



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2007년11월28일
(11) 등록번호 10-0778387
(24) 등록일자 2007년11월15일

(51) Int. Cl.

A61B 17/00 (2006.01) A61B 19/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2006-0134166

(22) 출원일자 2006년12월26일

심사청구일자 2006년12월26일

(56) 선행기술조사문헌

US6394998 B1

US6902560 B1

(73) 특허권자

한국과학기술원

대전 유성구 구성동 373-1

(72) 발명자

이정주

대전 유성구 구성동 한국과학기술원

송호석

대전 유성구 구성동 한국과학기술원

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

손은진

전체 청구항 수 : 총 10 항

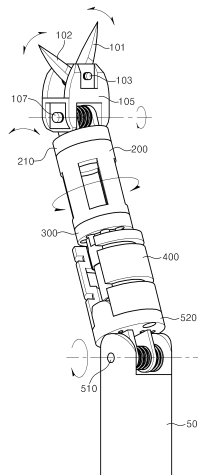
심사관 : 김성식

(54) 다자유도를 갖는 복강경 수술용 로봇 및 그의 힘 측정방법

(57) 요약

본 발명은 복강경 수술용 로봇에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 다자유도를 갖는 복강경 수술용 로봇 및 그의 힘 측정방법에 관한 것이다. 이를 위해, 수술도구 회전축(103)을 중심으로 각각 회전 가능한 제 1, 2 수술도구(101, 102); 수술도구 회전축(103)을 포함하고 손목회전축(107)을 중심으로 회전 가능한 손목부(105); 일단이 손목회전축(107)에 연결된 로드셀(200); 로드셀(200)의 타단에 연결되고, 축선방향으로 회전 가능한 팔꿈치부(400); 팔꿈치 회전축(510)을 중심으로 팔꿈치부(400)의 일단과 연결된 상완부(500);로 구성되고, 제 1 수술도구(101)의 구동수단, 제 2 수술도구(102)의 구동수단; 수술도구 회전축(103)의 구동수단, 팔꿈치부(400)의 축선방향 회전수단 및 팔꿈치 회전축(510)의 구동수단을 각각 구비한다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

정종하

대전 유성구 신성동 하나아파트 110동 908호

김기영

대전 유성구 구성동 한국과학기술원

특허청구의 범위

청구항 1

수술도구 회전축(103)을 중심으로 각각 회전 가능한 제 1, 2 수술도구(101, 102);
 상기 수술도구 회전축(103)을 포함하고 손목회전축(107)을 중심으로 회전 가능한 손목부(105);
 일단이 상기 손목회전축(107)에 연결된 로드셀(200);
 상기 로드셀(200)의 타단에 연결되고, 축선방향으로 회전 가능한 팔꿈치부(400);
 팔꿈치 회전축(510)을 중심으로 상기 팔꿈치부(400)의 일단과 연결된 상완부(500);로 구성되고,
 상기 제 1 수술도구(101)의 구동수단, 상기 제 2 수술도구(102)의 구동수단; 상기 수술도구 회전축(103)의 구동수단, 상기 팔꿈치부(400)의 축선방향 회전수단 및 상기 팔꿈치 회전축(510)의 구동수단을 각각 구비하는 것을 특징으로 하는 다자유도를 갖는 복강경 수술용 로봇.

청구항 2

제 1 항에 있어서,
 상기 로드셀(200)은 원통형상이고, 원주방향으로 4개의 빔(250)이 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 다자유도를 갖는 복강경 수술용 로봇.

청구항 3

제 1 항에 있어서, 상기 제 1 수술도구(101)의 구동수단은,
 정역 회전이 가능한 제 2 모터(M2);
 상기 제 1 수술도구(101)와 일체로 회전하는 폴리(A);
 상기 손목회전축(107)에 설치된 제 2, 3 폴리(P2, P3);
 상기 제 2 모터(M2)의 근처에 설치된 제 6 폴리(P6)로 구성되고,
 와이어가 상기 제 2 모터(M2), 상기 제 2 폴리(P2), 상기 폴리(A), 상기 제 3 폴리(P3), 상기 제 6 폴리(P6)를 순차적으로 돌아 상기 제 2 모터(M2)로 되돌아오는 제 2 루프(L2)를 형성함으로써 구동되는 것을 특징으로 하는 다자유도를 갖는 복강경 수술용 로봇.

청구항 4

제 1 항에 있어서, 상기 제 2 수술도구(102)의 구동수단은,
 정역 회전이 가능한 제 1 모터(M1);
 상기 제 1 수술도구(102)와 일체로 회전하는 폴리(B);
 상기 손목회전축(107)에 설치된 제 1, 4 폴리(P1, P4);
 상기 제 1 모터(M1)의 근처에 설치된 제 5 폴리(P5)로 구성되고,
 와이어가 상기 제 1 모터(M1), 상기 제 1 폴리(P1), 상기 폴리(B), 상기 제 4 폴리(P4), 상기 제 5 폴리(P5)를 순차적으로 돌아 상기 제 1 모터(M1)로 되돌아오는 제 1 루프(L1)를 형성함으로써 구동되는 것을 특징으로 하는 다자유도를 갖는 복강경 수술용 로봇.

청구항 5

제 1 항에 있어서, 상기 수술도구 회전축(103)의 구동수단은,
 정역 회전이 가능한 제 3 모터(M3);
 상기 제 3 모터(M3)의 근처에 설치된 제 7 폴리(P7)로 구성되고,
 일단이 상기 제 1 수술도구(101)의 구동수단에 연결되고, 상기 제 3 모터(M3)와 상기 제 7 폴리(P7)를 돌아 타

단이 상기 제 2 수술도구(102)의 구동수단과 연결된 와이어인 것을 특징으로 하는 다자유도를 갖는 복강경 수술용 로봇.

청구항 6

제 1 항에 있어서, 상기 팔꿈치부(400)의 축선방향 회전수단은,
정역 회전이 가능한 제 4 모터(M4);
상기 팔꿈치부(400)와 일체로 회전하는 회전축(520);
상기 회전축(520)에 설치되어 와이어의 권선 방향을 변경하는 S1, S2;
상기 팔꿈치 회전축(510)에 설치된 제 8, 9 폴리(P8, P9);
상기 제 4 모터(M4)의 근처에 설치된 제 11 폴리(P11)로 구성되고,
상기 와이어가 상기 제 4 모터(M4), 상기 제 9 폴리(P9), 상기 S1, 상기 회전축(520), 상기 S2, 상기 제 8 폴리(P8) 및 상기 제 11 폴리(P11)를 순차적으로 돌아 상기 제 4 모터(M4)로 되돌아오는 제 3 루프(L3)를 형성함으로써 구동되는 것을 특징으로 하는 다자유도를 갖는 복강경 수술용 로봇.

