



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년09월23일  
(11) 등록번호 10-2303657  
(24) 등록일자 2021년09월13일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
A61B 34/30 (2016.01) A61B 34/20 (2016.01)  
A61B 90/00 (2016.01) B25J 9/16 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
A61B 34/30 (2016.02)  
B25J 9/1653 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2016-7008754  
(22) 출원일자(국제) 2014년10월03일  
심사청구일자 2019년09월24일  
(85) 번역문제출일자 2016년04월01일  
(65) 공개번호 10-2016-0067110  
(43) 공개일자 2016년06월13일  
(86) 국제출원번호 PCT/US2014/059005  
(87) 국제공개번호 WO 2015/051233  
국제공개일자 2015년04월09일  
(30) 우선권주장  
61/886,838 2013년10월04일 미국(US)  
(56) 선행기술조사문헌  
KR1020100015551 A  
KR1020110118639 A  
KR1020110118640 A

(73) 특허권자  
스트리커 코퍼레이션  
미국 미시간주 49002 칼라마주 에어뷰 불러바드 2825  
(72) 발명자  
마라코우스키, 도날드, 더블유.  
미국, 미시간 49087, 스쿨크래프트, 프레리 론데 16055  
(74) 대리인  
박경재

전체 청구항 수 : 총 25 항

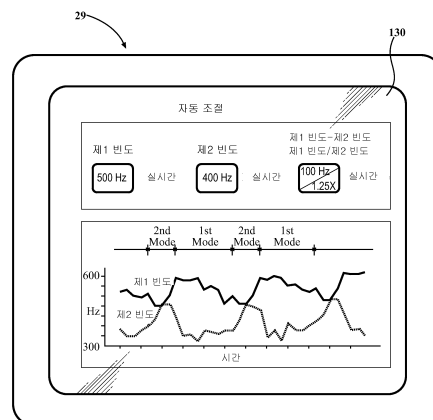
심사관 : 김병수

(54) 발명의 명칭 대상과 상호작용하기 위한 시스템 및 방법

(57) 요약

로봇 시스템에서 툴을 위치시키기 위한 시스템 및 방법은 제1 빈도로 툴에 대한 주 위치 정보를 결정하고 제2 빈도로 툴에 대한 2차 위치 정보를 결정하는 것을 포함한다. 툴은 주 위치 정보 및 2차 위치 정보에 기초하여 제1 위치 제어 모드 및 제2 위치 제어 모드에서 이동된다. 제1 위치 제어 모드와 제2 위치 제어 모드 각각에서 제1 빈도 및 제2 빈도 중 적어도 하나가 조절된다. 제1 위치 제어 모드에서 제1 빈도와 제2 빈도 간 차이는 제2 위치 제어 모드에서 제1 빈도와 제2 빈도 간 차이와는 상이하다.

대표도 - 도6



(52) CPC특허분류

A61B 2034/2055 (2016.02)

A61B 2034/2059 (2016.02)

A61B 2090/0818 (2016.02)

G05B 2219/45117 (2013.01)

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

대상과 상호작용하기 위한 시스템에 있어서, 상기 시스템은,

베이스 및 복수의 링크지들을 갖는 로봇 매니퓰레이터;

상기 로봇 매니퓰레이터에 결합되고, 상기 대상과 상호작용하기 위해 상기 베이스에 관하여 이동할 수 있는, 툴;

제1 빈도로 주 위치 정보를 제공하기 위해 상기 복수의 링크지들에 연관된 복수의 위치 센서들;

제2 빈도로 2차 위치 정보를 제공하기 위한 로컬라이저;

상기 주 위치 정보 및 상기 2차 위치 정보에 기초하여 제1 위치 제어 모드 및 제2 위치 제어 모드에서 상기 대상에 관하여 상기 툴을 위치시키게 구성된 위치 제어기; 및

상기 제1 위치 제어 모드에서의 상기 제1 빈도와 제2 빈도 간의 차이가 상기 제2 위치 제어 모드에서의 상기 제1 빈도와 제2 빈도 간의 차이와는 상이하도록 상기 제1 위치 제어 모드와 제2 위치 제어 모드 각각에서 상기 제1 빈도 및 제2 빈도 중 적어도 하나를 조절하게 구성된 빈도 제어기

를 포함하는, 시스템.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 주 위치 정보는 매니퓰레이터 좌표 시스템에서 상기 툴의 이동을 코멘드하기 위한 엔코더-기반의 위치 코멘드들을 포함하는,

시스템.

#### 청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 2차 위치 정보는 로컬라이저 좌표 시스템에서 매니퓰레이터 좌표 시스템으로 변환된 내비게이션-기반의 위치 및 방위 데이터를 포함하는,

시스템.

#### 청구항 4

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 제1 위치 제어 모드에서의 상기 제1 빈도와 제2 빈도 간의 상기 차이는 상기 제2 위치 제어 모드에서의 상기 제1 빈도와 제2 빈도 간의 상기 차이보다 큰,

시스템.

#### 청구항 5

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 제1 위치 제어 모드에서의 상기 제1 빈도와 제2 빈도 간의 상기 차이는 비-제로인,

시스템.

#### 청구항 6

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 제1 위치 제어 모드에서 상기 제1 빈도는 상기 제2 빈도보다 큰,  
시스템.

#### 청구항 7

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 제2 위치 제어 모드에서의 상기 제1 빈도와 제2 빈도 간의 상기 차이는 제로인,  
시스템.

#### 청구항 8

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 제2 위치 제어 모드에서 상기 제1 빈도는 상기 제2 빈도와 동일한,  
시스템.

#### 청구항 9

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 제1 위치 제어 모드에서 상기 제2 빈도는 상기 제1 빈도의 1/10 이하이고, 상기 제2 위치 제어 모드에서  
상기 제2 빈도는 상기 제1 빈도의 1/10 이상인,  
시스템.

#### 청구항 10

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 제1 빈도와 제2 빈도 간의 상기 차이는 상기 톨의 위치적 속도에 영향을 미치는,  
시스템.

#### 청구항 11

제10항에 있어서,

상기 제1 위치 제어 모드에서의 상기 톨의 상기 위치적 속도는 상기 제2 위치 제어 모드에서의 상기 톨의 상기  
위치적 속도보다 큰,  
시스템.

#### 청구항 12

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 제1 빈도와 제2 빈도 간의 상기 차이는 상기 톨의 위치적 정확도에 영향을 미치는,  
시스템.

#### 청구항 13

제12항에 있어서,

상기 제2 위치 제어 모드에서의 상기 톨의 상기 위치적 정확도는 상기 제1 위치 제어 모드에서의 상기 톨의 상  
기 위치적 정확도보다 큰,  
시스템.

#### 청구항 14

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 제1 빈도 및 제2 빈도 중 적어도 하나의 선택적 조절을 할 수 있게 하기 위해 상기 빈도 제어기에 결합된 인터페이스를 더 포함하는,

시스템.

#### 청구항 15

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 제1 위치 제어 모드와 제2 위치 제어 모드의 선택을 할 수 있게 하기 위해 상기 빈도 제어기에 결합된 인터페이스를 더 포함하는,

시스템.

#### 청구항 16

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 복수의 위치 센서들은 복수의 위치 엔코더들을 포함하는,

시스템.

#### 청구항 17

로봇 시스템에서 툴을 위치시키기 위한 방법에 있어서, 상기 방법은,

제1 빈도로 상기 툴에 대한 주 위치 정보를 결정하는 단계;

제2 빈도로 상기 툴에 대한 2차 위치 정보를 결정하는 단계;

상기 주 위치 정보 및 상기 2차 위치 정보에 기초하여 제1 위치 제어 모드 및 제2 위치 제어 모드에서 상기 툴을 이동시키는 단계; 및

상기 제1 위치 제어 모드에서의 상기 제1 빈도와 제2 빈도 간의 차이가 상기 제2 위치 제어 모드에서의 상기 제1 빈도와 제2 빈도 간의 차이와는 상이하도록 상기 제1 위치 제어 모드와 제2 위치 제어 모드 각각에서 상기 제1 빈도 및 제2 빈도 중 적어도 하나를 조절하는 단계

를 포함하는, 방법.

#### 청구항 18

제17항에 있어서,

주 위치 정보를 결정하는 단계는, 상기 제1 빈도로 매니퓰레이터 좌표 시스템에서 상기 툴의 이동을 코멘드하기 위한 위치 코멘드들을 발생하는 단계를 포함하는,

방법.

#### 청구항 19

제17항 또는 제18항에 있어서,

2차 위치 정보를 결정하는 단계는, 상기 제2 빈도로 로컬라이저 좌표 시스템에서 매니퓰레이터 좌표 시스템으로 내비게이션-기반의 위치 및 방위 데이터의 업데이트 변환을 하는 단계를 포함하는,

방법.

#### 청구항 20

제17항 또는 제18항에 있어서,

상기 제1 위치 제어 모드에서의 위치적 속도가 상기 제2 위치 제어 모드에서의 위치적 속도보다 크게 되도록 상기 제1 빈도와 제2 빈도 간의 상기 차이에 기초하여 상기 툴의 위치적 속도에 영향을 미치는 단계를 더 포함하

는,  
방법.

#### 청구항 21

제17항 또는 제18항에 있어서,

상기 제2 위치 제어 모드에서의 위치적 정확도가 상기 제1 위치 제어 모드에서의 위치적 정확도보다 크게 되도록 상기 제1 빈도와 제2 빈도 간의 상기 차이에 기초하여 상기 툴의 위치적 정확도에 영향을 미치는 단계를 더 포함하는,  
방법.

#### 청구항 22

제17항 또는 제18항에 있어서,

상기 제1 빈도 및 제2 빈도 중 적어도 하나를 조절하는 단계는 자율적으로 발생하는,  
방법.

#### 청구항 23

제17항 또는 제18항에 있어서,

상기 제1 빈도 및 제2 빈도 중 적어도 하나를 조절하는 단계는 수동으로 발생하는,  
방법.

#### 청구항 24

제17항 또는 제18항에 있어서,

상기 제1 위치 제어 모드와 제2 위치 제어 모드 중 적어도 하나를 수동으로 선택하는 단계를 더 포함하는,  
방법.

