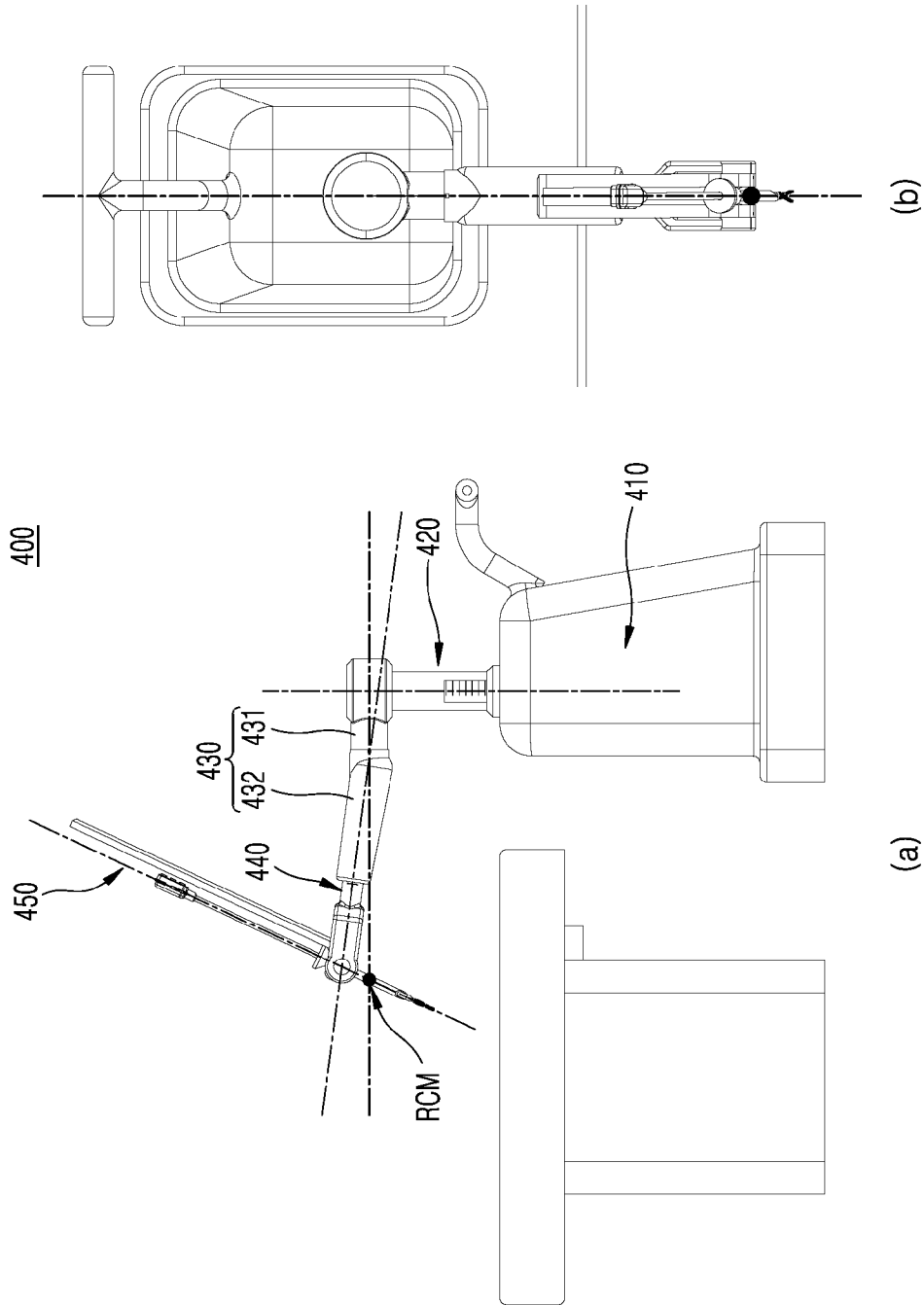
[도47]



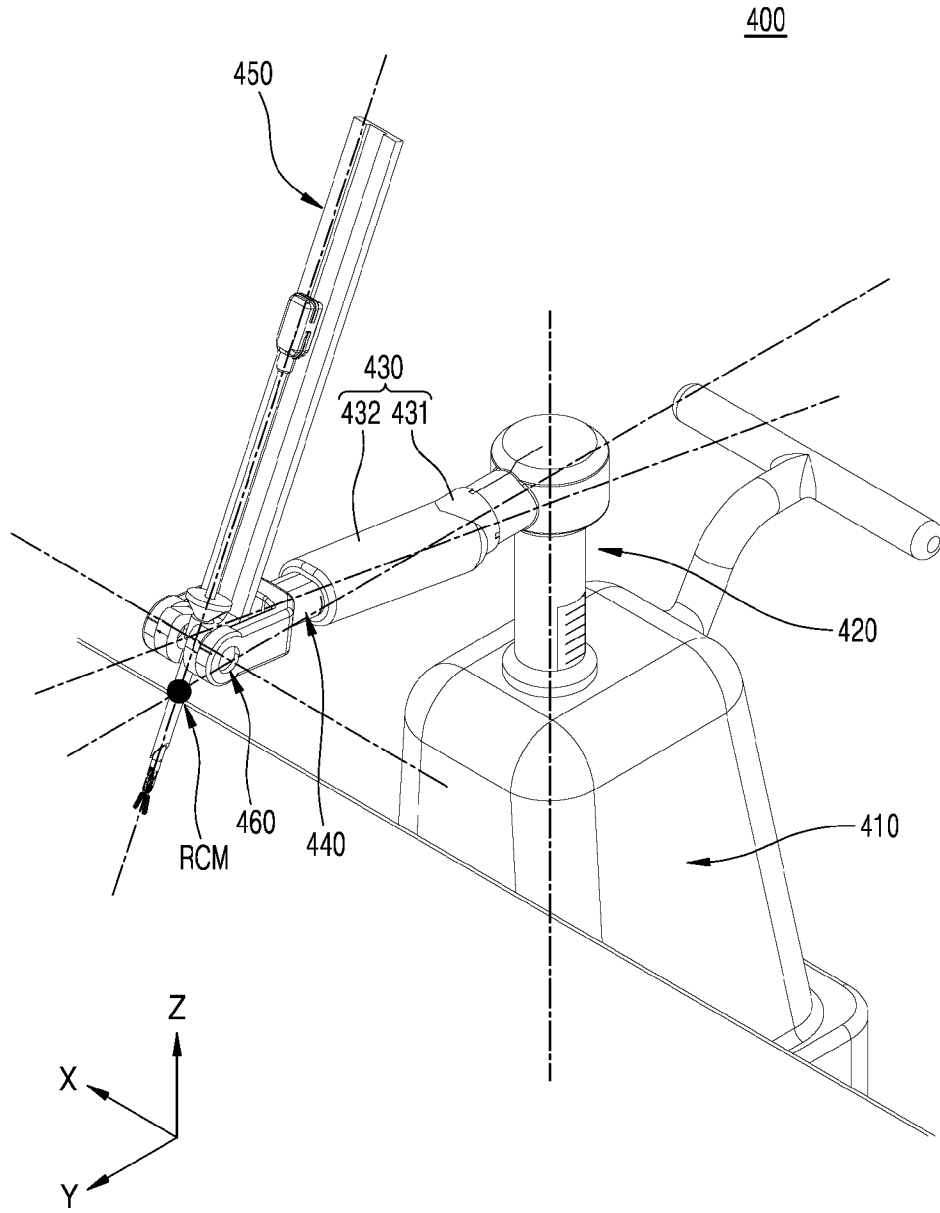
[도48]



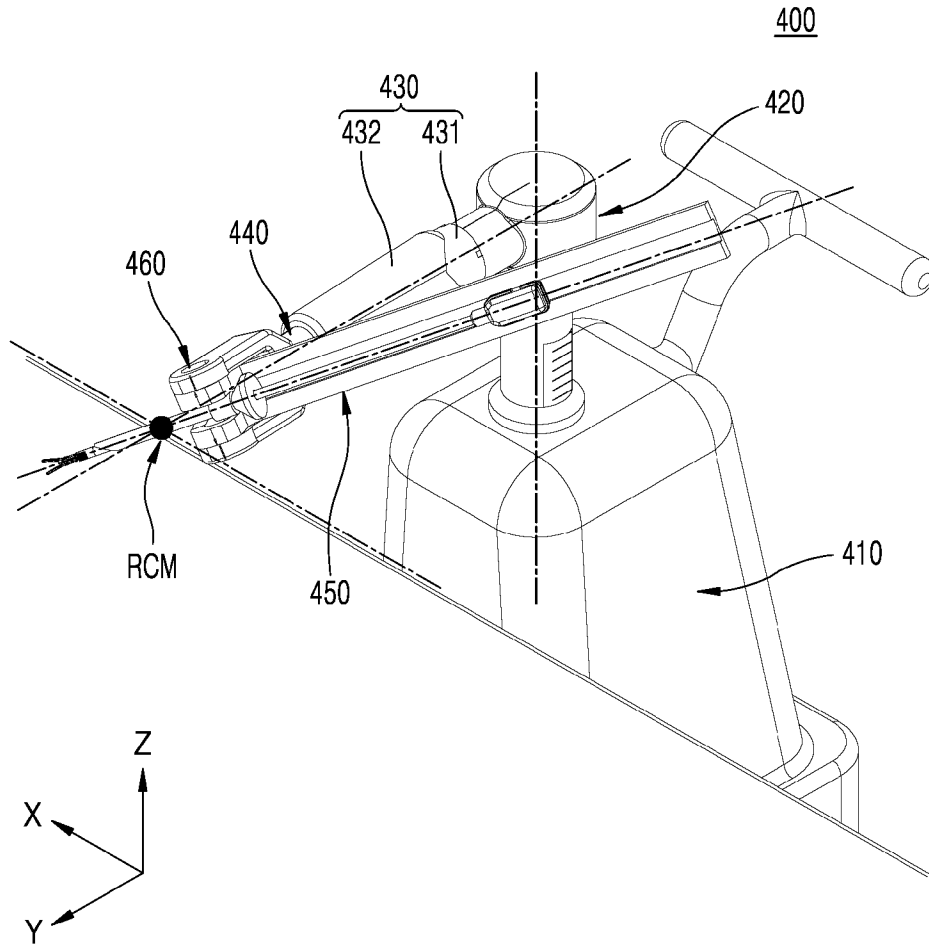
[도49]



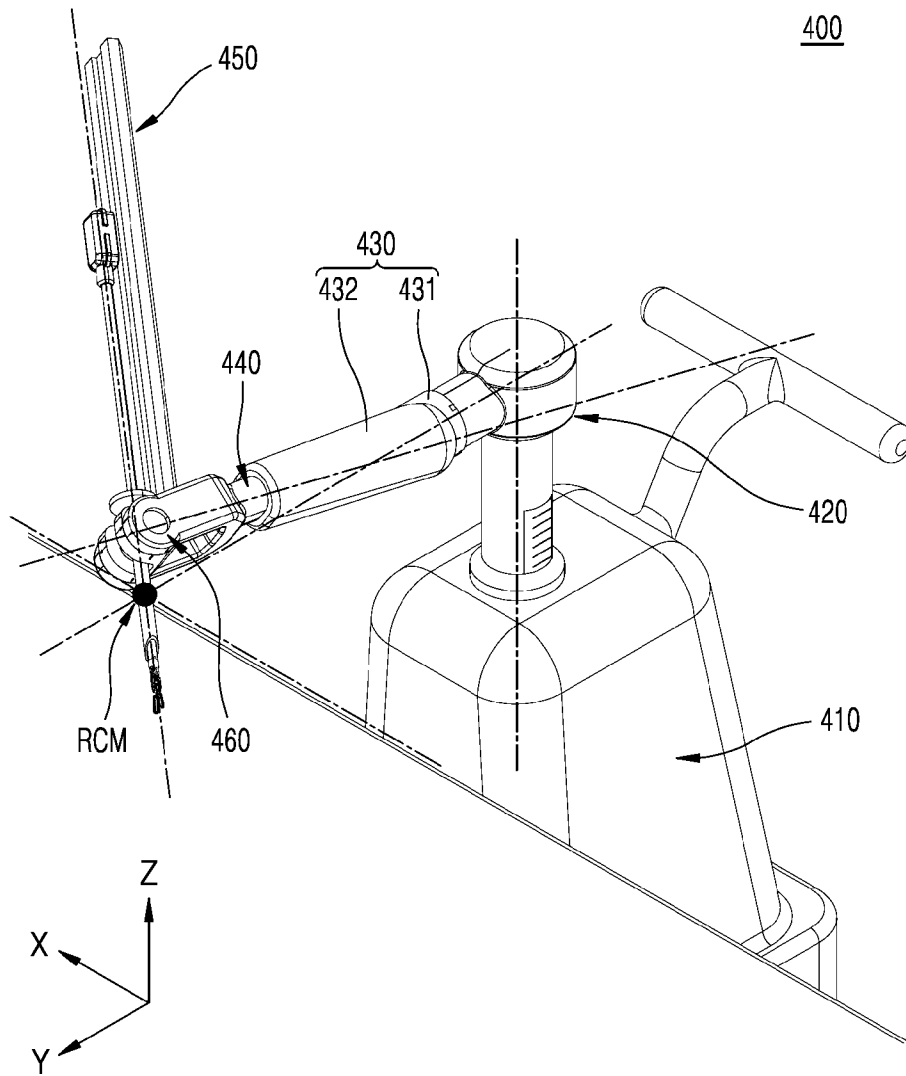
[도50]



