



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0017129
(43) 공개일자 2015년02월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

A61B 19/00 (2006.01) B25J 13/02 (2006.01)

B25J 13/06 (2006.01) A61B 17/34 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2013-0093016

(22) 출원일자 2013년08월06일

심사청구일자 없음

(71) 출원인

삼성전자주식회사

경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (매탄동)

(72) 발명자

서기홍

서울 서초구 서운로 107, 21동 903호 (서초동, 우성아파트)

(74) 대리인

특허법인세립

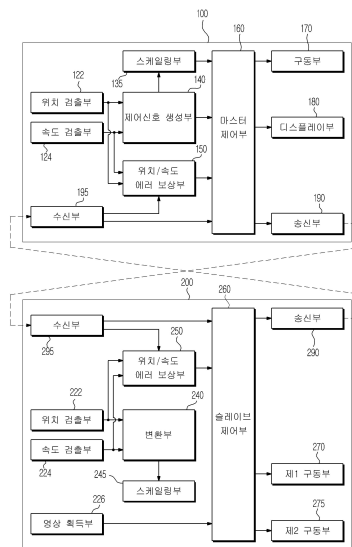
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 **수술 로봇 시스템 및 그 제어 방법**

(57) 요약

일 실시 예에 따른 수술 로봇 시스템은 수술 도구를 갖는 슬레이브 장치 및 상기 수술 도구의 동작을 제어하는 마스터 장치를 포함하고, 상기 슬레이브 장치는 상기 수술 도구가 결합된 가이드 튜브 및 상기 마스터 장치로부터 전송된 제어 신호에 따라 상기 수술 도구를 동작시키되, 상기 제어 신호에 따른 수술 도구의 목표 위치가 수술 도구의 현재 작업 공간의 범위를 벗어나는 위치에 해당하면 상기 가이드 튜브를 동작시켜 상기 수술 도구를 상기 목표 위치로 이동시키는 제어부를 포함한다.

대표도 - 도7



특허청구의 범위

청구항 1

수술 도구를 갖는 슬레이브 장치 및 상기 수술 도구의 동작을 제어하는 마스터 장치를 포함하는 수술 로봇 시스템으로서,

상기 슬레이브 장치는,

상기 수술 도구가 결합된 가이드 튜브; 및

상기 마스터 장치로부터 전송된 제어 신호에 따라 상기 수술 도구를 동작시키되, 상기 제어 신호에 따른 수술 도구의 목표 위치가 수술 도구의 현재 작업 공간의 범위를 벗어나는 위치에 해당하면 상기 가이드 튜브를 동작시켜 상기 수술 도구를 상기 목표 위치로 이동시키는 제어부

를 포함하는 수술 로봇 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 수술 도구는 복수 개이며,

상기 제어 신호는 상기 복수 개의 수술 도구 각각에 대한 복수 개의 목표 위치를 포함하고, 상기 각각의 목표 위치 중 하나의 목표 위치만이 현재 작업 공간의 범위를 벗어나는 위치에 해당하는 경우,

상기 제어부는 상기 가이드 튜브를 동작시켜 상기 현재 작업 공간의 범위를 벗어나는 목표 위치를 갖는 수술 도구를 해당 목표 위치로 이동시키는 동시에 나머지 수술 도구들은 상기 가이드 튜브의 동작을 상쇄시키는 방향으로 움직여 각각의 목표 위치로 이동시키는 수술 로봇 시스템.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 나머지 수술 도구들 각각의 목표 위치가 상기 가이드 튜브의 동작에 의해 변경된 작업 공간의 범위를 벗어나는 위치에 해당하는 경우,

상기 제어부는 상기 마스터 장치로 상기 나머지 수술 도구 각각에 대한 현재 위치 및 현재 속도를 전송하고,

상기 마스터 장치는 전송받은 상기 나머지 수술 도구 각각의 현재 위치 및 현재 속도를 각각 대응되는 목표 위치 및 목표 속도와 비교하여 차이 값을 연산하고, 연산된 차이 값을 이용하여 상기 나머지 수술 도구들 각각에 매칭되는 각 조작 수단에 힘을 발생시켜 대응되는 수술 도구들이 상기 변경된 작업 공간의 경계면에 근접하였음을 조작자에게 알리는 수술 로봇 시스템.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 마스터 장치는 상기 발생된 힘이 상쇄되는 방향으로 조작되는 조작 수단을 포함하는 모든 조작 수단의 위치 및 속도를 검출한 후, 검출된 각 조작 수단의 위치 및 속도를 이용하여 상기 복수 개의 수술 도구들을 상기 변경된 작업 공간의 범위에 포함되는 새로운 목표 위치로 이동시키는 제어 신호를 생성하여 상기 슬레이브 장치로 전송하는 수술 로봇 시스템.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 수술 도구는 복수 개이며,

상기 제어 신호는 상기 복수 개의 수술 도구 각각에 대한 복수 개의 목표 위치를 포함하고, 상기 복수 개의 목

표 위치가 모두 현재 작업 공간의 범위를 벗어나는 위치에 해당하는 경우,

상기 제어부는 상기 가이드 튜브를 동작시켜 상기 현재 작업 공간을 상기 복수 개의 수술 도구 각각의 목표 위치가 모두 포함되는 작업 공간으로 변경하는 수술 로봇 시스템.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 복수 개의 수술 도구 각각의 목표 위치가 모두 포함되는 작업 공간이 존재하지 않는 경우,

상기 제어부는 상기 복수 개의 수술 도구 각각의 목표 위치와 현재 위치의 합이 최소화되도록 상기 가이드 튜브를 동작시키는 수술 로봇 시스템.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 제어부는 상기 마스터 장치로 상기 복수 개의 수술 도구 각각에 대한 현재 위치 및 현재 속도를 전송하고, 상기 마스터 장치는 전송받은 상기 복수 개의 수술 도구 각각의 현재 위치 및 현재 속도를 각각 대응되는 목표 위치 및 목표 속도와 비교하여 차이 값을 연산하고, 연산된 차이 값을 이용하여 상기 복수 개의 수술 도구들 각각에 매칭되는 각 조작 수단에 힘을 발생시켜 대응되는 수술 도구들이 상기 변경된 작업 공간의 경계면에 근접하였음을 조작자에게 알리는 수술 로봇 시스템.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 발생된 힘이 상쇄되는 방향으로 조작되는 조작 수단을 포함하는 모든 조작 수단의 위치 및 속도를 검출한 후, 검출된 각 조작 수단의 위치 및 속도를 이용하여 상기 복수 개의 수술 도구들을 상기 변경된 작업 공간의 범위에 포함되는 새로운 목표 위치로 이동시키는 제어 신호를 생성하여 상기 슬레이브 장치로 전송하는 수술 로봇 시스템.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 제어부는 상기 수술 도구의 동작을 정지시킨 상태에서 상기 가이드 튜브를 동작시키는 수술 로봇 시스템.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 가이드 튜브를 동작시킬 때,

상기 마스터 장치는 상기 수술 도구의 동작을 제어하는 조작 수단에 가상의 강체를 동작시키는 것과 대응되는 힘을 발생시키는 수술 로봇 시스템.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 가상의 강체는 기설정된 질량, 기설정된 관성모멘트, 기설정된 마찰력 및 기설정된 댐핑력을 갖는 수술 로봇 시스템.

청구항 12

수술 도구가 결합된 가이드 튜브를 갖는 슬레이브 장치 및 상기 수술 도구의 동작을 제어하는 마스터 장치를 포함하는 수술 로봇의 제어 방법으로서,

상기 마스터 장치로부터 전송받은 상기 제어 신호에 따른 수술 도구의 목표 위치가 상기 수술 도구의 현재 작업 공간의 범위를 벗어나는 위치에 해당하는지를 판단하는 단계; 및

판단 결과, 상기 목표 위치가 상기 수술 도구의 현재 작업 공간의 범위를 벗어나는 위치에 해당하면 상기 가이드 튜브를 동작시켜 상기 수술 도구를 상기 목표 위치로 이동시키는 단계를 포함하는 수술 로봇의 제어 방법.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 수술 도구가 복수 개인 경우,

상기 제어 신호에 따른 수술 도구의 목표 위치가 현재 작업 공간의 범위를 벗어나는 위치에 해당하는지를 판단하는 단계는,

상기 제어 신호가 상기 복수 개의 수술 도구 중 하나의 수술 도구만을 현재 작업 공간의 범위를 벗어나는 목표 위치로 이동시키는 신호인지 또는 상기 복수 개의 수술 도구를 모두 현재 작업 공간의 범위를 벗어나는 목표 위치로 이동시키는 신호인지를 판단하는 단계

를 포함하는 수술 로봇의 제어 방법.

청구항 14

제13항에 있어서,

판단 결과, 상기 제어 신호가 하나의 수술 도구만을 현재 작업 공간의 범위를 벗어나는 목표 위치로 이동시키는 신호이면,

상기 하나의 수술 도구는 정지시킨 상태에서 상기 가이드 튜브를 동작시켜 상기 하나의 수술 도구를 목표 위치로 이동시키는 동시에 나머지 수술 도구들은 각각 상기 가이드 튜브의 동작을 상쇄시키는 방향으로 움직여 목표 위치로 이동시키는 수술 로봇의 제어 방법.

청구항 15

제14항에 있어서,

상기 나머지 수술 도구들을 상기 가이드 튜브의 동작을 상쇄하는 방향으로 움직여 목표 위치로 이동시킬 때, 상기 나머지 수술 도구들 각각의 목표 위치가 상기 가이드 튜브의 동작에 의해 변경된 작업 공간의 범위를 벗어나는 위치에 해당하면,

상기 마스터 장치로 상기 나머지 수술 도구 각각에 대한 현재 위치 및 현재 속도를 전송하고, 상기 마스터 장치는 상기 나머지 수술 도구 각각의 현재 위치 및 현재 속도를 각각 대응되는 목표 위치 및 목표 속도와 비교하여 차이 값을 연산하고, 연산된 차이 값을 이용하여 상기 나머지 수술 도구들 각각에 매칭되는 각 조작 수단에 힘을 발생시켜 대응되는 수술 도구들이 상기 변경된 작업 공간의 경계면에 근접하였음을 조작자에게 알리는 수술 로봇의 제어 방법.

청구항 16

제15항에 있어서,

상기 차이 값을 이용하여 상기 각 조작 수단에 힘을 발생시킨 후,

상기 마스터 장치는 상기 발생된 힘이 상쇄되는 방향으로 조작되는 조작 수단을 포함하는 모든 조작 수단의 위치 및 속도를 검출한 후, 검출된 각 조작 수단의 위치 및 속도를 이용하여 상기 복수 개의 수술 도구들을 상기 변경된 작업 공간의 범위에 포함되는 새로운 목표 위치로 이동시키는 제어 신호를 생성하여 상기 슬레이브 장치로 전송하는 수술 로봇의 제어 방법.

청구항 17

제13항에 있어서,

판단 결과, 상기 제어 신호가 상기 복수 개의 수술 도구를 모두 현재 작업 공간의 범위를 벗어나는 목표 위치로 이동시키는 신호이면,

상기 복수 개의 수술 도구 각각의 목표 위치가 모두 포함되는 작업 공간의 범위로 변경하기 위해 상기 가이드 튜브를 이동시키는 수술 로봇의 제어 방법.

청구항 18

제17항에 있어서,

상기 복수 개의 수술 도구 각각의 목표 위치가 모두 포함되는 작업 공간 범위가 존재하지 않는 경우,

상기 복수 개의 수술 도구 각각의 목표 위치와 현재 위치의 벡터 합이 최소화되도록 상기 가이드 튜브를 동작시키는 수술 로봇의 제어 방법.

청구항 19

제18항에 있어서,

상기 복수 개의 수술 도구 각각의 목표 위치와 현재 위치의 벡터 합이 최소화되도록 상기 가이드 튜브를 동작시키는 동시에,

상기 마스터 장치로 상기 복수 개의 수술 도구 각각에 대한 현재 위치 및 현재 속도를 전송하고,

상기 마스터 장치는 상기 전송받은 현재 위치 및 현재 속도를 각각 대응되는 목표 위치 및 목표 속도와 비교하여 차이 값을 연산하고, 연산된 차이 값을 이용하여 상기 복수 개의 수술 도구들 각각에 매칭되는 각 조작 수단에 힘을 발생시켜 대응되는 수술 도구들이 상기 변경된 작업 공간의 경계면에 근접하였음을 조작자에게 알리는 수술 로봇의 제어 방법.

청구항 20

제19항에 있어서,

상기 차이 값을 이용하여 상기 각 조작 수단에 힘을 발생시킨 후,

상기 마스터 장치는 상기 발생된 힘이 상쇄되는 방향으로 조작되는 조작 수단을 포함하는 모든 조작 수단의 위치 및 속도를 검출한 후, 검출된 각 조작 수단의 위치 및 속도를 이용하여 상기 복수 개의 수술 도구들을 상기 변경된 작업 공간의 범위에 포함되는 새로운 목표 위치로 이동시키는 제어 신호를 생성하여 상기 슬레이브 장치로 전송하는 수술 로봇의 제어 방법.

명세서

기술분야

[0001] 수술 로봇 시스템 및 그 제어 방법이 개시된다. 더욱 상세하게는, 수술 도구의 제한된 작업 공간을 확장할 수 있는 수술 로봇 시스템 및 그 제어 방법이 개시된다.

배경기술

[0002] 최소 침습 수술(Minimal Invasive Surgery)이란 환부의 크기를 최소화하는 수술을 통칭한다. 최소 침습 수술은 인체의 일부(예: 복부)에 큰 절개창을 열고 시행하는 개복 수술과는 달리, 인체에 0.5cm~1.5cm 크기의 적어도 하나의 절개공(또는 침습구)을 형성하고, 이 절개공을 통해 내시경과 각종 수술도구들을 넣은 후 영상을 보면서 시행하는 수술 방법이다.

[0003] 이러한 최소 침습 수술은 개복 수술과는 달리 수술 후 통증이 적고, 장 운동의 조기 회복 및 음식물의 조기 섭취가 가능하며 입원 기간이 짧고 정상 상태로의 복귀가 빠르며 절개 범위가 좁아 미용 효과가 우수하다는 장점을 갖는다. 이와 같은 장점으로 인하여 최소 침습 수술은 담낭 절제술, 전립선암 수술, 탈장 교정술 등에 사용되고 있고 그 분야를 점점 더 넓혀가고 있는 추세이다.

[0004] 일반적으로 최소 침습 수술에 이용되는 수술 로봇은 마스터 장치와 슬레이브 장치를 포함한다. 마스터 장치는 의사의 조작에 따른 제어신호를 생성하여 슬레이브 장치로 전송하고, 슬레이브 장치는 마스터 장치로부터 제어신호를 수신하여 수술에 필요한 조작을 환자에게 가하게 되며, 마스터 장치와 슬레이브 장치를 통합하여 구성하거나, 각각 별도의 장치로 구성하여 수술실에 배치한 상태에서 수술을 진행하고 있다.

[0005] 이러한 수술 로봇은 크게 환자 신체에 여러 개의 침습구를 형성하여 각각의 침습구에 수술 도구를 하나씩 삽입하여 시술하는 멀티 포트 수술 로봇과 하나의 침습구를 형성하고, 형성된 하나의 침습구에 다수 개의 수술 도구를 한꺼번에 삽입하여 시술하는 싱글 포트 수술 로봇을 포함한다.

[0006] 이중, 싱글 포트 수술 로봇은 침습구로 삽입된 하나의 가이드 튜브를 통해 복수 개의 수술 도구를 환자 신체 내부로 진입시킬 수 있는데, 이러한 가이드 튜브와 각 수술 도구들은 서로 별도의 자유도를 갖는다. 또한, 가이드 튜브를 통해 환자 신체 내부로 진입한 복수 개의 수술 도구들은 각각 서로 간의 위치 및 자세에 따라 작업 공간에 제약을 받는다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 여유자유도를 갖는 가이드 튜브의 모션을 이용하여 수술 도구에 대한 작업 공간의 범위를 확장하는 수술 로봇 시스템 및 그 제어 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0008] 일 실시 예에 따른 수술 로봇 시스템은 수술 도구를 갖는 슬레이브 장치 및 상기 수술 도구의 동작을 제어하는 마스터 장치를 포함하고, 상기 슬레이브 장치는 상기 수술 도구가 결합된 가이드 튜브 및 상기 마스터 장치로부터 전송된 제어 신호에 따라 상기 수술 도구를 동작시키되, 상기 제어 신호에 따른 수술 도구의 목표 위치가 수술 도구의 현재 작업 공간의 범위를 벗어나는 위치에 해당하면 상기 가이드 튜브를 동작시켜 상기 수술 도구를 상기 목표 위치로 이동시키는 제어부를 포함한다.