#### 청구항 25

제17항 또는 제18항에 있어서,

상기 제1 위치 제어 모드와 제2 위치 제어 모드를 자율적으로 선택하는 단계를 더 포함하는,  
방법.

### 발명의 설명

### 기술 분야

[0001]

관련출원에 대한 상호참조

[0002]

본 특허 출원은 참조로 본원에 포함되는 2013년 10월 4일에 출원된 미국 가 특허 출원번호 61/886,838에 대한 우선권 및 이의 모든 혜택을 주장한다.

[0003]

본 발명은 일반적으로 대상과 상호작용하기 위한 시스템 및 방법에 관한 것으로, 특히 대상과 상호작용하는 툴을 제어하기 위한 시스템 및 방법에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0004]

수술 절차 동안 의료진을 돕기 위해, 로봇 시스템과 같은 시스템을 사용하기 위한 신생 분야가 있다. 이들 시스템은 수술 사이트에서 관심 대상에 관하여 툴이 조정되도록 구성된다. 시스템은 전형적으로 베이스로부터 확장하는 복수의 링크지를 가진 베이스를 포함한다. 시스템은 복수의 링크지에 결합된 툴을 더 포함한다. 의료진은 대상에 관하여 복수의 링크지 및 툴을 이동하기 위해 명령을 시스템에 제공함으로써 시스템으로 수술 절차를 수

행할 수 있다.

[0005] 종종 대상에 관하여 툴을 요망되는 위치까지 정확하게 이동하는데 돕기 위해 내비게이션 시스템이 채용된다. 내비게이션 시스템은 추적되는 툴 및 다른 대상에 대한 정확한 위치 및 방위 정보를, 특히 이들 대상이 상대적으로 큰 작업 볼륨 내에서 이동할 때, 제공한다. 내비게이션-기반의 위치 및 방위 정보는 환자의 관심 아나토미에 관하여 시스템의 링크지를 이동하고 위치시키는 것에 적어도 부분적으로 영향을 미치기 위해 종종 제공된다.

[0006] 또한, 툴의 이동은 복수의 링크지에 연관된 복수의 엔코더로부터 도출된 위치 및 방위 정보를 사용하여 개루프 방식으로 제어될 수 있다. 상대적으로 작은 이동을 위해 이용될 때, 이러한 엔코더는 국부화된 관심 영역에서 내비게이션 시스템보다 더 많은 정밀도를 제공할 수 있다. 따라서, 엔코더-기반의 위치 및 방위 정보는 빠른 레이트를 넘어 내비게이션 시스템의 페루프 제어로 동작하려는 요망이 있을 때 유용할 수 있다. 이에 따라, 이동 코멘드를 발생하기 위한 내비게이션 시스템 및/또는 엔코더를 사용하는 것에 상이한 이익들이 있다.

(특허문헌 1) US20080010706 A1

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0007] 종래의 시스템은 내비게이션-기반 및 엔코더-기반의 정보를 관리해야 하는 과제에 직면한다. 주로, 링크지는 내비게이션-기반의 위치 및 방위 정보가 제공되는 빈도보다 느린 응답 빈도를 나타낸다. 더 구체적으로, 대부분의 시스템의 링크지, 모터, 조인트, 등은 얼마간의 가요성 혹은 움직임이 있다. 이 가요성은 이동 코멘드와 툴의 최종의 이동 및 정착 간에 반응 시간을 제한시킨다. 내비게이션 시스템으로부터 위치 및 방위 정보가 툴이 이러한 이동 코멘드에 반응해서 이동하여 정착할 수 있는 것보다 더 빠른 빈도로 이동 코멘드를 발생하기 위해 이용된다면, 시스템의 페루프 제어는 불안정하게 될 것이다. 또한, 링크지의 느린 응답 빈도는 툴을 위치시키는 것에 영향을 미치기 위해 이 내비게이션-기반의 위치 및 방위 정보가 이용될 수 있는 빈도를 억제한다. 또한, 종래의 시스템은 앞서 언급된 빈도들의 동적 조절을 허용하지 않는다. 이에 따라, 종래의 시스템의 다능 및 안정성은 다양한 응용 및 상황에 대해 제한된다.

[0008] 따라서, 이 기술에는 앞서 언급된 문제를 해결하기 위한 시스템 및 방법에 대한 필요성이 있다.

### 과제의 해결 수단

[0009] 대상과 상호작용하기 위한 시스템이 제공된다. 시스템은 베이스 및 복수의 링크지를 갖는 로봇 매니퓰레이터를 포함한다. 툴은 로봇 매니퓰레이터에, 그리고 대상과 상호작용하기 위해 베이스에 관하여 이동할 수 있게 결합된다. 복수의 위치 센서는 제1 빈도로 주 위치 정보를 제공하기 위해 복수의 링크지에 연관된다. 로컬라이저는 제2 빈도로 2차 위치 정보를 제공한다. 위치 제어기는 주 위치 정보 및 2차 위치 정보에 기초하여 제1 위치 제어 모드 및 제2 위치 제어 모드에서 대상에 관하여 툴을 위치시키기 구성된다. 빈도 제어기는 제1 위치 제어 모드와 제2 위치 제어 모드 각각에서 제1 빈도 및 제2 빈도 중 적어도 하나를 조절하게 구성된다. 제1 위치 제어 모드에서 제1 빈도와 제2 빈도 간에 차이는 제2 위치 제어 모드에서 제1 빈도와 제2 빈도 간에 차이와는 상이하다.

[0010] 로봇 시스템에서 툴을 위치시키기 위한 방법이 제공된다. 방법은 제1 빈도로 툴에 대한 주 위치 정보를 결정하는 단계를 포함한다. 툴에 대한 2차 위치 정보는 제2 빈도로 결정된다. 툴은 주 위치 정보 및 2차 위치 정보에 기초하여 제1 위치 제어 모드 및 제2 위치 제어 모드에서 이동된다. 제1 위치 제어 모드와 제2 위치 제어 모드 각각에서 제1 빈도 및 제2 빈도 중 적어도 하나가 조절된다. 제1 위치 제어 모드에서 제1 빈도와 제2 빈도 간에 차이가 제2 위치 제어 모드에서 제1 빈도와 제2 빈도 간에 차이는 서로 상이하다.

### 발명의 효과

[0011] 시스템 및 방법은 툴의 커스터마이즈된 제어를 효과적으로 제공한다. 제1 빈도와 제2 빈도 간에 차이는 툴의 위치적 정확도 및 위치적 속도에 영향을 미친다. 이에 따라, 제1 빈도와 제2 빈도 간에 차이를 조절하는 것은 툴의 위치적 속도 및 위치적 정확도에 대하여 제어할 수 있게 한다.

[0012] 또한, 제1 빈도와 제2 빈도 간에 차이는 제1 위치 제어 모드와 제2 위치 제어 모드 간에 상이하다. 따라서, 제1 위치 제어 모드와 제2 위치 제어 모드는 툴의 위치적 정확도 및 위치적 속도에 대해 서로 상이한 파라미터들을 갖는다. 시스템 및 방법은 응용 및 상황에 적합한 요망되는 위치적 정확도 및 속도에 의존하여 제1 위치 제어

모드 혹은 제2 위치 제어 모드에 따라 동작할 수 있다.

- [0013] 또한 시스템 및 방법은 제1 빈도 및 제2 빈도가 동적으로 조절될 수 있기 때문에 안정성을 제공한다. 제1 빈도와 제2 빈도 간에 차이가 불안정성을 야기하고 있을지라도, 차이는 동적으로 조절될 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

- [0014] 본 발명의 잇점은 이를 첨부한 도면에 관련하여 고찰되었을 때 다음 상세한 설명을 참조하여 더 잘 이해할 수 있으므로 쉽게 알게 될 것이다.

도 1은 로봇 매니플레이터와 함께 사용되는 안내 스테이션의 사시도이다.

도 2는 안내 스테이션, 추적 디바이스, 포인터, 및 로봇 매니플레이터의 개요도이다.

도 3은 로봇 매니플레이터의 엔코더 및 조인트 모터 제어기의 개요도이다.

도 4는 로컬라이저 및 매니플레이터에 대한 좌표 시스템 및 다른 대상의 개요도이다.

도 5는 한 방법에서 취해진 단계들의 흐름도이다.

도 6은 수동 빈도 조절 및 수동 위치 제어 모드 선택을 할 수 있게 하기 위한 일 실시예에 따른 인터페이스의 사시도이다.

도 7은 자율적 빈도 조절 및 자율적 위치 제어 모드 선택을 디스플레이하기 위한 또 다른 실시예에 따른 인터페이스의 사시도이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0015] 로봇 시스템의 툴(22)을 위치시키기 위한 시스템 및 방법이 개시된다. 툴(22)은 로봇 매니플레이터(56)에 결합되고 기정의된 경로 혹은 아나토미 경계에 관하여 이동한다. 툴(22)은 대상 혹은 대상들(23)에 관하여 위치된다. 대상(23)의 예는 환자의 아나토미 특징을 포함하나, 이것으로 제한되지 않는다. 도 1에서, 도시된 환자의 아나토미는 대퇴골(F) 및 경골(T)을 포함한다. 툴(22)은 대상(23)과 상호작용하며, 일부 경우엔 대상(23)을 조작한다.

- [0016] 도 1 및 도 2를 참조하면, 일 실시예에서, 시스템은 로봇 매니플레이터(56)에 결합된 안내 스테이션(20)을 포함한다. 도 1에서, 안내 스테이션(20)이 의료 시설의 수술실 내에 보여졌다. 안내 스테이션(20)은 수술실 내 여러 아이템의 이동을 추적하게 셋업된다. 이러한 아이템은 환자의 아나토미 및 툴(22)을 포함할 수도 있다. 안내 스테이션(20)은 이들 아이템을 의료진에 대한 이들의 상대적 위치 및 방위를 디스플레이할 목적으로 추적한다. 일부 경우에, 안내 스테이션(20)은 기정의된 경로 혹은 아나토미 경계에 관하여 툴(22)의 이동을 제어 혹은 제약할 목적으로 이들 아이템을 추적한다.