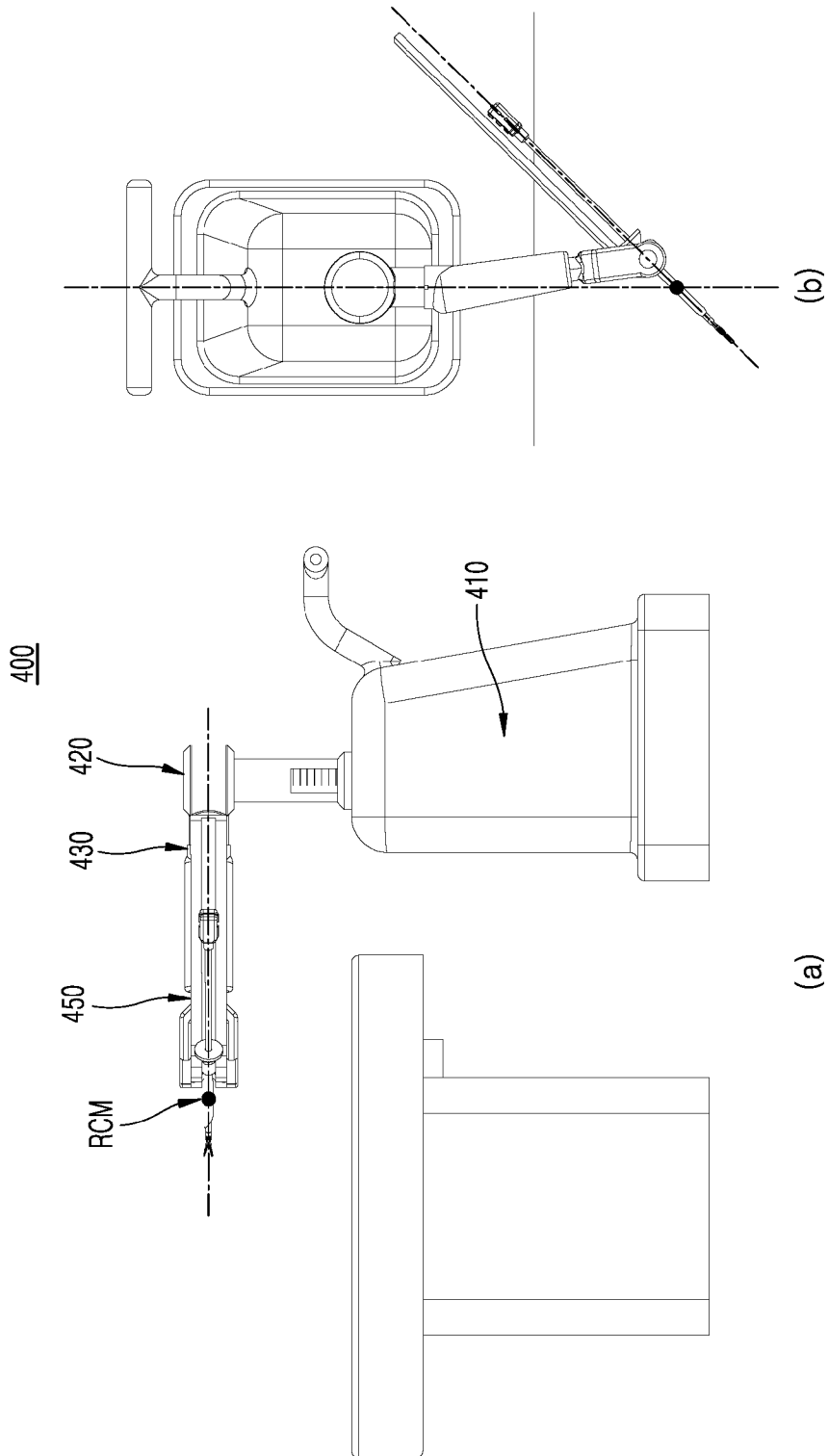
[도51]



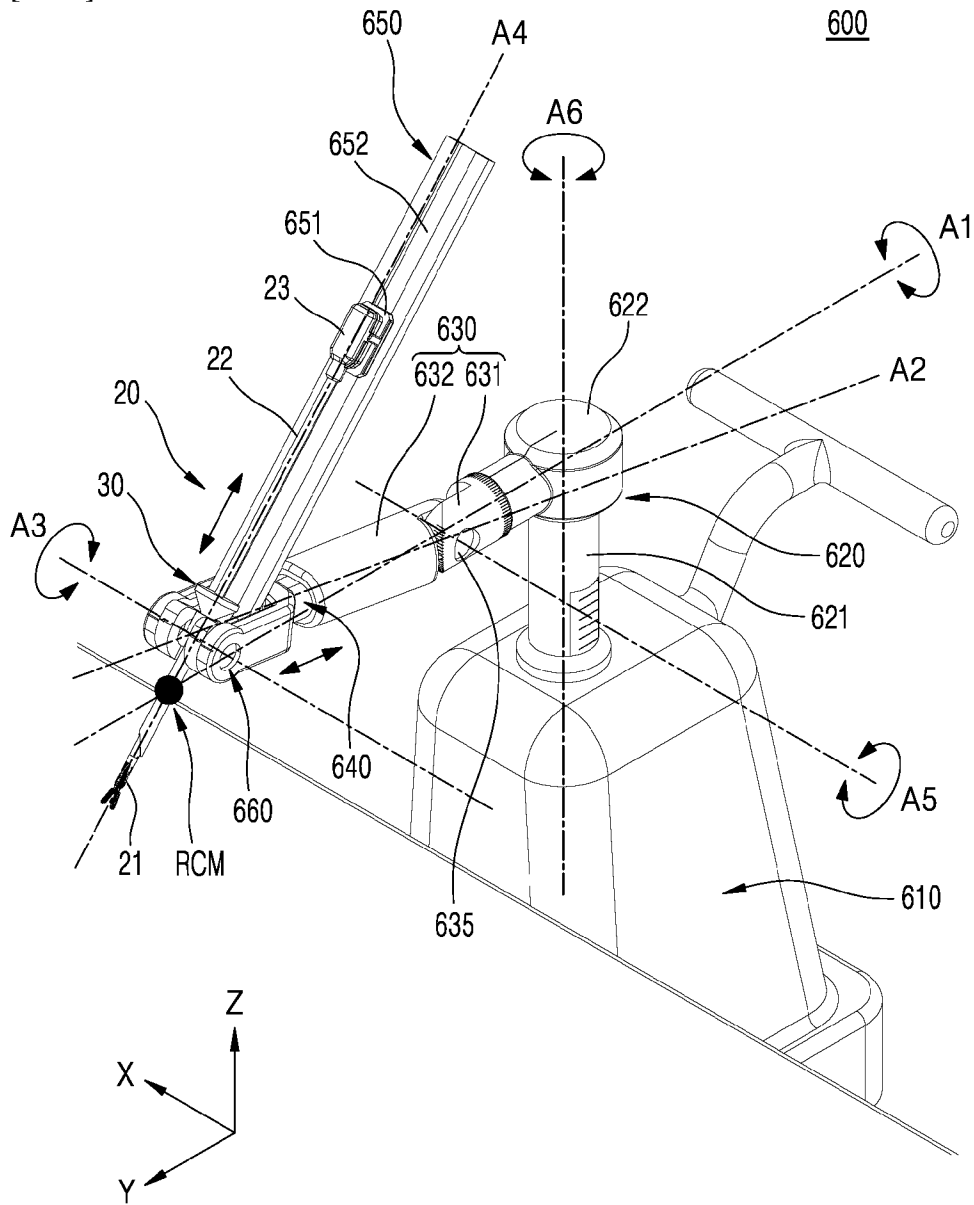
[도52]



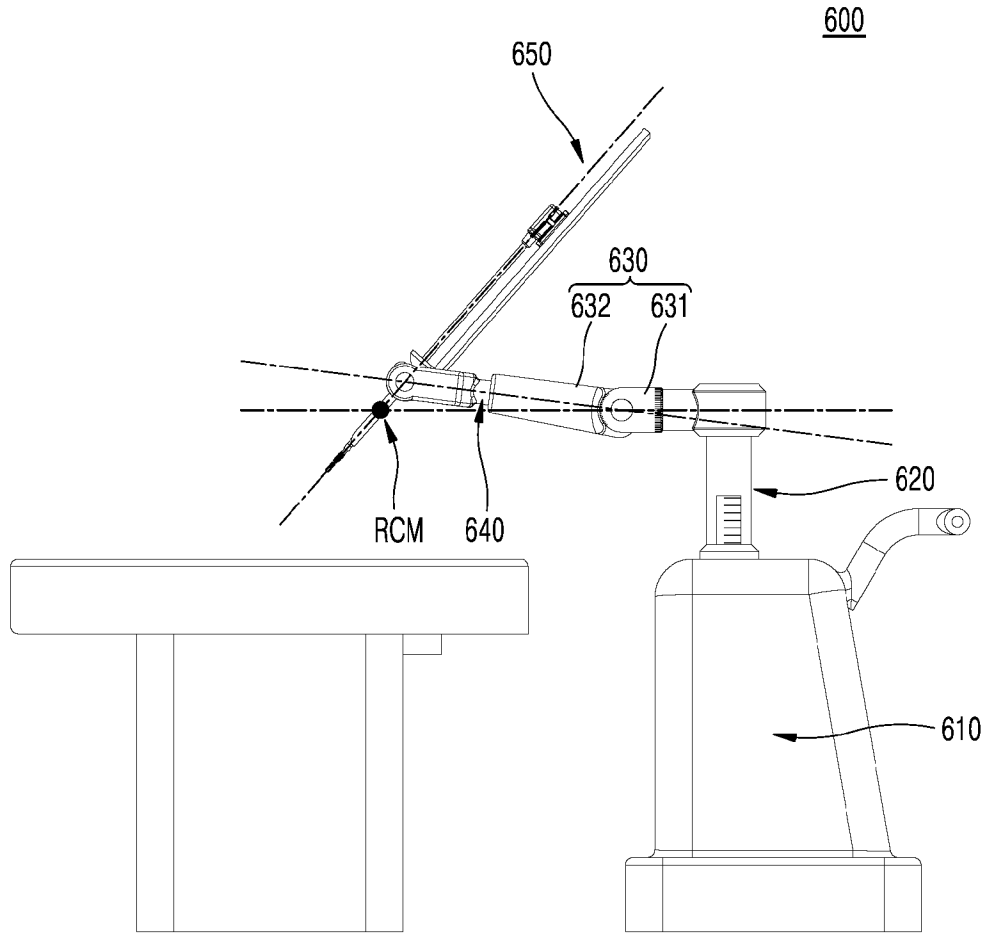
[도53]



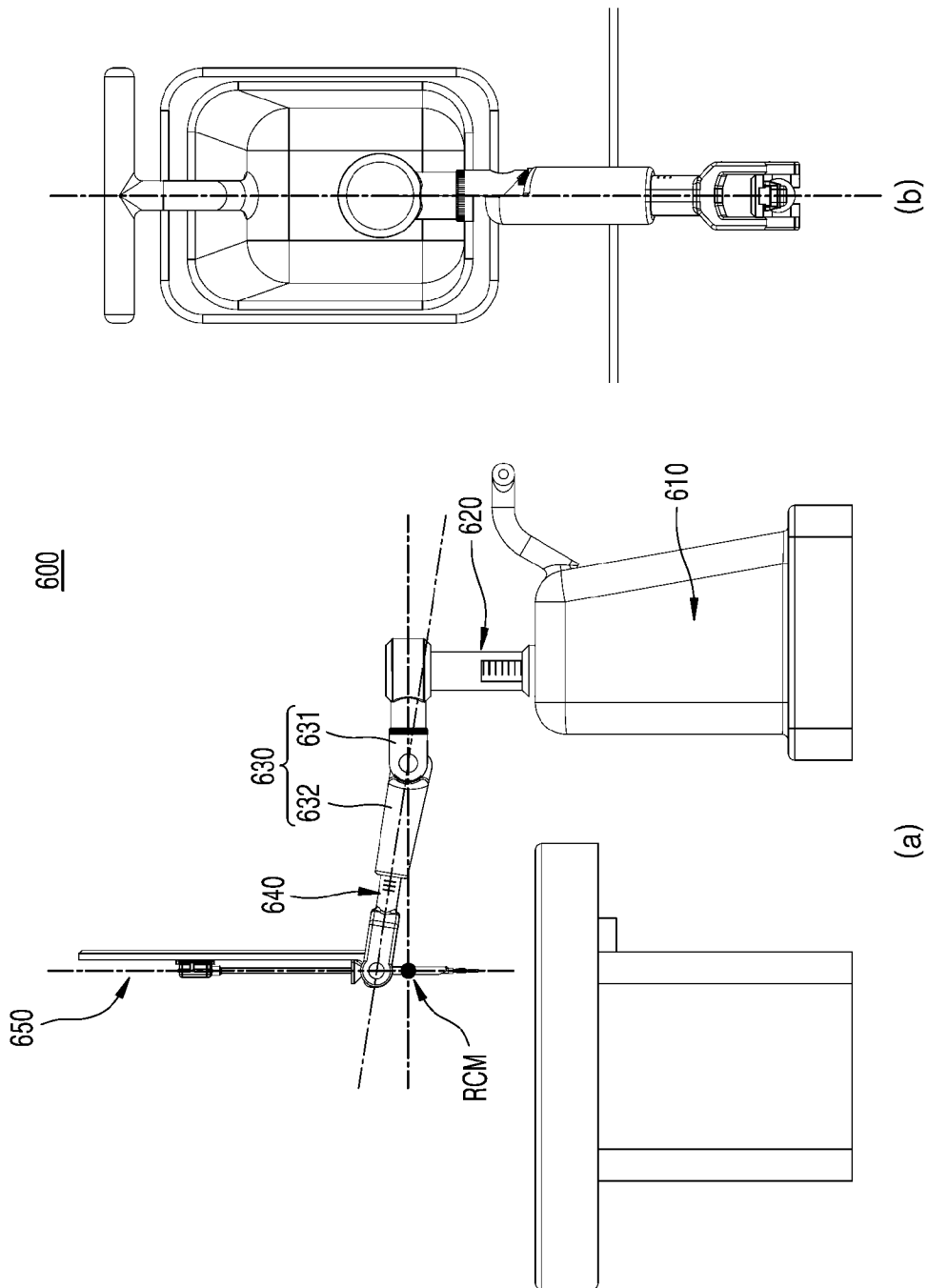
[도54]