[0009] 또한, 수술 도구가 결합된 가이드 튜브를 갖는 슬레이브 장치 및 상기 수술 도구의 동작을 제어하는 마스터 장치를 포함하는 수술 로봇의 제어 방법으로서, 상기 마스터 장치로부터 전송받은 상기 제어 신호에 따른 수술 도구의 목표 위치가 상기 수술 도구의 현재 작업 공간의 범위를 벗어나는 위치에 해당하는지를 판단하는 단계 및 판단 결과, 상기 목표 위치가 상기 수술 도구의 현재 작업 공간의 범위를 벗어나는 위치에 해당하면 상기 가이드 튜브를 동작시켜 상기 수술 도구를 상기 목표 위치로 이동시키는 단계를 포함한다.

도면의 간단한 설명

- [0010] 도 1은 수술 로봇 시스템의 마스터 장치 외관을 도시한 도면이다.
- 도 2는 수술 로봇 시스템의 슬레이브 장치 외관을 도시한 도면이다.
- 도 3은 가이드 튜브를 통해 전개된 수술 도구를 도시한 도면이다.
- 도 4는 마스터 장치의 핸들부와 슬레이브 장치의 수술 도구 간의 관계의 일 예를 도시한 도면이다.
- 도 5는 수술 도구에 대한 작업 공간의 범위를 도시한 도면이다.
- 도 6은 가이드 튜브의 모션에 따라 수술 도구의 작업 공간 범위가 확장되는 예를 도시한 도면이다.
- 도 7은 수술 로봇 시스템 구성의 일 예를 도시한 블록도이다.
- 도 8은 수술 로봇 시스템의 제어 방법의 일 예를 순차적으로 도시한 흐름도이다.
- 도 9는 수술 로봇 시스템의 제어 방법의 다른 예를 순차적으로 도시한 흐름도이다.
- 도 10은 두 개의 수술 도구 중 하나의 수술 도구는 가이드 튜브의 모션에 의해 목표 위치로 이동하고, 다른 하나의 수술 도구는 원위치로 이동하는 예를 도시한 도면이다.
- 도 11은 두 개의 수술 도구 모두 현재 작업 공간의 범위를 벗어나는 목표 위치로 이동하려는 경우를 도시한 도면이다.
- 도 12는 마스터 장치의 핸들부에 가해지는 조작자의 힘과 발생하는 피드백 힘의 관계를 도시한 도면이다.
- 도 13은 가이드 튜브의 평행 이동에 따른 작업 공간 변경 예를 도시한 도면이다.

도 14는 가이드 튜브의 회전 이동에 따른 작업 공간 변경 예를 도시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0011] 본 발명의 목적, 특정한 장점들 및 신규한 특징들은 첨부된 도면들과 연관되어지는 이하의 상세한 설명과 바람직한 실시 예들로부터 더욱 명백해질 것이다. 본 명세서에서 각 도면의 구성요소들에 참조번호를 부가함에 있어서, 동일한 구성 요소들에 한해서는 비록 다른 도면상에 표시되더라도 가능한 한 동일한 번호를 가지도록 하고 있음에 유의하여야 한다. 또한, 본 발명을 설명함에 있어서, 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명은 생략한다. 본 명세서에서, 제1, 제2 등의 용어는 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하기 위해 사용되는 것으로, 구성요소가 상기 용어들에 의해 제한되는 것은 아니다.
- [0012] 이하, 첨부된 도면들을 참조하여 본 실시 예를 상세히 설명하기로 한다. 도면에서 동일한 도면 부호는 동일한 구성 요소를 나타낼 수 있다.
- [0013] 이후 설명에서는 싱글 포트 수술 로봇(이하, '수술 로봇 시스템'이라 함)을 예로 들어 설명할 것이나, 이는 하나의 실시 예에 불과하며, 본 발명의 적용이 특별히 이 분야에 한정되는 것은 아니다. 예로써, 재난지역에서 생존자를 탐색하는 구조(rescue) 로봇에서부터 내시경, 능동형 카테터(Active Catheter) 등과 같은 의료용 로봇, 군사용 로봇, 우주에서 다양한 작업을 수행하는 로봇, 위험물 처리 로봇, 배관 청소 로봇 등 각종 산업용 서비스 로봇을 포함하는 모든 로봇 분야에 적용 가능함을 물론, 이와 같은 로봇 분야뿐 아니라 하나의 매니플레이터에서 여러 개의 툴(tool)이 분기하여 나오는 형태를 갖는 모든 장치 분야에 적용 가능할 것이다.
- [0014] 도 1은 수술 로봇 시스템의 외관을 도시한 도면이고, 도 2는 수술 로봇 시스템의 각 구성을 개략적으로 도시한 블록도이다.
- [0015] 도 1을 참조하면, 수술 로봇 시스템은 크게 수술대에 누워있는 환자(P)에게 수술을 행하는 슬레이브 장치(200)와 조작자(예로써, 의사)의 조작을 통해 슬레이브 장치(200)를 원격으로 제어하는 마스터 장치(100)를 포함할 수 있다. 이때, 환자(P) 측에는 조작자를 보조할 보조자가 한 명 이상 위치할 수 있다.
- [0016] 여기에서, 조작자를 보조한다는 것은 환자(P)가 위치하는 실제 공간에서 조작자의 조작에 의해 이루어지는 수술 작업을 보조하는 것을 의미할 수 있으며, 예를 들어, 사용되는 수술 도구의 교체 등이 이에 해당될 수 있으나, 특별히 이에 한정되는 것은 아니다. 예를 들어, 수술 종류에 따라 수술 작업에 다양한 수술 도구가 사용될 수 있는데, 슬레이브 장치(200)의 로봇 암(210) 갯 수, 한 번에 장착되는 수술 도구의 갯 수가 제한적일 수 있고, 또한, 침습구가 하나이므로 환자(P)의 복강 내로 삽입될 수 있는 수술 도구의 갯 수 등이 제한적일 수 있다.
- [0017] 이에 따라, 수술 작업이 진행되는 과정에서 수술 도구를 교체할 필요가 있는 경우, 조작자는 환자(P) 측에 위치한 보조자에게 수술 도구의 교체를 지시하고, 보조자는 조작자의 지시에 따라 환자(P) 복강 내로 삽입된 수술 도구를 꺼내어 다른 수술 도구로 교체하여 삽입하는 등의 수술 도구 교체 작업을 수행할 수 있다.
- [0018] 마스터 장치(100)와 슬레이브 장치(200)는 물리적으로 독립된 별도의 장치로 분리 구성될 수 있으나, 특별히 이에 한정되는 것은 아니며, 예로써 하나로 통합된 일체형 장치로 구성되는 것 역시 가능할 것이다.
- [0019] 수술 로봇 시스템은 크게 마스터 장치(100)와 슬레이브 장치(200)를 포함한다. 마스터 장치(100)는 슬레이브 장치(200)를 원격 제어하는 장치이다. 마스터 장치(100)는 조작자의 조작에 따라 제어신호를 생성하고, 생성된 제어신호를 슬레이브 장치(200)로 전송한다. 슬레이브 장치(200)는 마스터 장치(100)로부터 제어신호를 수신하고, 수신된 제어신호에 따라 동작한다.
- [0020] 도 1은 수술 로봇 시스템의 마스터 장치 외관을 도시한 도면이다.
- [0021] 도 1을 참조하면, 마스터 장치(100)는 입력부(110L, 110R, 120L, 120R) 및 디스플레이부(180)를 포함할 수 있다.
- [0022] 입력부(110L, 110R, 120L, 120R)는 슬레이브 장치(200, 도 2 참조)의 동작을 원격으로 조작하기 위한 명령을 조작자(예: 의사)로부터 입력받는다. 도 1에서는 입력부(110L, 110R, 120L, 120R)로 두 개의 클러치 페달(110L,

110R) 및 두 개의 핸들부(120L, 120R)가 구비된 것으로 도시하고 있으나, 특별히 이에 한정되는 것은 아니며, 스위치, 버튼, 음성 인식 디바이스 등을 더 구비할 수 있다.

[0023] 예를 들어, 클러치 페달(110L, 110R)은 수술 로봇 시스템의 동작 모드를 전환하는데 사용될 수 있다. 일 예로, 왼쪽 클러치 페달(110L)이 조작된 경우에는 가이드 튜브 조작 모드를 실행하고, 오른쪽 클러치 페달(110R)이 조작된 경우에는 수술 기구 조작 모드를 실행하도록 구현할 수 있다. 이때, 가이드 튜브 조작 모드가 실행되면 조작자는 핸들부(120L, 120R)를 조작하여 가이드 튜브(210, 도 2 참조)의 위치 및 자세를 변경할 수 있다. 또한, 수술 기구 조작 모드가 실행되면 조작자는 핸들부(120L, 120R)를 조작하여 수술 도구(212, 214, 도 3 참조)의 위치, 자세 및 동작을 변경할 수 있다.

[0024] 또한, 핸들부(120L, 120R)는 슬레이브 장치(200)에 마련된 로봇 암(203 ~ 208), 가이드 튜브(210), 수술 도구(212, 214) 및 내시경(216) 등의 움직임을 제어하기 위한 부분이다. 본 실시 예에서 핸들부(120L, 120R)는 햅틱 디바이스로 구현될 수 있으나, 특별히 이에 한정되는 것은 아니다. 또한, 핸들부(120L, 120R)는 적어도 하나 이상의 다관절 로봇 손가락을 포함할 수 있다. 이때, 다관절 로봇 손가락은 사람의 손과 유사한 형태로 배치될 수 있으며, 도 1에 세 개의 다관절 로봇 손가락이 구비되고, 사람의 손의 엄지, 검지 및 중지에 대응되는 위치에 각각 마련된 형태를 도시하고 있다. 도 1에서는 각각의 핸들부(120L, 120R)로 세 개의 다관절 로봇 손가락이 구비된 형태를 도시하고 있으나, 다관절 로봇 손가락의 개수 및 위치가 특별히 이에 한정되는 것은 아니다.

[0025] 또한, 각각의 다관절 로봇 손가락은 복수의 링크 및 복수의 관절을 포함할 수 있다. 여기에서, '관절'은 링크와 링크의 연결부위를 의미하여 적어도 1 자유도를 가질 수 있다. 이때, 자유도(Degree Of Freedom:DOF)란 정기구학(Forward Kinematics) 또는 역기구학(Inverse Kinematics)에서의 자유도를 말한다. 기구의 자유도란 기구의 독립적인 운동의 수, 또는 각 링크 간의 상대 위치의 독립된 운동을 결정하는 변수의 수를 말한다. 예를 들어, x축, y축, z축으로 이루어진 3차원 공간상의 물체는, 물체의 공간적인 위치를 결정하기 위한 3 자유도(각 축에서의 위치)와, 물체의 공간적인 자세(orientation)를 결정하기 위한 3 자유도(각 축에 대한 회전 각도) 중에서 하나 이상의 자유도를 갖는다. 구체적으로, 물체가 각각의 축을 따라 이동 가능하고, 각각의 축을 기준으로 회전 가능하다고 한다면, 이 물체는 6 자유도를 갖는 것으로 이해될 수 있다.

[0026] 또한, 다관절 로봇 손가락의 각 관절에는 각 관절의 상태와 관련된 정보를 검출하기 위한 검출부가 마련될 수 있다. 이때, 검출부는 관절의 위치(즉, 관절각)를 검출하기 위한 위치 검출부(122, 도 7 참조), 관절의 속도를 검출하기 위한 속도 검출부(124, 도 7 참조)를 포함할 수 있다.

[0027] 또한, 다관절 로봇 손가락의 선단에는 예를 들어, 조작자의 손가락 끝을 끼울 수 있는 고리형 삽입구가 마련될 수 있다. 이에, 조작자가 삽입구에 손가락을 끼운 상태로 손가락을 움직이면 손가락의 움직임에 대응되도록 다관절 로봇 손가락이 움직이게 되고, 다관절 로봇 손가락의 각 관절에 마련된 검출부는 움직이는 관절의 상태와 관련된 정보를 검출할 수 있다.

[0028] 이때, 위치 검출부(122) 및 속도 검출부(124)를 통해 각각 검출된 각 관절의 위치 및 속도는 슬레이브 장치(200)의 수술 도구(212, 214) 각 관절이 추종해야할 목표 위치 및 목표 속도에 대한 제어 신호로 변환될 수 있으며, 변환된 제어 신호는 네트워크를 통해 슬레이브 장치(200)로 전송될 수 있다. 여기에서, '네트워크'는 유선 네트워크, 무선 네트워크, 또는 유/무선 복합 네트워크일 수 있다.

[0029] 또한, 이후부터는 설명의 편의를 위하여 상술한 수술 도구(212, 214) 각 관절이 추종해야할 목표 위치 및 목표 속도에 대한 제어 신호를 제1 동작 제어 신호로 명명할 것이다.

[0030] 또한, 본 실시 예에서 핸들부(120L, 120R)의 형상은 도 1과 같이 다관절 로봇 손가락 형상으로 제한되는 것은 아니며, 펜슬 형상, 스틱 형상 또는 실제 수술 도구와 동일한 형상 동일 수 있다. 또한, 도 1에서는 좌측 핸들부(120L)와 우측 핸들부(120R)가 동일한 형상으로 구현된 것으로 도시하고 있으나, 특별히 이에 한정되는 것은 아니며, 좌측 핸들부(120L)와 우측 핸들부(120R)는 각각 다른 형상으로 구현되는 것 역시 가능하다.

[0031] 또한, 도 1에 도시한 바와 같이, 각각의 핸들부(120L, 120R)와 기계적으로 연결된 지지 링크(103L, 103R)가 마련될 수 있다. 지지 링크(103L, 103R)는 조작자의 손목부터 팔꿈치까지를 지지하는 역할을 할 수 있다. 이를 위해, 지지 링크(103L, 103R)는 손목 지지부(102L, 102R) 및 팔꿈치 지지부(104L, 104R)를 포함할 수 있다.

[0032] 손목 지지부(102L, 102R)는 조작자의 손목과 대응되는 위치에 배치될 수 있으며, 다양한 형상을 가질 수 있다. 일 예로, 도 1에서는 고리형으로 구현된 손목 지지부(102L, 102R)를 도시하고 있다. 조작자는 이러한 손목 지지부(102L, 102R)로 손을 통과시킨 후, 손가락 끝을 핸들부(120L, 120R) 선단에 마련된 삽입구에 끼울 수 있다.