청구항 7

제 1 항에 있어서, 상기 팔꿈치 회전축(510)의 구동수단은,
정역 회전이 가능한 제 5 모터(M5);
상기 팔꿈치 회전축(510)과 일체로 회전하는 제 10 폴리(P10);
상기 제 5 모터(M5)의 근처에 설치된 제 12 폴리(P12)로 구성되고,
와이어가 상기 제 5 모터(M5), 상기 제 10 폴리(P10), 및 상기 제 12 폴리(P12)를 순차적으로 돌아 상기 제 5 모터(M5)로 되돌아오는 제 4 루프(L4)를 형성함으로써 구동되는 것을 특징으로 하는 다자유도를 갖는 복강경 수술용 로봇.

청구항 8

제 3 항 내지 제 7 항중 어느 한 항에 있어서,
상기 모터는 서보모터 또는 스텝모터인 것을 특징으로 하는 다자유도를 갖는 복강경 수술용 로봇.

청구항 9

제 1 항에 있어서,
상기 제 1, 2 수술도구(101, 102)부터 상기 상완부(500)까지는 환자의 신체 내부로 삽입가능하고,
상기 상완부(500)의 일단은 위치 이동이 가능한 로봇수단에 착탈 가능한 것을 특징으로 하는 다자유도를 갖는 복강경 수술용 로봇.

청구항 10

수술도구 회전축(103)을 중심으로 각각 회전 가능한 제 1, 2 수술도구(101, 102); 상기 수술도구 회전축(103)을 포함하고 손목회전축(107)을 중심으로 회전 가능한 손목부(105); 일단이 상기 손목회전축(107)에 연결되고, 원통형상이고, 원주방향으로 4개의 빔(250)이 형성되어된 로드셀(200); 상기 로드셀(200)의 타단에 연결되고, 축선방향으로 회전 가능한 팔꿈치부(400); 팔꿈치 회전축(510)을 중심으로 상기 팔꿈치부(400)의 일단과 연결된 상완부(500);로 구성된 복강경 수술용 로봇의 힘 측정방법에 있어서,

상기 로드셀(200)의 각 빔(250)에 설치된 스트레인 게이지로부터 스트레인($\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3, \varepsilon_4$)을 측정하는 단계;

이하의 수학식으로부터 상기 제 1, 2 수술도구(101, 102)의 끝단에 작용하는 힘(Fzs)과 모멘트(Mxs, Mys)의 근사값을 산출하는 단계;를 포함하고,

$$\begin{bmatrix} \epsilon_1 \\ \epsilon_2 \\ \epsilon_3 \\ \epsilon_4 \end{bmatrix} = \frac{1}{E} \begin{bmatrix} \frac{1}{A} & \frac{C}{I} & 0 \\ \frac{1}{A} & -\frac{C}{I} & 0 \\ \frac{1}{A} & 0 & \frac{C}{I} \\ \frac{1}{A} & 0 & -\frac{C}{I} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} F_{zs} \\ M_{xs} \\ M_{ys} \end{bmatrix}$$

여기서, E는 상기 로드셀(200) 재료의 영의 계수(Young's Modulus)이며, C는 상기 로드셀(200)의 반경, A는 상기 로드셀(200)의 단면적을 나타내고, I는 면적 관성 모멘트인 것을 특징으로 하는 복강경 수술용 로봇의 힘 측정방법.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

- <45> 본 발명은 복강경 수술용 로봇에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 다자유도를 갖는 복강경 수술용 로봇에 관한 것이다.
- <46> 일반적으로 최소침습수술(Minimally invasive surgery)은 몇개의 작은 절개공을 통해 주위 장기나 조직에 거의 손상을 주지 않으면서 목적하는 수술을 정확하고 안전하게 수행하는 것이다. 따라서, 최소침습수술은 수술후 대사 과정의 변화를 상대적으로 감소시킬 수 있고, 이에 따라 회복기간을 빠르게 할 수 있다. 또한 입원 기간도 단축되며 수술후 단시일내에 정상적인 생활로의 복귀가 가능하다. 이러한 많은 장점을 가지는 최소침습 수술은 주로 수술기술과 기계, 기구의 발전으로 많은 수술들이 가능해졌다.
- <47> 그러나, 이러한 장점에도 불구하고 복강경 수술은 수술용 도구와 절개공을 통하여 도구를 움직여야 하는 어려움 등으로 인하여 복잡한 작업이 필요한 수술로 알려져 왔다. 그중 가장 심각한 제한 요인은 수술용 도구의 자유도 감소이다. 현재 사용되는 있는 수술용 도구들은 입구가 되는 트로카를 통해서 트로카 방향으로 이동하는 움직임과 트로카를 중심으로 하는 회전만을 할 수 있기 때문에 4 자유도의 움직임을 가지고 있다.
- <48> 결과적으로 집도의가 수술용 도구를 원하는 위치로 이동시킬 수 있는 있지만 도구의 접근 방향은 제어할 수 없었다. 단순한 작업을 위해서는 이러한 4 자유도의 움직임만으로 충분하겠지만 수술 부위의 봉합이나 수술사의 매듭을 짓는 등의 복잡한 작업에는 많은 어려움이 있었다. 또한 지렛대의 받침 역할을 하고 있는 트로카의 움직임과 제한된 작업공간도 수술을 어렵게 만드는 하나의 요인으로 작용하고 있다. 이러한 단점으로 인하여 원격조정을 통한 수술용 로봇의 필요성이 꾸준히 제기되고 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

- <49> 따라서, 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로서, 본 발명의 목적은, 복강경 내에서 5자유도를 갖는 복강경 수술용 로봇을 제공하는 것이다.
- <50> 상기와 같은 본 발명의 목적은, 수술도구 회전축(103)을 중심으로 각각 회전 가능한 제 1, 2 수술도구(101, 102);
- <51> 수술도구 회전축(103)을 포함하고 손목회전축(107)을 중심으로 회전 가능한 손목부(105);
- <52> 일단이 손목회전축(107)에 연결된 로드셀(200);
- <53> 로드셀(200)의 타단에 연결되고, 축선방향으로 회전 가능한 팔꿈치부(400);