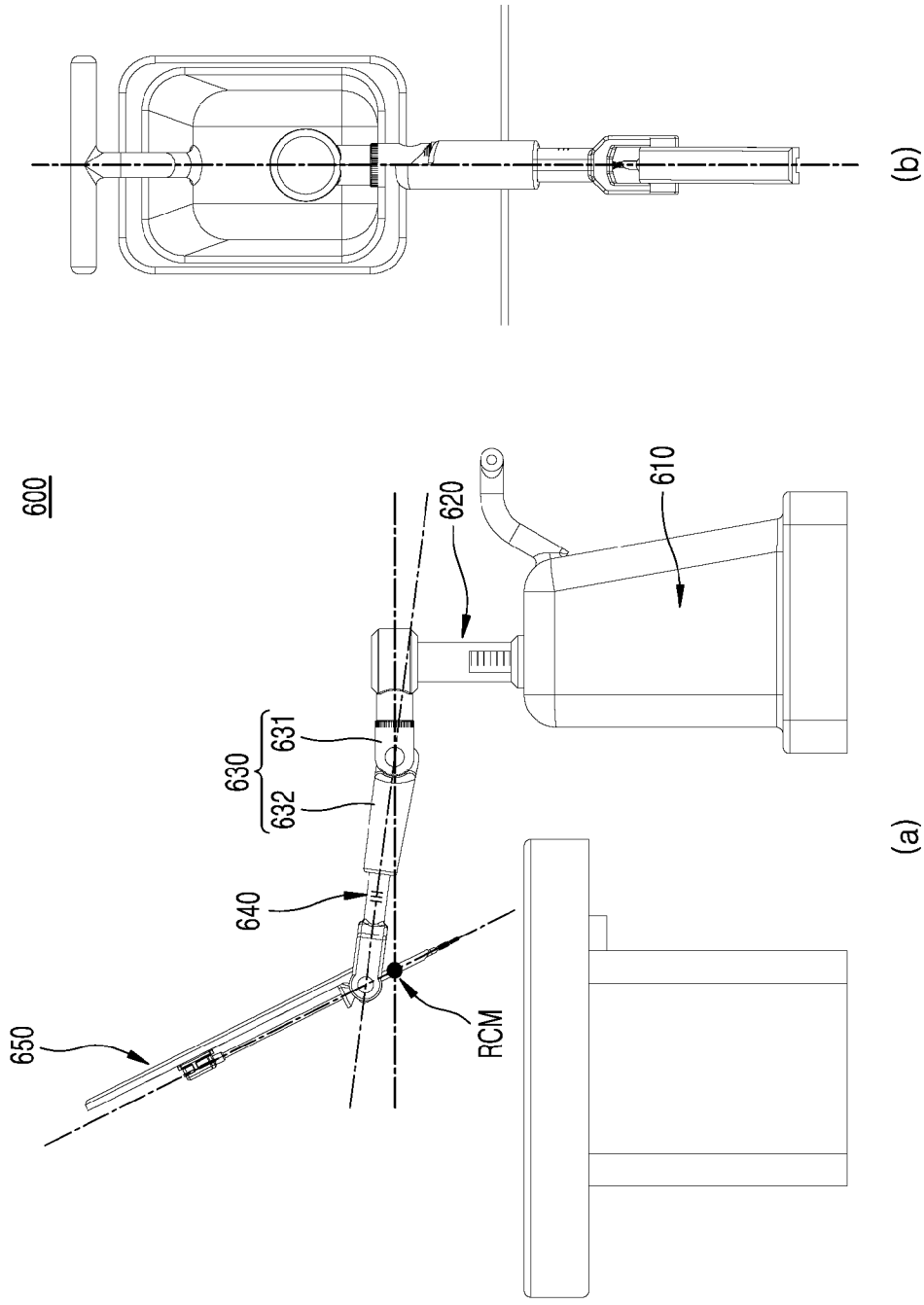
[도55]



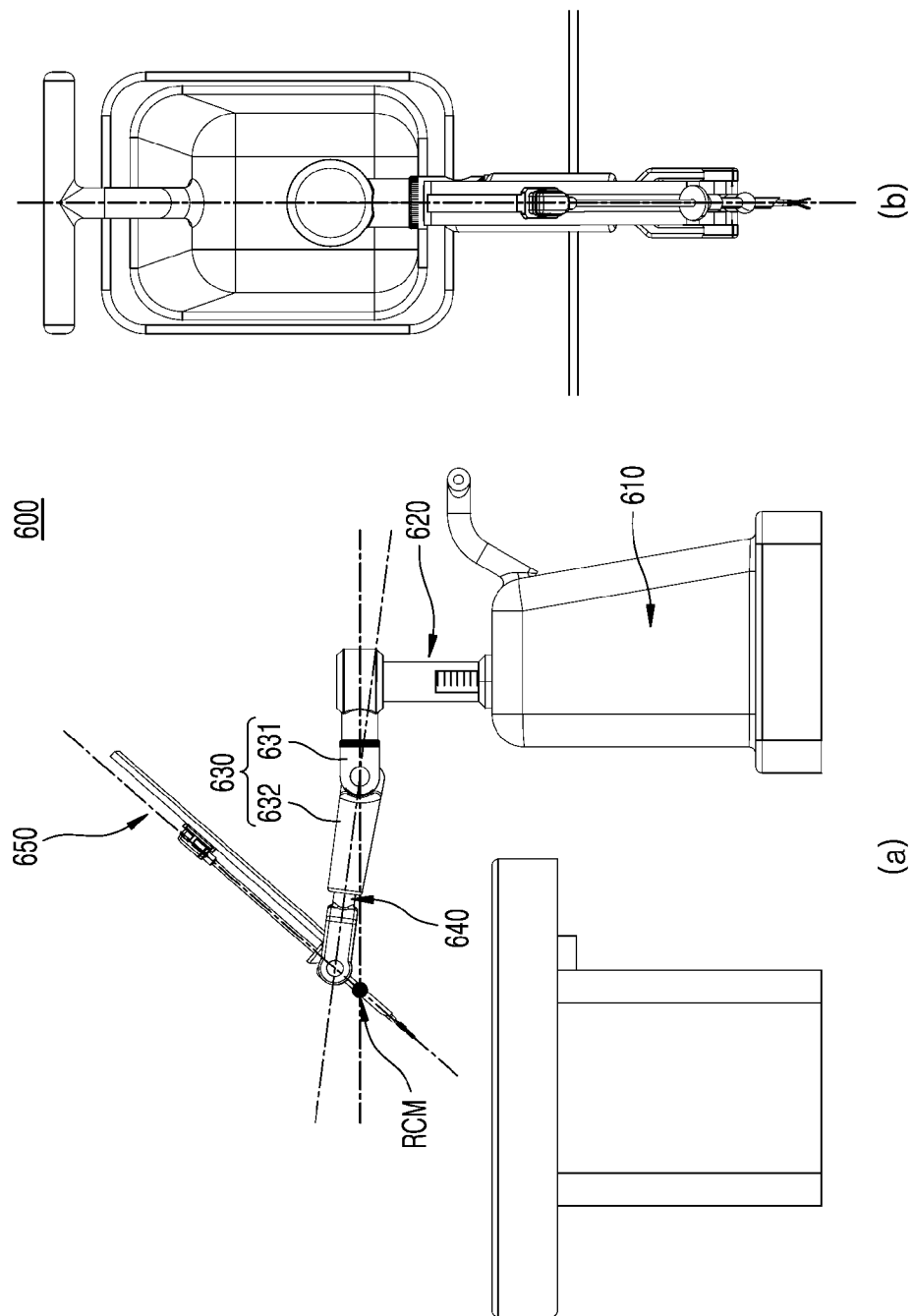
[도56]



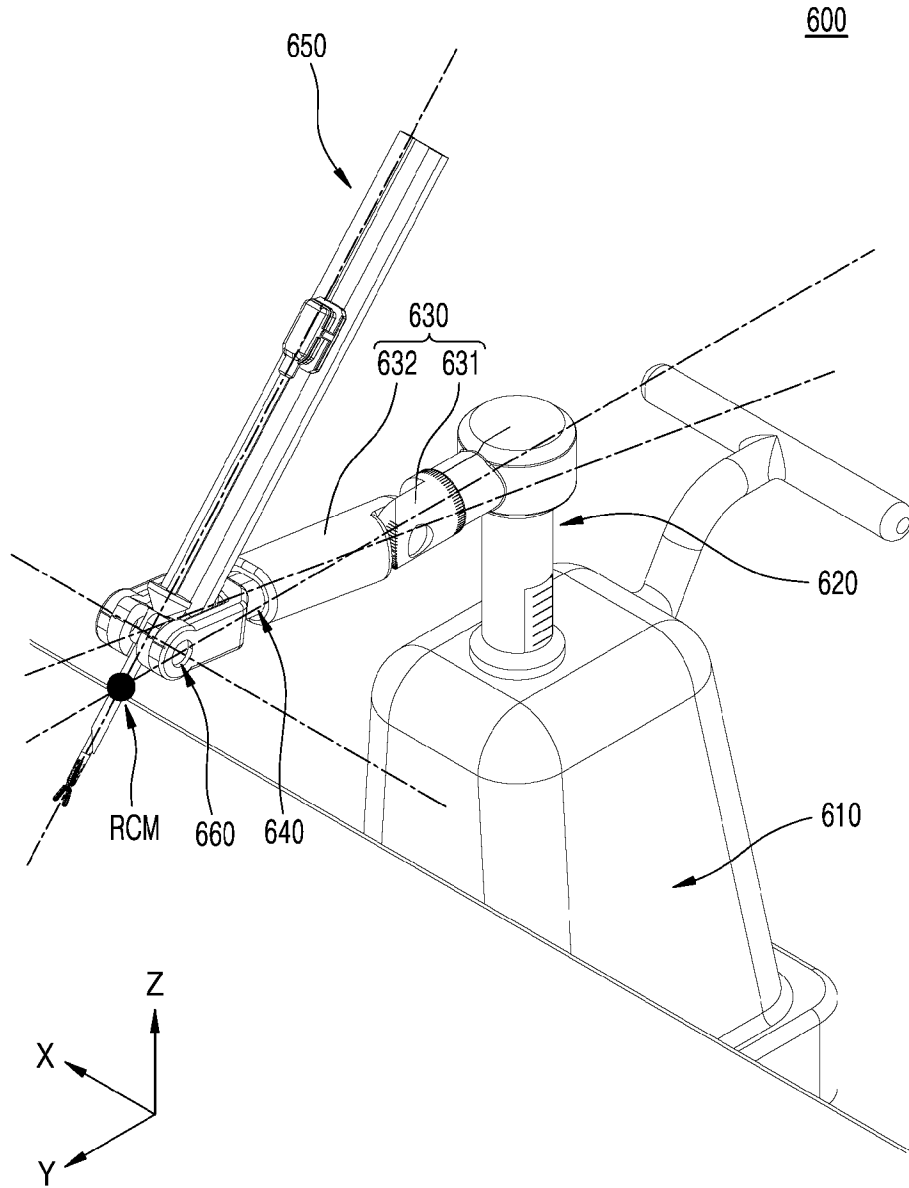
[도57]



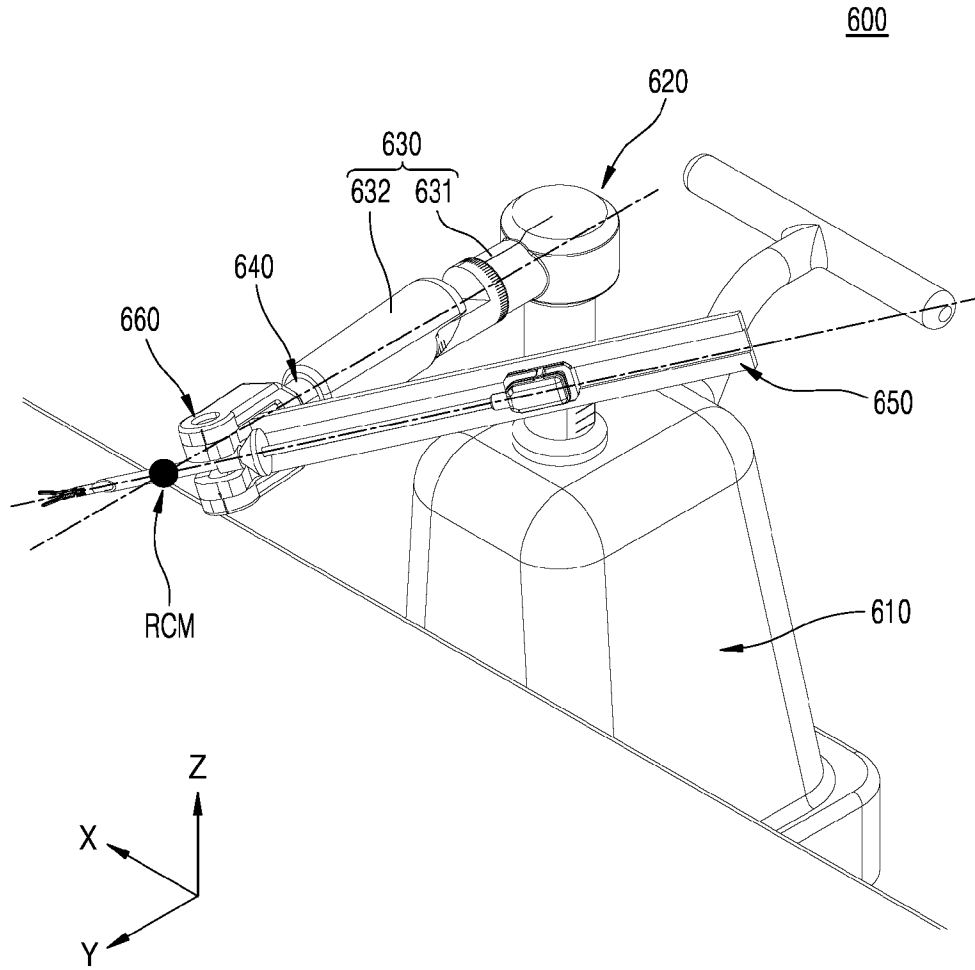
[도58]