- [0033] 팔꿈치 지지부(104L, 104R)는 조작자의 팔꿈치와 대응되는 위치에 배치될 수 있으며, 도 1에 도시한 바와 같이, U자 형상을 가질 수 있으나, 특별히 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0034] 이러한 손목 지지부(102L, 102R) 및 팔꿈치 지지부(104L, 104R)를 포함하는 지지 링크(103L, 103R)를 구비함으로써, 조작자의 팔을 안정된 상태로 유지할 수 있으므로, 안정된 조작을 가능하게 한다.
- [0035] 또한, 지지 링크(103L, 103R)와 조작자가 앉는 의자를 기계적으로 연결하는 역할을 하는 적어도 하나의 연결 링크(106L, 106R)가 마련될 수 있다. 이때, 연결 링크(106L, 106R)와 지지 링크(103L, 103R) 사이에는 관절(105L, 105R)이 마련될 수 있다. 또한, 연결 링크(106L, 106R)는 도 1과 같이 복수 개가 구비될 수 있으며, 이때, 복수의 연결 링크(106L, 106R) 각각을 연결하는 관절(107L, 107R)이 마련될 수 있다.
- [0036] 도 1에서는 두 개의 핸들부(120L, 120R)가 각각 지지 링크(103L, 103R) 및 연결 링크(106L, 106R)에 의해 의자에 기계적으로 연결된 상태를 도시하고 있으나, 본 실시 예에서 마스터 장치(100)의 구조가 특별히 이에 한정되는 것은 아니다. 예를 들어, 지지 링크(103L, 103R) 및 연결 링크(106L, 106R)는 생략될 수 있으며, 이와 같이, 지지 링크(103L, 103R) 및 연결 링크(106L, 106R)는 생략된 경우에는 각각의 핸들부(120L, 120R)는 마스터 장치(100)의 제어부(미도시)와 유선 통신 또는 무선 통신을 통해 데이터를 송수신하기 위한 통신부(미도시)가 추가로 마련될 수 있다.
- [0037] 또한, 본 실시 예에서 입력부(110)의 조작 수단은 슬레이브 장치(200)의 수술 도구의 개수와 대응되는 개수로 마련될 수 있으나, 특별히 이에 한정되는 것은 아니다. 즉, 도 4에 도시한 바와 같이, 수술 도구(212, 214)의 개수가 두 개이면, 마스터 장치(100)의 핸들부 역시 두 개(120L, 120R)가 구비되어, 각 핸들부(120L, 120R)는 수술 도구(212, 214) 중 대응되는 수술 도구의 동작을 각각 제어할 수 있으나, 특별히 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0038] 이후부터는 본 발명의 특징에 대한 명확한 이해를 위해 핸들부(120L, 120R)의 조작에 의해 슬레이브 장치(200)의 수술 도구(212, 214) 동작이 제어되는 경우에 대해서만 설명할 것이나, 상술한 바와 같이, 핸들부(120L, 120R)의 조작에 의해 동작이 제어될 수 있는 구성이 특별히 수술 도구에만 한정되는 것은 아니다.
- [0039] 예를 들어, 도 4를 참조하면, 본 실시 예에서는 조작자가 양손으로 두 개의 핸들부(120L, 120R)를 각각 조작함으로써, 슬레이브 장치(200)에 구비된 두 개의 수술 도구(212, 214)의 동작을 각각 제어할 수 있다. 이후, 설명의 편의를 위하여 두 개의 핸들부(120L, 120R) 중 도면부호 120L인 핸들부를 제1핸들부(120L), 도면부호 120R인 핸들부는 제2핸들부(120R)이라 하고, 두 개의 수술 도구(212, 214) 중 제1핸들부(120L)의 조작에 의해 동작이 제어되는 수술 도구를 제1 수술 도구(212), 제2핸들부(120R)의 조작에 의해 동작이 제어되는 수술 도구를 제2 수술 도구(214)라 할 것이다.
- [0040] 즉, 조작자가 제1핸들부(120L) 및 제2핸들부(120R)를 각각 양손으로 조작하면, 마스터 장치(100)의 마스터 제어부(160, 도 7 참조)는 제어 신호 생성부(140)를 이용하여 조작된 제1핸들부(120L) 및 제2핸들부(120R) 각각의 상태 정보에 대응되는 제1 동작 제어 신호를 생성하고, 생성된 제1 동작 제어 신호를 송신부(190)를 통해 슬레이브 장치(200)로 전송한다.
- [0041] 여기에서, 제1핸들부(120L) 및 제2핸들부(120R)의 상태 정보는 제1핸들부(120L) 및 제2핸들부(120R) 각각의 관절들에 대한 위치(즉, 관절각) 정보 및 속도 정보를 포함할 수 있으나, 특별히 이에 한정되는 것은 아니다. 이를 위해, 마스터 장치(100)는 제1핸들부(120L) 및 제2핸들부(120R) 각각의 관절들에 대한 위치 정보 및 속도 정보를 검출하기 위한 위치 검출부(122, 도 7 참조) 및 속도 검출부(124, 도 7 참조)를 구비할 수 있다.
- [0042] 이후, 슬레이브 장치(200)의 슬레이브 제어부(260)는 마스터 장치(100)로부터 전송받은 제1 동작 제어 신호 중, 예를 들어, 제1핸들부(120L)의 상태 정보에 대응되는 제어 신호에 따라 제1 수술 도구(212)의 동작을 제어하고, 제2핸들부(120R)의 상태 정보에 대응되는 제어 신호에 따라 제2 수술 도구(214)의 동작을 제어할 수 있다. 이에 대해서는 추후 더욱 상세히 설명할 것이다.
- [0043] 디스플레이부(180)는 도 1과 같이, 하나 이상의 모니터로 구성될 수 있으며, 각 모니터에 수술 시 필요한 정보들이 개별적으로 표시되도록 구현할 수 있다. 예를 들어, 디스플레이부(180)가 도 1과 같이, 세 개의 모니터로 구성된 경우, 이 중 하나의 모니터에는 내시경(216)을 통해 수집된 실제 영상, 환자의 수술 전 의료 영상을 3차원 영상으로 변환한 가상 영상 등이 표시되고, 다른 두 개의 모니터에는 각각 슬레이브 장치(200)의 동작 상태

에 관한 정보 및 환자 정보 등이 표시되도록 구현할 수 있다. 다른 예로, 복수의 모니터 동일한 영상이 표시되도록 구현할 수 있으며, 이때, 각각의 모니터마다 동일한 영상이 표시될 수도 있고, 복수의 모니터 전체에 하나의 영상이 표시될 수도 있다. 또한, 모니터의 수량은 표시를 요하는 정보의 유형이나 종류 등에 따라 다양하게 결정될 수 있다. 상술한 디스플레이부(180)는 예로써, LCD(Liquid Crystal Display), LED(Light Emitting Diode), OLED(Organic Light Emitting Diodes), PDP(Plasma Display Panel), 또는 이들의 조합으로 구현될 수 있으나, 특별히 이에 한정되는 것은 아니다.

[0044] 여기에서, "환자 정보"는 환자의 상태를 나타내는 정보일 수 있으며, 예를 들어, 체온, 맥박, 호흡 및 혈압 등과 같은 생체 정보일 수 있다. 이러한 생체 정보를 마스터 장치(100)로 제공하기 위해 후술할 슬레이브 장치(200)는 체온 측정 모듈, 맥박 측정 모듈, 호흡 측정 모듈, 혈압 측정 모듈 등을 포함하는 생체 정보 측정 유닛을 더 포함할 수 있다. 이를 위해, 마스터 장치(100)는 슬레이브 장치(200)로부터 전송되는 생체 정보를 수신 및 처리하여 디스플레이부(180)로 출력하기 위한 신호 처리부(미도시)를 더 포함할 수 있다.

[0045] 도 2는 수술 로봇 시스템의 슬레이브 장치 외관을 도시한 도면이다.

[0046] 도 2를 참조하면, 슬레이브 장치(200)는 캐스터부(201), 몸체(202), 로봇 암(203 ~ 208) 및 수술 도구 어셈블리(209)를 포함할 수 있다.

[0047] 캐스터부(201)는 슬레이브 장치(200)의 이동을 위한 것으로, 몸체(202) 하단에 장착될 수 있다. 캐스터부(201)는 복수의 캐스터를 포함할 수 있으며, 각각의 캐스터에는 캐스터의 동작 상태를 변경하기 위한 레버(미도시)가 마련될 수 있다. 조작자는 레버(미도시)의 위치를 조절하여 캐스터의 동작 상태를 변경할 수 있다. 이때, 캐스터의 동작 상태로는 제동, 자유이동(free swivel) 및 조향 고정(directional lock, swivel lock) 등을 포함할 수 있다.

[0048] 로봇 암(203 ~ 208)은 몸체(202) 상부에 마련될 수 있다. 로봇 암(203 ~ 208)은 x, y, z축 중에서 적어도 하나의 축을 따라 수술 도구 어셈블리(209)를 이동시키거나, 적어도 하나의 축을 기준으로 수술 도구 어셈블리(209)를 회전시킬 수 있다. 또한, 수술이 진행되는 동안 수술 도구 어셈블리(209)의 위치 및 자세가 유지될 수 있도록 수술 도구 어셈블리(209)를 지지할 수 있다.

[0049] 로봇 암(203 ~ 208)은 복수의 링크부(204, 206, 208) 및 복수의 관절부(203, 205, 207)를 포함할 수 있다. 구체적으로, 로봇 암(203 ~ 208)은 제1관절부(203), 제1링크부(204), 제2관절부(205), 제2링크부(206), 제3관절부(207) 및 제3링크부(208)를 포함할 수 있다.

[0050] 제1링크부(204)는 제1링크 및 제1링크를 감싸는 케이싱을 포함할 수 있다. 제1링크는 직선형의 기둥 형상을 가질 수 있으며, 몸체(202)에 대하여 수직 방향으로 마련될 수 있다. 즉, 제1링크는 지면에 대하여 수직 방향일 수 있다.

[0051] 제1관절부(203)는 몸체(202)와 제1링크부(204)의 연결 부위에 마련되며, x, y, z축 중에서 지정된 축을 따라 이동하는 직선형 관절(prismatic joint)로 구현될 수 있다. 이러한 제1관절부(203)는 수술 도구 어셈블리(209)의 직선 운동을 위한 부분으로, 3 자유도를 가질 수 있으나, 특별히 이에 한정되는 것은 아니다. 이를 위해, 제1관절부(203)에는 직진 구동부가 마련될 수 있으며, 직진 구동부는 특정 축을 따라 직진 운동을 안내하는 리니어 모션 가이드(Linear Motion Guide) 및 리니어 모션 가이드(Linear Motion Guide)에 구동력을 제공하는 모터를 포함할 수 있다.

[0052] 제2링크부(206)는 제1링크부(204) 끝단에 배치될 수 있으며, 제2링크 및 제2링크를 감싸는 케이싱을 포함할 수 있다. 제2링크는 도 2와 같이, 곡선 형상을 가질 수 있으나, 특별히 이에 한정되는 것은 아니다.

[0053] 제2관절부(205)는 제1링크부(204)와 제2링크부(206)의 연결 부위에 마련될 수 있으며, x, y, z축 중에서 지정된 축을 기준으로 회전하는 회전형 관절(revolute joint)로 구현될 수 있다. 이러한 제2관절부(205)는 수술 도구 어셈블리(209)의 회전 운동을 위한 부분으로, 2 자유도를 가질 수 있으나, 특별히 이에 한정되는 것은 아니다. 이때, 2 자유도는 구체적으로 롤(roll) 방향 회전 및 피치(pitch) 방향 회전을 포함할 수 있으나, 특별히 이에 한정되는 것은 아니다. 이를 위해, 제2관절부(205)에는 롤(roll) 구동부 및 피치(pitch) 구동부가 마련될 수 있다. 여기에서, 롤(roll) 구동부 및 피치(pitch) 구동부는 모터, 진공 펌프(vacuum pump) 및 수압 펌프

(hydraulic) 등으로 구현될 수 있으나, 특별히 이에 한정되는 것은 아니다.

- [0054] 제3링크부(208)는 제2링크부(206) 끝에 배치될 수 있으며, 도 2와 같이, 고리 형상의 제3링크를 포함할 수 있다. 이러한 고리형의 제3링크 상부에는 수술 도구 어셈블리(210)가 배치될 수 있다.
- [0055] 제3관절부(207)는 제3링크부(208)와 제2링크부(206)의 연결 부위에 마련될 수 있으며, x, y, z축 중에서 지정된 축을 기준으로 회전하는 회전형 관절(revolute joint)로 구현될 수 있다. 이러한 제3관절부(207)는 수술 도구 어셈블리(209)의 회전 운동을 위한 부분으로, 1 자유도를 가질 수 있으나, 특별히 이에 한정되는 것은 아니다. 이때, 1 자유도는 구체적으로 요(yaw) 방향 회전을 포함할 수 있으나, 특별히 이에 한정되는 것은 아니다. 이를 위해, 제3관절부(207)에는 요(yaw) 구동부가 마련될 수 있다. 여기에서, 요(yaw) 구동부는 모터, 진공 펌프(vacuum pump) 및 수압 펌프(hydraulic) 등으로 구현될 수 있으나, 특별히 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0056] 수술 도구 어셈블리(209)는 원통형의 케이싱과, 케이싱 내면을 따라 구비된 복수의 수술 도구(212, 214), 내시경(216) 및 가이드 튜브(210)를 포함할 수 있다. 또한, 수술 도구(212, 214), 내시경(216) 및 가이드 튜브(210)가 고정된 베이스 스테이션(미도시)을 포함할 수 있으나, 특별히 이에 한정되는 것은 아니다. 이때, 케이싱 내면을 따라 구비된 복수의 수술 도구 중 조작자에 의해 선택된 적어도 하나의 수술 도구는 가이드 튜브(210)를 통해 환자의 복강 내로 진입할 수 있다.
- [0057] 수술 도구 어셈블리(209)는 제3링크부(208)와 기계적으로 분리될 수 있다. 이와 같이, 수술 도구 어셈블리(209)가 제3링크부(208)로부터 분리되는 경우, 수술 도구를 교체하거나 수술에 사용된 수술 도구를 소독하는 것이 용이하다.
- [0058] 도 3은 가이드 튜브를 통해 전개된 수술 도구를 도시한 도면이다.
- [0059] 앞서 설명한 바와 같이, 적어도 하나의 수술 도구(212, 214)는 가이드 튜브(210)를 따라 환자의 복강 내로 진입할 수 있다. 이때, 가이드 튜브(210)를 통해 수술 도구(212, 214)를 환자의 복강 내로 진입시키는 것은 다양한 방법을 통해 이루어질 수 있다. 일 실시 예로, 가이드 튜브(210)를 먼저 환자의 복강 내로 삽입하여 목표 위치 즉, 수술 부위로 이동시킨 후 움직임을 고정시킨다. 그 다음 가이드 튜브(210)에 마련된 통로로 수술 도구(212, 214)를 삽입시킨 후, 통로를 따라 이동시켜 환자의 복강 내로 진입시킬 수 있다. 본 실시 예에서 가이드 튜브(210)를 환자의 복강 내로 삽입시키기 전에 내시경(216)은 미리 가이드 튜브(210)에 삽입된 상태여야 한다. 이는, 가이드 튜브(210)를 환자의 복강 내로 삽입시킨 후, 복강 내부 영상을 확인하며 가이드 튜브(210)를 수술 부위로 이동시키기 위함이다.
- [0060] 다른 실시 예로, 내시경(216) 뿐 아니라, 수술 도구(212, 214) 전부 가이드 튜브(210)에 삽입된 상태로 가이드 튜브(210)를 환자의 복강 내부로 진입시킨다. 이후, 가이드 튜브(210)를 수술 부위로 이동시킨 다음, 가이드 튜브(210)의 움직임을 고정시키고, 수술 도구(212, 214)를 가이드 튜브(210) 외부로 전개한다. 도 3은 두 개의 수술 도구(212, 214)와 내시경(216)이 가이드 튜브(210)의 외부로 전개된 형상을 도시하고 있다.
- [0061] 도 3을 참조하면, 두 개의 수술 도구(212, 214) 및 내시경(216)은 각각 복수의 링크(212b, 214b, 216b), 복수의 관절(212c, 214c, 216c) 및 각각의 링크(212b, 214b, 216b) 끝에 장착된 엔드 이펙터(212a, 214a, 216a)를 포함할 수 있으나, 특별히 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0062] 상술한 복수의 관절(212c, 214c, 216c)은 각각 고정형 관절(fixed joint), x, y, z축 중에서 지정된 축을 따라 회전하는 회전형 관절(revolute joint), x, y, z축 중에서 지정된 축을 따라 직선으로 이동하는 직선형 관절(prismatic joint) 중 하나로 구현될 수 있으며, 각 관절(212c, 214c, 216c)은 1 자유도(DOF) 이상을 가질 수 있다.
- [0063] 또한, 각 관절(212c, 214c, 216c)에는 제1 구동부(270, 도 7 참조)가 마련될 수 있다. 제1 구동부(270)는 마스터 장치(100)로부터 수신한 제1 동작 제어 신호에 따라 구동되어 해당 관절을 이동시킨다. 이때, 제1 구동부(270)는 모터, 진공 펌프(vacuum pump), 수압 펌프(hydraulic pump) 중 하나로 구현될 수 있으나, 특별히 이에 한정되는 것은 아니다. 이후부터는, 제1 구동부(270)가 모터로 구현된 경우를 예로 들어 설명할 것이다.
- [0064] 또한, 각 관절(212c, 214c, 216c)에는 검출부가 마련될 수 있다. 여기에서, 검출부는 각 관절의 위치(즉, 관절 각)를 검출하기 위한 위치 검출부(222, 도 7 참조), 관절의 속도를 검출하기 위한 속도 검출부(224, 도 7 참조)를 포함할 수 있다.