- [0017] 안내 스테이션(20)은 내비게이션 컴퓨터(26), 혹은 이외 다른 유형의 제어 유닛을 수용하는 컴퓨터 카트 어셈블리(24)를 포함한다. 내비게이션 인터페이스는 내비게이션 컴퓨터(26)와 동작적으로 통신한다. 일 실시예에서, 내비게이션 인터페이스는 무균 필드 밖에 놓여지게 제작된 제1 디스플레이(28) 및 무균 필드 안쪽에 놓여지게 제작된 제2 디스플레이(29)를 포함한다. 디스플레이(28, 29)는 컴퓨터 카트 어셈블리(24)에 조절가능하게 장착된다. 키보드 및 마우스와 같은 제1 및 제2 입력 디바이스(30, 32)는 내비게이션 컴퓨터(26)에 정보를 입력하거나 아니면 내비게이션 컴퓨터(26)의 어떤 면들을 선택/제어하기 위해 사용될 수 있다. 터치 스크린(도시되지 않음) 혹은 음성-활성화를 포함하여 그외 다른 입력 디바이스가 고찰된다.

- [0018] 로컬라이저(34)는 내비게이션 컴퓨터(26)와 통신한다. 도시된 실시예에서, 로컬라이저(34)는 광학 로컬라이저이며 카메라 유닛(36)(감지 디바이스라고도 함)을 포함한다. 카메라 유닛(36)은 하나 이상의 광학 위치 센서(40)를 수용하는 바깥 케이스(38)를 갖는다. 일부 실시예에서, 적어도 2개의 광학 센서(40)가 채용되고 바람직하게 3개 이상이다. 광학 센서(40)는 3개의 개별적 전하-결합 디바이스(CCD)일 수 있다. 일 실시예에서, 3개의 일차원 CCD가 채용된다. 다른 실시예에서, 각각이 개별적 CCD, 혹은 2 이상의 CCD를 가진 개별적 카메라 유닛이 수술실 주위에 배열될 수도 있다. CCD는 적외선(IR) 신호를 검출한다. 로컬라이저(34)는 내비게이션 컴퓨터(26)와 통신하기 위한 임의의 적합한 구성을 가질 수 있다.

- [0019] 카메라 유닛(36)은 이상적으로는 장애물이 없는 이하 논의되는 추적기의 시야를 갖고 광학 센서(40)를 위치시키기 위해 조절가능 압 상에 장착된다. 조절가능 압은 적어도 하나의 자유도로 그리고, 일부 실시예에서, 2 이상



의 자유도로 카메라 유닛(36)을 조절할 수 있게 한다.

- [0020] 카메라 유닛(36)은 광학 센서(40)로부터 신호를 수신하기 위해 광학 센서(40)와 통신하는 카메라 제어기(42)를 포함한다. 카메라 제어기(42)는 유선 혹은 무선 연결(도시되지 않음)을 통해 내비게이션 컴퓨터(26)와 통신한다. 아이템을 추적할 목적으로 카메라 유닛(36)에서 내비게이션 컴퓨터(26)로 위치 및 방위 신호 및/또는 데이터가 전송된다.
- [0021] 디스플레이(28, 29) 및 카메라 유닛(36)은 본원에 참조로 포함되는 "Surgery System" 명칭으로 2010년 5월 25일 발행된 Malackowski, et al.의 미국특허 7,725,162에 기술된 것들과 유사할 수 있다.
- [0022] 내비게이션 컴퓨터(26)는 개인용 컴퓨터 또는 랩탑 컴퓨터일 수 있다. 내비게이션 컴퓨터(26)는 디스플레이(28, 29), 중앙 처리 유닛(CPU) 및/또는 그와 다른 프로세서, 메모리(도시되지 않음), 및 저장장치(도시되지 않음)를 갖는다. 내비게이션 컴퓨터(26)에는 이하 기술되는 바와 같은 소프트웨어가 로딩된다. 소프트웨어는 카메라 유닛(36)으로부터 수신된 신호/데이터를 추적되는 아이템의 위치 및 방위를 나타내는 데이터로 변환한다.
- [0023] 안내 스테이션(20)은 본원에서 추적기라고도 하는 복수의 추적 디바이스(44, 46, 48)와 통신한다. 도시된 실시예에서, 하나의 추적기(44)가 환자의 대퇴골(F)에 확고히 부착되고, 또 다른 추적기(46)가 환자의 경골(T)에 확고히 부착된다. 추적기(44, 46)는 뼈의 섹션에 확고히 부착된다. 일 실시예에서, 추적기(44, 46)는 본원에 참조로 포함되는 미국특허 7,725,162에 제시된 방식으로 대퇴골(F) 및 경골(T)에 부착될 수도 있다. 추적기(44, 46)는 또한 본원에 참조로 포함되는 "Tracking Devices and Navigation Systems and Methods for Use Thereof" 명칭으로 2013년 1월 16일에 출원된 미국 가 특허 출원번호 61/753,219에 제시된 것들과 유사하게 장착될 수도 있을 것이다. 추가의 실시예에서, 추적기는 슬개골의 위치 및 방위를 추적하기 위해 슬개골(도시되지 않음)에 부착된다. 또 다른 실시예에서, 추적기(44, 46)는 아나토미의 다른 조직 유형 혹은 부분에 장착될 수도 있을 것이다.
- [0024] 툴 추적기(48)는 툴(22)에 완고하게 부착된다. 툴 추적기(48)는 제조 동안 툴(22)에 일체화될 수도 있고, 혹은 수술 절차의 준비로 툴(22)에 별도로 장착될 수도 있다. 툴 추적기(48)에 의해 추적되고 있는, 툴(22)의 작업 단부는 회전 버르, 전기 연삭 디바이스, 등일 수 있다. 툴(22)의 작업 단부는 툴(22)의 부분을 형성하는 회전 버르, 전기 연삭 디바이스, 등과 같은 별도의 에너지 적용기에 의해 나타낼 수 있다.
- [0025] 추적기(44, 46, 48)는 내부 배터리로 파워가 공급되거나, 카메라 유닛(36)처럼, 외부 파워를 받는, 내비게이션 컴퓨터(26)를 통해 파워를 받는 리드를 가질 수도 있다.
- [0026] 제시된 실시예에서, 툴(22)은 로봇 매니퓰레이터(56) 상에 단부 이펙터의 부분을 형성한다. 로봇 매니퓰레이터(56)는 베이스(57), 베이스(57)로부터 확장하는 복수의 링크지, 및 툴(22)을 베이스(57)에 관하여 이동하기 위한 복수의 능동 조인트를 갖는다. 로봇 매니퓰레이터(56)는 수동 모드, 자율 모드, 혹은 반-자율 모드에서 동작하는 능력을 갖는다. 이러한 배열은 개시된 바가 본원에 참조로 포함되는 "Surgical Manipulator Capable of Controlling a Surgical Instrument in Multiple Modes"의 명칭의 미국 비-가 특허 출원번호 13/958,070에 제시되어 있다. 베이스(57)의 이동을 추적하기 위해 로봇 매니퓰레이터(56)의 베이스(57)에 별도의 추적기(도시되지 않음)가 부착될 수 있다.
- [0027] 로컬라이저(34)의 광학 센서(40)는 추적기(44, 46, 48)로부터 광 신호를 수신한다. 도시된 실시예에서, 추적기(44, 46, 48)는 능동 추적기이다. 이 실시예에서, 각 추적기(44, 46, 48)는 광 신호를 광학 센서(40)에 전송하기 위한 적어도 3개의 능동 추적 요소 혹은 마커를 갖는다. 능동 마커는, 예를 들면, 적외선 광과 같은 광을 전송하는 발광 다이오드 또는 LED(50)일 수 있다. 광학 센서(40)는 바람직하게, 적어도 100 Hz, 더 바람직하게 적어도 300 Hz, 및 가장 바람직하게 적어도 500 Hz 혹은 그 이상의 샘플링 레이트를 갖는다. 일부 실시예에서, 광학 센서(40)는 8000 Hz의 샘플링 레이트를 갖는다. 샘플링 레이트는 광학 센서(40)가 순차적으로 점화되는 LED(50)로부터 광 신호를 수신하는 레이트이다. 일부 실시예에서, LED(50)로부터 광 신호는 각 추적기(44, 46, 48)에 대해 서로 상이한 레이트들로 점화된다.
- [0028] 도 2를 참조하면, LED(50) 각각은 내비게이션 컴퓨터(26)에/로부터 데이터를 전송/수신하는 연관된 추적기(44, 46, 48)의 하우징(도시되지 않음) 내에 위치된 추적기 제어기(62)에 연결된다. 일 실시예에서, 추적기 제어기(62)는 내비게이션 컴퓨터(26)에 유선 연결을 통해 수 Megabytes/second 정도로 데이터를 전송한다. 다른 실시예에서, 무선 연결이 사용될 수도 있다. 이들 무선 실시예에서, 내비게이션 컴퓨터(26)는 추적기 제어기(62)로부터 데이터를 수신하기 위해 트랜시버(도시되지 않음)를 갖는다.
- [0029] 다른 실시예에서, 추적기(44, 46, 48)는 카메라 유닛(36)로부터 방출된 광을 반사시키는 반사기와 같은 수동 마

커(도시되지 않음)를 가질 수 있다. 이어, 반사된 광은 광학 센서(40)에 의해 수신된다. 능동 및 수동 추적 요소는 이 기술에 공지되어 있다.

[0030] 내비게이션 컴퓨터(26)는 내비게이션 프로세서(52)를 포함한다. 카메라 유닛(36)은 추적기(44, 46, 48)의 LED(50)로부터 광학 신호를 수신하고, 로컬라이저(34)에 관하여 추적기(44, 46, 48)의 LED(50)의 위치에 관계된 신호를 프로세서(52)에 출력한다. 수신된 광학 신호에 기초하여, 내비게이션 프로세서(52)는 로컬라이저(34)에 관하여 추적기(44, 46, 48)의 상대적 위치 및 방위를 나타내는 데이터를 발생한다. 일부 실시예에서, 추적기(44, 46, 48)는 또한 본원에 참조로 포함되는 "Tracking Devices and Navigation Systems and Methods for Use Thereof" 명칭으로 2013년 1월 16일에 출원된 미국 가 특허 출원번호 61/753,219에 제시된 추적기와 같은, 자이로스코프 센서(60) 및 가속도계(70)를 포함한다.

