



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0120944
(43) 공개일자 2015년10월28일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61B 19/00 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
A61B 19/2203 (2013.01)
A61B 2019/5238 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2015-7018123
- (22) 출원일자(국제) 2013년12월10일
심사청구일자 없음
- (85) 번역문제출일자 2015년07월07일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2013/074163
- (87) 국제공개번호 WO 2014/093367
국제공개일자 2014년06월19일
- (30) 우선권주장
61/735,170 2012년12월10일 미국(US)
14/101,769 2013년12월10일 미국(US)

- (71) 출원인
인튜어티브 서지컬 오퍼레이션즈 인코포레이티드
미합중국 캘리포니아 94086 서니베일 키퍼 로드
1266 빌딩.101
니블러 크리스티네
독일 90607 뢰커스도르프 슈타인브루흐백 2
(뒷면에 계속)
- (72) 발명자
블룸 린츠
독일 91096 뢰렌도르프 에펠스하이데 33
니블러 크리스티네
독일 90607 뢰커스도르프 슈타인브루흐백 2
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인
양영준, 김윤기

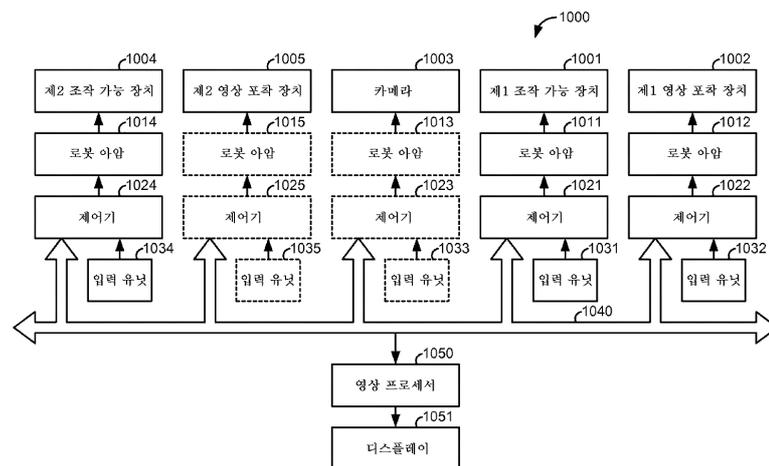
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 영상 포착 장치 및 조작 가능 장치 가동 아암들의 제어된 이동 중의 충돌 회피

(57) 요약

이동 제어를 위한 시스템 및 방법은 작동 단부를 갖는 조작 가능 장치에 결합된 제1 가동 아암 및 영상 포착 장치에 결합된 제2 가동 아암을 갖는 컴퓨터-보조 수술 장치에 결합된 제어기를 포함한다. 제어기는 제1 가동 아암에 대한 제1 구성을 수신하고; 제2 가동 아암에 대한 제2 구성을 수신하고; 영상 포착 장치로부터 작동 단부의 복수의 영상을 수신하고; 작동 단부의 위치 및 배향을 결정하고; 제1 가동 아암에 대한 제1 가동 아암 위치 및 궤적을 결정하고; 제2 가동 아암에 대한 제2 가동 아암 위치 및 궤적을 결정하고; 가동 아암들의 운동이 가동 아암들 사이에서 바람직하지 않은 관계를 일으킬 지를 결정하고; 바람직하지 않은 관계를 회피하기 위해 제1 가동 아암 또는 제2 가동 아암으로 이동 명령을 보내도록, 구성된다.