- [0065] 또한, 본 실시 예에서 가이드 튜브(210)는 수술 도구들(212, 214)과는 별도의 자유도를 가지며, 이와 같은 가이드 튜브(210)의 자유도는 여유 자유도에 해당할 수 있다. 이에 따라, 가이드 튜브(210)의 동작을 제어하여 수술 도구들(212, 214)의 작업 공간 범위를 변경할 수 있다.
- [0066] 예를 들어, 도 5에 도시한 바와 같이, 가이드 튜브(210)가 고정된 상태에서 가이드 튜브(210)로부터 전개된 제1 수술 도구(212) 및 제2 수술 도구(214)에 대한 작업 공간을 W_1 라 하자. 이와 같이, 고정된 상태의 가이드 튜브(210)가 동작하면, 예를 들어, 도 6에 도시한 바와 같이, 가이드 튜브(210)가 ①의 상태에서 ②의 상태로 동작하면, 제1 수술 도구(212) 및 제2 수술 도구(214)에 대한 작업 공간은 W_1 에서 W_2 로 변경될 수 있다.
- [0067] 이와 같이, 가이드 튜브(210)가 ①의 상태에서 ②의 상태로 동작함에 따라, 제1 수술 도구(212) 및 제2 수술 도구(214)에 대한 작업 공간으로 W_1 부터 W_2 까지 사용될 수 있으므로, 결과적으로, 제1 수술 도구(212) 및 제2 수술 도구(214)의 작업 공간은 가이드 튜브(210)의 동작에 따라 ΔW 만큼 확장될 수 있는 것이다.
- [0068] 또한, 본 실시 예에서 가이드 튜브(100)는 평행 운동 또는 회전 운동으로 동작할 수 있으나, 특별히 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0069] 한편, 일반적으로는 마스터 장치(100)의 제1핸들부(120L)와 제2핸들부(120R)는 각각 제1 수술 도구(212)와 제2 수술 도구(214)의 자유도와 매핑되는 자유도를 갖는다. 이에 따라, 마스터 장치(100)의 제1핸들부(120L)와 제2핸들부(120R)를 이용하여 제1 수술 도구(212) 및 제2 수술 도구(214)의 동작을 제어하기 위한 제어 신호와 가이드 튜브(214)의 동작을 제어하기 위한 제어 신호를 동시에 생성할 수 없는 문제가 있을 수 있다.
- [0070] 이러한 문제를 해결하기 위해, 본 실시 예에서는 슬레이브 장치(200)의 슬레이브 제어부(260)에서 마스터 장치(100)로부터 전송받은 제1 동작 제어 신호에 따라 제1 수술 도구(212) 및 제2 수술 도구(214)의 동작을 제어하면서, 경우에 따라서는 가이드 튜브(210)의 동작을 제어하도록 구현한다. 이를 위해, 본 실시 예에 따른 슬레이브 장치(200)에는 제1 수술 도구(212) 및 제2 수술 도구(214)를 동작시키기 위한 제1구동부(270, 도 7 참조)와 가이드 튜브(210)를 동작시키기 위한 제2구동부(275, 도 7 참조)가 별도로 마련될 수 있다. 이에 대해서는 추후 상세히 설명할 것이다.
- [0071] 또한, 본 실시 예에 따른 수술 로봇 시스템에서는 도 5에 도시한 바와 같이, 수술 도구들(212, 214)은 가이드 튜브(210) 내측으로 형성된 통로를 통과하고, 가이드 튜브(210)의 끝단으로부터 전개되어 환자(P)의 신체 내부로 진입하므로, 수술 도구들(212, 214)의 끝단 즉, 엔드 이펙터(212a, 214a)가 닿을 수 있는 영역은 넓어질 수 있다.
- [0072] 그러나, 제1 수술 도구(212)와 제2 수술 도구(214)는 하나의 가이드 튜브(210)에 연결되어 있으므로, 각 수술 도구(212, 214)의 엔드 이펙터들(212a, 214a) 사이의 거리는 가이드 튜브(210)의 움직임과는 무관하게 제한받는다. 이에 따라, 가이드 튜브(210)를 이동시켜 제1 수술 도구(212)에 대한 목표 위치 및 제2 수술 도구(214)에 대한 목표 위치를 동시에 만족시킬 수가 없는 경우가 발생할 수 있다.
- [0073] 예를 들어, 도 11에 도시한 바와 같이, 조작자가 제1핸들부(120L) 및 제2핸들부(120R)를 각각 조작하여 제1 수술 도구(212)와 제2 수술 도구(214)를 동시에 작업 공간의 범위를 벗어나는 목표 위치로 이동시키도록 명령하는 경우, 가이드 튜브(210)를 움직여도 조작자가 명령한 제1 수술 도구(212)의 목표 위치와 제2 수술 도구(214)의 목표 위치를 모두 포함하는 작업 공간이 존재하지 않는 경우가 발생할 수 있다.
- [0074] 이런 경우, 제1 수술 도구(212)와 제2 수술 도구(214) 중 우선적으로 목표 위치로 이동시킬 수술 도구를 결정하고, 가이드 튜브(210)를 결정된 수술 도구를 목표 위치로 이동시키기 위한 동작을 하도록 제어해야 한다.
- [0075] 이를 위해, 본 실시 예에서는 가이드 튜브(210)를 움직여도 제1 수술 도구(212) 및 제2 수술 도구(214)가 모두 목표 위치로 도달할 수 없는 상태가 되면, 이러한 상태를 조작자가 감지할 수 있도록 마스터 장치(100)로 피드백한다. 이후, 이러한 상태를 감지한 조작자가 두 개의 수술 도구 즉, 제1 수술 도구(212)와 제2 수술 도구(214) 중 우선적으로 목표 위치로 이동시킬 수술 도구를 결정하고, 결정된 수술 도구에 대응되는 핸들부에 가한 힘은 그대로 유지하고, 이동시키지 않을 수술 도구에 대응되는 핸들부에 가한 힘을 해소하면, 마스터 장치(100)의 마스터 제어부(160)는 힘이 해소된 핸들부의 상태 정보를 검출하여 대응되는 제어 신호를 생성하고, 생성된 제어 신호를 슬레이브 장치(200)로 전송한다. 이에 대해서는 추후 더욱 상세히 설명할 것이다.
- [0076] 이상으로 수술 로봇 시스템에 포함되는 마스터 장치(100) 및 슬레이브 장치(200)의 외관에 대하여 설명하였다. 이후, 도 7을 참조하여 본 발명의 일 실시 예에 따른 수술 로봇 시스템의 구성을 상세히 설명한다.

- [0077] 도 7은 수술 로봇 시스템의 구성의 일 예를 도시한 블럭도이다.
- [0078] 도 7을 참조하면, 본 실시 예에 따른 수술 로봇 시스템의 마스터 장치(100)는 위치 검출부(122), 속도 검출부(124), 스케일링부(135), 제어 신호 생성부(140), 위치/속도 에러 보상부(150), 마스터 제어부(160), 구동부(170), 디스플레이부(180), 송신부(190) 및 수신부(195)를 포함할 수 있다.
- [0079] 위치 검출부(122)는 제1핸들부(120L) 및 제2핸들부(120R)의 각 관절에 마련되어, 각 관절의 위치 즉, 관절각을 검출한다. 본 실시 예에서, 위치 검출부(122)는 예를 들어, 위치 센서로 구현될 수 있다. 위치 센서로는 포텐쇼미터(Potentiometer), 엔코더(Encoder) 등이 사용될 수 있으나, 특별히 이에 한정되는 것은 아니다. 이와 같은 위치 검출부(122)를 통해 검출된 제1핸들부(120L) 및 제2핸들부(120R)의 각 관절의 위치는 제어 신호 생성부(140) 및 위치/속도 에러 보상부(150)로 각각 제공될 수 있다.
- [0080] 속도 검출부(124)는 제1핸들부(120L) 및 제2핸들부(120R)의 각 관절에 마련되어, 각 관절의 속도를 검출한다. 속도 검출부(124)는 예를 들어, 속도 센서로 구현될 수 있다. 속도 검출부(124)를 통해 검출된 제1핸들부(120L) 및 제2핸들부(120R)의 각 관절의 속도는 제어 신호 생성부(140) 및 위치/속도 에러 보상부(150)로 각각 제공될 수 있다.
- [0081] 한편, 도 7에서는 마스터 장치(100)에 위치 검출부(122)와 속도 검출부(124)를 모두 구비한 경우를 도시하고 있으나, 속도 검출부(124)는 경우에 따라 생략될 수도 있다. 속도 검출부(124)가 생략되는 경우에는 위치 검출부(122)에서 검출된 위치 신호를 미분하여 속도 신호를 얻을 수 있다. 이와 같이 속도 검출부(124)가 생략되는 경우, 마스터 장치(100)에는 위치 검출부(122)를 통해 검출된 위치 신호를 미분하여 속도 신호를 산출하는 속도 산출부(미도시)를 마련될 수 있다.
- [0082] 제어 신호 생성부(140)는 상술한 위치 검출부(122) 및 속도 검출부(124)를 통해 각각 검출된 제1핸들부(120L) 및 제2핸들부(120R)의 각 관절에 대한 위치 및 속도를 이용하여 슬레이브 장치(200)의 수술 도구(212, 214)의 각 관절이 추종해야 할 목표 위치 및 목표 속도를 생성하는 구성이다. 이후부터는, 설명의 편의를 위하여 마스터 장치(100)의 제어 신호 생성부(140)를 통해 생성된 목표 위치 및 목표 속도를 포함하여 제1 동작 제어 신호로 명명할 것이다. 즉, 제1 동작 제어 신호는 수술 도구(212, 214)가 추종해야 할 핸들부(120L, 120R)의 모션에 대한 신호로 이해될 수 있을 것이다. 제어 신호 생성부(140)를 통해 생성되는 제1 동작 제어 신호는 스케일링부(135)로 제공될 수 있다.
- [0083] 스케일링부(135)는 제어 신호 생성부(140)를 통해 출력된 제1 동작 제어 신호를 기설정된 축소 비율로 스케일링하는 구성이다. 이때, 스케일링부(135)는 제1 동작 제어 신호의 목표 위치 및 목표 속도 각각에 모션 스케일링 팩터(motion scaling factor)를 적용할 수 있다. 여기에서, 모션 스케일링 팩터는 '1/n'으로 정의될 수 있으며 (여기에서, n은 자연수이다), 조작자에 의해 변경할 수 없거나 또는, 변경할 수 있도록 구현될 수 있다.
- [0084] 또한, 목표 위치에 적용되는 모션 스케일링 팩터 및 목표 속도에 적용되는 모션 스케일링 팩터는 서로 동일한 값일 수도 있고, 또는, 서로 다른 값일 수도 있다. 이와 같이, 제어 신호 생성부(140)를 통해 생성된 제1 동작 제어 신호에 모션 스케일링 팩터를 적용하면, 제1핸들부(120L) 및 제2핸들부(120R)의 모션과 제1 수술 도구(212) 및 제2 수술 도구(214)의 모션 간의 비율을 조절할 수 있다.
- [0085] 상술한 바와 같이, 스케일링부(135)로부터 출력된 스케일링된 제1 동작 제어 신호는 마스터 제어부(160)로 제공될 수 있다.
- [0086] 수신부(195)는 슬레이브 장치(200)의 송신부(290)와 짝을 이루어 동작하는 구성이다. 수신부(195)는 슬레이브 장치(200)로부터 영상 데이터, 핸들부(120L, 120R)의 각 관절이 추종해야할 목표 위치 및 목표 속도를 수신할 수 있다. 이때, 핸들부(120L, 120R)의 각 관절이 추종해야할 목표 위치 및 목표 속도는 슬레이브 장치(200)의 스케일링부(245)를 통해 출력된 기설정된 확대 비율로 스케일링 된 것일 수 있다.
- [0087] 위치/속도 에러 보상부(150)는 슬레이브 장치(200)로부터 수신부(195)로 수신된 핸들부(120L, 120R)의 각 관절이 추종해야할 목표 위치 및 목표 속도와, 마스터 장치(100)의 위치 검출부(122) 및 속도 검출부(124)를 통해 각각 검출된 핸들부(120L, 120R)의 각 관절에 대한 현재 위치 및 현재 속도를 비교하고, 차이를 보상하기 위한 제어 신호를 생성하는 구성이다. 이후부터는, 설명의 편의를 위하여 마스터 장치(100)의 위치/속도 에러 보상부(150)를 통해 생성된 제어 신호를 제1 보상 제어 신호라 명명할 것이다. 이와 같이 생성된 제1 보상 제어 신호는 수술 도구(212, 214)의 모션을 추종하도록 핸들부(120L, 120R)의 모션을 제어하기 위한 신호인 것으로 이해

될 수 있다. 위치/속도 에러 보상부(150)를 통해 생성된 제1 보상 제어 신호는 마스터 제어부(160)로 제공될 수 있다.

[0088] 마스터 제어부(160)는 핸들부(120L, 120R)의 각 관절에 마련된 구동부(170)로 제어 신호를 제공한다. 구체적으로, 마스터 제어부(160)는 위치/속도 에러 보상부(150)로부터 제공받은 제1 보상 제어 신호를 구동부(170)로 제공할 수 있다. 이에 따라, 마스터 장치(100)의 제1핸들부(120L) 및 제2핸들부(120R) 각각에 제1 수술 도구(212) 및 제2 수술 도구(214)의 모션 즉, 위치 및 속도를 추종하게 하는 힘이 발생될 수 있다. 이와 같이 제1핸들부(120L) 및 제2핸들부(120R)에 발생된 힘을 통해 조작자는 제1 수술 도구(212) 및 제2 수술 도구(214)가 각각 작업 공간의 경계면에 접근하였음을 직관적으로 판단할 수 있다. 이후, 설명의 편의를 위하여 상기 제1핸들부(120L) 및 제2핸들부(120R)에 발생된 힘을 피드백 힘이라고 명명할 것이다.

[0089] 예를 들어, 도 12에 도시한 바와 같이, 제1 수술 도구(212) 및 제2 수술 도구(214)가 작업 공간(W)의 경계면에 각각 위치하여 더 이상 서로로부터 멀어질 수 없는 상태일 때, 제1핸들부(120L) 및 제2핸들부(120R)에 각각 조작자로부터 실선의 화살표 방향으로 동일한 힘이 가해지면, 제1 수술 도구(212) 및 제2 수술 도구(214)가 더 이상 이동하지 않는 동시에 조작자가 쥐고 있는 제1핸들부(120L) 및 제2핸들부(120R)에 이러한 상태에 대응되는 피드백 힘을 발생시켜 조작자가 이러한 상태를 알 수 있도록 할 수 있다.

[0090] 이때, 제1핸들부(120L) 및 제2핸들부(120R)에 발생되는 피드백 힘은 위치/속도 에러 보상부(150)를 통해 생성된 제1 보정 제어 신호에 따라 제1핸들부(120L) 및 제2핸들부(120R)가 각각 제1 수술 도구(212) 및 제2 수술 도구(214)의 위치 및 속도를 추종하도록 동작함으로써 발생될 수 있다. 이와 같은 피드백 힘은 다음과 같은 [수학식 1]을 통해 연산될 수 있다.

수학식 1

[0091]
$$f_{mst,i} = k_{mst} (x_{stv,i} - x_{mst,i}) + b_{mst} (v_{stv,i} - v_{mst,i})$$

[0092] 여기에서, f_{mst} 는 핸들부에 발생되는 힘을 나타내고, x_{stv} 는 수술 도구의 현재 위치를 나타내며, x_{mst} 는 수술 도구의 목표 위치를 나타내고, v_{stv} 는 수술 도구의 현재 속도를 나타내며, v_{mst} 는 수술 도구의 목표 속도를 나타내고, k_{mst} 는 위치에 대한 제어 이득을 나타내며, b_{mst} 는 속도에 대한 제어 이득을 나타내고, i 는 수술 도구의 인덱스(index)를 나타낸다.

[0093] 즉, 조작자로부터 가해지는 힘의 방향과 제1 보정 제어 신호에 의해 구동됨에 따라 발생되는 피드백 힘의 방향은 반대이며, 이에 따라, 조작자는 자신이 가하는 힘과 반대 방향으로 발생되는 피드백 힘을 감지하여 현재 제1 수술 도구(212) 및 제2 수술 도구(214)가 작업 공간의 경계면에 접근했는지를 판단할 수 있는 것이다.

[0094] 또한, 마스터 제어부(160)는 송신부(190)를 통해 슬레이브 장치(200)로 데이터를 전송한다. 구체적으로, 마스터 제어부(160)는 스케일링부(135)를 통해 스케일링된 제1 동작 제어 신호를 슬레이브 장치(200)로 전송할 수 있다.

[0095] 또한, 마스터 제어부(160)는 수신부(195)를 통해 수신된 영상 데이터에 대하여 영상 처리를 수행할 수 있다. 영상 처리의 예로는 촬영된 영상의 확대, 축소, 이동, 회전, 편집 및 필터링 등이 포함될 수 있으나, 특별히 이에 한정되는 것은 아니다. 그러나, 이러한 영상 처리가 반드시 마스터 제어부(160)에서 수행되어야 하는 것은 아니다.

[0096] 구동부(170)는 제1핸들부(120L) 및 제2핸들부(120R)의 각 관절에 마련될 수 있다. 구동부(170)는 마스터 제어부(160)로부터 제공받은 제1 보상 제어 신호에 따라 구동되어 제1핸들부(120L) 및 제2핸들부(120R)의 각 관절을 이동 또는 회전시킬 수 있다. 이에 따라, 제1핸들부(120L) 및 제2핸들부(120R)는 각각 제1 수술 도구(212) 및

제2 수술 도구(214)의 모션을 추종하는 동작으로 구동될 수 있다.