[0031] 내비게이션 프로세서(52)는 내비게이션 컴퓨터(26)의 동작을 제어하기 위해 하나 이상의 프로세서를 포함할 수 있음을 알아야 할 것이다. 프로세서는 임의의 유형의 마이크로프로세서 또는 다중-프로세서 시스템일 수 있다. 프로세서라는 용어는 단일 프로세서로 임의의 범위를 제한하려는 것은 아니다.

[0032] LED(50)의 위치, 및 툴(22)에 연관된 환자의 아나토미 및 기하학적 정보에 관계된 사전에 로딩된 데이터에 기초하여, 내비게이션 프로세서(52)는 작업 단부가 적용되어질 조직(예를 들면, 대퇴골(F) 및 경골(T))에 관하여 툴(22)의 위치 및 방위를 결정한다. 사전에 로딩된 데이터는 수술 절차 전에 취해지는, 예를 들면 MRI 이미지 및 CT 스캔을 포함하는, 수술전 이미지에 연관된 데이터를 포함한다. 사전에 로딩된 데이터는 또한, 툴(22)의 작업 단부와 툴 추적기(48) 상에 LED(50) 간에 기하학적 관계를 포함한다.

[0033] 레지스터(registration) 및 좌표 시스템 변환을 위한 공지된 내비게이션 기술을 사용하여, 환자의 아나토미 및 툴(22)의 작업 단부는 작업 단부 및 아나토미가 LED(50)를 사용하여 함께 추적될 수 있도록 로컬라이저(34)의 좌표 기준 프레임에 레지스터될 수 있다. 로컬라이저 좌표 시스템(LCLZ)으로부터 툴(22) 및 환자의 아나토미의 좌표를 이하 기술되는 바와 같이 매니플레이터 좌표 시스템(MNPL)로 변환하기 위해 변환 행렬이 제공된다.

[0034] 매니플레이터 제어기(54)는 개시된 바가 본원에 참조로 포함되는 "Surgical Manipulator Capable of Controlling a Tool in either a Semi-Autonomous Mode or a Manual, Boundary Constrained Mode" 명칭의 미국 가 특허 출원번호 61/679,258에 기술된 바와 같이 로봇 매니플레이터(56)를 제어하기 위해 툴(22) 및 환자의 아나토미의 위치 및 방위 데이터를 사용할 수 있다. 위치 및 방위 데이터와 이외 다른 데이터는 내비게이션 컴퓨터(26)에 의해 유선 혹은 무선 연결을 거쳐 매니플레이터 제어기(54)에 전송될 수 있다.

[0035] 내비게이션 프로세서(52) 혹은 매니플레이터 제어기(54)는 또한, 수술 사이트에 대한 툴 작업 단부의 상대적 위치를 나타내는 이미지 신호를 발생한다. 이들 이미지 신호는 디스플레이(28, 29)에 인가된다. 디스플레이(28, 29)는 외과 및 수술진이 수술 사이트에 대한 툴 작업 단부의 상대적 위치를 볼 수 있게 하는, 이들 신호에 기초한 이미지를 발생한다. 디스플레이(28, 29)는, 위에 논의된 바와 같이, 코맨드를 입력할 수 있게 하는 터치 스크린 혹은 이외 다른 입력/출력 디바이스를 포함할 수도 있다.

[0036] 도 2를 참조하면, 로컬라이즈 엔진(100)은 안내 스테이션(20)(혹은 일부 실시예에서 매니플레이터 제어기(54))의 부분으로 간주될 수 있는 소프트웨어 모듈이다. 로컬라이즈 엔진(100)은 카메라 제어기(42)로부터 신호를 수신하며, 일부 실시예에서, 추적기 제어기(62)로부터 비-광학적 기반의 신호를 수신한다. 이들 신호에 기초하여, 로컬라이즈 엔진(100)은 로컬라이저 좌표 시스템(LCLZ)에서 추적기(44, 46, 48)의 포즈를 결정한다. 로컬라이즈 엔진(100)은 추적기(44, 46, 48)의 포즈를 나타내는 신호를 좌표 변환기(102)에 보낸다. 좌표 변환기(102)는 안내 스테이션(20)(혹은 일부 실시예에서 매니플레이터 제어기(54))의 부분을 형성하는 또 다른 소프트웨어 모듈이다. 좌표 변환기(102)는 환자의 수술전 이미지와 환자 추적기(44, 46) 간에 관계를 정의하는 데이터를 참조한다. 좌표 변환기(102)는 또한, 툴 추적기(48)에 관하여 툴(22)의 작업 단부의 포즈를 나타내는 데이터를 저장한다. 툴(22), 추적기(44, 46, 48), 및 대상(23)의 다양한 좌표 시스템들이 도 4에 도시되었다.

[0037] 이어 좌표 변환기(102)는 작업 단부가 적용되는 조직(예를 들면, 뼈)에 관하여 툴(22)의 작업 단부의 위치 및 방위를 나타내는 데이터를 발생한다. 좌표 변환기(102)는 또한, 조직에 관하여 툴(22)의 작업 단부의 포즈를 나타내는 데이터를 이하 더욱 기술되는 매니플레이터 좌표 시스템(MNPL)으로 변환하게 동작한다. 이들 데이터를 나타내는 이미지 신호는 외과 및 수술진이 이 정보를 볼 수 있게 하는 디스플레이(28, 29)에 보내진다. 이 데이터의 인터럽트를 피하기 위해, 추적기(44, 46, 48)와 센서(40) 간에 조준선이 유지되어야 한다. 조준선에 장애물이 있다면, 오류가 발생할 수 있다.

[0038] 도 3을 참조하면, 복수의 위치 센서가 로봇 매니플레이터(56)의 복수의 링크지에 연관된다. 일 실시예에서, 위

치 센서는 엔코더(112, 114, 116)이다. 엔코더(112, 114, 116)는 로터리 엔코더와 같은 임의의 적합한 유형의 엔코더일 수 있다. 도 3에 도시된 바와 같이, 각 엔코더(112, 114, 116)는 모터(M)와 같은 액츄에이터에 연관된다. 각 엔코더(112, 114, 116)는 엔코더가 연관되는 로봇 매니플레이터(56)의 모터로 구동되는 3개의 성분 중 하나의 각도 위치를 모니터하는 센서이다. 로봇 매니플레이터(56)은 2개의 추가의 엔코더로서 엔코더(117, 118)를 포함한다. 엔코더(117, 118)는 구동되는 추가의 링크지에 연관된다. 일부 실시예에서, 로봇 매니플레이터(56)는 6개의 능동 조인트에 6개의 엔코더를 가진 2개의 암 구조를 포함한다.

[0039] 매니플레이터 제어기(54)는 개시된 바가 본원에 참조로 포함되는 "Surgical Manipulator Capable of Controlling a Tool in either a Semi-Autonomous Mode or a Manual, Boundary Constrained Mode" 명칭의 미국 가 특허 출원번호 61/679,258에 기술된 바와 같이, 툴(22)이 이동되어질 요망되는 위치를 결정한다. 이 결정, 및 툴(22)의 현재의 위치(예를 들면, 포즈)에 관계된 정보에 기초하여, 매니플레이터 제어기(54)는 현재의 위치에서 요망되는 위치로 툴(22)을 재 위치시키기 위해서 각 링크지가 이동될 필요가 있는 범위를 결정한다. 링크지가 어디에 위치되어질 것인가에 관한 데이터는 링크지를 이동하여 그럼으로써 현재의 위치에서 요망되는 위치로 툴(22)을 이동하기 위해 로봇 매니플레이터(56)의 능동 조인트를 제어하는 조인트 모터 제어기(JMC)에 보내진다.

[0040] 툴(22)의 현재의 위치를 결정하기 위해서, 엔코더(112, 114, 116, 117, 118)로부터 데이터는 측정된 조인트 각도를 결정하기 위해 사용된다. 능동 조인트의 측정된 조인트 각도는 포워드 키네매틱스 모듈(도시되지 않음)에 보내진다. 또한, 포워드 키네매틱스 모듈에는 엔코더(117, 118)로부터 신호가 인가된다. 이들 신호는 이들 엔코더와 일체화한 수동 조인트를 위한 측정된 조인트 각도이다. 측정된 조인트 각도 및 사전 로딩된 데이터에 기초하여, 포워드 키네매틱스 모듈은 매니플레이터 좌표 시스템(MNPL)에서 툴(22)의 포즈를 결정한다. 사전 로딩된 데이터는 링크지 및 조인트의 기하를 정의하는 데이터이다.

[0041] 일 실시예에서, 매니플레이터 제어기(54) 및 조인트 모터 제어기(JMC)는 함께하여, 툴(22)을 코멘드된 위치 및/또는 방위까지 이동하게 동작하는 위치 제어기를 형성한다. 위치 제어기는 위치 제어 루프에서 동작한다. 위치 제어 루프는 각 능동 조인트에 대해 병렬로 또는 직렬로 다수의 위치 제어 루프들을 포함할 수 있다. 위치 제어 루프는 툴(22)의 포즈를 나타내고 지휘하기 위해 위치 및 방위 정보를 처리한다.

[0042] 이하 상세히 기술되는 바와 같이, 위치 센서는 주 위치 정보를 제공한다. 일예에서, 주 위치 정보는 엔코더(112, 114, 116, 117, 118)로부터 정보 및 사전 로딩된 데이터에 기초하여 계산된 툴(22)의 포즈를 포함한다. 엔코더(112, 114, 116, 117, 118)로부터 데이터 및 사전 로딩된 데이터는 단계(204)에서 주 위치 정보를 계산하기 위해 사용될 수 있다. 이에 더하여 혹은 대안적으로, 주 위치 정보는 매니플레이터 좌표 시스템(MNPL)에서 툴(22)의 위치 및 방위를 포함한다. 대안적으로, 주 위치 정보는 매니플레이터 좌표 시스템(MNPL)에서 툴(22)의 이동을 코멘드하기 위한 위치 코멘드를 포함한다.

[0043] 내비게이션 시스템은 2차 위치 정보를 제공한다. 더 구체적으로, 로컬라이저(34)는 2차 위치 정보를 제공한다. 일예에서, 2차 위치 정보는 단계(200)에서 로컬라이저 좌표 시스템(LCLZ)에서 계산된 툴(22)의 내비게이션-기반의 포즈를 포함한다. 또 다른 예에서, 2차 위치 정보는 로컬라이저 좌표 시스템(LCLZ)에서 매니플레이터 좌표 시스템(MNPL)으로 변환된 위치 및 방위 데이터를 포함한다. 2차 위치 정보는 내비게이션 컴퓨터(26)에 의해 처리될 수 있다.