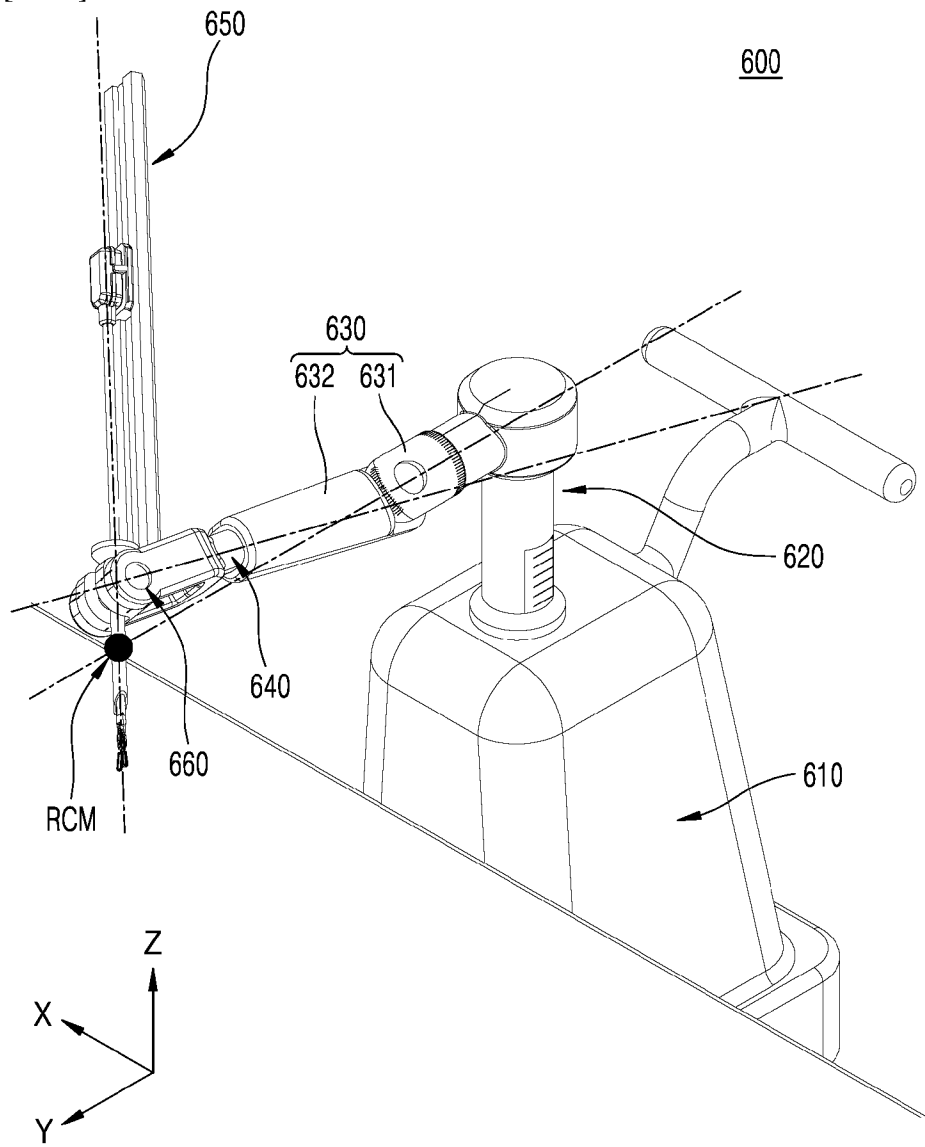
[도59]



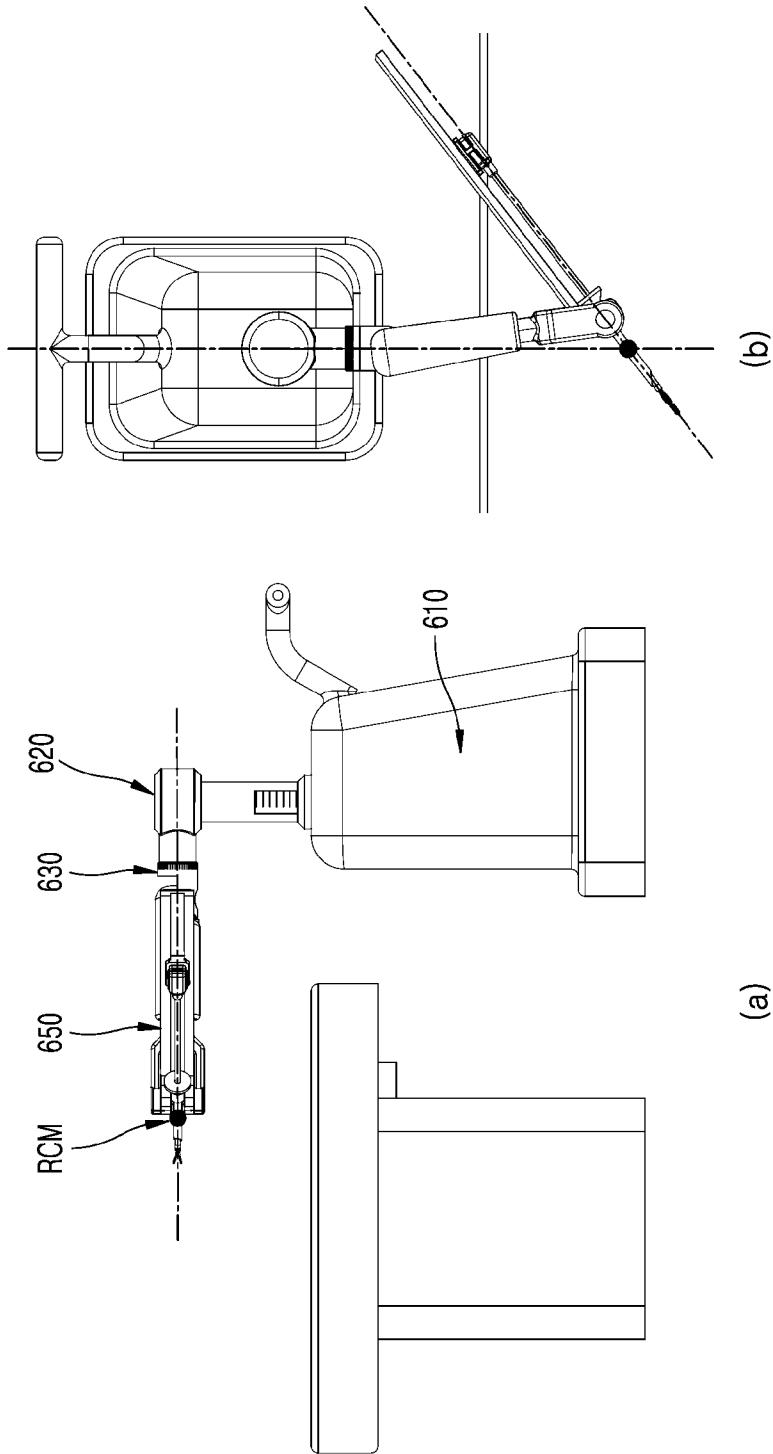
[도60]



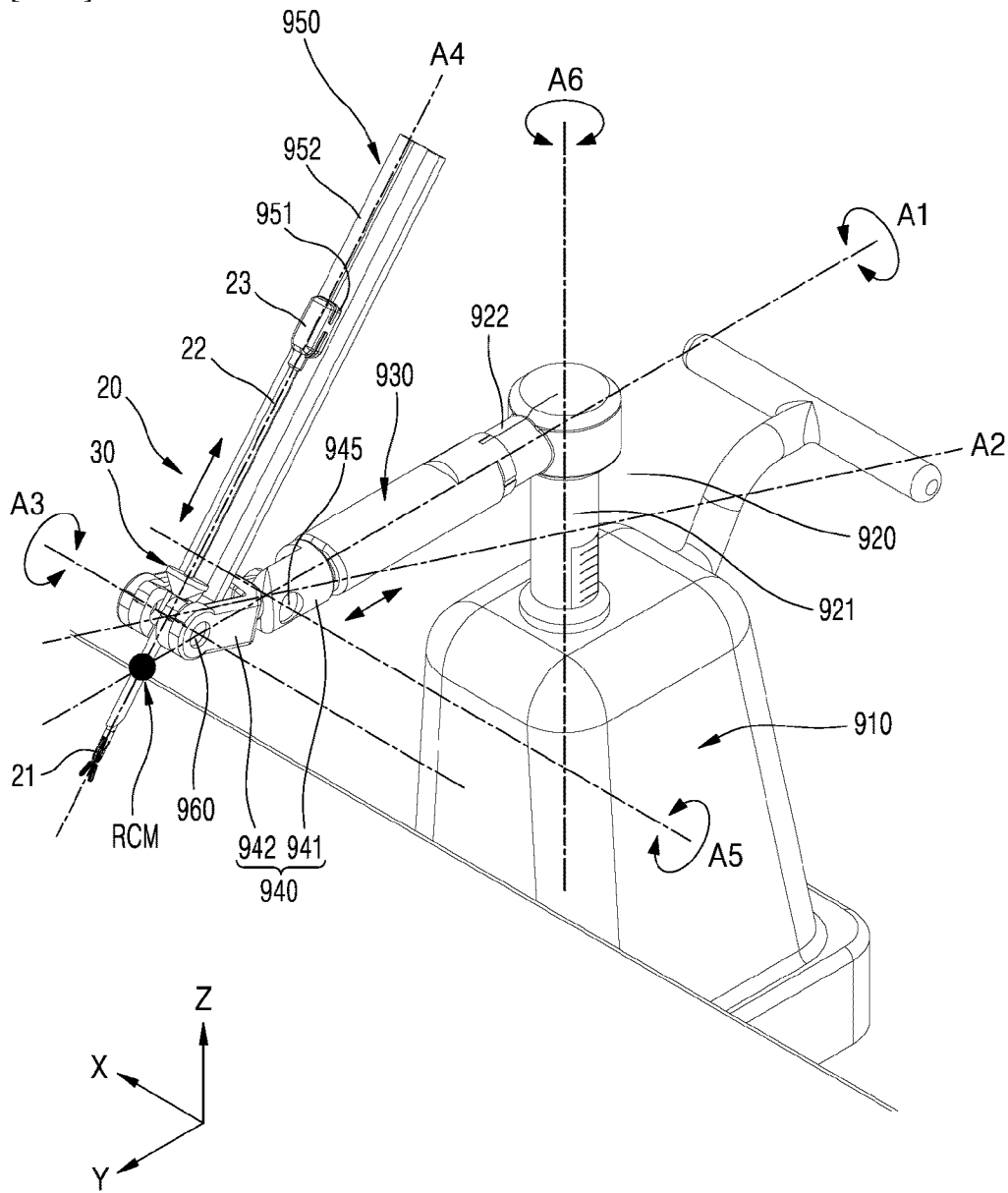
[도61]



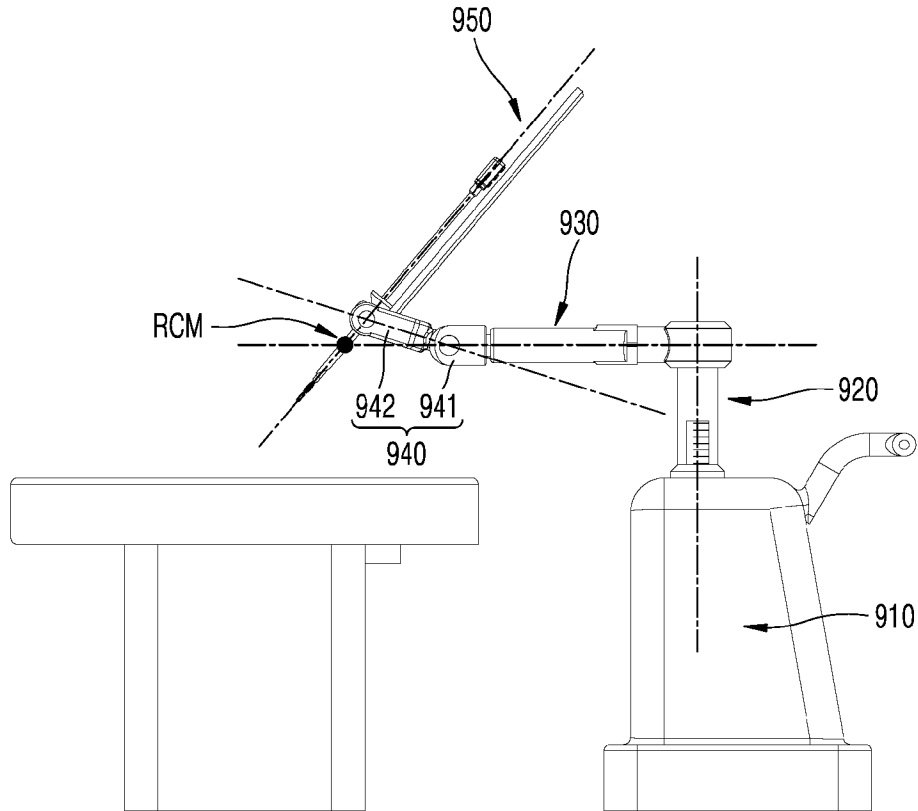
[도62]