- <54> 팔꿈치 회전축(510)을 중심으로 팔꿈치부(400)의 일단과 연결된 상완부(500);로 구성되고,
- <55> 제 1 수술도구(101)의 구동수단, 제 2 수술도구(102)의 구동수단; 수술도구 회전축(103)의 구동수단, 팔꿈치부(400)의 축선방향 회전수단 및 팔꿈치 회전축(510)의 구동수단을 각각 구비하는 것을 특징으로 하는 다자유도를 갖는 복강경 수술용 로봇에 의해 달성될 수 있다.
- <56> 그리고, 로드셀(200)은 원통형상이고, 원주방향으로 4개의 빔(250)이 형성되어 있을 수 있다.
- <57> 또한, 제 1 수술도구(101)의 구동수단은, 정역 회전이 가능한 제 2 모터(M2);
- <58> 제 1 수술도구(101)와 일체로 회전하는 폴리(A);
- <59> 손목회전축(107)에 설치된 제 2, 3 폴리(P2, P3);
- <60> 제 2 모터(M2)의 근처에 설치된 제 6 폴리(P6)로 구성되고,
- <61> 와이어가 제 2 모터(M2), 제 2 폴리(P2), 폴리(A), 제 3 폴리(P3), 제 6 폴리(P6)를 순차적으로 돌아 제 2 모터(M2)로 되돌아오는 제 2 루프(L2)를 형성함으로써 구동될 수 있다.
- <62> 또한, 제 2 수술도구(102)의 구동수단은, 정역 회전이 가능한 제 1 모터(M1);
- <63> 제 1 수술도구(102)와 일체로 회전하는 폴리(B);
- <64> 손목회전축(107)에 설치된 제 1, 4 폴리(P1, P4);
- <65> 제 1 모터(M1)의 근처에 설치된 제 5 폴리(P5)로 구성되고,
- <66> 와이어가 제 1 모터(M1), 제 1 폴리(P1), 폴리(B), 제 4 폴리(P4), 제 5 폴리(P5)를 순차적으로 돌아 제 1 모터(M1)로 되돌아오는 제 1 루프(L1)를 형성함으로써 구동될 수 있다.
- <67> 아울러, 수술도구 회전축(103)의 구동수단은, 정역 회전이 가능한 제 3 모터(M3);
- <68> 제 3 모터(M3)의 근처에 설치된 제 7 폴리(P7)로 구성되고,
- <69> 일단이 제 1 수술도구(101)의 구동수단에 연결되고, 제 3 모터(M3)와 제 7 폴리(P7)를 돌아 타단이 제 2 수술도구(102)의 구동수단과 연결된 와이어일 수 있다.
- <70> 뿐만 아니라, 팔꿈치부(400)의 축선방향 회전수단은, 정역 회전이 가능한 제 4 모터(M4);
- <71> 팔꿈치부(400)와 일체로 회전하는 회전축(520);
- <72> 회전축(520)에 설치되어 와이어의 권선 방향을 변경하는 S1, S2;
- <73> 팔꿈치 회전축(510)에 설치된 제 8, 9 폴리(P8, P9);
- <74> 제 4 모터(M4)의 근처에 설치된 제 11 폴리(P11)로 구성되고,
- <75> 와이어가 제 4 모터(M4), 제 9 폴리(P9), S1, 회전축(520), S2, 제 8 폴리(P8) 및 제 11 폴리(P11)를 순차적으로 돌아 제 4 모터(M4)로 되돌아오는 제 3 루프(L3)를 형성함으로써 구동될 수 있다.
- <76> 그리고, 팔꿈치 회전축(510)의 구동수단은, 정역 회전이 가능한 제 5 모터(M5);
- <77> 팔꿈치 회전축(510)과 일체로 회전하는 제 10 폴리(P10);
- <78> 제 5 모터(M5)의 근처에 설치된 제 12 폴리(P12)로 구성되고,
- <79> 와이어가 제 5 모터(M5), 제 10 폴리(P10), 및 제 12 폴리(P12)를 순차적으로 돌아 제 5 모터(M5)로 되돌아오는 제 4 루프(L4)를 형성함으로써 구동될 수 있다.
- <80> 그리고, 모터는 서보모터 또는 스텝모터일 수 있다.
- <81> 그리고, 제 1, 2 수술도구(101, 102)부터 상완부(500)까지는 환자의 신체 내부로 삽입가능하고,
- <82> 상완부(500)의 일단은 위치 이동이 가능한 로봇수단에 착탈 가능한 것이 적합할 수 있다.
- <83> 상기와 같은 본 발명의 목적은, 또 다른 카테고리로서, 수술도구 회전축(103)을 중심으로 각각 회전 가능한 제 1, 2 수술도구(101, 102); 수술도구 회전축(103)을 포함하고 손목회전축(107)을 중심으로 회전 가능한 손목부

(105); 일단이 손목회전축(107)에 연결되고, 원통형상이고, 원주방향으로 4개의 빔(250)이 형성되어된 로드셀(200); 로드셀(200)의 타단에 연결되고, 축선방향으로 회전 가능한 팔꿈치부(400); 팔꿈치 회전축(510)을 중심으로 팔꿈치부(400)의 일단과 연결된 상완부(500);로 구성된 복강경 수술용 로봇의 힘 측정방법에 있어서,

<84> 로드셀(200)의 각 빔(250)에 설치된 스트레인 게이지로부터 스트레인($\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3, \epsilon_4$)을 측정하는 단계;

<85> 이하의 수학식으로부터 제 1, 2 수술도구(101, 102)의 끝단에 작용하는 힘(F_{zs})과 모멘트(M_{xs}, M_{ys})의 근사값을 산출하는 단계;를 포함하고,

$$\begin{bmatrix} \epsilon_1 \\ \epsilon_2 \\ \epsilon_3 \\ \epsilon_4 \end{bmatrix} = \frac{1}{E} \begin{bmatrix} \frac{1}{A} & \frac{C}{I} & 0 \\ \frac{1}{A} & -\frac{C}{I} & 0 \\ \frac{1}{A} & 0 & \frac{C}{I} \\ \frac{1}{A} & 0 & -\frac{C}{I} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} F_{zs} \\ M_{xs} \\ M_{ys} \end{bmatrix}$$

<86>

<87> 여기서, E는 로드셀(200) 재료의 영의 계수(Young's Modulus)이며, C는 로드셀(200)의 반경, A는 로드셀(200)의 단면적을 나타내고, I는 면적 관성 모멘트인 것을 특징으로 하는 복강경 수술용 로봇의 힘 측정방법에 의해서 달성될 수 있다.

<88> 본 발명의 그 밖의 목적, 특정한 장점들 및 신규한 특징들은 첨부 도면들과 관련되어 설명되는 이하의 상세한 설명과 바람직한 실시예들로부터 더욱 명확해질 것이다.

발명의 구성 및 작용

<89> 이하에서는 양호한 실시예를 도시한 첨부 도면과 관련하여 본 발명을 상세하게 설명한다. 우선 본 발명에 따른 복강경 로봇은 환자의 배안에 움직이는 부분과 배밖에서 움직이는 부분으로 나누어진다. 배 밖에서 움직이는 부분은 4 자유도를 갖고, 본 발명은 배 안에서 5자유도로 움직이는 로봇이다. 본 발명에 따른 로봇은 배 밖에서 움직이는 부분에 탈부착이 가능하며, 부착되었을 경우 총 9 자유도를 갖게 된다.

<90> 도 1은 본 발명에 따른 다자유도를 갖는 복강경 수술용 로봇의 사시도이다.