[0044] 도 4를 참조하면, 로컬라이저 좌표 시스템(LCLZ) 및 매니플레이터 좌표 시스템(MNPL)의 상대적 위치는 변환 행렬이 내비게이션 컴퓨터(26)에 의해 발생될 수 있도록 수립된다. 변환 행렬은 로컬라이저 좌표 시스템(LCLZ)에서 아이템에 대한 위치 및 방위 데이터를 매니플레이터 좌표 시스템(MNPL)으로 변환한다. 이 단계는 수술 절차가 시작하기 전에, 그리고 이하 더 기술되는 바와 같이 수술 절차 동안 주기적으로 발생할 수 있다. 또한, 주 위치 정보는 변환 행렬이 초기에 발생된 후에 발생될 수 있다.

[0045] 도 5를 참조하면, 툴 추적기(48)의 위치 및 방위는 2차 위치 정보가 국부화된 좌표 시스템(LCLZ)에서 계산될 수 있도록 로컬라이저 좌표 시스템(LCLZ)에서 결정된다. 로컬라이저 좌표 시스템(LCLZ)에서 툴(22)의 내비게이션-기반의 포즈는 매니플레이터 좌표 시스템(MNPL)의 상대적 포즈가 키네매틱적으로 결정될 수 있는 포즈로서 설정된다.

[0046] 로컬라이저 좌표 시스템(LCLZ)에 관하여 매니플레이터 좌표 시스템(MNPL)의 포즈는 엔코더(112, 114, 116, 117, 118)로부터 데이터 및 사전 로딩된 데이터에 기초한다. 사전 로딩된 데이터는 엔코더(112, 114, 116, 117, 118), 링크지, 등에 매니플레이터 좌표 시스템(MNPL)의 관계에 연관된다. 결국, 2개의 좌표 시스템들 간에 변환

행렬은 단계(202)에서 발생될 수 있다. 툴(22)은 툴(22), 및 이어 툴(22)의 작업 단부가 단계(206)에서 다음 코맨드된 위치까지 이동되도록 위치 제어기에 의해 이동된다.

[0047] 주기적 조절은 변환 행렬을 업데이트하기 위해 툴(22)의 새로이 획득된 내비게이션-기반의 포즈 데이터를 사용하여 행해진다. 변환 행렬을 업데이트하는 것은 로컬라이저 좌표 시스템(LCLZ)에 관하여 매니퓰레이터 좌표 시스템(MNPL)을 리셋한다. 이들 주기적 조절에 대한 한 이유는 엔코더-기반의 데이터가 로봇 매니퓰레이터(56)의 링크지의 임의의 벤딩을 처리할 수 없다는 것이다. 대신에, 이러한 벤딩은 암 상에 힘을 추정함으로써 처리된다. 결국, 내비게이션-기반의 데이터는, 예를 들어, 로컬라이저(34) 및 툴 추적기(48)로 포즈를 측정할 때 링크지의 벤딩에 연관된 임의의 오류가 자동으로 처리되기 때문에 엔코더-기반의 데이터를 보완한다.

[0048] 내비게이션 컴퓨터(26)는 매니퓰레이터 좌표 시스템(MNPL)을 리셋하기 위해 변환 행렬을 주기적으로 업데이트한다. 이것은 단독으로 엔코더로 도출되는 포즈 데이터에만 기초하여 개루프 방식으로 툴(22)을 위치시키는 것으로부터 비롯될 수도 있었을 위치 부정확도에 대해 조절하기 위해 행해진다. 이와 같이 함으로써, 툴(22)의 엔코더-기반의 위치 및 방위는 내비게이션 컴퓨터(26)(즉, 제어 루프를 클로즈함으로써)에 의해 제공된 내비게이션-기반의 위치 및 방위 정보를 사용하여 정정/재-교정된다.

[0049] 주 위치 정보는 제1 빈도에서 결정된다. 일 실시예에서, 위치 센서는 제1 빈도에서 주 위치 정보를 결정한다. 이에 더하여 혹은 대안적으로, 위치 제어기는 제1 빈도에서 주 위치 정보를 결정할 수 있다. 더 구체적으로, 위치 센서로부터 신호를 사용하여, 위치 제어기는 제1 빈도에서 위치 코멘드를 발생할 수 있다. 따라서, 제1 빈도는 일부 경우에 위치 코멘드 빈도로서 정의될 수 있다. 이러한 경우에, 본원에 기술된 것과 같이, "위치 코멘드 빈도"라는 용어는 "제1 빈도" 대신에 사용될 수도 있다.

[0050] 또한, 2차 위치 정보는 제2 빈도에서 결정된다. 구체적으로, 2차 위치 정보는 제2 빈도에서 변환 행렬을 업데이트함으로써 결정된다. 환언하여, 위치 및 방위 데이터의 변환은 로컬라이저 좌표 시스템(LCLZ)에서 제2 빈도에 매니퓰레이터 좌표 시스템(MNPL)으로 업데이트된다. 따라서, 제2 빈도는 일부 경우엔 변환 업데이트 빈도로서 정의될 수 있다. 이러한 경우에, 본원에 기술된 것과 같이, "변환 업데이트 빈도"라는 용어는 "제2 빈도" 대신에 사용될 수 있다. 변환 업데이트 빈도는 매니퓰레이터 제어기(54)에 의해 확정될 수 있다. 이에 더하여 혹은 대안적으로, 변환 업데이트 빈도는 내비게이션 컴퓨터(26) 및/또는 로컬라이저(34)에 의해 확정될 수 있다.

[0051] 단계(208)에서, 변환 행렬이 변환 업데이트 빈도에 기초하여 업데이트될 것이냐가 결정된다. 변환 행렬이 아직 업데이트되지 않는다면, 변환 업데이트 빈도에 의해 지시되는 바와 같이, 방법은 단계(204)로 계속된다. 변환 행렬이 업데이트될 것이라면, 방법은 단계(200)로 돌아가 계속된다.

[0052] 위치 제어기는 제1 위치 제어 모드 및 제2 위치 제어 모드에서 툴(22)을 대상(23)에 관하여 위치시키게 구성된다. 위치 제어기는 주 위치 정보 및 2차 위치 정보에 기초하여 제1 위치 제어 모드와 제2 위치 제어 모드에서 툴(22)을 위치시킨다.

[0053] 도 1 및 도 2에 도시된 바와 같이, 시스템은 빈도 제어기(120)를 포함한다. 빈도 제어기는 제1 빈도 및 제2 빈도 중 적어도 하나를 조절하게 구성된다. 제1 빈도 및 제2 빈도의 조절은 제1 위치 제어 모드 및 제2 위치 제어 모드에서 행해진다.

[0054] 일 실시예에서, 빈도 제어기(120)는 매니퓰레이터 제어기(54) 및 내비게이션 컴퓨터(26) 둘 다에 결합된다. 빈도 제어기(120)는 임의의 적합한 위치에 배치될 수 있다. 예를 들면, 도 1에 도시된 바와 같이, 빈도 제어기(120)는 로봇 매니퓰레이터(56) 내에 배치된다. 대안적으로, 빈도 제어기(120)는 안내 스테이션(20) 내 배치될 수 있다. 빈도 제어기(120)는 독립형 성분이거나, 매니퓰레이터 제어기(54) 혹은 내비게이션 컴퓨터(26)와 같은 더 큰 디바이스의 부-성분으로서 일체화될 수 있다.

[0055] 빈도 제어기(120)는 제1 위치 제어 모드에서 제1 빈도와 제2 빈도 간에 차이가 제2 위치 제어 모드에서 제1 빈도와 제2 빈도 간에 차이와는 다르게 되도록 제1 빈도 및 제2 빈도를 조절한다. 일 실시예에서, 제1 빈도와 제2 빈도 간에 차이는 제1 빈도에서 제2 빈도의 수학적 감산이다. 예를 들면, 제1 빈도가 1 KHz이고 제2 빈도가 900 Hz이라면, 차이는 100 Hz이다. 대안적으로, 제1 빈도와 제2 빈도 간에 차이는 제2 빈도에서 제1 빈도의 수학적 감산이다. 차이는 절대 차이일 수 있고 이에 의해서 제1 빈도와 제2 빈도 간에 차이의 절대값이 결정된다. 당업자는 가산, 제산, 미분, 적분, 등을 포함하여 -그러나 이들로 제한되지 않는다-, 다양한 그외 다른 수학적 연산에 따라 제1 빈도와 제2 빈도 간에 차이가 도출될 수 있음을 안다.

[0056] 차이는 임의의 주어진 위치 제어 모드에서 동작 동안 임의의 주어진 순간 동안 별개로 측정될 수 있다. 예를 들면, 제1 위치 제어 모드에서 제1 빈도와 제2 빈도 간에 차이는 주어진 시간에 순간적으로 측정된다. 주어진 시



간에 순간적으로 측정된 제1 위치 제어 모드에서 차이는 동일 주어진 시간에 순간적으로 측정된 제2 위치 제어 모드에서 차이와는 별개로 서로 상이할 수 있다. 대안적으로, 차이는 임의의 주어진 위치 제어 모드에서 동작 동안 연속적으로 측정될 수 있다. 이러한 경우에, 제1 위치 제어 모드에서 차이는 제2 위치 제어 모드에서 차이와는 연속적으로 상이할 수 있다. 일례에서, 차이는 일정 기간에 대해 평균화된다. 여기에서, 제1 위치 제어 모드에서 제1 빈도와 제2 빈도 간에 평균 차이는 제2 위치 제어 모드에서 제1 빈도와 제2 빈도 간에 평균 차이와는 상이하다.