대표도



(52) CPC특허분류

A61B 2019/5255 (2013.01)

A61B 2019/5259 (2013.01)

A61B 2019/5276 (2013.01)

Y10S 901/02 (2013.01)

(71) 출원인

쿤체 홀거

독일 91088 부벤로이트 크렌악커 3

블롬 뫣츠

독일 91096 뫣렌도르프 에 켈스하이데 33

(72) 발명자

쿤체 홀거

독일 91088 부벤로이트 크렌악커 3

아지지안 마흐디

미국 94089 캘리포니아주 서니베일 아파트먼트
1306 노오스 페어 오크스 애비뉴 1220

조르거 조나단

미국 94002 캘리포니아주 벨몬트 라이언 애비뉴
2133

명세서

청구범위

청구항 1

이동 제어 시스템이며,

하나 이상의 프로세서; 및 하나 이상의 프로세서에 결합된 메모리를 포함하는 제어기를 포함하고,

제어기는, 작동 단부를 갖는 조작 가능 장치에 결합된 제1 가동 아암을 갖는 컴퓨터-보조 수술 장치에 결합되고;

제어기는 컴퓨터-보조 수술 장치로부터 분리된 영상 포착 장치에 결합된 제2 가동 아암에 추가로 결합되고;

제어기는,

제1 가동 아암에 대한 하나 이상의 제1 구성을 수신하고;

제2 가동 아암에 대한 하나 이상의 제2 구성을 수신하고;

영상 포착 장치로부터 작동 단부의 제1 복수의 영상을 수신하고;

제1 복수의 영상들 중 적어도 하나에 기초하여, 공통 기준 프레임 내에서 작동 단부의 위치 및 배향을 결정하고;

제1 구성에 기초하여, 공통 기준 프레임 내에서 제1 가동 아암에 대한 제1 가동 아암 위치 및 제1 가동 아암 궤적을 결정하고;

제2 구성에 기초하여, 공통 기준 프레임 내에서 제2 가동 아암에 대한 제2 가동 아암 위치 및 제2 가동 아암 궤적을 결정하고;

제1 가동 아암 위치, 제1 가동 아암 궤적, 제2 가동 아암 위치, 및 제2 가동 아암 궤적에 기초하여, 제1 가동 아암의 운동, 제2 가동 아암의 운동, 또는 제1 가동 아암 및 제2 가동 아암의 운동이 제1 가동 아암과 제2 가동 아암 사이의 바람직하지 않은 관계를 일으키는 지를 결정하고;

바람직하지 않은 관계를 회피하기 위해 제1 가동 아암 또는 제2 가동 아암에 제1 이동 명령을 보내도록,

구성되는,

이동 제어 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

공통 기준 프레임은 영상 포착 장치의 기준 프레임이고;

제어기는 공통 기준 프레임 내에서의 작동 단부의 위치 및 배향에 추가로 기초하여 공통 기준 프레임 내에서 제1 가동 아암 위치를 결정하도록 추가로 구성되는,

이동 제어 시스템.

청구항 3

제1항에 있어서,

공통 기준 프레임은 컴퓨터-보조 수술 장치의 기준 프레임이고;

제어기는,

영상 포착 장치의 기준 프레임 내에서 제2 가동 아암 위치를 결정하고;

영상 포착 장치의 기준 프레임 내에서 작동 단부의 위치 및 배향을 결정하고;

제2 가동 아암 위치 및 작동 단부의 위치 및 배향을 영상 포착 장치의 기준 프레임으로부터 공통 기준 프레임으로 변환하도록,

추가로 구성되는,
이동 제어 시스템.

청구항 4

제1항에 있어서,
제1 복수의 영상은 영상 포착 장치로부터의 복수의 2차원 영상이고;
제어기는 조작 가능 장치의 작동 단부가 영상 포착 장치와 조작 가능 장치의 작동 단부 사이에 배치된 하나 이상의 물체에 의해 폐색될 때에도, 2차원 영상으로부터 작동 단부의 위치 및 배향을 결정하도록 추가로 구성되는,
이동 제어 시스템.

청구항 5

제1항에 있어서,
조작 가능 장치의 작동 단부의 작동 공간의 제2 복수의 영상을 디스플레이하도록 구성된 뷰어; 및
뷰어 상에 디스플레이되는 영상 내의 사용자 지정 관심 영역의 정보를 수신하도록 구성된 입력 유닛을 추가로 포함하고,
제어기는 영상 포착 장치가 사용자 지정 관심 영역의 영상을 포착하도록 제2 가동 아암에 제2 이동 명령을 보내도록 추가로 구성되는,
이동 제어 시스템.