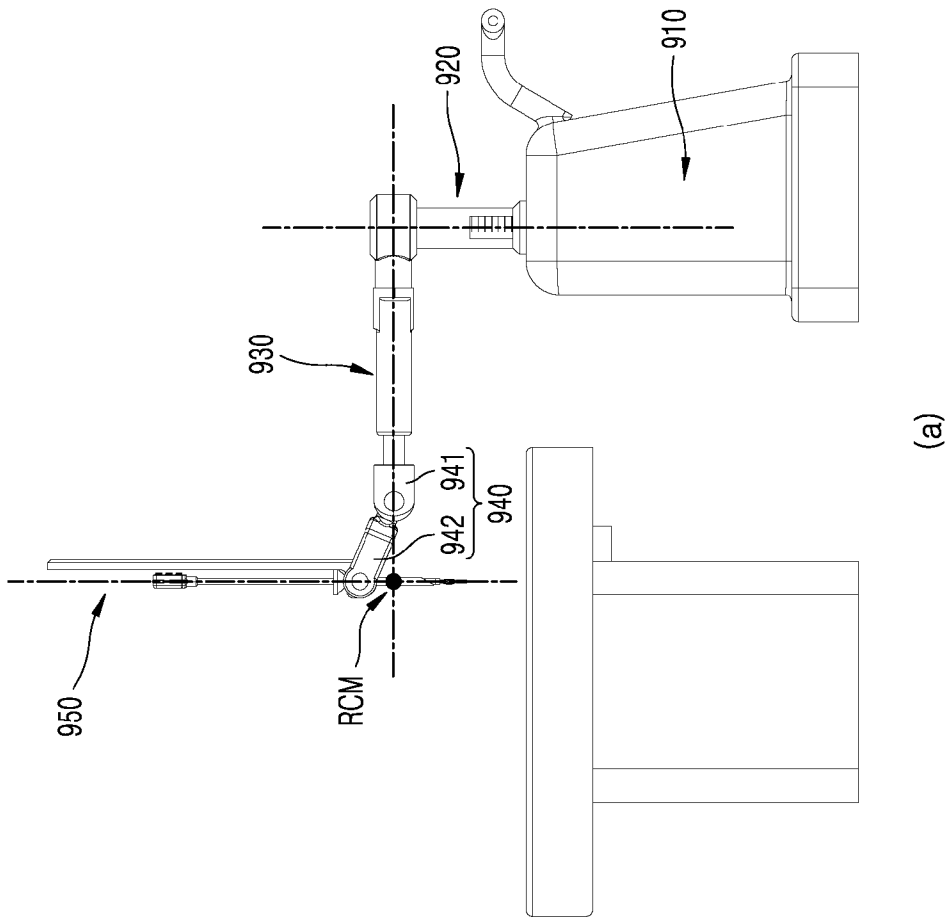
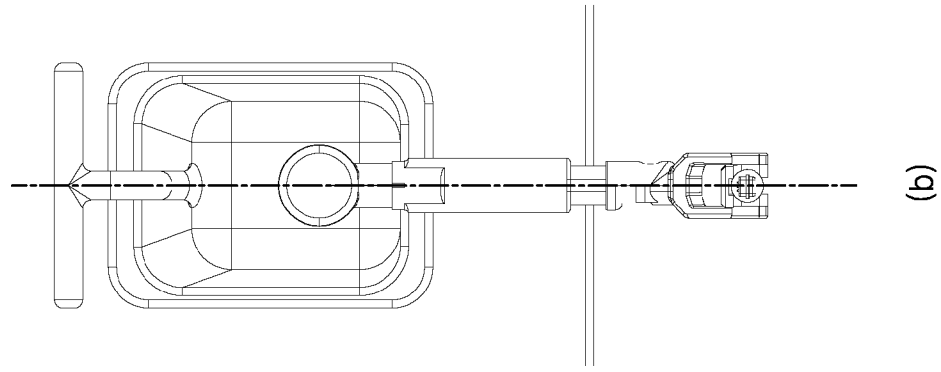
[도63]



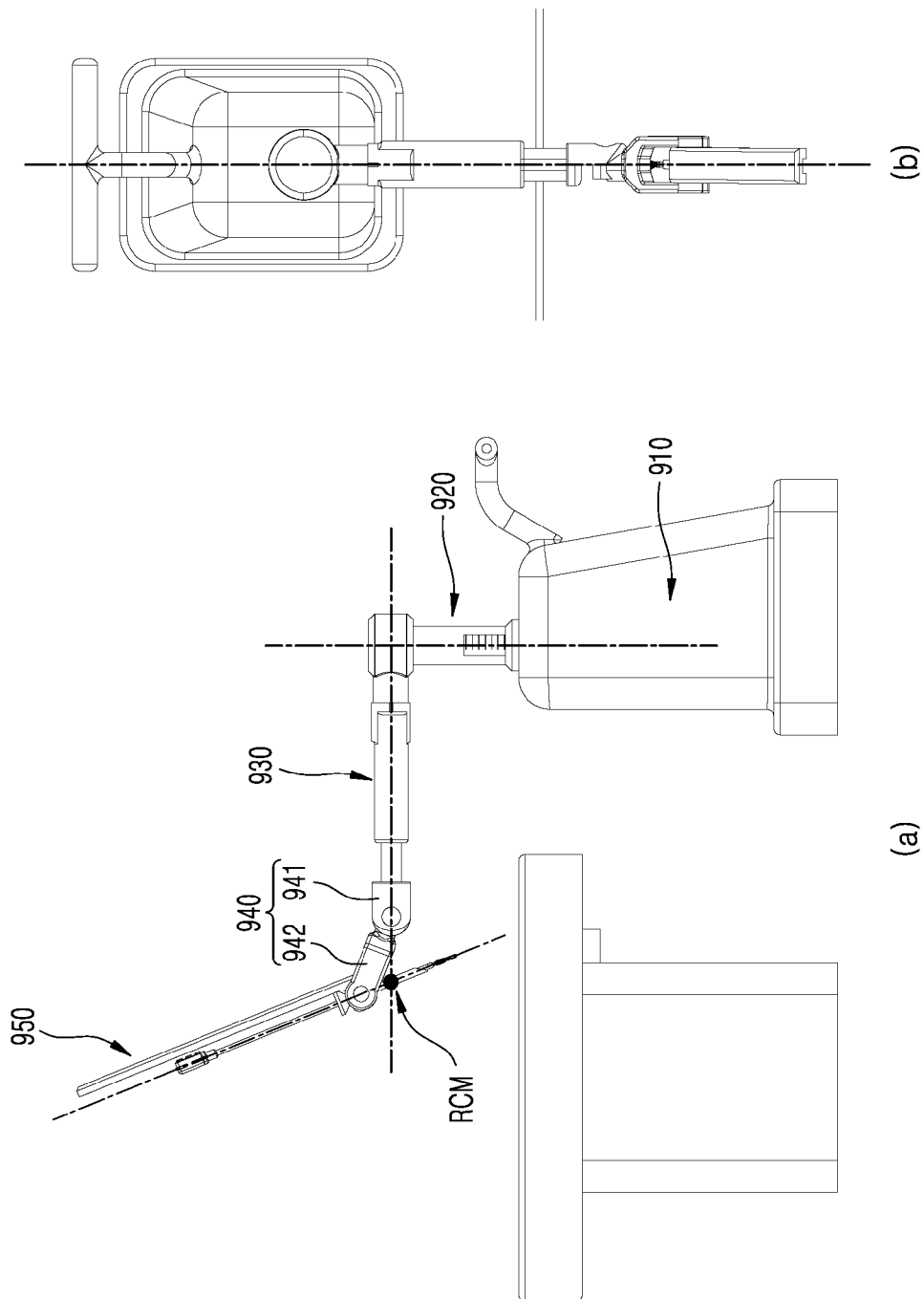
[도64]



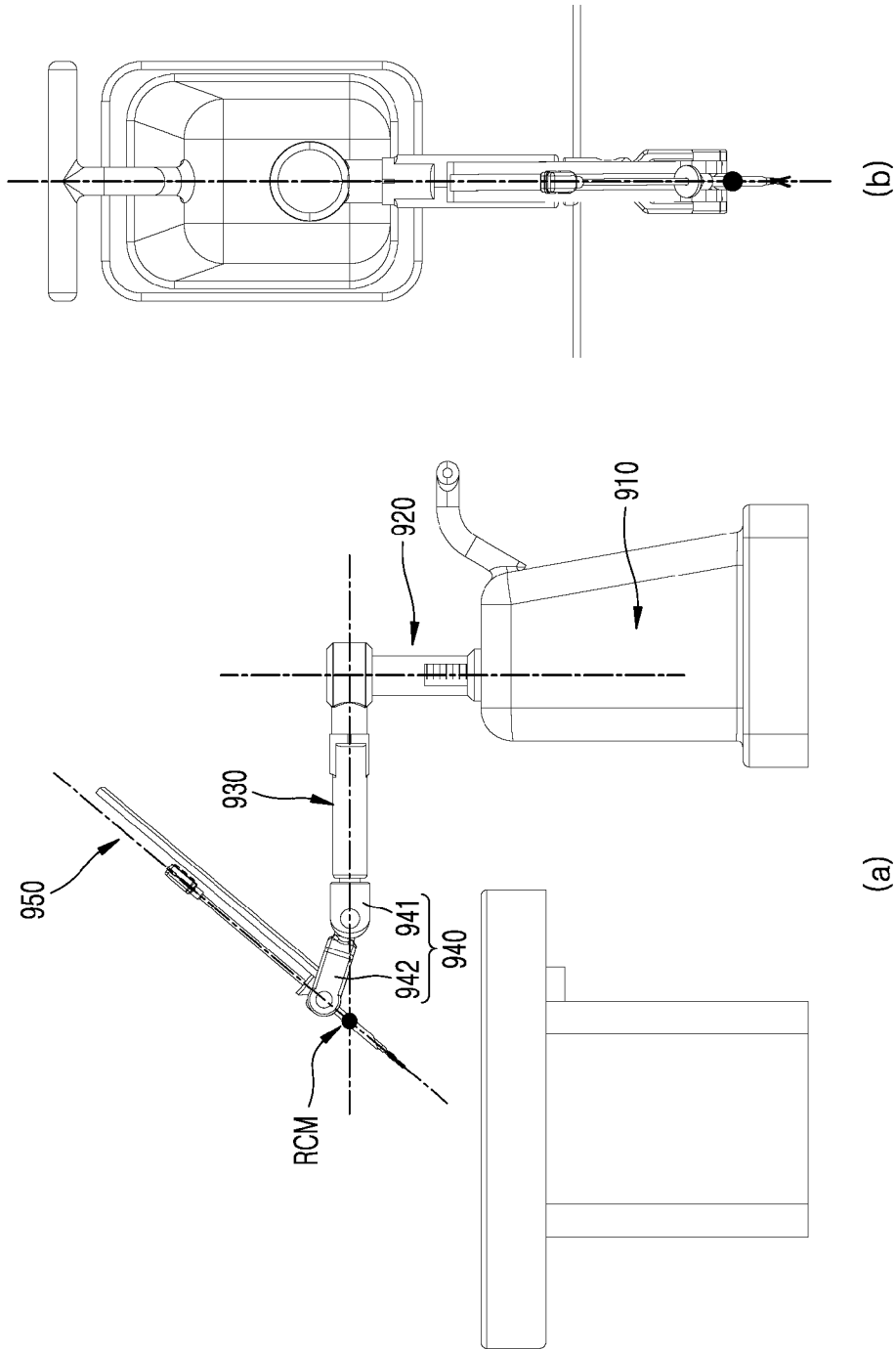
[도65]



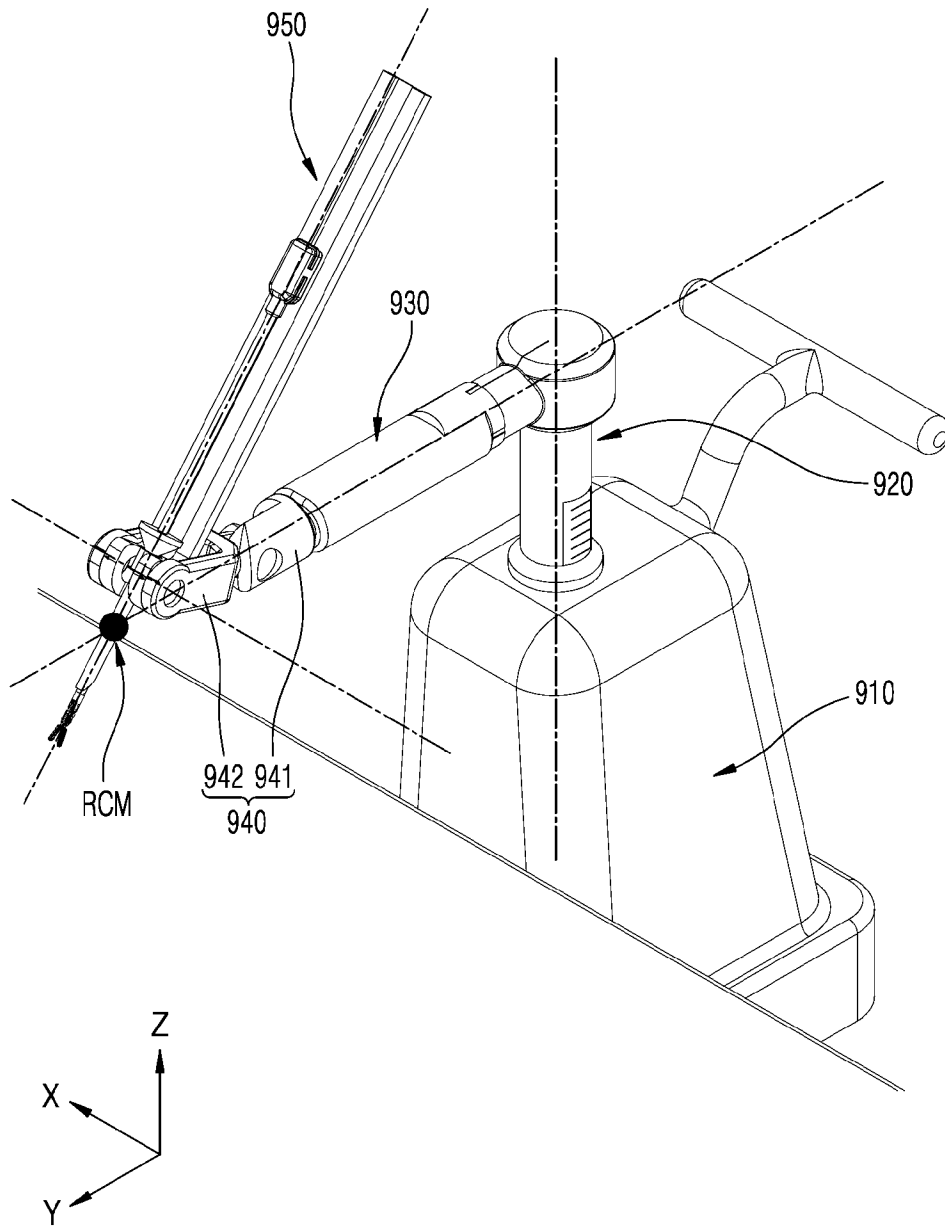
[도66]