- [0057] 제1 빈도와 제2 빈도 간에 차이는 툴(22)의 위치적 속도 및 툴(22)의 위치적 정밀도 혹은 정확도에 영향을 미친다. 위치적 속도는 툴(22)이 이동하는 피드-레이트로서도 알려져 있다.
- [0058] 한 의미에서, 제1 빈도와 제2 빈도 간에 차이는 주 및 2차 위치 정보가 툴(22)을 이동하는데 사용되는 범위를 의미한다. 기술된 바와 같이, 툴(22)이 상대적으로 큰 관심 영역 내 위치되고 있을 때, 툴(22)의 위치적 정확도는 엔코더-기반의 주 위치 정보로부터 도출될 때보다 내비게이션-기반의 2차 위치 정보로부터 도출될 때 더 크다.
- [0059] 고도의 위치적 정확도에 대한 절충으로서, 툴(22)의 위치적 속도는 주 위치 정보로부터 도출될 때와 비교하여 2차 위치 정보로부터 도출될 때 더 느리다. 즉, 툴(22)의 위치적 속도는 2차 위치 정보와 비교했을 때 주 위치 정보로부터 도출될 때 더 빠르다.
- [0060] 일반적으로, 위치적 속도는 제1 빈도와 제2 빈도 간에 차이가 증가함에 따라 증가한다. 반대로, 위치적 속도는 제1 빈도와 제2 빈도 간에 차이가 감소함에 따라 감소한다.
- [0061] 또한, 위치적 정확도는 제1 빈도와 제2 빈도 간에 차이가 감소함에 따라 증가한다. 예를 들면, 일부 경우에, 이를테면 툴(22)이 상대적으로 큰 관심 영역 내 위치되고 있을 때, 변환 업데이트 빈도가 위치 코맨드 빈도에 더 가까울수록, 툴(22)을 위치시키는 것은 더 정확해진다. 한편, 위치적 정확도는 제1 빈도와 제2 빈도 간에 차이가 증가함에 따라 감소한다.
- [0062] 일 실시예에서, 제1 위치 제어 모드에서 제1 빈도와 제2 빈도 간에 차이는 제2 위치 제어 모드에서 제1 빈도와 제2 빈도 간에 차이보다 더 크다. 일부 경우엔, 제1 위치 제어 모드 및 제2 위치 제어 모드 둘 다에서 제1 빈도와 제2 빈도 간에 차이는 비-제로이다. 여기에서, 제1 위치 제어 모드에서 제1 빈도와 제2 빈도 간에 비-제로 차이는 제2 위치 제어 모드에서 제1 빈도와 제2 빈도 간에 비-제로 차이보다 더 크다.
- [0063] 또 다른 실시예에서, 제1 위치 제어 모드에서 제1 빈도와 제2 빈도 간에 차이는 비-제로이다. 제1 빈도는 제1 위치 제어 모드에서 제2 빈도보다 더 크다. 변환 행렬은 위치 코맨드가 위치 제어기에 의해 발생하는 빈도 미만의 변환 업데이트 빈도로 주기적으로 업데이트된다. 한편, 제2 위치 제어 모드에서 제1 빈도와 제2 빈도 간에 차이는 대략 제로이다. 이 차이는 제1 위치 제어 모드에서 비-제로 차이 미만이다. 제1 빈도는 제2 위치 제어 모드에서 제2 빈도와 실질적으로 동일하다. 환언하여, 변환 행렬은 위치 코맨드가 위치 제어기에 의해 발생하는 빈도와 실질적으로 동일한 변환 업데이트 빈도로 주기적으로 업데이트된다.
- [0064] 따라서, 이 실시예에서, 제1 위치 제어 모드에서 툴(22)의 위치적 속도는 제2 위치 제어 모드에서 툴(22)의 위치적 속도보다 더 크다. 제2 위치 제어 모드에서, 툴(22)의 위치적 정확도는 제1 위치 제어 모드에서 툴(22)의 위치적 정확도보다 더 크다. 따라서, 제1 위치 제어 모드는 더 큰 관심 영역에서 벌크 커팅이 요망된다면 제2 위치 제어 모드보다 선호된다. 그러나, 제2 위치 제어 모드는 정밀도 커팅이 요망된다면 제1 위치 제어 모드보다 선호된다.
- [0065] 이 실시예에 있어서, 제1 위치 제어 모드에서 툴(22)을 위치시키는 것은 매니플레이터 좌표 시스템(MNPL)에서 엔코더-기반의 포즈 정보를 사용하여 위치 제어기에 의해 개루프 방식으로 주로 제어된다. 이 제1 위치 제어 모드에서, 위치 코맨드는 상대적으로 큰 코맨드 빈도로, 즉, 복수의 링크지 및 툴(22)에 연관된 응답 빈도보다 큰 빈도로 조인트 모터 제어기(JMC)에 보내진다. 복수의 링크지 및 툴(22)의 응답 빈도는 툴(22)의 완전한 이동 및 정착이 위치 코맨드에 의하여 발생하는 빈도이다. 로봇 매니플레이터(56)의 링크지, 모터, 조인트, 등이 얼마간의 가요성 혹은 움직임이 있기 때문에, 위치 코맨드와 툴(22)의 완전한 이동 및 정착 간에 반응 시간에 대한 제한이 존재한다.
- [0066] 따라서, 이 실시예에서, 제1 위치 제어 모드에서 변환 업데이트 빈도는 위치 코맨드 빈도 미만이 되게 그리고 링크지 및 툴(22)의 응답 빈도 미만이 되게 조절된다. 대신에 변환 업데이트 빈도가 응답 빈도보다 더 빠르게 설정되었다면, 시스템은 불안정해 질 수 있다. 결국, 위치 코맨드가 변환 업데이트 빈도보다 더 큰 빈도로 발생

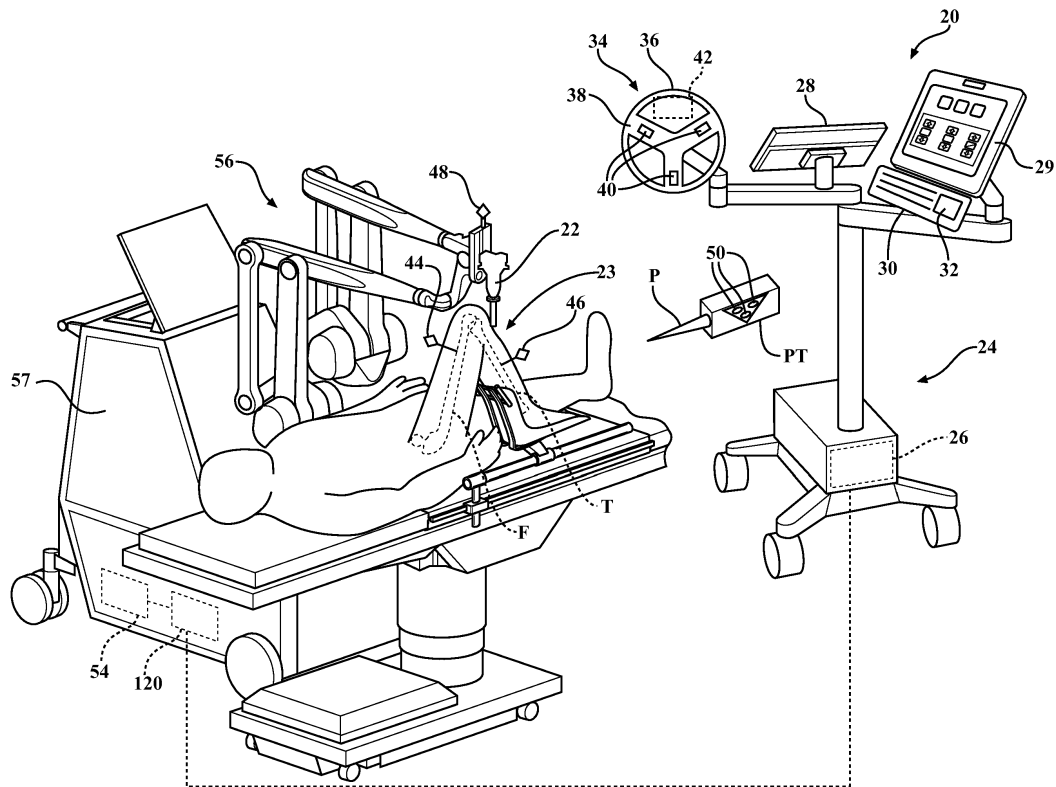
되고 있기 때문에, 수술 사이트에서 툴(22)을 위치시키는데 잠재적으로 더 낮은 정확도가 존재한다.