- [0097] 디스플레이부(180)는 영상 데이터를 디스플레이할 수 있다.
- [0098] 송신부(190)는 슬레이브 장치(200)의 수신부(295)와 짝을 이루어 동작하는 구성이다. 송신부(190)는 마스터 제어부(160)로부터 제공받은 신호 즉, 스케일링부(135)를 통해 스케일링된 제1 동작 제어 신호를 슬레이브 장치(200)의 수신부(295)로 전송할 수 있다.
- [0099] 한편, 도 7을 참조하면, 슬레이브 장치(200)는 위치 검출부(222), 속도 검출부(224), 영상 획득부(230), 변환부(240), 스케일링부(245), 위치/속도 에러 보상부(250), 슬레이브 제어부(260), 제1구동부(270), 제2구동부(275), 송신부(290) 및 수신부(295)를 포함할 수 있다.
- [0100] 위치 검출부(222)는 제1 수술 도구(212) 및 제2 수술 도구(214)의 각 관절에 마련되어, 각 관절의 위치 즉, 관절각을 검출한다. 본 실시 예에서, 위치 검출부(222)는 예를 들어, 위치 센서로 구현될 수 있다. 위치 센서로는 포텐쇼미터(Potentiometer), 엔코더(Encoder) 등이 사용될 수 있으나, 특별히 이에 한정되는 것은 아니다. 이와 같은 위치 검출부(222)를 통해 검출된 제1 수술 도구(212) 및 제2 수술 도구(214)의 각 관절의 위치는 변환부(240) 및 위치/속도 에러 보상부(250)로 각각 제공될 수 있다.
- [0101] 속도 검출부(224)는 제1 수술 도구(212) 및 제2 수술 도구(214)의 각 관절에 마련되어, 각 관절의 속도를 검출한다. 속도 검출부(224)는 예를 들어, 속도 센서로 구현될 수 있다. 속도 검출부(224)를 통해 검출된 제1 수술 도구(212) 및 제2 수술 도구(214)의 각 관절의 속도는 변환부(240) 및 위치/속도 에러 보상부(250)로 각각 제공될 수 있다.
- [0102] 한편, 도 7에서는 슬레이브 장치(200)에 위치 검출부(222)와 속도 검출부(224)를 모두 구비한 경우를 도시하고 있으나, 속도 검출부(224)는 경우에 따라 생략될 수도 있으며, 속도 검출부(224)가 생략되는 경우에는 위치 검출부(222)에서 검출된 위치 신호를 미분하여 속도 신호를 얻을 수 있다. 이와 같이 속도 검출부(224)가 생략되는 경우, 슬레이브 장치(200)에는 위치 검출부(222)를 통해 검출된 위치 신호를 미분하여 속도 신호를 산출하는 속도 산출부(미도시)를 마련될 수 있다.
- [0103] 변환부(240)는 위치 검출부(222)와 속도 검출부(224)를 통해 검출된 제1 수술 도구(212) 및 제2 수술 도구(214)의 각 관절에 대한 위치 및 속도를 마스터 장치(100)의 제1핸들부(120L) 및 제2핸들부(120R)의 각 관절이 추종해야 할 목표 위치 및 목표 속도로 변환하는 구성이다. 이후부터는, 설명의 편의를 위하여 슬레이브 장치(200)의 변환부(240)를 통해 생성된 목표 위치 및 목표 속도를 포함하여 제2 동작 제어 신호로 명명할 것이다. 즉, 제2 동작 제어 신호는 제1핸들부(120L) 및 제2핸들부(120R)가 추종해야 할 제1 수술 도구(212) 및 제2 수술 도구(214)의 모션에 대한 신호로 이해될 수 있을 것이다. 변환부(240)를 통해 생성되는 제2 동작 제어 신호는 스케일링부(245)로 제공될 수 있다.
- [0104] 스케일링부(245)는 변환부(240)를 통해 출력된 제2 동작 제어 신호를 기설정된 확대 비율로 스케일링할 수 있다. 이를 위하여, 스케일링부(245)는 변환부(240)로부터 출력된 제2 동작 제어 신호에 포함된 목표 위치 및 목표 속도에 각각 모션 스케일링 팩터를 적용할 수 있다. 이때, 슬레이브 장치(200)의 스케일링부(245)에서 적용하는 모션 스케일링 팩터는 마스터 장치(100)의 스케일링부(135)에서 사용되는 모션 스케일링 팩터의 역수(n)로 정의될 수 있다. 이와 같이, 스케일링부(245)를 통해 확대 비율로 스케일링된 제2 동작 제어 신호는 슬레이브 제어부(260)로 제공될 수 있다.
- [0105] 수신부(295)는 마스터 장치(100)의 송신부(190)와 짝을 이루어 동작하는 부분이다. 수신부(295)는 마스터 장치(100)로부터 데이터를 수신한다. 구체적으로는, 마스터 장치(100)로부터 축소 비율로 스케일링된 제1 동작 제어 신호를 수신할 수 있다. 이러한 수신된 데이터 중, 축소 스케일링된 제1 동작 제어 신호는 위치/속도 에러 보상부(250)로 제공될 수 있다.
- [0106] 위치/속도 에러 보상부(250)는 축소 스케일링된 제1 동작 제어 신호에 포함된 제1 수술 도구(212) 및 제2 수술 도구(214)의 각 관절에 대한 목표 위치 및 목표 속도와 슬레이브 로봇(200)의 위치 검출부(222) 및 속도 검출부(224)를 통해 검출된 제1 수술 도구(212) 및 제2 수술 도구(214)의 각 관절에 대한 현재 위치 및 현재 속도를 비교하고, 차이를 보상하기 위한 제어 신호를 생성하는 구성이다. 이후부터는, 설명의 편의를 위하여 슬레이브 장치(200)의 위치/속도 에러 보상부(250)를 통해 생성된 제어 신호를 제2 보상 제어 신호라 명명할 것이다. 이와 같이 생성된 제2 보상 제어 신호는 제1핸들부(120L) 및 제2핸들부(120R) 각각의 모션을 추종하도록 제1 수술

도구(212) 및 제2 수술 도구(214)의 모션을 제어하는 모션 제어신호인 것으로 이해될 수 있을 것이다. 생성된 제2 보상 제어 신호는 슬레이브 제어부(260)로 제공될 수 있다.

- [0107] 영상 획득부(230)는 영상 데이터를 획득할 수 있다. 예를 들어, 환자의 복강 내부를 촬영하여 수술 부위에 대한 영상 데이터를 획득할 수 있다. 영상 획득부(230)는 도 3을 참조하여 설명한 내시경(216)일 수 있으나, 특별히 이에 한정되는 것은 아니다. 영상 획득부(230)를 통해 획득된 영상 데이터는 슬레이브 제어부(260)로 제공될 수 있다.
- [0108] 슬레이브 제어부(260)는 제1 수술 도구(212) 및 제2 수술 도구(214)의 각 관절에 마련된 제1구동부(270)로 제어 신호를 제공할 수 있다. 구체적으로, 슬레이브 제어부(260)는 위치/속도 에러 보상부(250)로부터 제공받은 제2 보상 제어 신호를 제1구동부(270)로 제공할 수 있다.
- [0109] 또한, 슬레이브 제어부(260)는 마스터 장치(100)로 전송할 데이터를 송신부(290)로 제공한다. 여기에서, 상기 데이터는 스케일링부(245)를 통해 확대 비율로 스케일링된 제2 동작 제어 신호일 수 있으나, 특별히 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0110] 또한, 슬레이브 제어부(260)는 영상 획득부(230)를 통해 획득된 영상 데이터에 대하여 영상 처리를 수행할 수 있다. 영상 처리의 예로는 촬영된 영상의 확대, 축소, 이동, 회전, 편집 및 필터링 등이 포함될 수 있으나, 특별히 이에 한정되는 것은 아니다. 그러나, 이러한 영상 처리가 반드시 슬레이브 제어부(260)에서 수행되어야 하는 것은 아니다.
- [0111] 제1구동부(270)는 제1 수술 도구(212) 및 제2 수술 도구(214)의 각 관절에 마련되어 제1 수술 도구(212) 및 제2 수술 도구(214)의 각 관절에 구동력을 전달하는 구성이다. 구체적으로, 제1구동부(270)는 위치/속도 에러 보상부(250)로부터 제공받은 제2 보상 제어 신호에 따라 구동되어 제1 수술 도구(212) 및 제2 수술 도구(214)의 각 관절을 이동 또는 회전시킨다.
- [0112] 이에 따라, 제1 수술 도구(212) 및 제2 수술 도구(214)는 각각 제1핸들부(120L) 및 제2핸들부(120R)의 모션을 추종하는 동작으로 구동될 수 있다. 이때, 제1구동부(270)는 수술 도구(212, 214)의 개수에 대응되는 개수만큼 구비될 수 있으나, 특별히 이에 한정되는 것은 아니다. 예를 들어, 본 실시 예에서는 제1 수술 도구(212) 및 제2 수술 도구(214)를 포함하는 두 개의 수술 도구를 구비하고 있으므로, 제1 수술 도구(212) 및 제2 수술 도구(214) 각각을 동작시키는 두 개의 제1구동부(270)가 구비될 수 있다.
- [0113] 제2구동부(275)는 가이드 튜브(210)에 마련되어, 가이드 튜브(210)에 구동력을 전달하는 구성이다. 구체적으로, 제2구동부(275)는 슬레이브 제어부(260)의 제어를 통해 제2 보상 제어 신호에 따라 가이드 튜브(210)가 회전 운동 및 평행 운동을 포함하는 동작을 하도록 구동력을 제공할 수 있다.
- [0114] 또한, 본 실시 예에서 슬레이브 제어부(260)는 제1구동부(270)와 제2구동부(275) 둘 다에 제어 신호를 제공하거나 또는, 제1구동부(270)와 제2구동부(275) 중 하나의 구동부에만 제어 신호를 제공할 수 있다. 이에 대하여 구체적으로 설명하면 다음과 같다.
- [0115] 예를 들어, 슬레이브 제어부(260)는 위치/속도 에러 보상부(250)로부터 제공받은 제2 보상 제어 신호를 제1구동부(270)로 제공하고, 제1구동부(270)는 제공받은 제2 보상 제어 신호에 따라 제1 수술 도구(212) 및 제2 수술 도구(214)의 각 관절에 구동력을 전달하여 제1 수술 도구(212) 및 제2 수술 도구(214)가 각각 제1핸들부(120L) 및 제2핸들부(120R)의 모션을 추종하도록 동작시킨다. 이때, 제1 수술 도구(212) 및 제2 수술 도구(214)에 발생되는 힘(토크)은 아래의 [수학식 2], [수학식 3] 및 [수학식 4]를 이용하여 연산될 수 있다.

수학식 2

[0116]
$$f_{slv,i}^0 = k_{slv} (x_{mst,i} - x_{slv,i}) + b_{slv} (v_{mst,i} - v_{slv,i})$$

- [0117] [수학식 2]는 상술한 [수학식 1]에 대응하는 방식으로 수술 도구들(212, 214)에 발생시킬 힘을 구하는 식으로서, 이때, 제1 수술 도구(212) 또는 제2 수술 도구(214)가 작업 공간의 경계면 ∂W 에 위치한다면,

경계면 ∂W 에 대한 수직 방향 벡터 성분 및 접선 방향 벡터 성분으로 분해하여 아래의 [수학식 3]으로 나타낼 수 있다.

수학식 3

$$f_{stv,i}^0 = f_{stv,i}^0 |_{\partial W} + f_{stv,i}^0 |_{\partial W^\perp}$$

여기에서, 앞의 항 $f_{stv,i}^0 |_{\partial W}$ 는 경계면 ∂W 에 대한 접선 방향 성분이고, 뒤의 항 $f_{stv,i}^0 |_{\partial W^\perp}$ 은 경계면 ∂W 에 대한 수직 방향 성분을 나타낸다.

경계면에 대한 접선 방향 성분은 경계면에 대한 투영(projection)으로 계산할 수도 있다. 최종적으로 제1 수술 도구(212) 및 제2 수술 도구(214)에 발생시킬 힘은 상술한 [수학식 2]를 수정한 아래의 [수학식 4]를 통해 연산될 수 있다.

수학식 4

$$f_{stv,i} = \begin{cases} f_{stv,i}^0 |_{\partial W} & \text{if } x_{stv,i} \in \partial W \text{ and } f_{stv,i}^0 |_{\partial W^\perp} \text{ is outward} \\ f_{stv,i}^0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

즉, [수학식 4]는 수술 도구는 작업 공간의 경계면 ∂W 에 위치하고, 수술 도구에 적용될 힘이 경계면으로부터 작업 공간 바깥쪽을 향하는 경우($x_{stv,i} \in \partial W$ and $f_{stv,i}^0 |_{\partial W^\perp}$ is outward)와, 그 외의 경우(*otherwise*) 각각에 대하여 수술 도구에 발생하는 힘을 구하는 식을 나타낸다.

구체적으로, 핸들부의 모션을 추종하는 힘을 계산한 결과([수학식 2]), 수술 도구가 수술 도구의 작업 공간 내부에 있는 경우에 수술 도구에 발생하는 힘은 수술 도구의 목표 위치에서 수술 도구의 현재 위치를 뺀 값이 위치 제어 이득(k_{stv})을 곱한 값 및 수술 도구의 목표 속도에서 수술 도구의 목표 속도를 뺀 값에 속도 제어 이득(b_{stv})을 곱한 값을 이용하여 연산될 수 있다.

또한, 수술 도구가 수술 도구의 작업 공간 경계면에 있더라도, 수술 도구에 발생시킬 힘이 수술 도구의 작업 공간 바깥쪽을 향하지 않는 경우에도 마찬가지로 방법으로 연산될 수 있다.

한편, 수술 도구는 작업 공간의 경계면에 위치하고, [수학식 2]를 통해 연산된 힘의 방향이 수술 도구 작업 공간의 바깥쪽을 향하는 경우, 수술 도구에 발생시킬 힘은 수술 도구의 목표 위치에서 수술 도구의 현재 위치를 뺀 값에 위치 제어 이득(k_{stv})을 곱한 값 및 수술 도구의 목표 속도에서 수술 도구의 목표 속도를 뺀 값에 속

도 제어 이득(b_{stv})을 곱한 값을 경계면 ∂W 으로 투영(projection)시킨 값을 이용하여 연산될 수 있다.

[0126]

또한, 슬레이브 제어부(260)는 동작중인 제1 수술 도구(212) 및 제2 수술 도구(214)가 작업 공간의 경계면에 근접하는지와 제1 동작 제어 신호에 포함된 목표 위치가 제1 수술 도구(212) 및 제2 수술 도구(214)에 대한 작업 공간의 범위를 벗어나는 위치에 해당하는지를 판단한다. 판단 결과, 동작중인 제1 수술 도구(212) 및 제2 수술 도구(214)가 작업 공간의 경계면에 근접하고, 제1 동작 제어 신호에 포함된 제1 수술 도구(212)의 목표 위치 또는 제2 수술 도구(214)의 목표 위치가 현재의 작업 공간 범위를 벗어나는 위치에 해당하면, 슬레이브 제어부(260)는 제2 보상 제어 신호를 제2구동부(275)로 제공하여 가이드 튜브(210)를 평행 운동 또는 회전 운동을 하도록 동작시켜 제1 수술 도구(212) 또는 제2 수술 도구(214)가 목표 위치에 도달하도록 제어할 수 있다. 이때, 가이드 튜브(210)가 평행 운동할 때 발생하는 힘(토크) 및 회전 운동할 때 발생하는 힘(토크)은 각각 아래의 [수학식 5] 및 [수학식 6]를 이용하여 연산될 수 있다.

수학식 5

$$f_{GT} = \sum_i f_{GT,i}$$

[0127]

수학식 6

$$M_{GT} = \sum_i r_{GT,i} \times f_{GT,i}$$

[0128]

여기에서, $f_{GT,i}$ 는 아래의 [수학식 7]를 이용하여 연산될 수 있으며, $r_{GT,i}$ 는 아래의 [수학식 8]을 이용하여 연산될 수 있다.

[0129]

수학식 7

$$f_{GT,i} = \begin{cases} a_{GT} f_{stv,i}^0 |_{\partial W^\perp} & \text{if } x_{stv,i} \in \partial W \text{ and } f_{stv,i}^0 |_{\partial W^\perp} \text{ is outward} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

[0130]

여기에서, a_{GT} 는 가이드 튜브에 발생하는 힘의 슬레이브에 발생하는 힘에 대한 상대적 계인을 나타낸다.

[0131]

즉, [수학식 7]는 수술 도구의 현재 위치가 수술 도구의 작업 공간 경계면에 위치하고, 또한, 수술 도구에 적용

[0132]

하려는 힘($f_{stv,i}^0$)이 경계면으로부터 작업 공간의 바깥쪽을 향하는 경우

($x_{stv,i} \in \partial W$ and $f_{stv,i}^0 |_{\partial W^\perp}$ is outward)와, 수술 도구가 작업 공간 내에 위치하

거나 또는, 경계면에 위치하더라도 수술 도구에 적용하려는 힘($f_{stv,i}^0$)이 경계면으로부터 작업 공간 안쪽을

향하는 경우(*otherwise*) 각각에 대하여 가이드 튜브에 발생되는 힘을 구하는 식을 나타낸다.

[0133] 즉, 핸들부의 모션을 추종하는 힘을 계산한 결과 구체적으로, 수술 도구의 현재 위치가 수술 도구의 작업 공간 경계면 ∂W 에 위치하고, 또한, 수술 도구에 적용하려는 힘($f_{slv,i}^0$)이 작업 공간의 바깥쪽을 향하는 경우, 가이드 튜브에 발생시킬 힘은 수술 도구의 목표 위치에서 수술 도구의 현재 위치를 뺀 값에 위치 제어 이득을 곱한 값 및 수술 도구의 목표 속도에서 수술 도구의 목표 속도를 뺀 값에 속도 제어 이득을 곱한 값을 경계면에 수직 방향으로 투영(projection)시킨 값을 이용하여 연산될 수 있다.

[0134] 한편, 수술 도구가 작업 공간 내에 위치하거나 또는, 경계면에 있더라도 수술 도구에 적용하려는 힘($f_{slv,i}^0$)이 작업 공간의 바깥쪽을 향하지 않는 경우, 가이드 튜브에 발생시킬 힘은 0이다.

수학식 8

[0135]
$$r_{GT,i} = x_{slv,i} - c$$

[0136] 여기에서, c 는 작업 공간 W 의 회전 중심을 나타낸다.