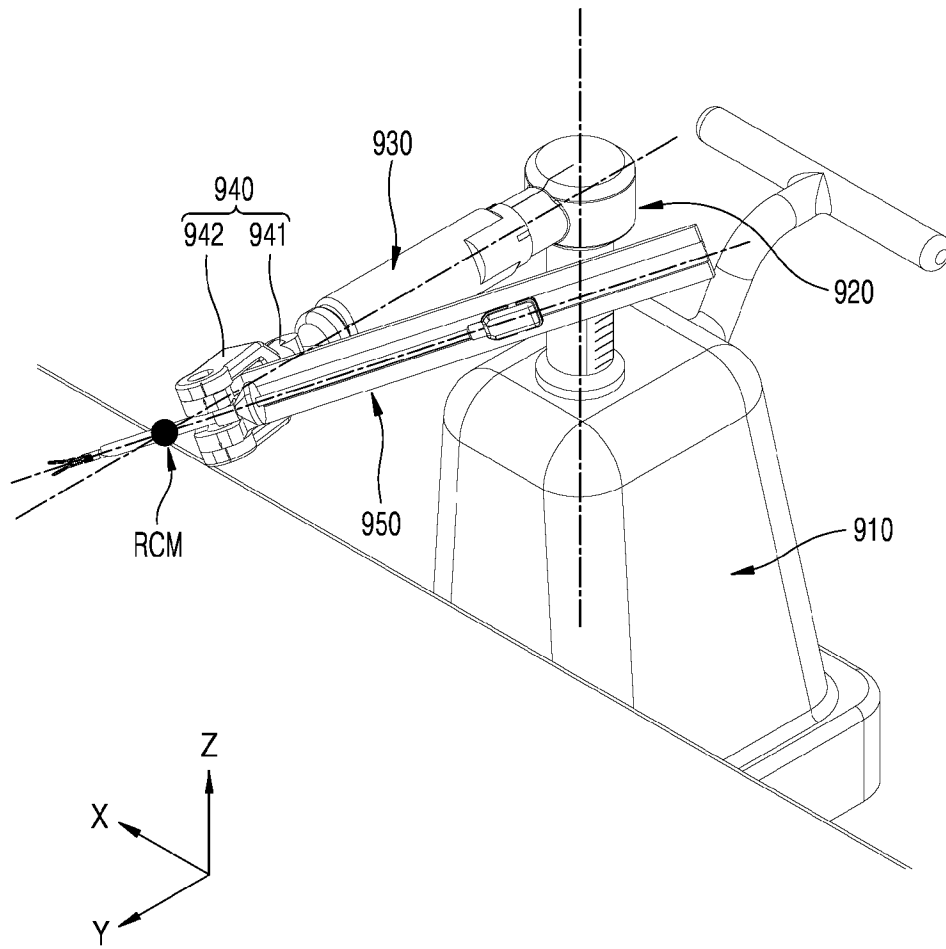
[도67]



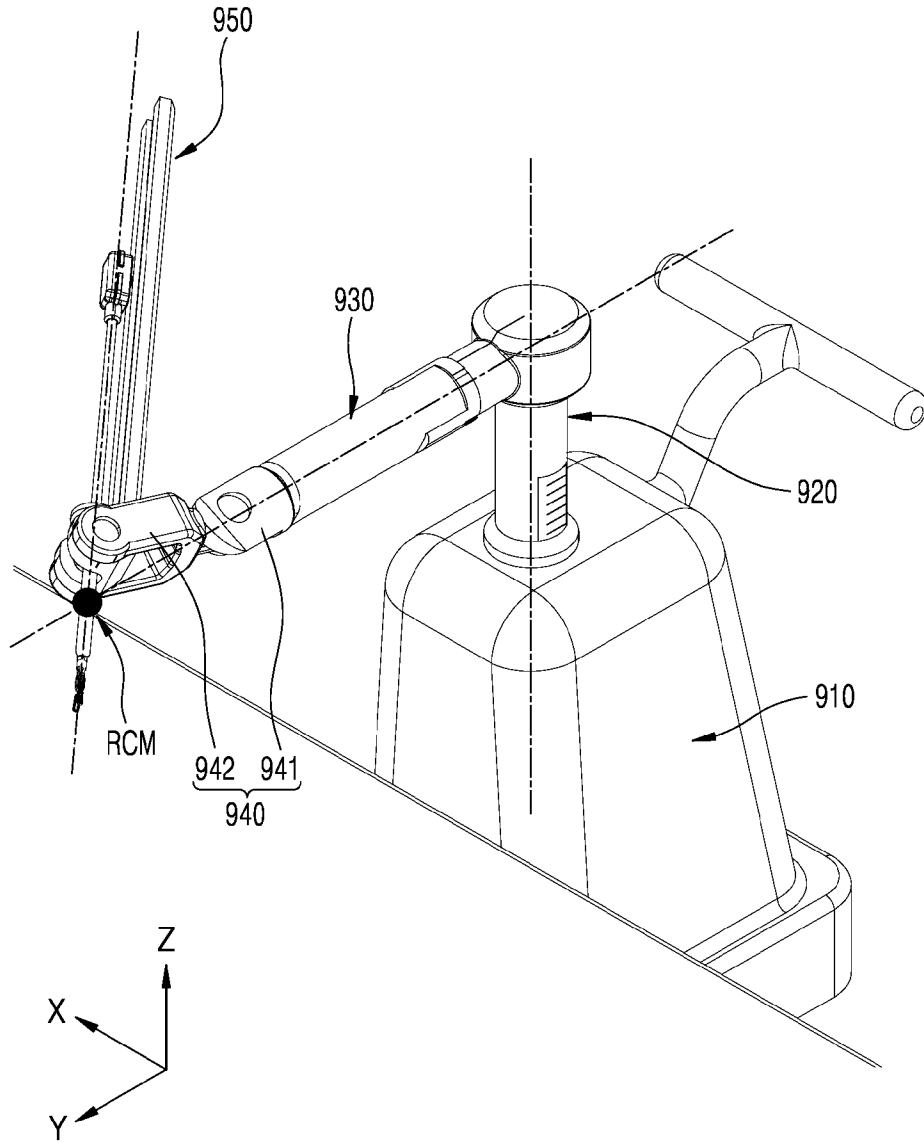
[도68]



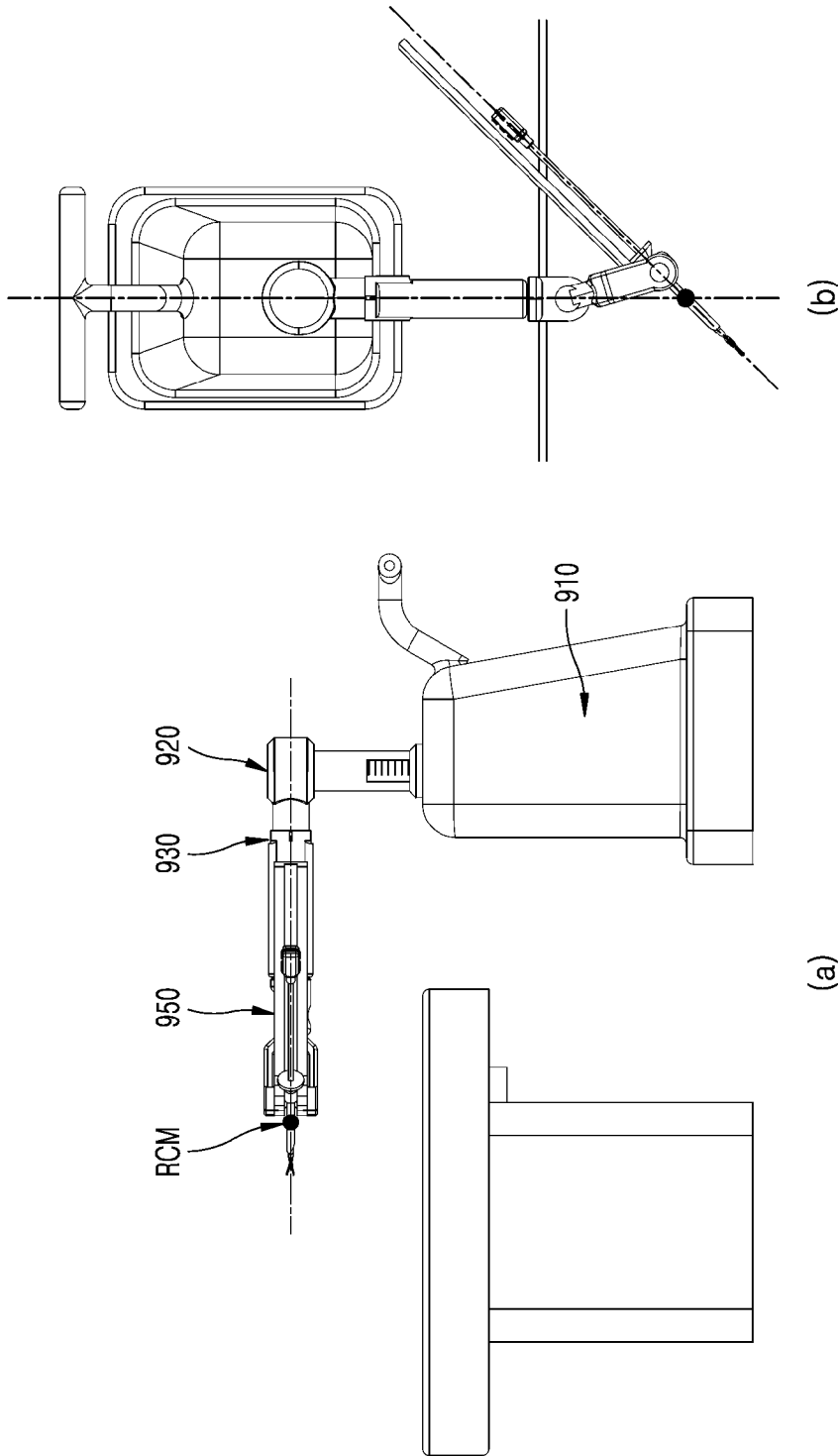
[도69]



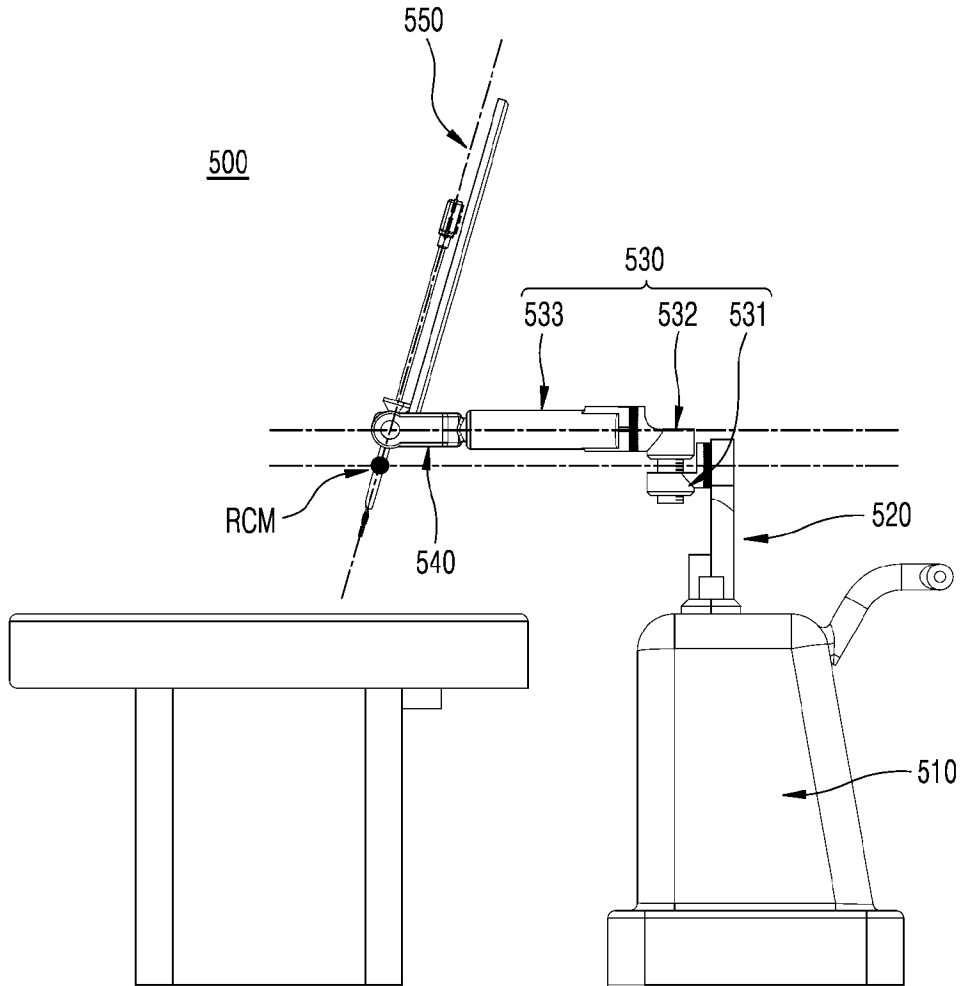
[도70]



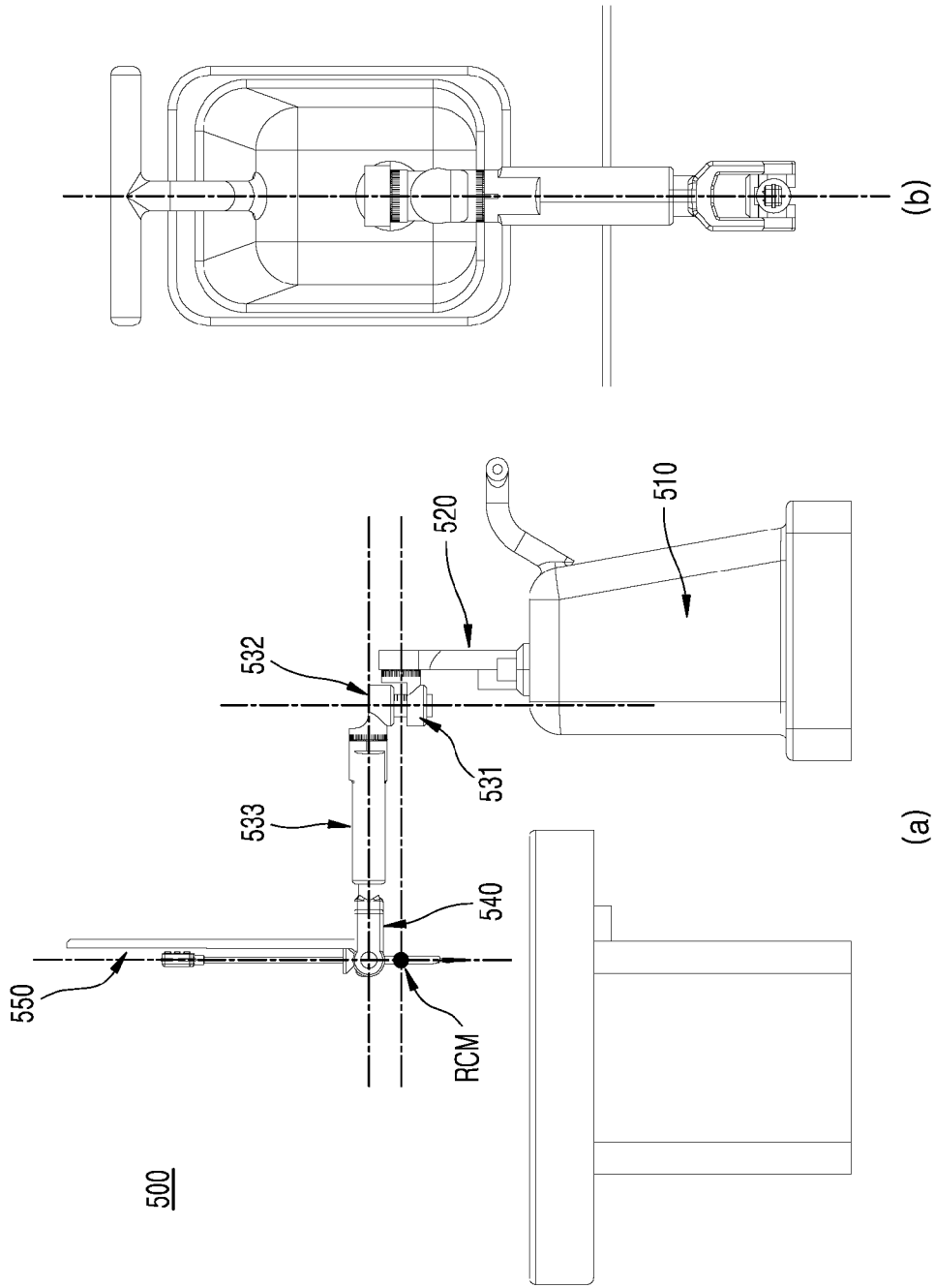
[도71]