청구항 6

제5항에 있어서,
입력 유닛은 뷰어의 디스플레이 스크린 상에서 사용자의 시선을 추적하도록 구성된 시선 추적 유닛을 포함하고;
시선 추적 유닛은 디스플레이 스크린 상에서의 사용자의 현재의 시선 지점을 사용함으로써 관심 영역을 표시하도록 사용자에게 의해 작동 가능한 표시기를 포함하는,
이동 제어 시스템.

청구항 7

제5항에 있어서,
입력 유닛은 제2 복수의 영상들 중 하나를 수신하여 제2 복수의 영상들 중 수신된 영상을 텔레스트레이터의 디스플레이 스크린 상에 디스플레이하도록 구성된 텔레스트레이터 유닛을 포함하고;
텔레스트레이터 유닛은 제2 복수의 영상들 중 디스플레이되는 영상 상에서 관심 영역을 표시하도록 사용자에게 의해 작동 가능한 표시 유닛을 포함하는,
이동 제어 시스템.

청구항 8

제5항에 있어서, 카메라를 추가로 포함하고, 제2 복수의 영상은 카메라에 의해 포착되는, 이동 제어 시스템.

청구항 9

제5항에 있어서, 초음파 프로브를 추가로 포함하고, 제2 복수의 영상은 초음파 프로브에 의해 포착되는, 이동 제어 시스템.

청구항 10

제1항에 있어서,

제1 가동 아암은 조작 가능 장치의 작동 단부의 각각의 제어 가능한 위치 및 배향에 대해, 제1 가동 아암에 대한 제1 복수의 가능한 위치 및 배향이 있도록, 다중 자유도를 갖고;

제2 가동 아암은 영상 포착 장치의 각각의 제어 가능한 위치 및 배향에 대해, 제2 가동 아암에 대한 제2 복수의 가능한 위치 및 배향이 있도록, 다중 자유도를 갖고;

제1 가동 아암 또는 제2 가동 아암으로 보내지는 제1 이동 명령은 제1 가동 아암을 제1 복수의 가능한 위치 및 배향 중 하나로 이동하도록 유도하거나, 제2 가동 아암을 바람직하지 않은 관계를 회피하는 제2 복수의 가능한 위치 및 배향 중 하나로 이동하도록 유도하는,

이동 제어 시스템.

청구항 11

제10항에 있어서,

제어기는 제1 가동 아암 위치와 제1 복수의 가능한 위치 및 배향 사이의 차이 및 제2 가동 아암 위치와 제2 복수의 가능한 위치 및 배향 사이의 차이에 기초하여, 제1 가동 아암 및 제2 가동 아암 중 어느 것이 제1 이동 명령을 받을 지를 결정하도록 추가로 구성되고,

결정은 비용 함수를 최소화하도록 이루어지는,

이동 제어 시스템.

청구항 12

제11항에 있어서, 제1 이동 명령은 제1 복수의 가능한 위치 및 배향 중 제1의 선택된 것 및 제2 복수의 가능한 위치 및 배향 중 제2의 선택된 것 중 어느 것이 비용 함수를 최소화하는 지에 기초하여, 제1 가동 아암을 제1 가동 아암 위치로부터 제1 복수의 가능한 위치 및 배향 중 제1의 선택된 것으로 이동하도록 유도하거나, 제2 가동 아암을 제2 가동 아암 위치로부터 제2 복수의 가능한 위치 및 배향 중 제2의 선택된 것으로 이동하도록 유도하는, 이동 제어 시스템.

청구항 13

제1항에 있어서, 바람직하지 않은 관계는 제1 가동 아암과 제2 가동 아암 사이의 충돌, 제1 가동 아암과 제2 가동 아암 사이의 너무 가까운 근접성, 및 제1 가동 아암에 의한 영상 포착 장치의 관심 영역의 차단으로 구성된 그룹으로부터 선택되는, 이동 제어 시스템.