[0137] 또한, 제1 수술 도구(212)와 제2 수술 도구(214) 중 하나의 수술 도구 예를 들어, 제1 수술 도구(212)에 대한 목표 위치만이 작업 공간의 범위를 벗어날 수도 있고, 또는, 제1 수술 도구(212)에 대한 목표 위치 및 제2 수술 도구(214)에 대한 목표 위치 모두 작업 공간의 범위를 벗어날 수도 있다.

[0138] 이중 첫 번째 경우 즉, 도 10의 (a)에 도시한 바와 같이, 제1 수술 도구(212)와 제2 수술 도구(214) 중 하나의 수술 도구 예로써, 제1 수술 도구(212)만 목표 위치가 화살표 방향으로 작업 공간의 범위를 벗어나는 위치에 해당하는 경우 슬레이브 제어부(260)는 다음과 같이 동작할 수 있다.

[0139] 예를 들어, 슬레이브 제어부(260)는 도 10의 (b)에 도시한 바와 같이, 제2구동부(275)에 제2 보상 제어 신호를 제공하여 가이드 튜브(210)가 화살표 방향으로 이동하도록 제어한다. 이때, 슬레이브 제어부(260)는 제1 수술 도구(212)에 대응되는 제1구동부(270)에는 제2 보상 제어 신호를 제공하지 않으므로써, 제1 수술 도구(212)는 정지한 상태에서 가이드 튜브(210)의 이동만으로 제1 수술 도구(212)가 목표 위치로 도달하도록 할 수 있다.

[0140] 이때, 도 10의 (b)와 같이 가이드 튜브(210)를 화살표 방향으로 이동시키면, 제1 수술 도구(212)는 원래의 위치(212')에서 화살표 방향으로 이동하여 목표 위치에 도달하는 동시에 제2 수술 도구(214)도 도면부호 214'의 위치로 이동하게 되는데, 제2 수술 도구(214)는 도면부호 214'의 위치가 아닌 제2핸들부(120R)의 모션에 대응되는 위치를 유지해야 하므로, 슬레이브 제어부(260)는 제2 수술 도구(214)에 대응되는 제1구동부(270)에 제2핸들부(120R)의 조작에 따른 제어 신호를 제공하여, 도 10의 (b)와 같이 제2 수술 도구(214)를 이동한 위치(214')로부터 가이드 튜브(210)의 동작을 상쇄하는 방향 즉, 화살표 방향으로 이동시켜 제2 수술 도구(214)는 제2핸들부(120R)의 모션을 추종하도록 제어할 수 있다.

[0141] 한편, 두 번째 경우 즉, 도 11에 도시한 바와 같이, 제1 수술 도구(212)에 대한 목표 위치 및 제2 수술 도구(214)에 대한 목표 위치(212' 및 214')가 모두 작업 공간의 범위를 벗어나는 위치에 해당하는 경우, 슬레이브 제어부(260)는 다음과 같이 동작할 수 있다.

[0142] 이러한 경우, 본 실시 예에서 슬레이브 제어부(260)는 제2구동부(275)로 제2 보상 제어 신호를 제공하여 가이드 튜브(210)를 동작시키되, 제1 수술 도구(212) 및 제2 수술 도구(214)에 대한 현재의 작업 공간을 제1 수술 도구(212)의 목표 위치와 제2 수술 도구(214)의 목표 위치를 모두 포함할 수 있는 작업 공간으로 변경되도록 동작시킨다. 이때, 슬레이브 제어부(260)는 제1 수술 도구(212) 및 제2 수술 도구(214) 각각에 대응되는 제1구동부

(270)에는 제2 보상 제어 신호를 제공하지 않음으로써, 제1 수술 도구(212) 및 제2 수술 도구(214)는 정지 상태를 유지하도록 할 수 있다.

[0143] 한편, 제1 수술 도구(212)의 목표 위치와 제2 수술 도구(214)의 목표 위치를 모두 포함할 수 있는 작업 공간이 존재하지 않는 경우에는 제1 수술 도구(212) 및 제2 수술 도구(214) 각각의 현재 위치와 목표 위치의 벡터 합이 최소화되도록 가이드 튜브(210)를 동작시킬 수 있다. 즉, 제1 수술 도구(212)의 목표 위치와 가장 근접한 위치 및 제2 수술 도구(214)의 목표 위치와 가장 근접한 위치를 모두 포함할 수 있는 작업 공간으로 변경되도록 가이드 튜브(210)를 동작시키는 것이다.

[0144] 이때, 슬레이브 제어부(260)는 상술한 바와 같이 제1 수술 도구(212)의 목표 위치 및 제2 수술 도구(214)의 목표 위치를 모두 포함하는 작업 공간이 존재하지 않음을 조작자에게 알리기 위하여 다음과 같은 동작을 수행할 수 있다.

[0145] 예를 들어, 슬레이브 제어부(260)는 제1 수술 도구(212) 및 제2 수술 도구(214)에 대한 상태 정보 예로써, 현재 위치 및 현재 속도를 검출하여 마스터 장치(100)로 제공한다. 여기에서, 제1 수술 도구(212) 및 제2 수술 도구(214)의 현재 위치 및 현재 속도는 상술한 바와 같이 각각 위치 검출부(222) 및 속도 검출부(224)를 통해 검출할 수 있다. 이와 같이 검출된 제1 수술 도구(212) 및 제2 수술 도구(214)의 현재 위치 및 현재 속도를 변환부(240)를 통해 제1핸들부(120L) 및 제2핸들부(120R)가 각각 추종해야 할 제1 수술 도구(212) 및 제2 수술 도구(214)의 모션에 대한 신호인 제2 동작 제어 신호로 변환한다. 그 다음, 변환된 제2 동작 제어 신호를 스케일링부(245)를 통해 기설정된 확대 비율로 스케일링한 후, 송신부(290)를 통해 마스터 장치(100)로 전송한다.

[0146] 슬레이브 장치(200)로부터 스케일링된 제2 동작 제어 신호를 전송받은 마스터 장치(100)는 위치/속도 에러 보상부(150)를 통해 제2 동작 제어 신호와 위치 검출부(122) 및 속도 검출부(124)를 통해 검출된 핸들부(120L, 120R) 각각의 현재 위치 및 현재 속도를 비교하고, 차이를 보상하기 위한 제1 보상 제어 신호를 생성한다. 이후, 마스터 제어부(160)는 생성된 제1 보상 제어 신호를 구동부(170)로 제공하고, 구동부(170)는 제1 보상 제어 신호에 따른 구동력을 제1핸들부(120L) 및 제2핸들부(120R)의 각 관절에 전달하여 제1핸들부(120L) 및 제2핸들부(120R)가 각각 제1 수술 도구(212) 및 제2 수술 도구(214)의 모션을 추종하도록 동작시킬 수 있다.

[0147] 이에 따라, 제1핸들부(120L) 및 제2핸들부(120R)에 각각 제1 수술 도구(212) 및 제2 수술 도구(214)의 위치 및 속도를 추종하도록 하는 피드백 힘이 발생되고, 조작자는 이와 같이 발생하는 피드백 힘을 감지함으로써, 제1 수술 도구(212) 및 제2 수술 도구(214)가 각각 작업 공간의 경계면에 근접했는지를 직관적으로 판단할 수 있다.

[0148] 이러한 경우, 즉, 모든 수술 도구(212, 214)에 대한 목표 위치가 작업 공간의 범위를 벗어나는 위치에 해당하는 경우에는, 조작자의 조작에 의해 작업 공간의 경계면에 근접한 제1 수술 도구(212) 및 제2 수술 도구(214)에 대한 우선 순위 예로써, 목표 위치로 이동시킬 우선 순위가 결정될 수 있다. 이를 위해, 조작자에 의해 제1핸들부(120L) 또는 제2핸들부(120R)가 발생된 피드백 힘이 상쇄되는 방향으로 조작되어야 한다.

[0149] 이에 대하여, 도 12를 참조하여 설명하면, 제1 수술 도구(212)와 제2 수술 도구(214)가 모두 작업 공간(W)의 경계면에 위치할 때, 제1 수술 도구(212)와 제2 수술 도구(214)를 동시에 작업 공간(W)의 범위를 벗어나는 목표 위치로 이동시키기 위해 조작자가 제1핸들부(120L)와 제2핸들부(120R)에 화살표 방향(실선)으로 동일한 힘을 가하면, 제1 수술 도구(212)와 제2 수술 도구(214)는 모두 동작하지 않는 정지 상태가 되고, 이러한 상태에 해당하는 피드백 힘을 제1핸들부(120L)와 제2핸들부(120R)에 화살표 방향(점선)으로 발생시켜 조작자가 감지할 수 있도록 한다.

[0150] 이후, 제1핸들부(120L)와 제2핸들부(120R)에 발생한 피드백 힘을 감지한 조작자는 제1 수술 도구(212)와 제2 수술 도구(214) 중 어느 수술 도구를 우선 목표 위치로 이동시킬지를 결정하고, 먼저 목표 위치로 이동시킬 수술 도구에 대응되는 핸들부에 가한 힘은 그대로 유지한 채로, 다른 수술 도구에 대응되는 핸들부는 발생된 피드백 힘을 상쇄시키는 방향으로 조작한다.

[0151] 이에 대하여, 도 12를 참조하여 설명하면, 전술한 바와 같은 상태에서 조작자가 제1 수술 도구(212)를 먼저 목표 위치로 이동시키는 것으로 결정하였다면, 조작자는 제1 수술 도구(212)를 제어하는 제1핸들부(120L)에 가한 힘(실선의 화살표 방향)은 그대로 유지한 채로, 제2 수술 도구(214)를 제어하는 제2핸들부(120R)에 가한 힘(실선의 화살표 방향)은 해소한다. 즉, 제2핸들부(120R)에 발생된 피드백 힘(점선의 화살표 방향)을 상쇄시키는 방향으로 조작하는 것이다.

[0152] 이에 따라, 제2 수술 도구(214)도 제1 수술 도구(212)의 목표 위치 방향과 동일한 방향으로 이동할 수 있고, 결과적으로 작업 공간(W)의 범위가 변경되면서 제1 수술 도구(212)는 조작자가 요구한 목표 위치로 이동하고, 제1

수술 도구(212) 및 제2 수술 도구(214)는 변경된 작업 공간(W)의 범위 내에 모두 포함될 수 있다.

- [0153] 도 13에는 가이드 튜브(210)의 평행 이동에 의해 수술 도구의 작업 공간이 평행하게 이동한 예를 도시하였으며, 도 14에는 가이드 튜브(210)의 회전 이동에 의해 수술 도구의 작업 공간이 회전하여 이동한 예를 도시하였다.
- [0154] 즉, 도 13을 참조하면, 도면부호 1은 제1핸들부(120L) 및 제2핸들부(120R)가 각각 조작자에 의해 조작되지 않고, 제1 수술 도구(212)와 제2 수술 도구(214)는 각각 작업 공간(W)의 경계면에 접근한 상태를 나타낸다.
- [0155] 이때, 도면부호 2의 상황과 같이 조작자가 제2 수술 도구(214)를 작업 공간(W)을 벗어나는 위치로 이동시키려고 제2핸들부(120R)를 화살표 방향(a)으로 조작하면, 제2핸들부(120R)에는 조작자가 가하는 힘(b)을 상쇄시키는 방향으로 피드백 힘(b')이 발생하게 된다.
- [0156] 한편, 제2 수술 도구(214)를 목표 위치로 이동시키기 위해 도면부호 3과 같이 가이드 튜브(미도시)가 화살표 방향(c)으로 이동하게 되는데, 이에 따라 제2 수술 도구(214)는 목표 위치 방향으로 이동할 수 있다. 이때, 제2 수술 도구(214)가 이동함에 따라 제2 수술 도구(214)와 제1 수술 도구(212) 간의 거리 제약으로 인하여 제1 수술 도구(212)를 제어하는 제1핸들부(120L)에는 제2 수술 도구(214)의 이동 방향을 따라 이동하려는 피드백 힘(d')이 발생하게 되고, 제1 수술 도구(212)가 현 위치를 유지하도록 조작자는 제1핸들부(120L)로 상술한 힘(d')에 대응되는 힘(d)을 가하게 된다.
- [0157] 제1 수술 도구(212)와 제2 수술 도구(214) 사이에는 최대로 멀어질 수 있는 거리가 존재한다. 즉, 가이드 튜브로부터 분기되는 제1 수술 도구(212)와 제2 수술 도구(214) 간에는 일정 거리 이상은 멀어질 수 없는 제약이 있다. 예를 들어, 도 13에서 작업 공간(W) 경계면에 각각 접근한 상태인 제1 수술 도구(212)와 제2 수술 도구(214)는 최대한 멀어진 상태인 것으로 이해될 수 있다.
- [0158] 따라서, 상술한 바와 같이 제2 수술 도구(214)가 목표 위치를 향하여 이동함에 따라 제1 수술 도구(212)는 더 이상 제2 수술 도구(214)와 멀어질 수 없으므로, 제2 수술 도구(214)가 이동하는 방향으로 이동하려고 하는 것이다. 또한, 제1 수술 도구(212)가 이동하려고 함으로써, 제1 핸들부(120L)에 대응되는 피드백 힘이 발생할 수 있다.
- [0159] 이런 경우는 가이드 튜브(미도시)가 이동해도 제1 수술 도구(212) 및 제2 수술 도구(214)를 모두 포함하는 작업 공간(W)이 존재하지 않는 경우에 해당할 수 있다. 이러한 때에는 도면부호 4와 같이, 제1 수술 도구(212)와 제2 수술 도구(214)가 제1핸들부(120L)에 발생한 피드백 힘(b')의 벡터와 제2핸들부(120R)에 발생한 피드백 힘(d')의 벡터 합이 최소화되는 작업 공간(W)을 갖도록 가이드 튜브(미도시)가 이동할 수 있다.
- [0160] 또한, 도 14를 참조하면, 도면부호 1은 제1핸들부(120L) 및 제2핸들부(120R)가 각각 조작자에 의해 조작되지 않고, 제1 수술 도구(212)와 제2 수술 도구(214)는 각각 작업 공간(W)의 경계면에 접근한 상태를 나타낸다.
- [0161] 이때, 도면부호 2의 상황과 같이 조작자가 제2 수술 도구(214)를 작업 공간(W)을 벗어나는 위치로 이동시키려고 제2핸들부(120R)에 화살표 방향(b)으로 힘을 가하면, 제2핸들부(120R)에는 조작자가 가하는 힘(b)을 상쇄시키는 방향으로 피드백 힘(b')이 발생하게 된다. 한편, 이러한 상태에서 도면부호 2에 표시한 바와 같이, 가이드 튜브가 화살표(c) 방향으로 회전함으로써, 도면부호 3과 같이 작업 공간(W)이 회전할 수 있다.
- [0162] 송신부(290)는 마스터 장치(100)의 수신부(195)와 짝을 이루어 동작하는 부분이다. 송신부(290)는 스케일링부(245)를 통해 확대 비율로 스케일링된 제2 동작 제어 신호 및 영상 획득부(230)를 통해 획득된 영상 데이터를 마스터 장치(100)로 송신할 수 있다.
- [0163] 이상으로, 도 7을 참조하여 본 실시 예에 따른 수술 로봇 시스템 구성의 일 예를 설명하였다. 이때, 본 실시 예에서는 마스터 장치(100)에는 축소 비율로 스케일링하는 스케일링부(135)가 포함되고, 슬레이브 장치(200)에는 확대 비율로 스케일링하는 스케일링부(245)가 각각 별도로 마련된 예를 설명하고 있으나, 이는 하나의 실시 예에 불과하며, 마스터 장치(100)에 축소 비율로 스케일링하는 축소 스케일링부 및 확대 비율로 스케일링하는 확대 스케일링부가 모두 포함되도록 구현하거나, 반대로 슬레이브 장치(100)에 축소 스케일링부와 확대 스케일링부가 모두 포함되도록 구현하거나, 또는, 마스터 장치(100)에는 확대 비율로 스케일링하는 확대 스케일링부가 포함되고, 슬레이브 장치(200)에는 축소 비율로 스케일링하는 축소 스케일링부가 포함되도록 구현하는 것 역시 가능할 것이다.
- [0164] 또한, 본 실시 예에 따른 수술 로봇 시스템은 조작자가 수술 도구를 현재의 작업 공간의 범위를 벗어나도록 동작시키는 경우 가이드 튜브를 연동하여 동작시킴으로써, 작업 공간을 확보하며 수술 도구의 동작을 수행할 수 있다. 이때, 가이드 튜브의 연동에도 불구하고, 복수의 수술 도구 각각의 목표 위치를 모두 포함하는 작업 공간

이 존재하지 않는 경우에는 조작자가 쥐고 있는 핸들부에 힘을 발생시켜 조작자가 이러한 상태를 감지할 수 있도록 한다. 이후, 조작자가 핸들부 중 일부 또는 전체 핸들부를 발생된 힘이 상쇄되는 방향으로 조작함으로써, 복수의 수술 도구 중 일부 수술 도구에 대하여 우선적으로 목표 위치로 이동시킬 수 있다.