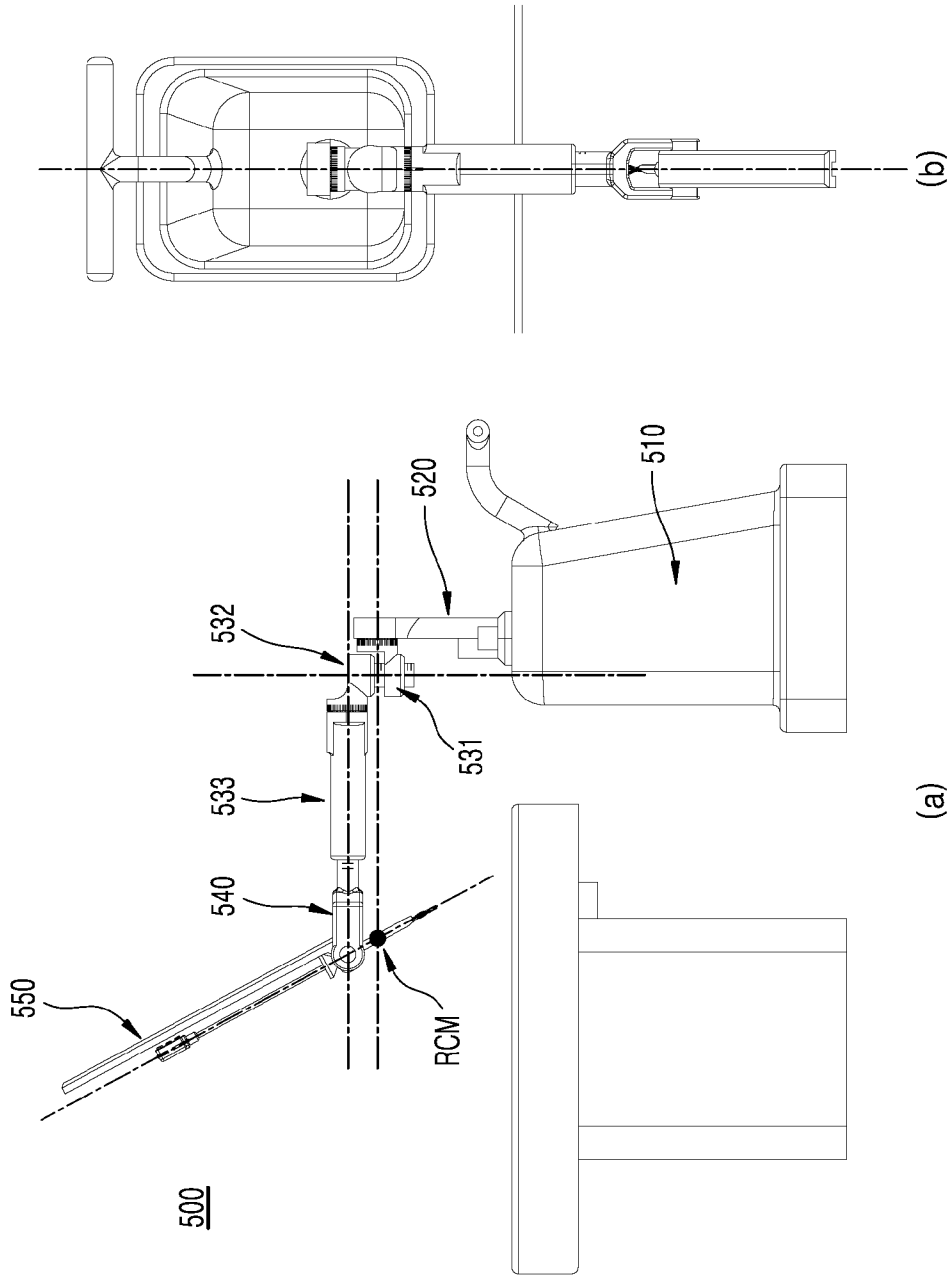
[도73]



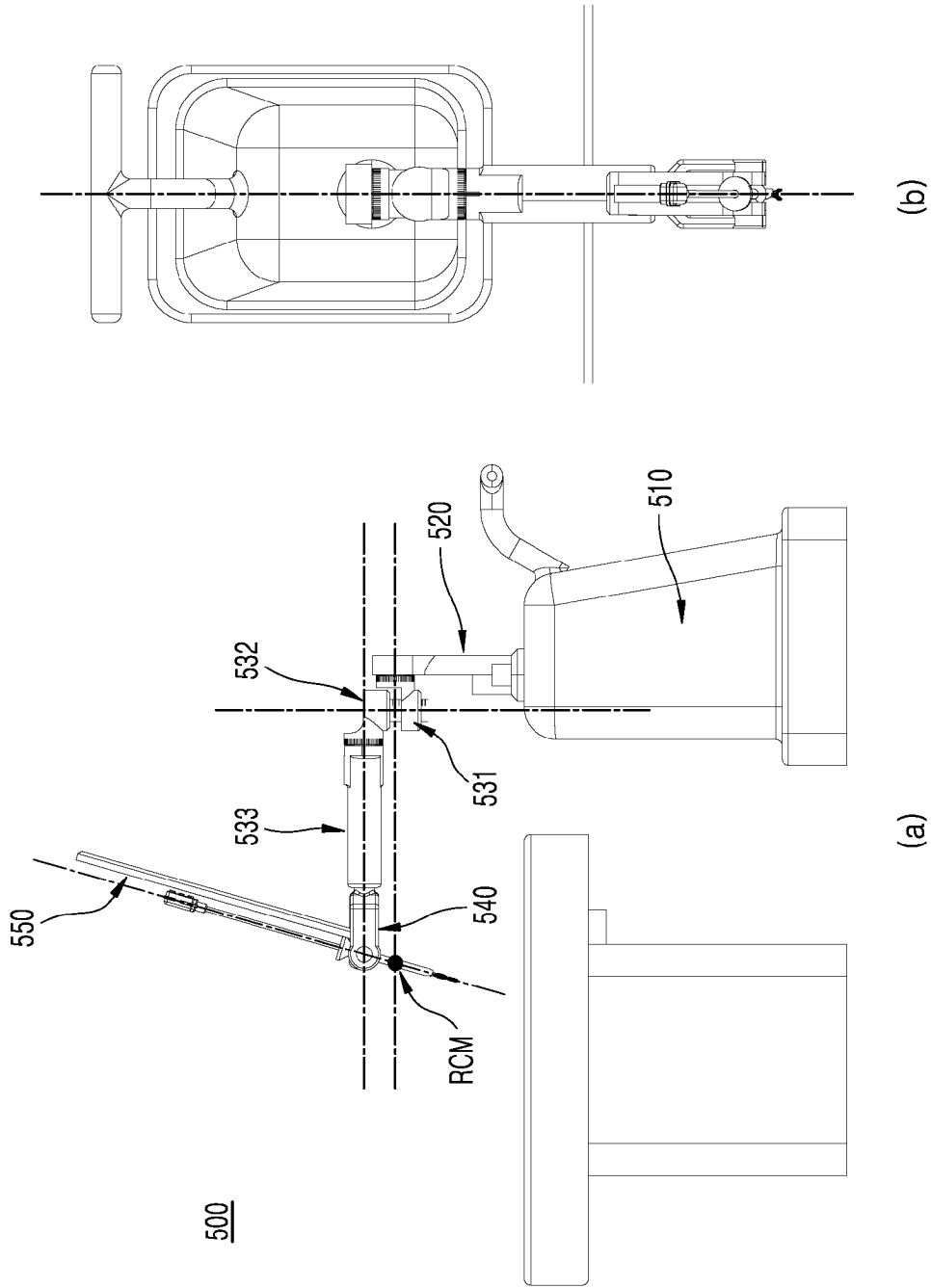
[도74]



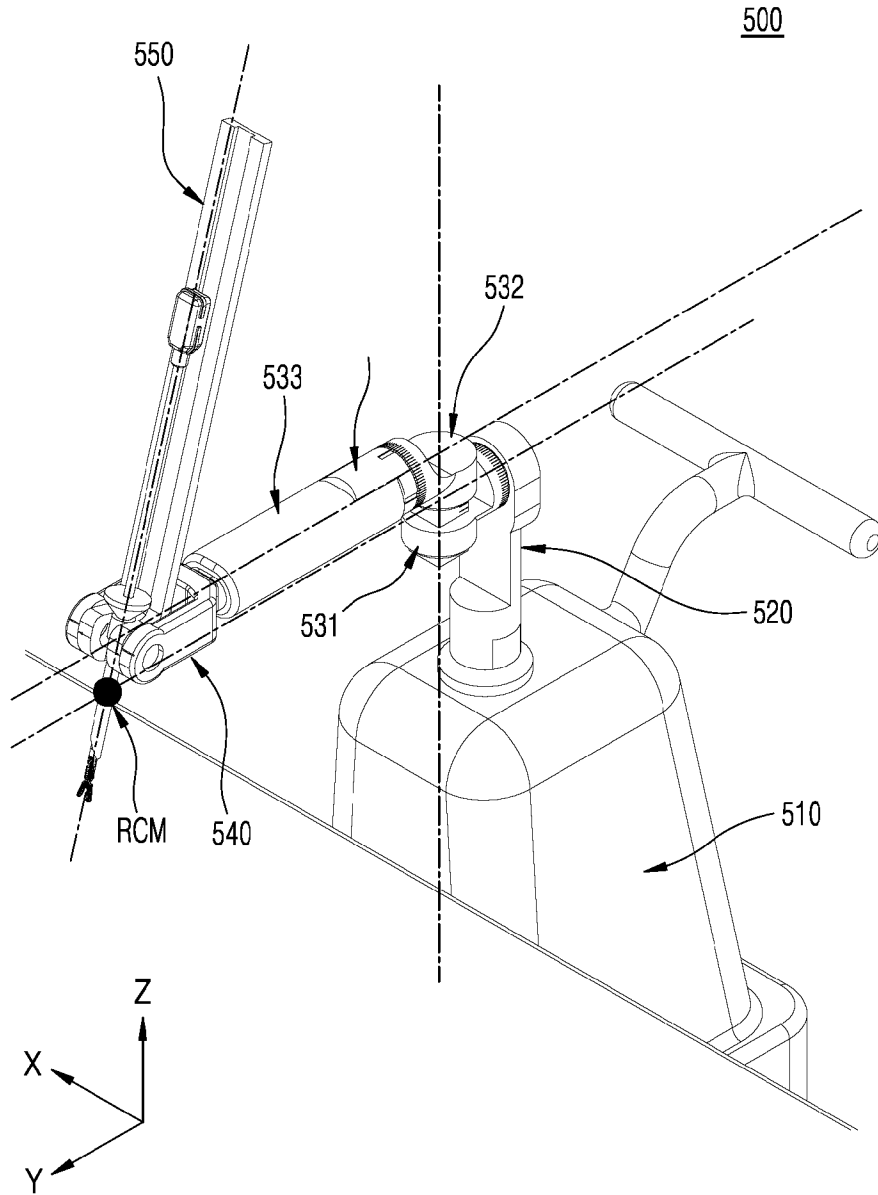
[도75]