청구항 14

의료 시스템 내에서 이동을 제어하는 방법이며,

컴퓨터-보조 수술 장치의 제1 가동 아암 - 제1 가동 아암은 작동 단부를 갖는 조작 가능 장치에 결합됨 - 에 대한 하나 이상의 제1 구성을 수신하는 단계;

컴퓨터-보조 수술 장치로부터 분리된 영상 포착 장치에 결합된 제2 가동 아암에 대한 하나 이상의 제2 구성을 수신하는 단계;

영상 포착 장치로부터 작동 단부의 제1 복수의 영상을 수신하는 단계;

제1 복수의 영상들 중 적어도 하나에 기초하여, 공통 기준 프레임 내에서 작동 단부의 위치 및 배향을 결정하는 단계;

제1 구성에 기초하여, 공통 기준 프레임 내에서 제1 가동 아암에 대한 제1 가동 아암 위치 및 제1 가동 아암 궤적을 결정하는 단계;

제2 구성에 기초하여, 공통 기준 프레임 내에서 제2 가동 아암에 대한 제2 가동 아암 위치 및 제2 가동 아암 궤적을 결정하는 단계;

제1 가동 아암 위치, 제1 가동 아암 궤적, 제2 가동 아암 위치, 및 제2 가동 아암 궤적에 기초하여, 제1 가동 아암의 운동, 제2 가동 아암의 운동, 또는 제1 가동 아암 및 제2 가동 아암의 운동이 제1 가동 아암과 제2 가동 아암 사이에서 바람직하지 않은 관계를 일으키는 지를 결정하는 단계; 및

바람직하지 않은 관계를 회피하기 위해 제1 가동 아암 또는 제2 가동 아암에 제1 이동 명령을 보내는 단계를 포함하는 방법.

청구항 15

제14항에 있어서,

공동 기준 프레임은 영상 포착 장치의 기준 프레임이고;

방법은 공동 기준 프레임 내에서의 작동 단부의 위치 및 배향에 추가로 기초하여 공동 기준 프레임 내에서 제1 가동 아암 위치를 결정하는 단계를 추가로 포함하는,

방법.

청구항 16

제14항에 있어서,

공동 기준 프레임은 컴퓨터-보조 수술 장치의 기준 프레임이고;

방법은,

영상 포착 장치의 기준 프레임 내에서 제2 가동 아암 위치를 결정하는 단계;

영상 포착 장치의 기준 프레임 내에서 작동 단부의 위치 및 배향을 결정하는 단계; 및

제2 가동 아암 위치 및 작동 단부의 위치 및 배향을 영상 포착 장치의 기준 프레임으로부터 공동 기준 프레임으로 변환하는 단계

를 추가로 포함하는 방법.

청구항 17

제14항에 있어서,

제1 복수의 영상은 영상 포착 장치로부터의 복수의 2차원 영상이고;

방법은 조작 가능 장치의 작동 단부가 영상 포착 장치와 조작 가능 장치의 작동 단부 사이에 배치된 하나 이상의 물체에 의해 폐색될 때에도, 2차원 영상으로부터 작동 단부의 위치 및 배향을 결정하는 단계를 추가로 포함하는,

방법.

청구항 18

제14항에 있어서, 비용 함수를 최소화하기 위한 제1 이동 명령을 결정하는 단계를 추가로 포함하는 방법.