<91> 제 1 수술도구(101)와 제 2 수술도구(102)는 로봇의 손가락 역할을 하며, 가위, 집게, 소작기 등으로 제작될 수 있다. 이러한 제 1, 2 수술도구(101, 102)는 각각 독립적으로 제어된다. 만약 제 1, 2 수술도구(101, 102)가 같은 방향으로 회전하면 수술도구의 방향변화를 표현할 수 있고, 다른 방향으로 회전하면 가위나 집게를 표현할 수 있다. 제 1, 2 수술도구(101, 102)는 수술도구 회전축(103)을 중심으로 회전한다.

<92> 손목부(105)는 손목 회전축(107)을 중심으로 회전 가능하다.

<93> 로드셀(200)은 제 1, 2 수술도구(101, 102)에 작용하는 힘을 측정하는 센서이다. 로드셀(200)은 이러한 힘을 측정하여 실을 꿰맬 때 너무 많은 힘이 가해져 끊어지거나 적은 힘이 가해져 잘 묶이지 않는 경우가 생기지 않도록 한다. 로드셀(200)은 제 1 아암(210)과 제 2 아암(300) 사이에 설치되며, 특히 제 2 아암부(300)는 제 1 아암부(210)와 로드셀(200)을 팔꿈치부(400)에 대해 회전시키는 구성을 갖는다. 팔꿈치부(400)는 상완부(500)에 대해 팔꿈치 회전축(510)을 중심으로 회전하는 구성을 갖는다.

<94> 도 2는 복잡성을 피하기 위해 도 1중 손목부(105) 주변의 와이어 결선구성을 나타내는 사시도이다. 도 2에 도시된 바와 같이, 제 1 수술도구(101)와 제 2 수술도구(102)는 수술도구 회전축(103)을 중심으로 독립적으로 돌도록 구성된다. 따라서, 제 1, 2 수술도구(101, 102)가 같은 방향으로 돌면 수술도구 회전축(103)을 중심으로 회전하는 손목의 회전 1 자유도를 나타내고, 제 1, 2 수술도구(101, 102)가 서로 반대 방향으로 움직이는 경우 집게를 벌렸다 오므렸다 하는 집게의 회전 1자유도를 나타낸다. 그에 더하여 손목 회전축(107)을 중심으로 수술도구 회전축(103)이 회전하는 움직임으로 손목의 또 다른 회전 1 자유도를 표현하게 된다.

<95> 서보모터나 스텝모터인 제 2 모터(M2)는 제 1 수술도구(101)를 움직이기 위한 것으로서, 제 2 모터(M2)에 결선

된 것은 와이어(C2, C3)이다. 와이어(C2)는 제 2 폴리(P2)를 한번 감으면서 지나 제 1 수술도구(101)와 일체인 폴리(A)를 지난 후, 와이어(C3)가 다시 제 3 폴리(P3)와 제 6 폴리(P6)를 지나 제 2 모터(M2)로 돌아온다. 즉 하나의 제 2 루프(L2)를 형성한다. 이 때, 제 2, 3 폴리(P2, P3)에서는 손목 회전축(107)이 회전했을 때에도 와이어의 장력이 유지될 수 있도록 한바퀴 이상을 완전히 감고 지나간다. 이와 같은 결선에 의해서 제 2 모터(M2)가 회전하면 제 2 루프(L2)가 돌면서 제 1 수술도구(101)를 작동시킨다.

<96> 제 2 수술도구(102)를 돌리는 제 1 모터(M1)도 마찬가지로 제 1, 4 폴리(P1, P4)를 지나는 와이어(C1, C4)가 제 2 수술도구(102)를 돌아 제 1 루프(L1)를 형성한다. 따라서, 제 1 모터(M1)가 움직이면 제 2 수술도구(102)가 움직인다.

<97> 제 3 모터(M3)에 연결된 와이어(C5, C6)는 제 5, 6 폴리(P5, P6)에 묶이고 이 둘은 제 7 폴리(P7)를 돌아 서로 만난다. 따라서, 제 3 모터(M3)가 돌면 제 5 또는 제 6 폴리(P5 또는 P6)가 당겨진다. 만약 제 6 폴리(P6)가 제 7 폴리(P7)방향으로 당겨지면, 즉, 제 6 폴리(P6)가 줄어들면, 와이어(C2, C3)가 동시에 제 7 폴리(P7)쪽으로 당겨지면서 손목 회전축(107)을 중심으로 수술도구 회전축(103)이 회전하게 된다. 이 때, 와이어(C1, C4)는 제 7 폴리(P7)와 반대쪽으로 당겨지게 되며, 와이어(C5)가 늘어나면서 그것을 보상해주게 된다. 반대방향도 마찬가지로 움직일 수 있다. 이 때 제 2 모터(M2)는 제 3 모터(M3)와 같은 방향으로, 제 1 모터(M1)은 제 3 모터(M3)와 다른 방향으로 돌려주어 와이어(C1 ~ C4)가 같은 길이만큼 당겨질 수 있도록 돕는다. 따라서, 3개의 제 1, 2, 3 모터(M1, M2, M3)로 3 자유도의 운동이 가능하다.

<98> 도 3은 도 1중 팔꿈치부(400) 주변의 와이어 결선구성을 나타내는 사시도이다. 도 3에 도시된 바와 같이, 팔꿈치 운동을 모사하기 위하여 2개의 제 4, 5 모터(M4, M5)가 사용되며, 2개의 제 4, 5 모터(M4, M5)는 C축과 팔꿈치 회전축(510)을 중심으로 회전운동을 가능하게 한다.

<99> 제 4 모터(M4)에서 나온 와이어(C8)는 제 9 폴리(P9)를 돌아 S1을 거쳐, 회전축(520)에 감긴 후, 와이어(C7)와 연결된다. 와이어(C7)는 S2를 지나 제 8 폴리(P8)에 감긴 후 제 11 폴리(P11)를 돌아 다시 와이어(C8)에 연결된다. 즉, 제 3 루프(L3)가 형성된다. 따라서, 제 4 모터(M4)가 돌면 제 3 루프(L3)가 돌면서 C축을 중심으로 회전축(520)을 돌린다.

<100> 제 5 모터(M5)는 와이어(C9)가 감겨 있으며 와이어(C9)는 제 10 폴리(P10)를 감고 와이어(C10)에 연결된다. 와이어(C10)는 제 12 폴리(P12)를 돌아 다시 와이어(C9)에 연결됨으로서 제 4 루프(L4)를 형성한다. 따라서, 제 5 모터(M5)가 돌면 팔꿈치 회전축(510)을 중심으로 회전축(520)이 회전한다.

<101> 따라서 2개의 제 4, 5 모터(M4, M5)로 팔꿈치의 회전 2 자유도를 표현할 수 있다. 도 2와 도 3을 통한 전체적으로는 5개의 모터를 사용하여 집기 1 자유도, 손목 2 자유도, 팔꿈치 2 자유도로서 총 5 자유도의 움직임이 가능하다.