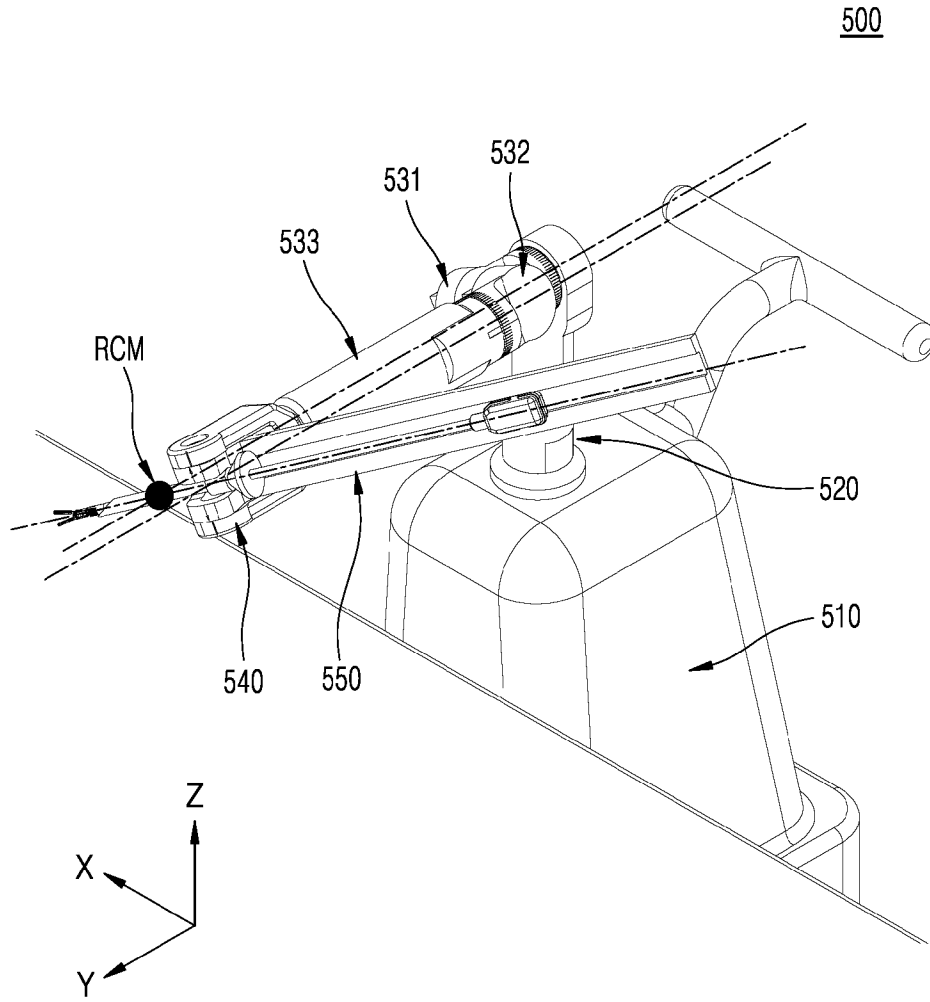
[도76]



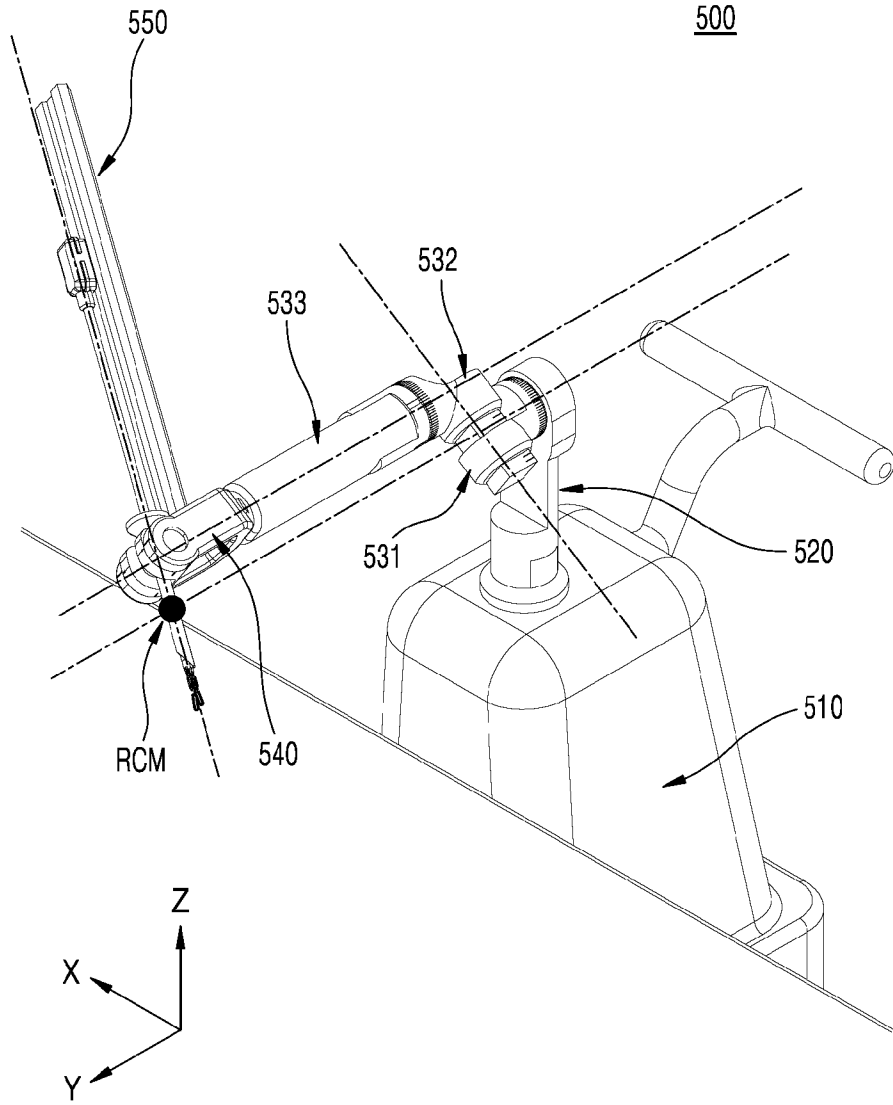
[도77]



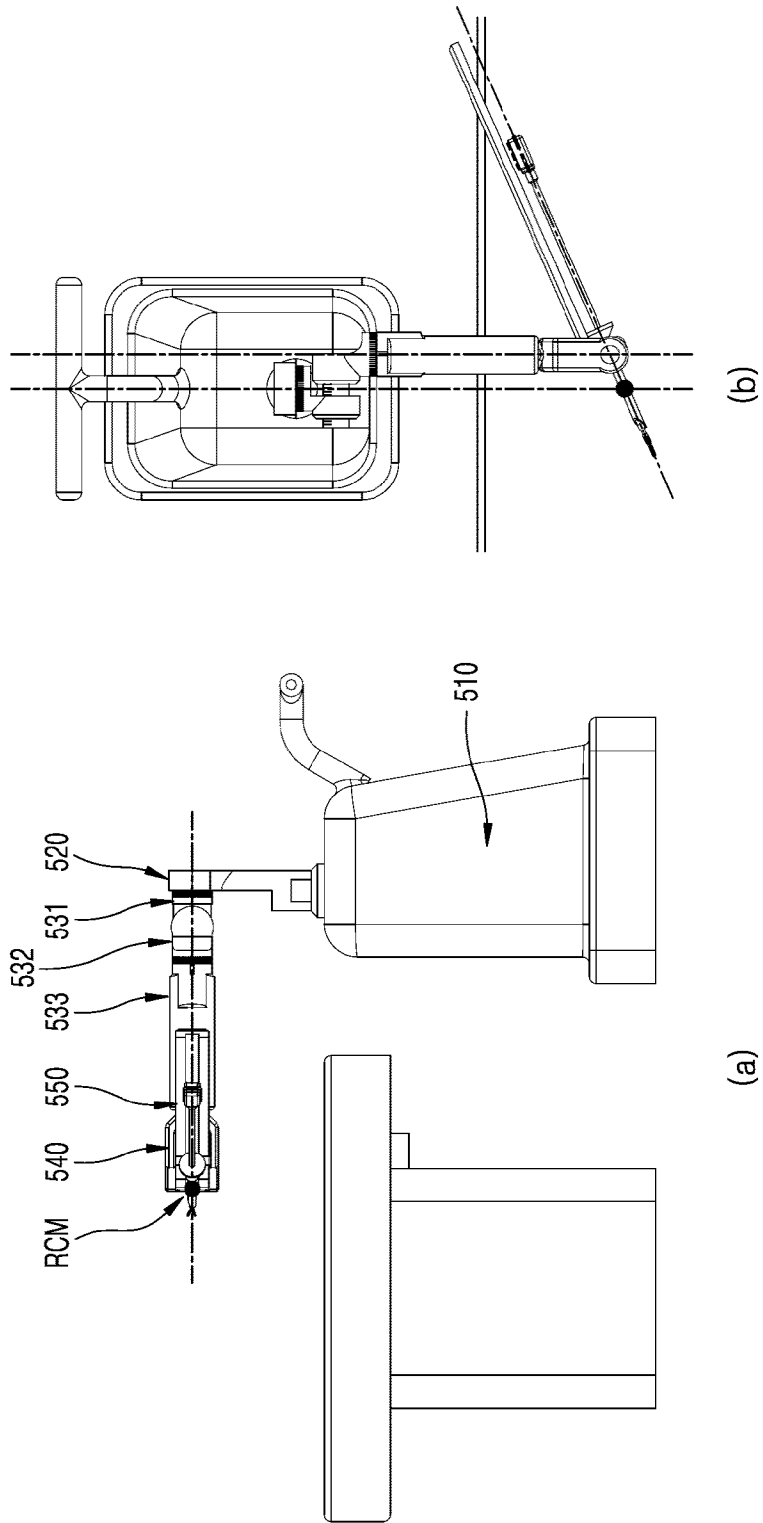
[도78]



[도79]



[도80]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2022/017859

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
A61B 34/30(2016.01)i; A61B 34/00(2016.01)i; A61B 90/50(2016.01)i; A61B 17/34(2006.01)i; A61B 17/29(2006.01)i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) A61B 34/30(2016.01); A61B 19/00(2006.01); A61B 34/35(2016.01); A61B 34/37(2016.01); B25J 13/02(2006.01); B25J 13/06(2006.01); B25J 18/04(2006.01); B25J 9/04(2006.01); B25J 9/16(2006.01)		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Korean utility models and applications for utility models: IPC as above Japanese utility models and applications for utility models: IPC as above		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) eKOMPASS (KIPO internal) & keywords: 로봇 암(robot arm), 베이스 링크(base link), 롤 회전(roll rotation), 직선 운동(linear motion)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2018-0065254 A1 (KABUSHIKI KAISHA YASKAWA DENKI) 08 March 2018 (2018-03-08) See claim 1; and figure 2.	1-29
A	JP 6791859 B2 (LIFE ROBOTICS INC.) 25 November 2020 (2020-11-25) See entire document.	1-29
A	KR 10-2012-0014758 A (ETERNE INC.) 20 February 2012 (2012-02-20) See entire document.	1-29
A	US 2021-0330405 A1 (VERB SURGICAL INC.) 28 October 2021 (2021-10-28) See entire document.	1-29
A	WO 2019-240453 A1 (MEERE COMPANY INC. et al.) 19 December 2019 (2019-12-19) See entire document.	1-29
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "D" document cited by the applicant in the international application "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 28 February 2023		Date of mailing of the international search report 28 February 2023
Name and mailing address of the ISA/KR Korean Intellectual Property Office Government Complex-Daejeon Building 4, 189 Cheongsaro, Seo-gu, Daejeon 35208 Facsimile No. +82-42-481-8578		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2022/017859

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2018-0065254	A1	08 March 2018	JP	2018-002208	A1	08 March 2018
				JP	6477877	B2	06 March 2019
				US	10836042	B2	17 November 2020
				WO	2017-002208	A1	05 January 2017

JP	6791859	B2	25 November 2020	EP	3348360	A1	18 July 2018
				EP	3348360	A4	25 September 2019
				JP	2018-043583	A1	05 July 2018
				US	2018-0207803	A1	26 July 2018
				WO	2017-043583	A1	16 March 2017

KR	10-2012-0014758	A	20 February 2012	KR	10-1550451	B1	07 September 2015

US	2021-0330405	A1	28 October 2021	KR	10-2023-0002996	A	05 January 2023
				US	11571267	B2	07 February 2023
				WO	2021-216091	A1	28 October 2021

WO	2019-240453	A1	19 December 2019	KR	10-2206647	B1	22 January 2021
				US	2021-0244489	A1	12 August 2021

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC)) A61B 34/30(2016.01)i; A61B 34/00(2016.01)i; A61B 90/50(2016.01)i; A61B 17/34(2006.01)i; A61B 17/29(2006.01)i		
B. 조사된 분야 조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재) A61B 34/30(2016.01); A61B 19/00(2006.01); A61B 34/35(2016.01); A61B 34/37(2016.01); B25J 13/02(2006.01); B25J 13/06(2006.01); B25J 18/04(2006.01); B25J 9/04(2006.01); B25J 9/16(2006.01) 조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌 한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC 일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC 국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우)) eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: 로봇 암(robot arm), 베이스 링크(base link), 롤 회전(roll rotation), 직선 운동(linear motion)		
C. 관련 문헌		
카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
A	US 2018-0065254 A1 (KABUSHIKI KAISHA YASKAWA DENKI) 2018.03.08 청구항 1; 도면 2	1-29
A	JP 6791859 B2 (LIFE ROBOTICS INC) 2020.11.25 전문	1-29
A	KR 10-2012-0014758 A (주식회사 이턴) 2012.02.20 전문	1-29
A	US 2021-0330405 A1 (VERB SURGICAL INC.) 2021.10.28 전문	1-29
A	WO 2019-240453 A1 (MEERE COMPANY INC. 등) 2019.12.19 전문	1-29
<input type="checkbox"/> 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다. <input checked="" type="checkbox"/> 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.		
* 인용된 문헌의 특별 카테고리: "A" 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌 "D" 본 국제출원에서 출원인이 인용한 문헌 "E" 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌 "L" 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌 "O" 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌 "P" 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌 "T" 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌 "X" 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다. "Y" 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다. "&" 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌		
국제조사의 실제 완료일	국제조사보고서 발송일	
2023년02월28일 (28.02.2023)	2023년02월28일 (28.02.2023)	
ISA/KR의 명칭 및 우편주소	심사관	
대한민국 특허청 (35208) 대전광역시 서구 청사로 189, 4동 (둔산동, 정부대전청사)	허주형	
팩스 번호 +82-42-481-8578	전화번호 +82-42-481-5373	

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
US 2018-0065254 A1	2018/03/08	JP 2018-002208 A1	2018/03/08
		JP 6477877 B2	2019/03/06
		US 10836042 B2	2020/11/17
		WO 2017-002208 A1	2017/01/05
JP 6791859 B2	2020/11/25	EP 3348360 A1	2018/07/18
		EP 3348360 A4	2019/09/25
		JP 2018-043583 A1	2018/07/05
		US 2018-0207803 A1	2018/07/26
		WO 2017-043583 A1	2017/03/16
KR 10-2012-0014758 A	2012/02/20	KR 10-1550451 B1	2015/09/07
US 2021-0330405 A1	2021/10/28	KR 10-2023-0002996 A	2023/01/05
		US 11571267 B2	2023/02/07
		WO 2021-216091 A1	2021/10/28
WO 2019-240453 A1	2019/12/19	KR 10-2206647 B1	2021/01/22
		US 2021-0244489 A1	2021/08/12