- [0165] 이후, 본 실시 예에 따른 수술 로봇 시스템의 제어 방법에 대하여 도면을 참조하여 설명한다.
- [0166] 도 8은 수술 로봇 시스템의 제어 방법의 일 예를 순차적으로 도시한 흐름도이고, 도 9는 수술 로봇 시스템의 제어 방법의 다른 예를 순차적으로 도시한 흐름도이다. 이에 대하여, 도 7에 도시한 수술 로봇 시스템의 구성을 참조하여 설명한다.
- [0167] 본 발명의 일 실시 예에 따른 수술 로봇 시스템의 제어 방법은 슬레이브 장치(200)가 수술 도구를 하나만 구비한 경우에 대한 예이다.
- [0168] 도 8을 참조하면, 본 실시 예에 따른 수술 로봇 시스템의 제어 방법은 우선, 마스터 장치(100)는 슬레이브 장치(200)로 제어 신호를 전송한다(S801). 여기에서, '제어 신호'는 마스터 장치(100)의 제어 신호 생성부(140)를 통해 생성된 제1 동작 제어 신호일 수 있다. 본 실시 예에서 제1 동작 제어 신호는 핸들부의 각 관절에 마련된 위치 검출부(122) 및 속도 검출부(124)를 통해 검출된 핸들부의 각 관절에 대한 위치 및 속도를 이용하여 생성된 신호로서, 수술 도구가 추종해야 할 핸들부의 모션에 대한 신호로 이해될 수 있다.
- [0169] 다음, 슬레이브 장치(200)의 슬레이브 제어부(260)는 마스터 장치(100)로부터 전송받은 제1 동작 제어 신호에 포함된 수술 도구의 목표 위치가 해당 수술 도구의 현재 작업 공간의 범위를 벗어나는 위치에 해당하는지를 판단한다(S803). 판단 결과, 목표 위치가 현재 작업 공간의 범위를 벗어나는 위치에 해당하면, 슬레이브 제어부(260)는 제2구동부(275)로 제1 동작 제어 신호를 제공하여 가이드 튜브(210)를 동작시켜 해당 수술 도구를 목표 위치로 이동시킨다(S805). 한편, 판단 결과, 목표 위치가 현재 작업 공간의 범위를 벗어나는 위치에 해당하지 않으면, 슬레이브 제어부(260)는 제1구동부(270)로 제1 동작 제어 신호를 제공하여 수술 도구를 직접 움직여 목표 위치로 이동시킨다(S807).
- [0170] 한편, 본 발명의 다른 실시 예에 따른 수술 로봇 시스템의 제어 방법은 슬레이브 장치가 복수 개의 수술 도구를 구비한 경우에 대한 예이다. 이와 같이, 복수 개의 수술 도구를 구비한 경우, 가이드 튜브에 결합된 복수 개의 수술 도구는 서로 간의 거리가 제한되어 있으므로, 동작에 제약받을 수 있다.
- [0171] 도 9를 참조하면, 본 실시 예에 따른 수술 로봇 시스템의 제어 방법은 우선, 마스터 장치(100)는 슬레이브 장치(200)로 제1 동작 제어 신호를 전송한다(S901).
- [0172] 다음, 슬레이브 장치(200)의 슬레이브 제어부(260)는 마스터 장치(100)로부터 전송받은 제1 동작 제어 신호에 포함된 복수 개의 수술 도구 중 하나의 수술 도구에 대한 목표 위치가 현재 작업 공간의 범위를 벗어나는 위치에 해당하는지를 판단한다(S903). 본 실시 예에서는 상술한 복수 개의 수술 도구로, 도 4에 도시한 바와 같이, 제1 수술 도구(212) 및 제2 수술 도구(214)를 포함하는 두 개의 수술 도구를 예를 들어 설명할 것이나, 본 발명이 적용될 수 있는 수술 도구의 개수가 특별히 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0173] 판단 결과, 제1 수술 도구(212)와 제2 수술 도구(214) 중 하나의 수술 도구(이를 제1 수술 도구(212)라 하자)에 대한 목표 위치만이 현재 작업 공간의 범위를 벗어나는 위치에 해당하면, 슬레이브 제어부(260)는 제1 동작 제어 신호를 제2구동부(275)에 제공하여 가이드 튜브(210)를 동작시켜 제1 수술 도구(212)를 목표 위치로 이동시킨다(S905). 이때, 슬레이브 장치(200)의 슬레이브 제어부(260)는 제2 수술 도구(214)에 대한 제1구동부(270)에도 제1 동작 제어 신호를 제공하여 제2 수술 도구(214)를 가이드 튜브(210)의 움직임을 상쇄하는 방향으로 이동시킨다(S907).
- [0174] 다음, 슬레이브 제어부(260)는 제2 수술 도구(214)를 가이드 튜브(210)의 움직임을 상쇄하는 방향으로 이동시키는 도중, 동작하는 제2 수술 도구(214)에 대한 목표 위치 즉, 당초 제1 동작 제어 신호에 따른 제2 수술 도구(214)에 대한 목표 위치가 가이드 튜브(210)의 움직임에 따라 변경된 작업 공간의 범위를 벗어나는 위치에 해당하는지를 판단한다(S909).
- [0175] 단계 S909에 대한 판단 결과, 제2 수술 도구(214)에 대한 목표 위치가 변경된 작업 공간의 범위를 벗어나는 위치에 해당하면, 슬레이브 제어부(260)는 제1 수술 도구(212) 및 제2 수술 도구(214) 각각의 현재 위치와 목표 위치의 차이 벡터 크기가 최소화되도록 가이드 튜브(210)를 동작시킨다(S911). 이때, 슬레이브 제어부(260)는 제1 수술 도구(212) 및 제2 수술 도구(214) 각각의 현재 위치 및 현재 속도를 검출하여 마스터 장치(100)로 전

송한다(S913).

- [0176] 제1 수술 도구(212) 및 제2 수술 도구(214) 각각의 현재 위치 및 현재 속도를 전송받은 마스터 장치(100)의 마스터 제어부(160)는 위치/속도 에러 보상부(150)를 통해 제1 수술 도구(212) 및 제2 수술 도구(214) 각각의 현재 위치 및 현재 속도와 목표 위치 및 목표 속도를 비교하고 그 차이를 보상할 수 있는 제1 보상 제어 신호를 생성한다. 이후, 마스터 제어부(160)는 생성된 제1 보상 제어 신호를 구동부(170)로 제공하여 제1핸들부(120L) 및 제2핸들부(120R)를 각각 제1 수술 도구(212) 및 제2 수술 도구(214)의 모션을 추종하는 방향으로 힘을 발생 시킨다(S915).
- [0177] 다음, 마스터 제어부(160)는 제1핸들부(120L) 및 제2핸들부(120R) 중 발생된 힘이 상쇄되는 방향으로 조작되는 핸들부를 검출하고(S917), 조작된 핸들부를 포함하는 모든 핸들부의 각 관절에 대한 위치 및 속도를 검출하고, 검출된 위치 및 속도를 이용하여 상기 조작된 핸들부에 대응되는 수술 도구의 목표 위치가 수정된 제1 동작 제어 신호를 생성하고(S919), 생성된 제1 동작 제어 신호를 슬레이브 장치(200)로 전송한다(S901).
- [0178] 이후, 슬레이브 제어부(260)는 상술한 단계 S919를 통해 생성된 제1 동작 제어 신호에 포함된 제1 수술 도구(212)에 대한 목표 위치 및 제2 수술 도구(214)에 대한 목표 위치 중 하나의 수술 도구에 대한 목표 위치만이 작업 공간 범위를 벗어나는 위치에 해당하는지를 판단한 후(S903), 작업 공간 범위를 벗어나는 위치에 해당하는 목표 위치를 갖는 수술 도구가 하나인 경우에는 단계 S905부터 순차적으로 실행할 수 있다.
- [0179] 한편, 단계 S903에 대한 판단 결과, 하나의 수술 도구에 대한 목표 위치만이 작업 공간의 범위를 벗어나는 것이 아닌 경우에는 모든 수술 도구의 목표 위치 즉, 제1 수술 도구(212)에 대한 목표 위치 및 제2 수술 도구(214)에 대한 목표 위치가 모두 작업 공간의 범위를 벗어나는지를 판단한다(S920). 판단 결과, 제1 수술 도구(212)에 대한 목표 위치 및 제2 수술 도구(214)에 대한 목표 위치가 모두 작업 공간의 범위를 벗어나는 경우에는 단계 S911부터 순차적으로 실행할 수 있다.
- [0180] 또한, 단계 S920에 대한 판단 결과, 제1 수술 도구(212)에 대한 목표 위치 및 제2 수술 도구(214)에 대한 목표 위치가 모두 작업 공간의 범위를 벗어나지 않는 경우, 슬레이브 제어부(260)는 제1 동작 제어 신호를 제1구동부(270)에 제공하여 가이드 튜브(210)는 움직이지 않고, 제1 수술 도구(212) 및 제2 수술 도구(214)만을 동작시켜 각각의 목표 위치로 이동시킬 수 있다(S921).
- [0181] 이상으로 본 발명의 실시 예들을 설명하였다. 전술한 실시 예들에서 마스터 장치(100) 및 슬레이브 장치(200)를 구성하는 일부 구성요소들은 일종의 '모듈(module)'로 구현될 수 있다. 여기에서, '모듈'은 소프트웨어 또는 FPGA(Field Programmable Gate Array) 또는 주문형 반도체(Application Specific Integrated Circuit, ASIC)와 같은 하드웨어 구성요소를 의미하며, 모듈은 어떤 역할들을 수행할 수 있다. 그러나, 모듈은 소프트웨어 또는 하드웨어에 한정되는 의미는 아니다. 모듈은 어드레싱할 수 있는 저장 매체에 있도록 구성될 수도 있고 하나 또는 그 이상의 프로세서들을 실행시키도록 구성될 수도 있다.
- [0182] 일 예로서 모듈은 소프트웨어 구성요소들, 객체지향 소프트웨어 구성요소들, 클래스 구성요소들 및 태스크 구성요소들과 같은 구성요소들, 프로세스들, 함수들, 속성들, 프로시저들, 서브루틴들, 프로그램 코드의 세그먼트들, 드라이버들, 펌웨어, 마이크로코드, 회로, 데이터, 데이터베이스, 데이터 구조들, 테이블들, 어레이들, 및 변수들을 포함할 수 있다. 구성요소들과 모듈들에서 제공되는 기능은 더 작은 수의 구성요소들 및 모듈들로 결합되거나 추가적인 구성요소들과 모듈들로 더 분리될 수 있다. 게다가, 상기 구성요소들 및 모듈들은 디바이스 내에서 하나 또는 그 이상의 CPU를 실행할 수 있다.
- [0183] 본 발명의 일부 실시 예들은 전술한 실시 예의 적어도 하나의 처리 요소를 제어하기 위한 컴퓨터 판독 가능한 코드/명령을 포함하는 매체 예를 들면, 컴퓨터 판독 가능한 매체를 통해 구현될 수도 있다. 상기 매체는 상기 컴퓨터 판독 가능한 코드의 저장 및/또는 전송을 가능하게 하는 매체/매체들에 대응할 수 있다.
- [0184] 상기 컴퓨터 판독 가능한 코드는, 매체에 기록될 수 있을 뿐 아니라, 인터넷을 통해 전송될 수도 있는데, 상기 매체는 예를 들어, ROM, RAM, CD-ROM, 마그네틱 테이프, 플로피 디스크, 광학 기록 매체, 인터넷을 통한 데이터 전송(data transmission)과 같은 반송파(carrier wave)를 포함할 수 있다. 또한, 상기 매체는 비일시적인 컴퓨터로 판독 가능한 매체일 수도 있다. 상기 매체들은 분산 네트워크일 수도 있으므로, 컴퓨터로 읽을 수 있는 코드는 분산 방식으로 저장 및 전송되고 실행될 수 있다. 또한, 더 나아가, 일 예로써, 처리 요소는 프로세서 또는 컴퓨터 프로세서를 포함할 수 있고, 상기 처리 요소는 하나의 디바이스 내에 분산 및/또는 포함될 수 있다.

[0185] 이상 본 발명을 구체적인 실시 예를 통하여 상세히 설명하였으나, 이는 본 발명을 구체적으로 설명하기 위한 것으로 본 발명은 이에 한정되지 않으며, 본 발명의 기술적 사상 내에서 당 분야의 통상의 지식을 가진 자에 의해 그 변형이나 개량이 가능함이 명백하다.

[0186] 본 발명의 단순한 변형 내지 변경은 모두 본 발명의 영역에 속하는 것으로 본 발명의 구체적인 보호 범위는 첨부된 특허청구범위에 의하여 명확해질 것이다.

부호의 설명

- [0187] 100 : 마스터 장치
 102L, 102R : 손목 지지부
 103L, 103R : 지지 링크
 104L, 104R : 팔꿈치 지지부
 106L, 106R : 연결 링크
 107L, 107R : 관절
 110L, 110R : 클러치 페달
 120L, 120R : 핸들부
 122, 222 : 위치 검출부
 124, 224 : 속도 검출부
 135, 245 : 스케일링부
 140 : 제어 신호 생성부
 150, 250 : 위치/속도 에러 보상부
 160 : 마스터 제어부
 170 : 구동부
 180 : 디스플레이부
 190, 290 : 송신부
 195, 295 : 수신부
 200 : 슬레이브 장치
 201 : 캐스터부
 202 : 몸체
 203 : 제1관절부
 204 : 제1링크부
 205 : 제2관절부
 206 : 제2링크부
 207 : 제3관절부
 208 : 제3링크부
 209 : 수술 도구 어셈블리
 210 : 가이드 튜브