<102> 도 4는 본 발명에 따른 다자유도를 갖는 복강경 수술용 로봇의 전체적인 와이어 결선구성을 나타내는 사시도이다. 도 4에서는 간략화를 위해 모터의 결선은 생략하기로 한다.

<103> 도 5는 도 1에 도시된 로드셀(200)의 사시도이다. 도 5에 도시된 바와 같이, 로드셀(200)의 위와 아래에는 로봇과 연결하기 위한 나사구멍(220)이 2개 형성되고, 가운데에는 4개의 빔(250)이 형성되어 있다. 이러한 로드셀(200)의 각 빔(250) 외면에는 스트레인 게이지(미도시)를 부착하여 기둥의 변형량을 측정할 수 있다. 이러한 변형량에 비례하는 전기신호에 기초하여 로드셀(200)에 가해지는 힘의 양과 방향을 알 수 있다.

<104> 도 6은 본 발명에 따른 로봇에서 로드셀(200)이 수술도구 끝에 작용하는 힘을 측정하는 원리를 설명하는 설명도이다. 도 6에 도시된 바와 같이, 힘에 관해서는 제 1, 2 수술도구(101, 102)가 단혀 있을 때(예를 들어, 실을 잡고 있을 때)만을 고려하기 때문에 하나로 표현되어 있다. 즉, 수술도구의 끝은 실을 당기거나 어딘가에 부딪혔을 때에만 힘을 받으므로 제 1, 2 수술도구(101, 102)의 끝에는 X, Y, Z의 3차원 힘만이 가해진다고 가정한다.

<105> 즉, 제 1, 2 수술도구(101, 102)의 끝단에는 각 축 방향으로의 힘만 있고, 모멘트는 존재하지 않는다. 또한, 각 관절에서의 와이어의 탄성에 의한 변형이 없다고 가정한다. 그러면, 각도(θ_1 , θ_2)와 거리(d_1 , d_2 , d_3)를 사용하여 제 1, 2 수술도구(101, 102) 끝에 작용하는 힘(F_x , F_y , F_z)과 로드셀(200)의 정중앙에 작용하는 힘(F_{xs} , F_{ys} , F_{zs} , M_{xs} , M_{ys} , M_{zs})의 관계를 정역학을 이용하여 다음의 [수학식 1]과 같은 행렬식으로 만들 수 있다.

수학식 1

$$\begin{bmatrix} F_{xs} \\ F_{ys} \\ F_{zs} \\ M_{xs} \\ M_{ys} \\ M_{zs} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta_2 & 0 & \sin \theta_2 \\ -\sin \theta_1 \sin \theta_2 & \cos \theta_1 & \sin \theta_1 \cos \theta_2 \\ -\cos \theta_1 \sin \theta_2 & -\sin \theta_1 & \cos \theta_1 \cos \theta_2 \\ \sin \theta_1 \cos \theta_2 d_s & -\cos \theta_1 d_s - d_1 - \cos \theta_2 d_2 & -\sin \theta_1 \cos \theta_2 d_s \\ \cos \theta_1 \cos \theta_2 d_1 + \cos \theta_1 d_2 + \cos \theta_2 d_s & \sin \theta_1 \sin \theta_2 d_2 & \cos \theta_1 \sin \theta_2 d_1 + \sin \theta_2 d_s \\ -\sin \theta_1 \cos \theta_2 d_1 - \sin \theta_1 d_2 & \cos \theta_1 \sin \theta_2 d_2 & -\sin \theta_1 \sin \theta_2 d_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} F_x \\ F_y \\ F_z \end{bmatrix}$$

여기서, θ_1 은 로드셀(200)에 대한 손목부(105)의 상대 회전각, θ_2 는 손목부(105)에 대한 제 1, 2 수술도구(101, 102)의 상대 회전각이다. d_1 은 손목부(105)의 거리이고, d_2 는 제 1, 2 수술도구(101, 102)의 거리이며, d_s 는 손목 회전축(107)과 로드셀(200) 사이의 거리이다. 그리고, F는 힘을 나타내고, M은 모멘트를 나타낸다.

이 때, 거리(d_1 , d_2 , d_s)는 기구적으로 정해진 상수이고, 각도(θ_1 , θ_2)는 매순간마다 정해지는 값이다. 따라서, 중간의 6 X 3 행렬은 매순간마다 모두 상수로 이루어진 행렬이 된다. 그러므로, [수학식 1]의 좌변에 있는 행렬의 힘(F)과 모멘트(M) 6개중 3개를 알면, 힘(F_x , F_y , F_z)을 구할 수 있게 된다. 여기서는 비교적 로드셀(200)에서 측정하기 쉬운 힘(F_{zs})과 모멘트(M_{xs} , M_{ys})를 사용하여 힘(F_x , F_y , F_z)을 구한다. [수학식 1]에서 힘(F_{zs})과 모멘트(M_{xs} , M_{ys})에 관한 부분을 빼보면 다음의 [수학식 2]와 같다.

수학식 2

$$\begin{bmatrix} F_{zs} \\ M_{xs} \\ M_{ys} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\cos \theta_1 \sin \theta_2 & -\sin \theta_1 & \cos \theta_1 \cos \theta_2 \\ \sin \theta_1 \cos \theta_2 d_s & -\cos \theta_1 d_s - d_1 - \cos \theta_2 d_2 & -\sin \theta_1 \cos \theta_2 d_s \\ \cos \theta_1 \cos \theta_2 d_1 + \cos \theta_1 d_2 + \cos \theta_2 d_s & \sin \theta_1 \sin \theta_2 d_2 & \cos \theta_1 \sin \theta_2 d_1 + \sin \theta_2 d_s \end{bmatrix} \begin{bmatrix} F_x \\ F_y \\ F_z \end{bmatrix}$$

그리고, 힘(F_{zs})과 모멘트(M_{xs} , M_{ys})는 다음과 같은 원리로 알 수 있다. 로드셀(200)에 힘(F_z)이 작용하면 서로 마주보는 빔(250)이 하나는 압축, 그리고 하나는 인장력을 받게 된다. 따라서, 4개 빔(250)의 압축과 인장을 측정하여 그것을 힘(F_{zs})과 모멘트(M_{xs} , M_{ys})로 분해함으로써 그 양을 측정할 수 있게 된다. 이를 나타내면 [수학식 3]과 같다.