- [0067] 제1 위치 제어 모드에서 제1 빈도와 제2 빈도 간에 차이는 정도가 다양할 수 있다. 일부 경우에, 제1 위치 제어 모드에서 변환 업데이트 빈도는 위치 코맨드가 조인트 모터 제어기(JMC)에 보내지는 코맨드 빈도의 1/10 혹은 미만이다.
- [0068] 제2 위치 제어 모드에서, 변환 업데이트 빈도는 위치 코맨드가 조인트 모터 제어기(JMC)에 보내지는 대략 동일한 코맨드 빈도에 있을 수 있다. 따라서, 툴(22)이 상대적으로 큰 관심 영역에서 위치되고 있는 것들과 같은 일부 상황에서, 시스템은 제1 위치 제어 모드에서보다 수술 사이트에서 툴(22)을 더 정확하게 배치할 수 있다. 제2 위치 제어 모드로 전환할 때, 시스템은 "둔화"될 것이다. 즉, 내비게이션 컴퓨터(26) 및 위치 제어 루프는 툴(22)을 추적 및 위치시키기 위해, 그렇지만 툴(22)의 복수의 링크지 및 이동과 정착에 연관된 응답 빈도 미만의 빈도로, 함께 작동할 것이다. 다시, 이것은 불안정성을 피하기 위해 행해진다. 이에 따라, 일부 실시예에서, 변환 업데이트 빈도는 링크지의 응답 빈도에 기초하여 고정될 수 있고, 코맨드 빈도는 정확도를 조절하기 위해 변환 업데이트 빈도에 관하여 조절된다.
- [0069] 제2 위치 제어 모드에서 제1 빈도와 제2 빈도 간에 차이는 정도가 다양할 수 있다. 일부 실시예에서, 제2 위치 제어 모드에서 변환 업데이트 빈도는 위치 코맨드가 조인트 모터 제어기(JMC)에 보내지는 코맨드 빈도의 1/10보다 더 크다.
- [0070] 또한, 시스템은 제1 위치 제어 모드와 제2 위치 제어 모드에 더하여 복수의 위치 제어 모드를 포함할 수 있다. 예를 들면, 시스템은 제1 제어 모드와 제2 제어 모드와는 다른 빈도 및/또는 위치적 정확도 및 속도 파라미터를 갖는 혼합 모드를 포함할 수 있다.
- [0071] 일 실시예에서, 도 6에 도시된 바와 같이, 제1 빈도 및 제2 빈도 중 적어도 하나를 조절하는 것은 자율적으로 발생한다. 일 예에서, 제1 혹은 제2 빈도는 자율적으로 증가 또는 감소된다. 또 다른 예에서, 제1 빈도와 제2 빈도 간에 차이는 자율적으로 조절된다.
- [0072] 도 6에 도시된 바와 같이, 시스템은 빈도 제어기(120)와 통신하는 사용자 인터페이스(130)를 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 사용자 인터페이스(130)는 제1 디스플레이(28) 및/또는 제2 디스플레이(29)를 포함하는 내비게이션 인터페이스이다. 사용자 인터페이스(130)는 제1 빈도 및 제2 빈도의 자율적 조절에 관계된 정보를 의료진에게 통신한다. 일 실시예에서, 사용자 인터페이스(130)는 제1 빈도 및 제2 빈도의 실시간 자율적 조절을 디스플레이한다. 사용자 인터페이스(130)는 빈도들 간에 실시간 차이 뿐만 아니라 수치적 실시간 빈도들을 디스플레이할 수 있다. 일부 경우엔, 사용자 인터페이스(130)는 제1 빈도를 제2 빈도로 나눔으로써 계산된 제1 빈도와 제2 빈도 간에 차이의 크기를 더욱 디스플레이할 수 있다. 예를 들면, 도 6에 도시된 바와 같이, 제1 빈도는 제2 빈도보다 1.25X 더 크다. 또한, 사용자 인터페이스(130)는 제1 빈도 및 제2 빈도의 실시간 자율적 조절을 도시하는, 차트와 같은 그래픽적 정보를 디스플레이할 수 있다. 사용자 인터페이스(130)는 의료진을 돕기 위한 그 외 다른 임의의 적합한 정보를 제공할 수 있다. 예를 들어, 사용자 인터페이스(130)는 제1 빈도와 제2 빈도 간에 실시간 차이를 툴(22)의 추정된 혹은 실시간 위치적 정확도 및 위치적 속도와 병치할 수 있다.
- [0073] 자율적 조절은 임의의 적합한 이벤트에 의하여 발생할 수 있다. 일 실시예에서, 변환 업데이트 빈도는 피드백에 기초하여 자율적으로 변경된다. 예를 들면, 자율적 조절은 위에 기술된 바와 같이 시스템이 자율적 혹은 반-자율적 동작 모드에 관여될 때 발생할 수 있다. 또한, 자율적 조절은 시스템의 결정된 안정성 혹은 불안정성에 의하여 발생할 수 있다. 또 다른 예에서, 자율적 조절은 타겟 관심 영역을 결정한 것에 의하여 발생한다. 제1 빈도 및 제2 빈도는 취급되는 타겟 영역의 크기에 기초하여 자율적으로 조절될 수 있다. 예를 들어, 타겟 영역이 툴(22)이 임의의 방향으로 10mm 보다 크게 이동할 수 없게 하는 크기라면, 변환 업데이트 빈도는 툴(22)이 작은 영역에서 동작될 때 엔코더-기반의 데이터가 매우 정밀할 수 있기 때문에 자율적으로 낮아질 수 있다. 한편, 타겟 영역이 툴(22)이 임의의 방향으로 100mm보다 크게 이동할 수 있는 크기라면, 변환 업데이트 빈도는 자율적으로 더 높게 설정될 수 있다.
- [0074] 또한, 제1 빈도 및 제2 빈도의 자율적 조절은 제1 위치 제어 모드와 제2 위치 제어 모드 간에 전환에 의하여 발생할 수 있다. 제1 혹은 제2 빈도로의 변경은 예를 들어, 로봇 매니플레이터(56)가 더 낮은 위치적 정확도를 요구하는 그로스 혹은 벌크 커팅 동작에서, 더 큰 위치적 정확도를 요구하는 최종의 혹은 미세 커팅 동작으로 이행하고 있을 때 연관될 수 있다. 이것은 툴(22)의 벌크 커팅 버스가 미세 커팅 버스로 대체될 때 발생할 수도 있을 것이다. 버스는 삽입되고 이에 따라 위치 제어 모듈을 위치 제어 모드들 간에 전환할 때 매니플레이터 제어기(54)에 의해 자동으로 인식될 수 있다.

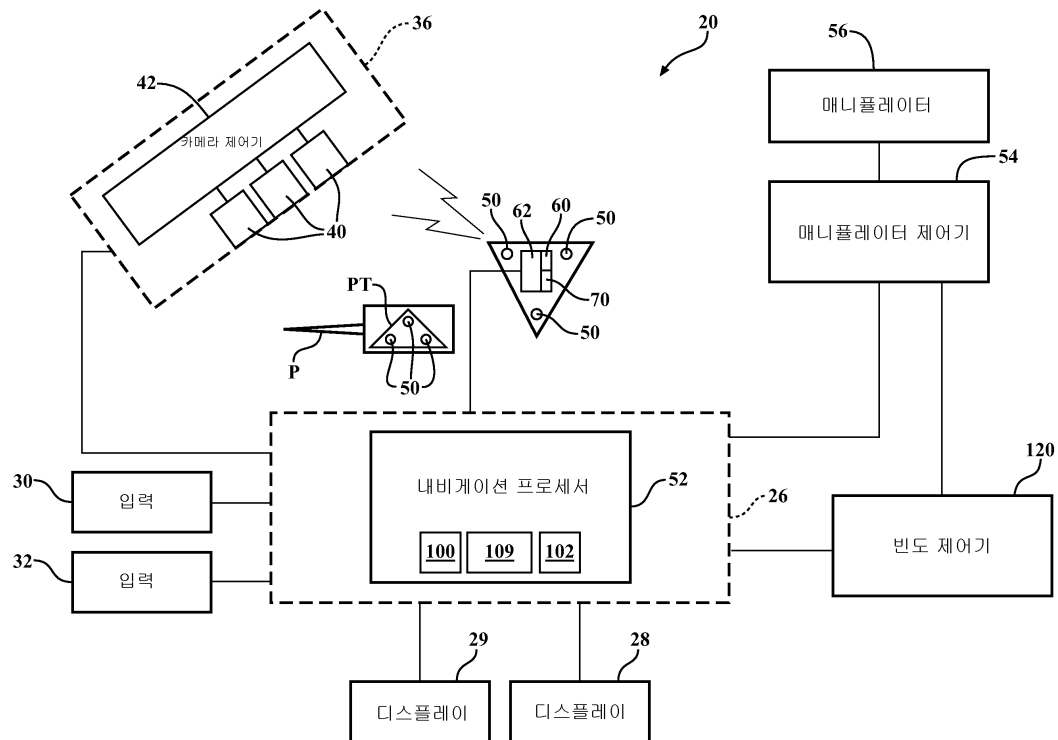
- [0075] 유사하게, 제1 위치 제어 모드 혹은 제2 위치 제어 모드의 선택은 자율적으로 발생할 수 있다. 제1 위치 제어 모드 혹은 제2 위치 제어 모드의 자율적 선택은 제1 빈도 및 제2 빈도의 자율적 조절에 관련하여 위에 기술된 이벤트를 포함한, -그러나 이들로 제한되지 않는다-, 임의의 적합한 이벤트에 응하여 발생할 수 있다. 다른 상황은 서로 상이한 이유로 위치 제어 모드들 간에 자동으로 전환을 요구할 수 있다. 또한, 사용자 인터페이스(130)는 제1 위치 제어 모드 혹은 제2 위치 제어 모드의 자율적 선택에 관계된 임의의 적합한 정보를 디스플레이할 수 있다.
- [0076] 또 다른 실시예에서, 도 7에 도시된 바와 같이, 제1 빈도 및 제2 빈도 중 적어도 하나를 조절하는 것은 수동으로 발생한다. 사용자 인터페이스(130)는 의료진이 제1 빈도 및 제2 빈도 중 적어도 하나를 선택적으로 조절할 수 있게 한다. 예를 들면, 사용자 인터페이스(130)는 의료진이 임의의 주어진 위치 제어 모드에 대해 제1 혹은 제2 빈도를 선택적으로 증가 혹은 감소할 수 있게 한다. 사용자 인터페이스(130)는 또한, 제1 빈도와 제2 빈도 간에 차이의 선택적 조절을 허용할 수 있다. 사용자 인터페이스(130)는 임의의 주어진 위치 제어 모드에 대해 이러한 수동 조절을 허용할 수 있다. 일 실시예에서, 제1 빈도 및 제2 빈도의 수동 조절은 사용자 입력 파라미터에 응하여 발생할 수 있다. 시스템은 안내 스테이션(20)에 요망되는 입력된 파라미터에 기초하여 제1 혹은 제2 빈도를 변경하기 위해 내비게이션 컴퓨터(26)에 의해 동작되는 소프트웨어 모듈인 위치 제어 모듈(109)을 포함할 수 있다. 이들 파라미터는 요망되는 정확도, 정밀도, 수실 시간, 이들의 조합, 등을 포함할 수도 있을 것이다. 물론, 제1 혹은 제2 빈도들의 수동 조절은 제1 빈도 및 제2 빈도의 자율적 조절에 관련하여 위에 기술된 이벤트들을 포함한, -그러나 이들로 제한되지 않는다-, 임의의 다른 적합한 이벤트에 응하여 발생할 수 있다.
- [0077] 제1 빈도 및 제2 빈도 및/또는 제1 빈도와 제2 빈도 간에 차이는 각 주어진 위치 제어 모드에 대해 설정되고 메모리에 저장될 수 있다. 예를 들면, 도 7에서, 샘플 제1 위치 제어 모드(bulk)는 제1 빈도를 1 KHz에 설정하고 제2 빈도를 100Hz에 설정하여 선택된다. 설정된 파라미터는 메모리에 저장되고 이 위치 제어 모드가 나중에 선택될 때 로딩될 수 있다.
- [0078] 또한, 제1 위치 제어 모드와 제2 위치 제어 모드의 선택은 수동으로 발생할 수 있다. 사용자 인터페이스(130)는 의료진이 제1 위치 제어 모드와 제2 위치 제어 모드, 혹은 복수의 다른 위치 제어 모드 혹은 모드의 혼합 중에서 수동으로 선택할 수 있게 한다. 제1 위치 제어 모드 혹은 제2 위치 제어 모드의 수동 선택은 제1 위치 제어 모드와 제2 위치 제어 모드의 자율적 선택에 관련하여 위에 기술된 이벤트들을 포함한, -그러나 이들로 제한되지 않는다-, 임의의 적합한 이벤트에 응하여 발생할 수 있다.
- [0079] 제1 빈도 및 제2 빈도의 수동 조절 및/또는 제1 위치 제어 모드와 제2 위치 제어 모드의 수동 선택을 통해, 사용자 인터페이스(130)는 툴(22)의 위치적 정확도 및 속도에 대해 커스터마이즈된 제어를 할 수 있게 한다.
- [0080] 일부 실시예에서, 제1 빈도 및 제2 빈도를 조절하는 것이 수동으로 발생하고 반면에 제1 위치 제어 모드와 제2 위치 제어 모드의 선택은 자율적으로 발생한다. 대안적으로, 제1 빈도 및 제2 빈도를 조절하는 것이 자율적으로 발생하는 반면 제1 위치 제어 모드와 제2 위치 제어 모드의 선택은 수동으로 발생할 수 있다.
- [0081] 발명의 많은 특징 및 잇점은 상세한 명세로부터 명백하고, 이에 따라, 발명의 진정한 정신 및 범위 내에 속하는 발명의 모든 이러한 특징 및 잇점을 커버하게 첨부된 청구항에 의해 의도된다. 또한, 수많은 수정 및 변형이 당업자에게 쉽게 일어날 것이기 때문에, 발명을 도시하고 기술된 정확한 구조 및 동작으로 제한하는 것은 요망되지 않으며, 따라서, 모든 적합한 수정 및 등가물은 발명의 범위 내에 속하게 의지될 수 있다.