212, 214 : 수술 도구

216 : 내시경

226 : 영상 획득부

240 : 변환부

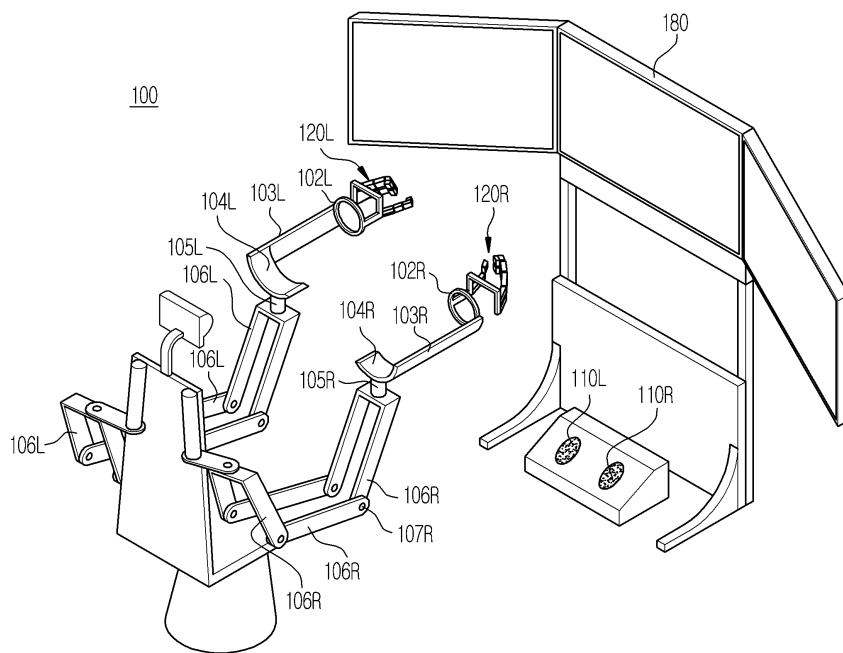
260 : 슬라이브 제어부

270 : 제1구동부

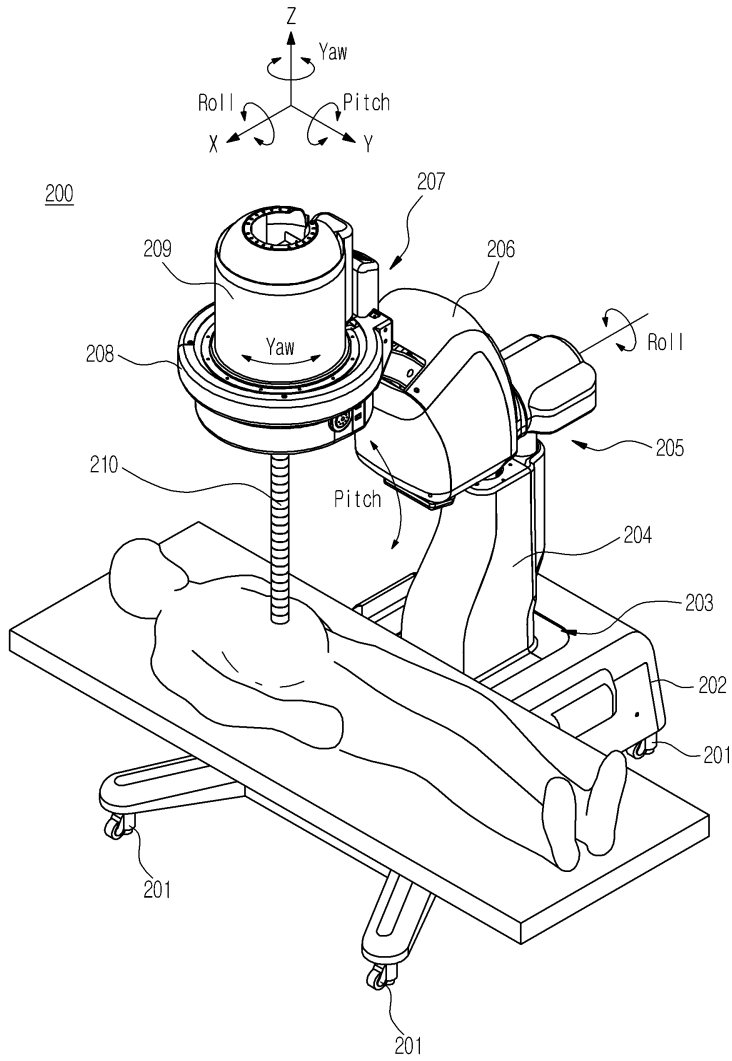
275 : 제2구동부

도면

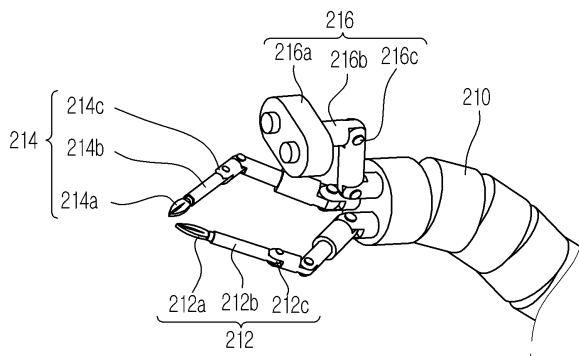
도면1



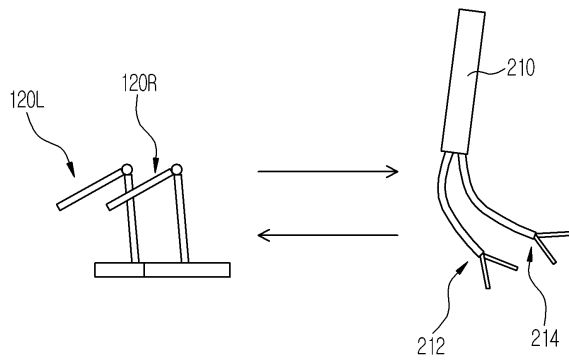
도면2



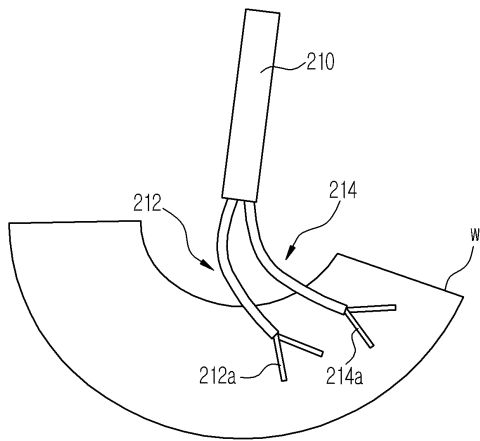
도면3



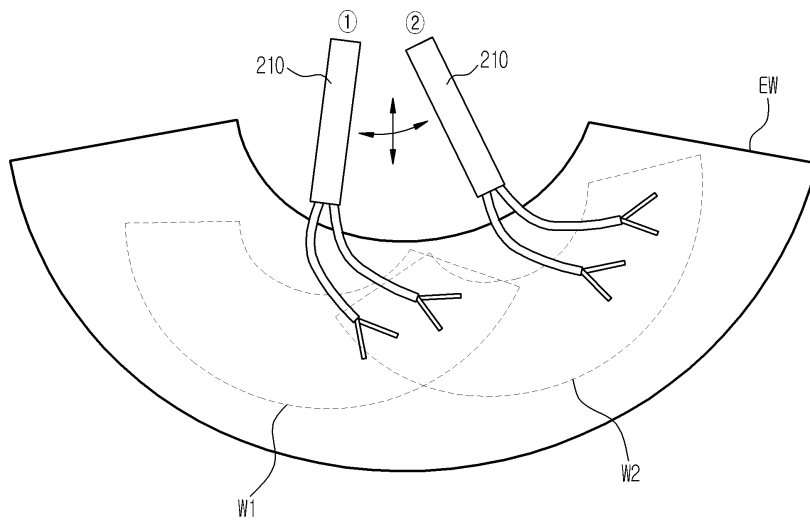
도면4



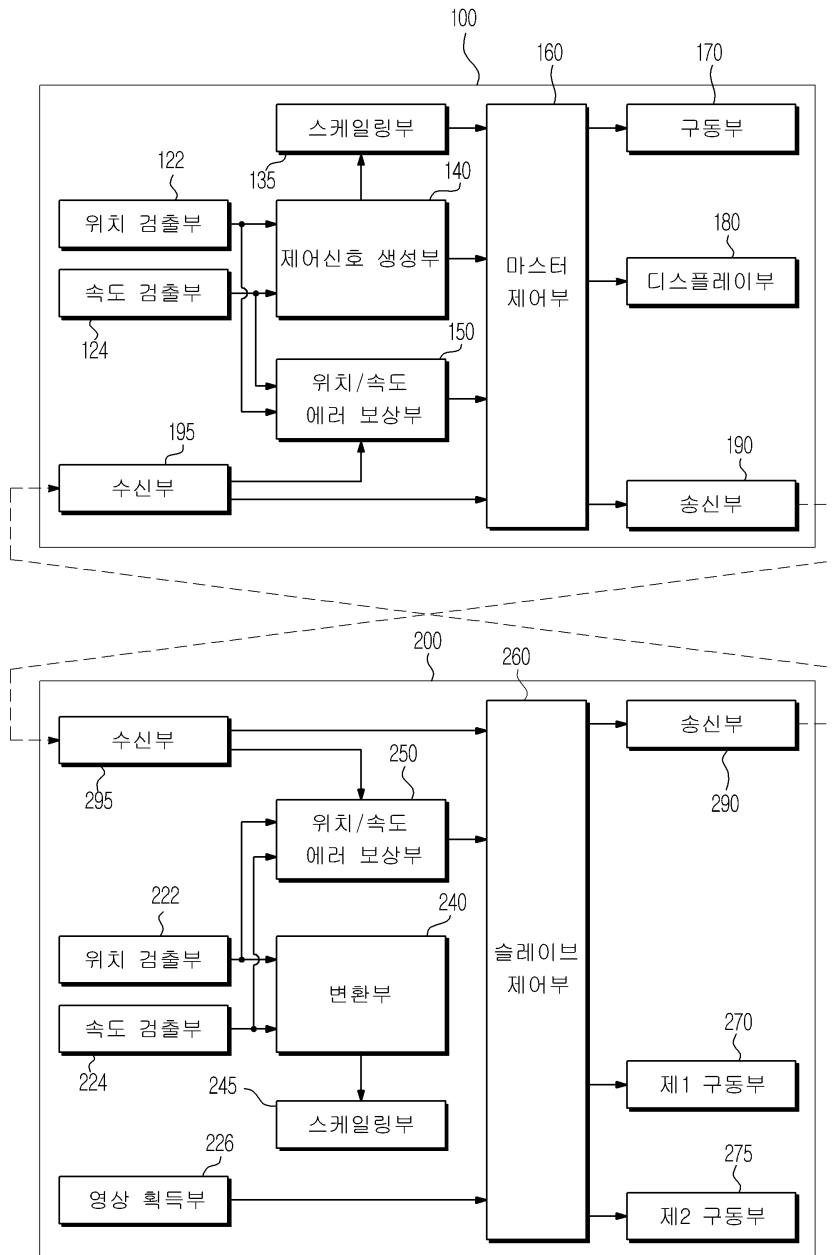
도면5



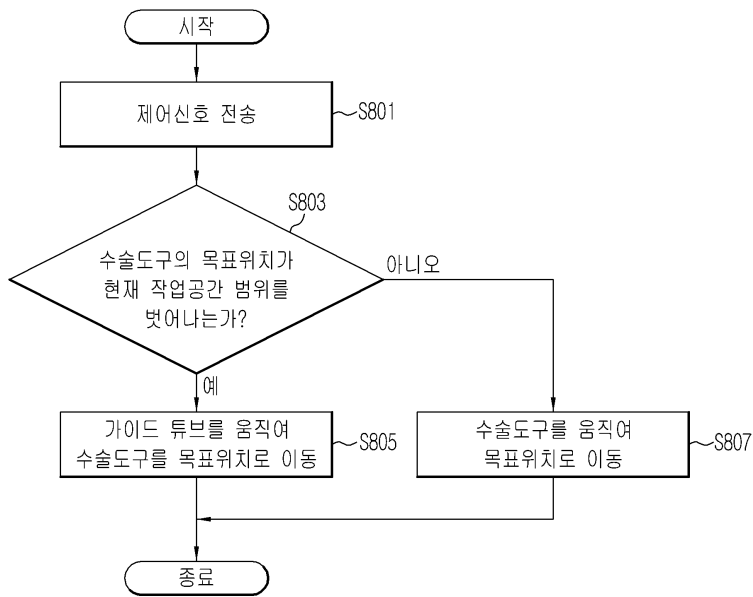
도면6



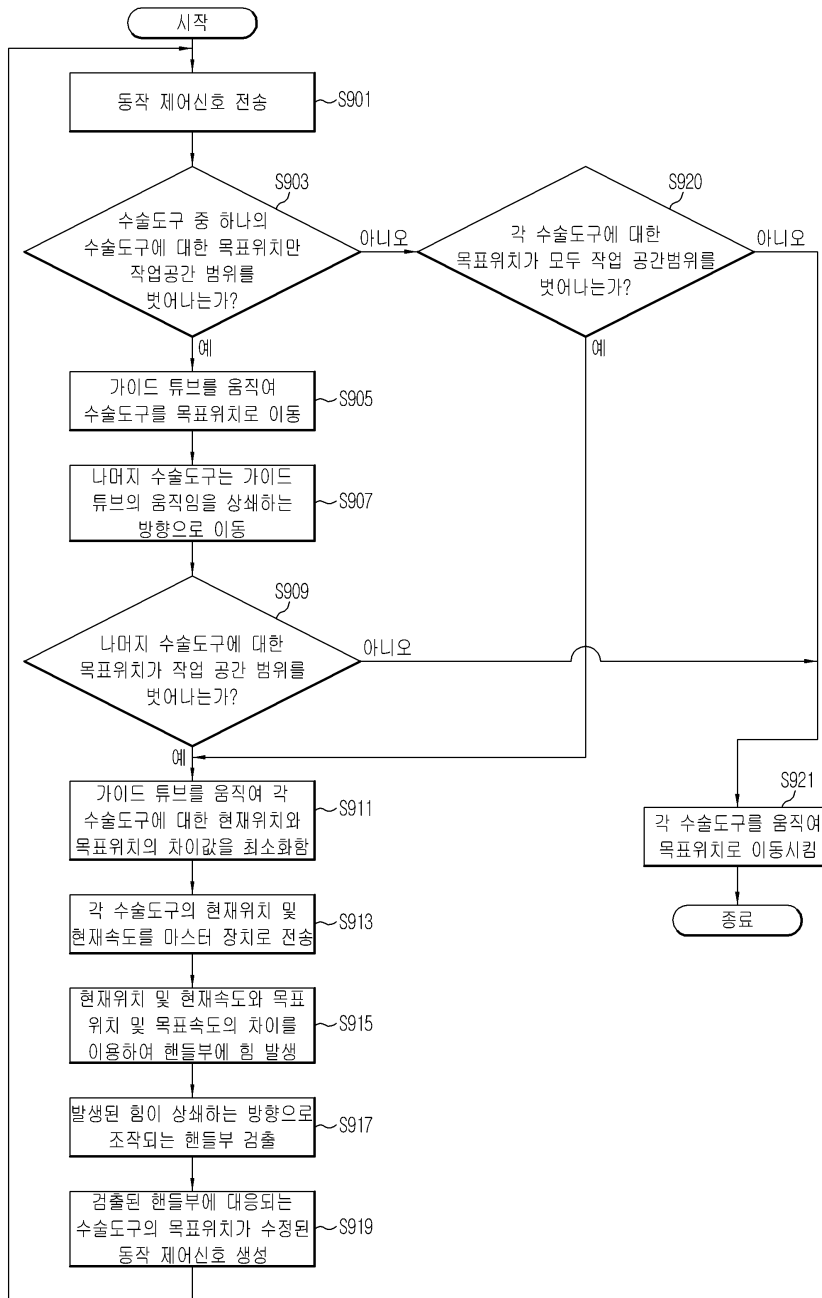
도면7



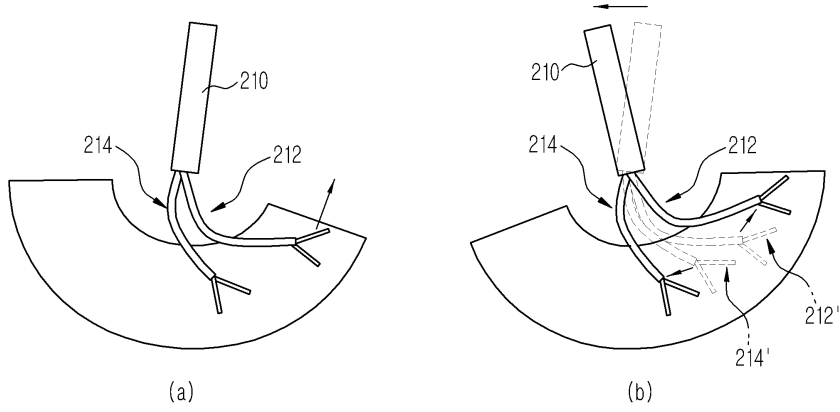
도면8



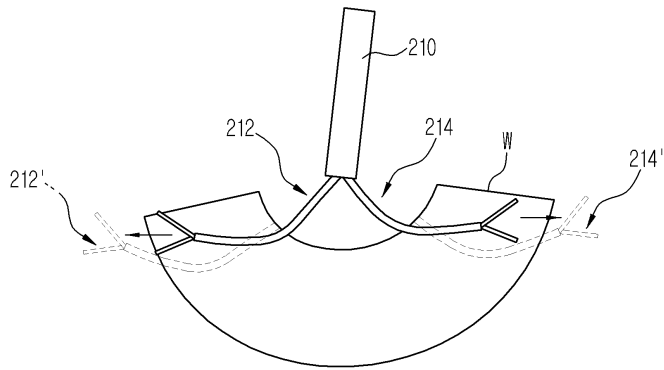
도면9



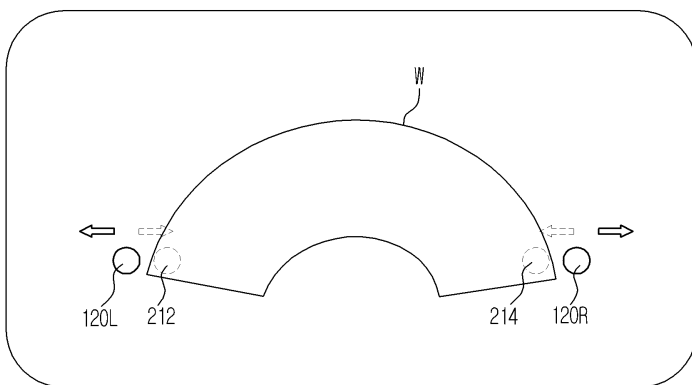
도면10



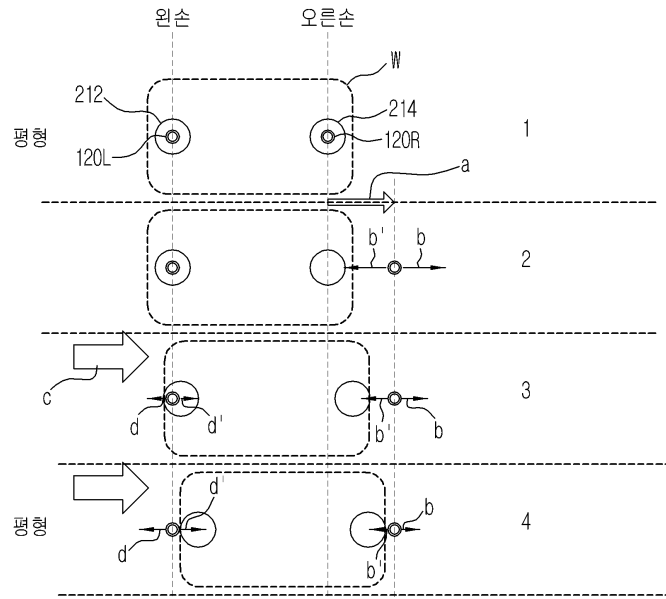
도면11



도면12



도면13



도면14