수학식 3

$$\begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \varepsilon_3 \\ \varepsilon_4 \end{bmatrix} = \frac{1}{E} \begin{bmatrix} \frac{1}{A} & \frac{C}{I} & 0 \\ \frac{1}{A} & -\frac{C}{I} & 0 \\ \frac{1}{A} & 0 & \frac{C}{I} \\ \frac{1}{A} & 0 & -\frac{C}{I} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} F_{zs} \\ M_{xs} \\ M_{ys} \end{bmatrix}$$

여기서, E는 로드셀(200) 재료의 영의 계수(Young's Modulus)이며, C는 로드셀(200)의 반경, A는 로드셀(200)의 단면적을 나타내고, I는 면적 관성 모멘트이다. 따라서, E, C, A, I는 모두 정해진 상수이므로, 도 5에 도시된 로드셀(200)의 각 빔(250)의 스트레인(ε_1 , ε_2 , ε_3 , ε_4)을 측정하면, [수학식 3]과 리스트-스퀘어 방법으로 힘(F_{zs})과 모멘트(M_{xs} , M_{ys})의 근사값을 얻을 수 있다.

이 때, 리스트-스퀘어 방법을 사용하는 이유는 좌변 행렬이 4 X 1 이고, 우변 행렬이 3 X 1 행렬이므로, 왼쪽의 4 값을 사용하여 오른쪽 3 값의 오차가 최소가 되는 근사값을 계산하기 위한 것이다. 이러한 힘(F_{zs})과 모멘트

(Mxs, Mys)의 근사값을 얻으면, [수학식 2]로부터 힘(Fx, Fy, Fz)의 근사값을 얻을 수 있다.

<114> 이상과 같은 본 발명의 연산방법은 여러가지 가정과 근사값을 얻는 계산방식으로서 수술도구의 끝에 작용하는 힘을 아주 정확하게 측정할 수는 없다. 그러나, 어느 정도의 오차범위내의 값을 계산해 주므로, 이것을 이용하여 실을 꿰매거나 묶거나 다른 장기를 훼손하는 불측의 사고를 방지하는데 이용할 수 있다.

발명의 효과

<115> 따라서, 상기 설명한 바와 같은 본 발명의 일실시예에 의하면, 복강경 내에서 자유로운 움직임이 가능한 수술이 가능하다. 즉 높은 자유도로 인해 사람 팔의 움직임을 더욱 정확히 모사할 수 있다. 이러한 다자유도를 갖는 로봇의 개발은 복강경 수술 뿐만 아니라 초정밀 수술분야까지 적용될 수 있을 것이다.

<116> 비록 본 발명이 상기에서 언급한 바람직한 실시예와 관련하여 설명되어졌지만, 본 발명의 요지와 범위로 부터 벗어남이 없이 다른 다양한 수정 및 변형이 가능한 것은 당업자라면 용이하게 인식할 수 있을 것이며, 이러한 변경 및 수정은 모두 첨부된 특허청구의 범위에 속함은 자명하다.

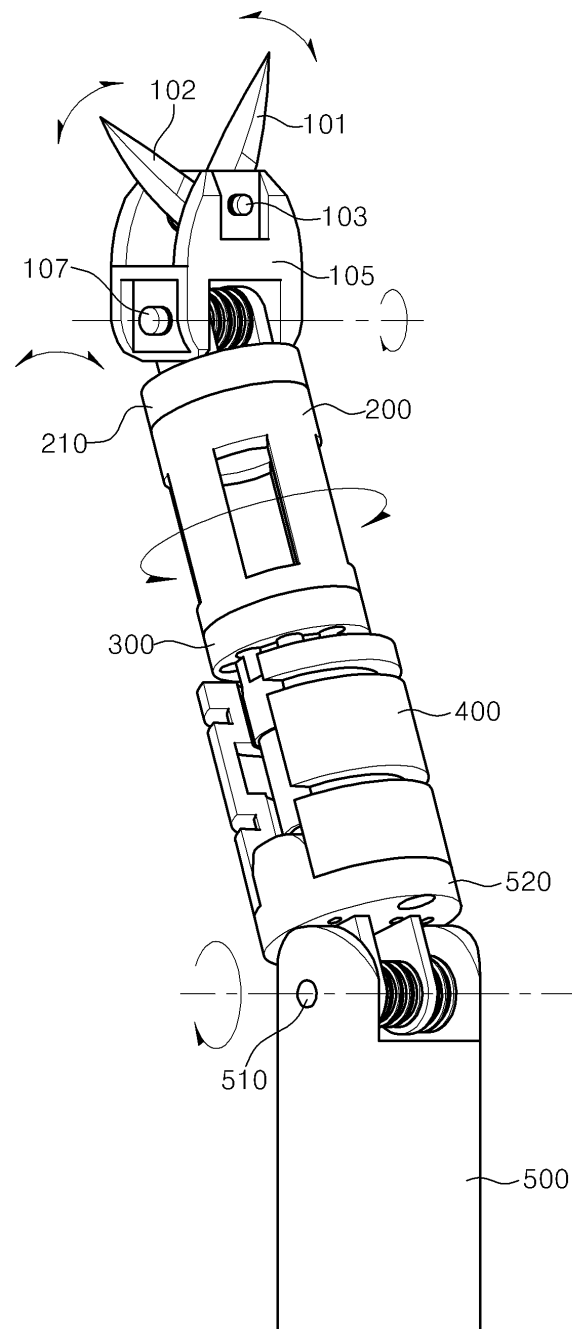
도면의 간단한 설명

- <1> 도 1은 본 발명에 따른 다자유도를 갖는 복강경 수술용 로봇의 사시도,
- <2> 도 2는 도 1중 손목부(105) 주변의 와이어 결선구성을 나타내는 사시도,
- <3> 도 3은 도 1중 팔꿈치부(400) 주변의 와이어 결선구성을 나타내는 사시도,
- <4> 도 4는 본 발명에 따른 다자유도를 갖는 복강경 수술용 로봇의 전체적인 와이어 결선구성을 나타내는 사시도,
- <5> 도 5는 도 1에 도시된 로드셀(200)의 사시도,
- <6> 도 6은 본 발명에 따른 로봇에서 로드셀(200)이 수술도구 끝에 작용하는 힘을 측정하는 원리를 설명하는 설명도이다.
- <7> <도면의 주요부분에 대한 부호의 설명>
- <8> 101 : 제 1 수술도구,
- <9> 102 : 제 2 수술도구,
- <10> 103 : 수술도구 회전축,
- <11> 105 : 손목부,
- <12> 107 : 손목 회전축,
- <13> 200 : 로드셀,
- <14> 210 : 제 1 아암부,
- <15> 220 : 나사구멍,
- <16> 250 : 빔,
- <17> 300 : 제 2 아암부,
- <18> 400 : 팔꿈치부,
- <19> 500 : 상완부,
- <20> 510 : 팔꿈치 회전축,
- <21> 520 : 회전축,
- <22> L1 : 제 1 루프,
- <23> L2 : 제 2 루프,
- <24> L3 : 제 3 루프,