도면

도면1

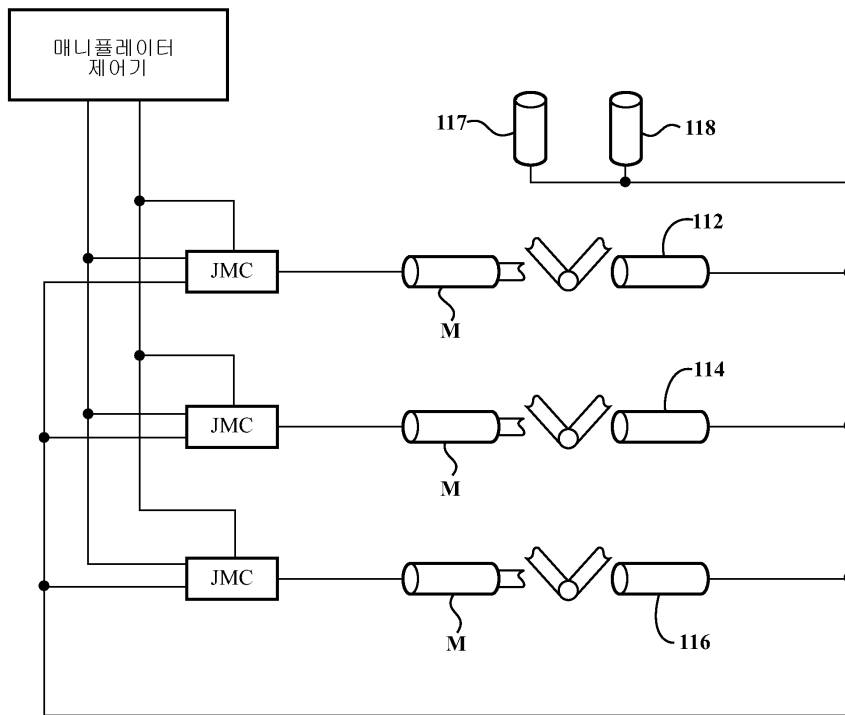


도면2





도면3



도면4

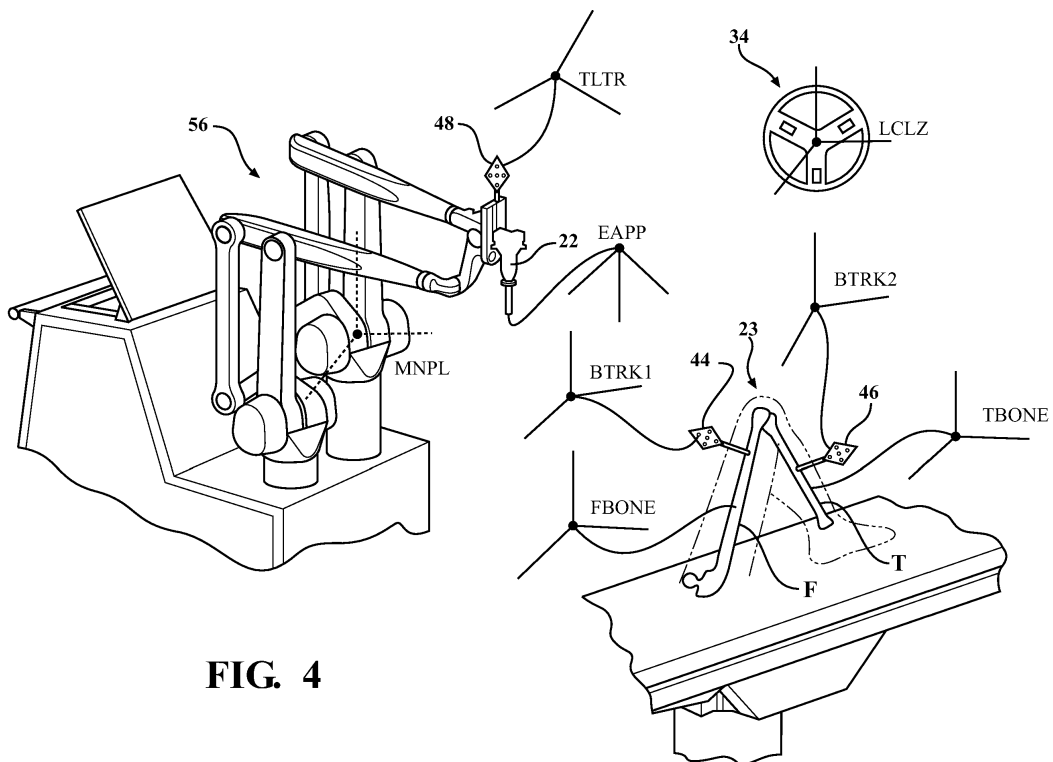
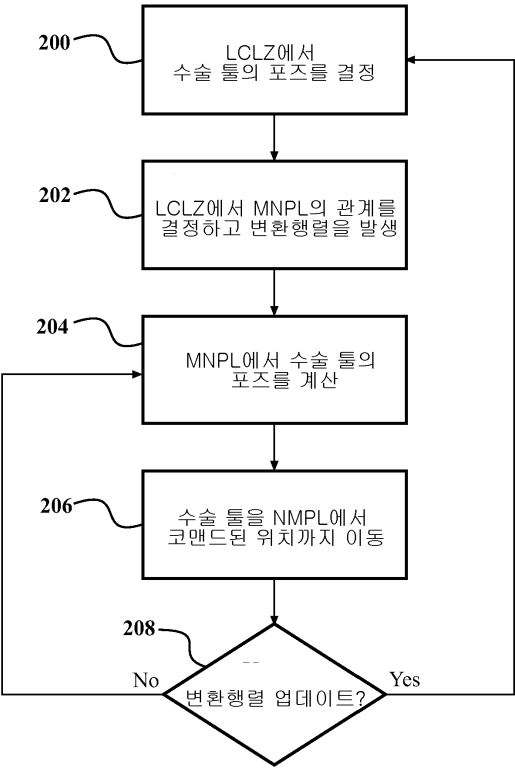
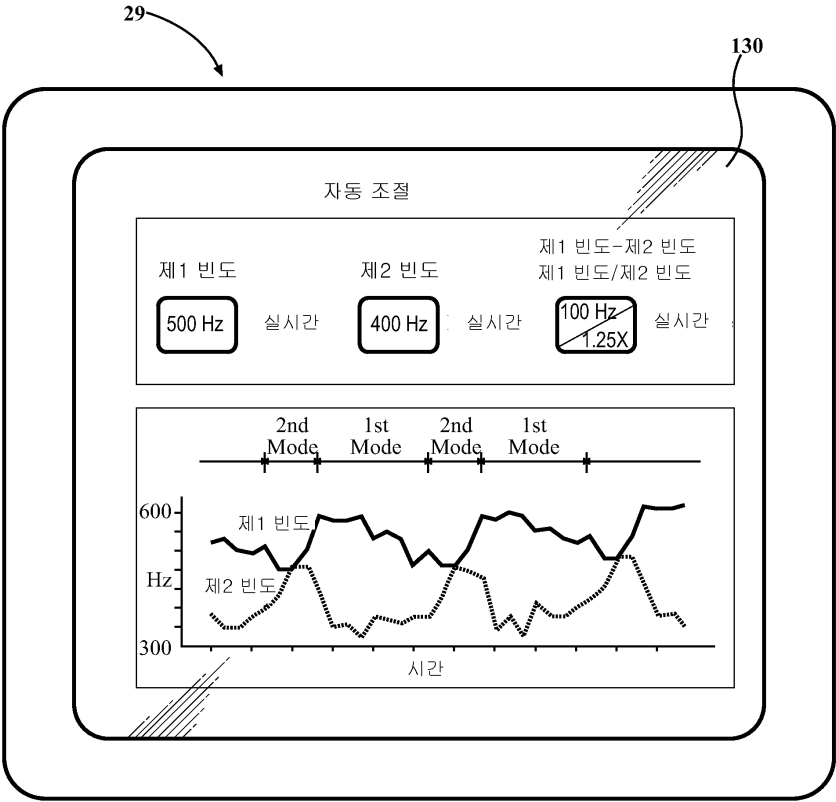


FIG. 4

도면5



도면6



도면7