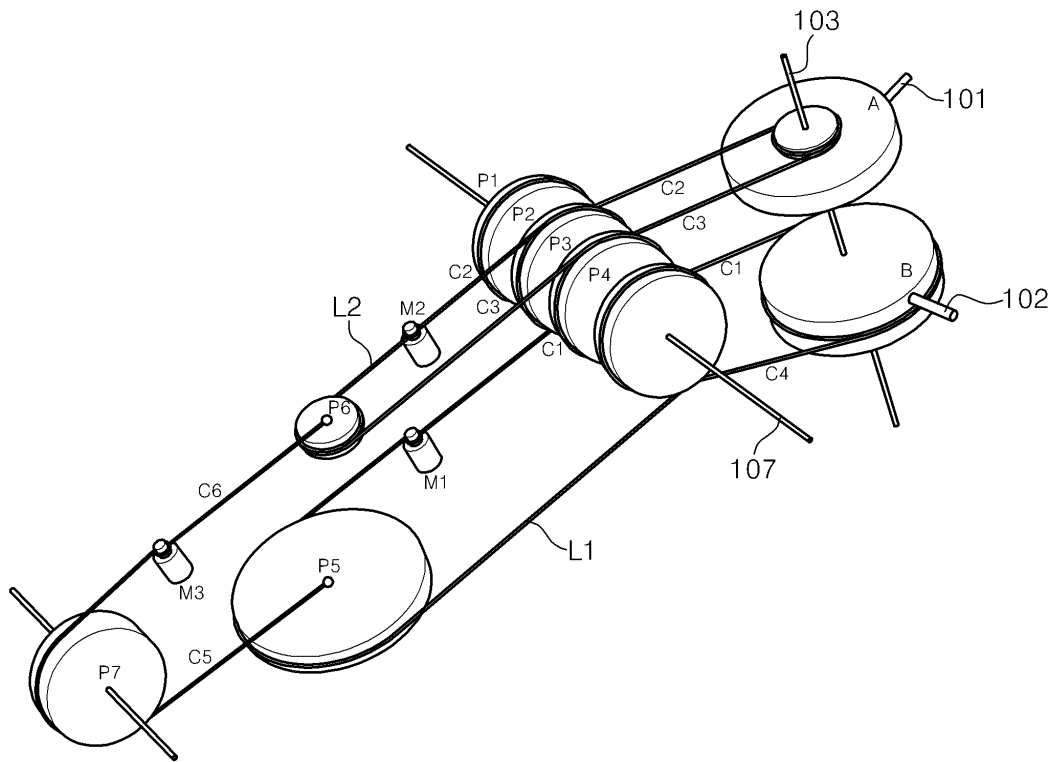
- <25> L4 : 제 4 루프,
- <26> P1 : 제 1 폴리,
- <27> P2 : 제 2 폴리,
- <28> P3 : 제 3 폴리,
- <29> P4 : 제 4 폴리,
- <30> P5 : 제 5 폴리,
- <31> P6 : 제 6 폴리,
- <32> P7 : 제 7 폴리,
- <33> P8 : 제 8 폴리,
- <34> P9 : 제 9 폴리,
- <35> P10 : 제 10 폴리,
- <36> P11 : 제 11 폴리,
- <37> P12 : 제 12 폴리,
- <38> C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, C9, C10 : 와이어,
- <39> S1, S2 : ****
- <40> M1 : 제 1 모터,
- <41> M2 : 제 2 모터,
- <42> M3 : 제 3 모터,
- <43> M4 : 제 4 모터,
- <44> M5 : 제 5 모터.

도면

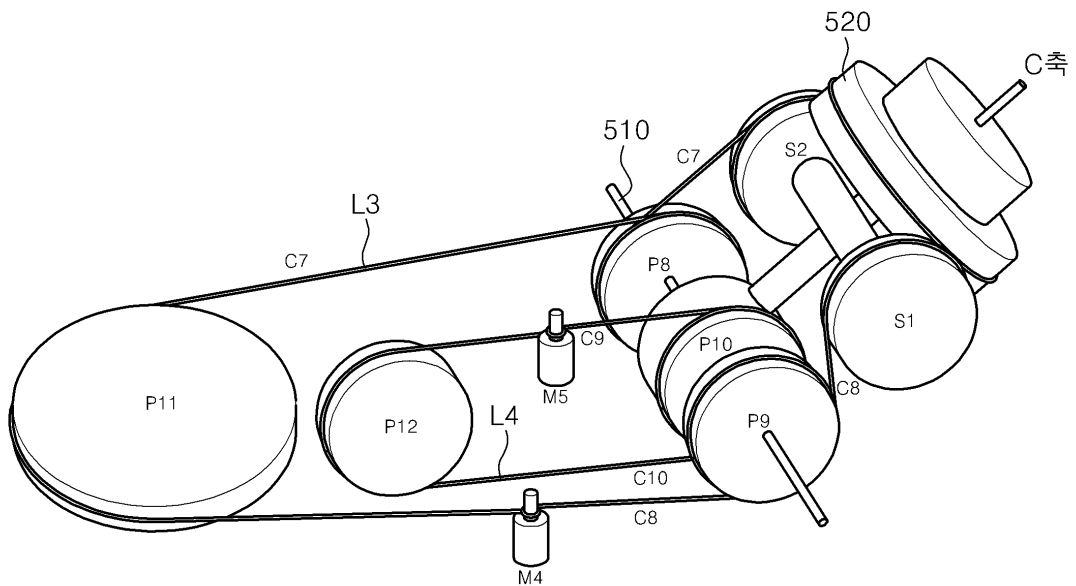
도면1



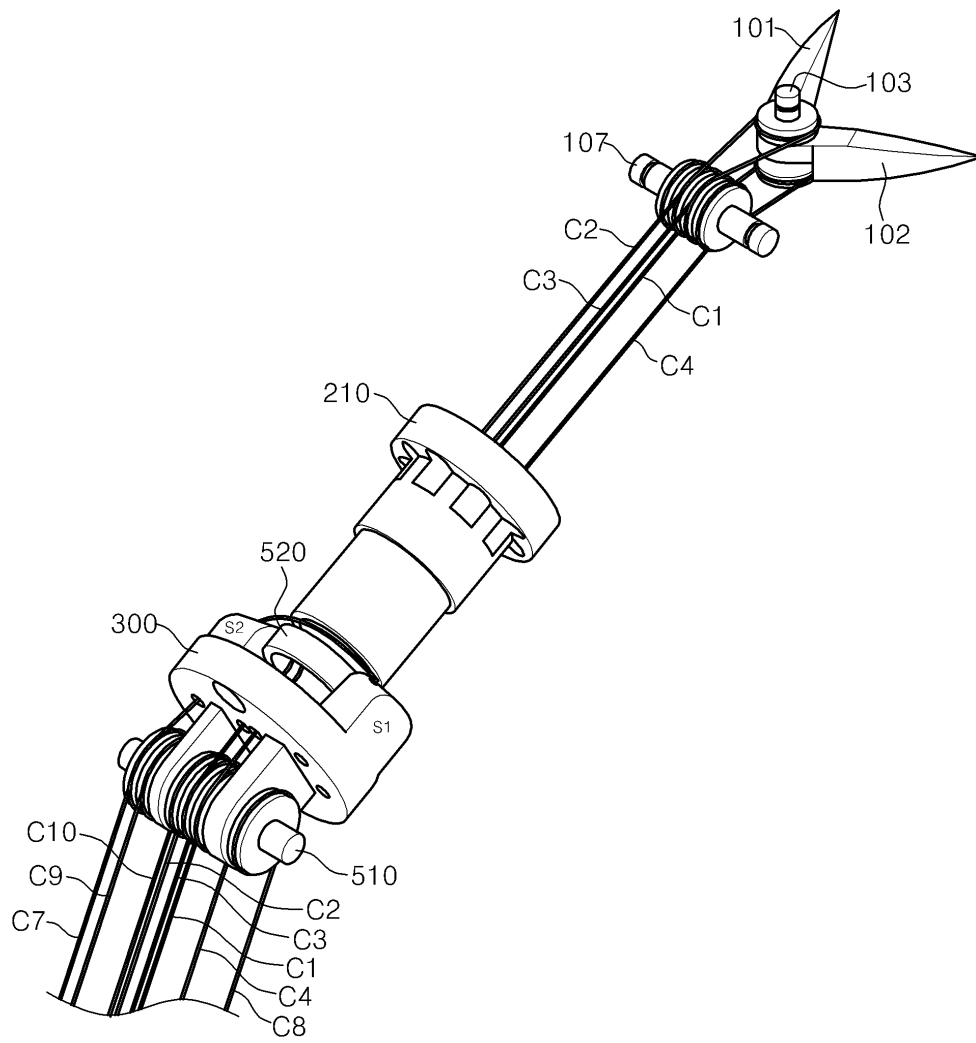
도면2



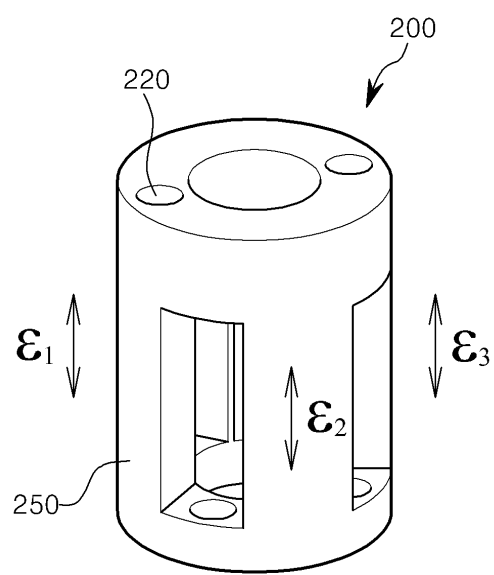
도면3



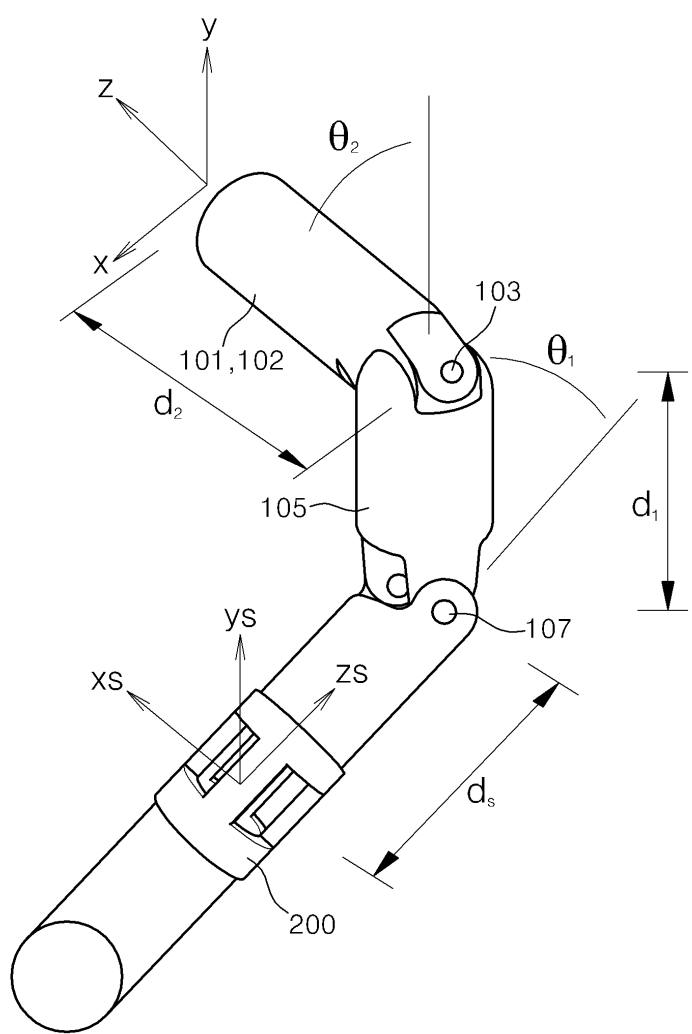
도면4



도면5



도면6



专利名称(译)	多自由度腹腔镜手术机器人及其测力方法		
公开(公告)号	KR100778387B1	公开(公告)日	2007-11-28
申请号	KR1020060134166	申请日	2006-12-26
[标]申请(专利权)人(译)	韩国科学技术院		
申请(专利权)人(译)	科学与韩国高等科技研究院		
当前申请(专利权)人(译)	科学与韩国高等科技研究院		
[标]发明人	LEE JUNG JU 이정주 SONG HO SEOK 송호석 CHUNG JONG HA 정중하 KIM KI YOUNG 김기영		
发明人	이정주 송호석 정중하 김기영		
IPC分类号	A61B17/00 A61B19/00		
CPC分类号	A61B34/30 A61B2034/302 A61B2034/304 A61B2034/305		
代理人(译)	孙某EUN JIN		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

本发明提供一种用于具有多自由度的腹腔镜的手术机器人及其力测量方法，其通过具有可在腹腔镜中自由移动的机器人而应用于腹腔镜手术和超精密手术领域。用于具有多个自由度的腹腔镜的手术机器人包括第一和第二手术器械（101,102），可旋转的手腕单元（105），测力传感器（200），弯头单元（400）和臂单元（500）。第一和第二手术器械从手术器械的旋转轴旋转。可旋转的腕部单元具有手术器械的旋转轴，并且从腕部旋转轴（107）旋转。称重传感器的一端连接到手腕旋转轴。弯头单元连接到称重传感器的另一端，并沿轴线方向旋转。臂单元从弯管单元的旋转轴线连接到弯管单元的一端。手术机器人具有第一手术器械的驱动单元，第二手术器械的驱动单元，手术器械的旋转轴的驱动单元，肘单元的轴线方向的旋转单元以及驱动肘单元旋转轴的单位。