청구항 19

이동 제어 시스템이며,

추적 시스템; 및

추적 시스템에 결합된 제어기

를 포함하고,

제어기는 하나 이상의 프로세서; 및 하나 이상의 프로세서에 결합된 메모리를 포함하고;

제어기는 작동 단부를 갖는 조작 가능 장치에 결합된 제1 가동 아암을 갖는 컴퓨터-보조 수술 장치에 결합되고;

제어기는 컴퓨터-보조 수술 장치로부터 분리된 영상 포착 장치에 결합된 제2 가동 아암에 추가로 결합되고;

제어기는,

제1 가동 아암에 대한 제1 운동학적 데이터를 수신하고;

제2 가동 아암에 대한 제2 운동학적 데이터를 수신하고;

추적 시스템으로부터 제1 가동 아암에 대한 제1 추적 데이터를 수신하고;

추적 시스템으로부터 제2 가동 아암에 대한 제2 추적 데이터를 수신하고;

제1 운동학적 데이터 및 제1 추적 데이터에 기초하여, 제1 가동 아암의 제1 위치를 결정하고;

제2 운동학적 데이터 및 제2 추적 데이터에 기초하여, 제2 가동 아암의 제2 위치를 결정하고;

제1 가동 아암과 제2 가동 아암 사이에서 제1 안전 여유를 유지하면서, 제2 가동 아암을 조작 가능 장치의 적어도 일 부분의 영상을 포착하기 위한 제1 설치 위치로 이동하도록 유도하는 제1 이동 명령 - 제1 이동 명령은 제1 위치 및 제2 위치에 기초함 - 을 제2 가동 아암으로 보내고;

제1 가동 아암에 대한 제3 운동학적 데이터를 수신하고;

제2 가동 아암에 대한 제4 운동학적 데이터를 수신하고;

영상 포착 장치로부터 하나 이상의 제1 영상 - 하나 이상의 제1 영상은 조작 가능 장치의 적어도 일 부분을 포착함 - 을 수신하고;

제3 운동학적 데이터 및 하나 이상의 제1 영상에 기초하여, 제1 가동 아암의 제3 위치를 결정하고;

제4 운동학적 데이터 및 하나 이상의 제1 영상에 기초하여, 제2 가동 아암의 제4 위치를 결정하고;

제1 가동 아암과 제2 가동 아암 사이에서 제2 안전 여유를 유지하면서, 제2 가동 아암을 관심 영역의 영상을 포착하기 위한, 제1 설치 위치와 상이한 제2 설치 위치로 이동하도록 유도하는 제2 이동 명령 - 제2 이동 명령은 제3 위치 및 제4 위치에 기초함 - 을 제2 가동 아암으로 보내도록,

구성되는,

이동 제어 시스템.

청구항 20

제19항에 있어서,

제어기는,

제1 가동 아암에 대한 제5 운동학적 데이터를 수신하고;

제2 가동 아암에 대한 제6 운동학적 데이터를 수신하고;

영상 포착 장치로부터 하나 이상의 제2 영상 - 하나 이상의 제2 영상은 작동 단부의 적어도 일 부분을 포착함 - 을 수신하고;

제5 운동학적 데이터 및 하나 이상의 제2 영상에 기초하여, 제1 가동 아암의 제5 위치를 결정하고;

제6 운동학적 데이터 및 하나 이상의 제2 영상에 기초하여, 제2 가동 아암의 제6 위치를 결정하고;

제1 가동 아암과 제2 가동 아암 사이에서 제3 안전 여유를 유지하면서, 제2 가동 아암을 작동 단부의 영상을 포착하기 위한, 제1 설치 위치 및 제2 설치 위치와 상이한 제3 설치 위치로 이동하도록 유도하는 제3 이동 명령 - 제3 이동 명령은 제5 위치 및 제6 위치에 기초함 - 을 제2 가동 아암으로 보내도록,

추가로 구성되는,

이동 제어 시스템.

발명의 설명

기술 분야

- [0001] 관련 출원에 대한 상호 참조
- [0002] 본 출원은 2012년 12월 10일자로 출원된 미국 가특허 출원 제61/735,170호, 및 2013년 12월 10일자로 출원된 미국 특허 출원 제14/101,769호에 기초하여 우선권을 주장하고, 이들은 본원에서 전체적으로 참조로 통합되었다.
- [0003] 기술 분야
- [0004] 본 발명은 대체로 로봇 시스템에 관한 것이고, 특히 영상 포착 장치 및 조작 가능 장치 로봇 아암들의 제어된 이동 중의 충돌 회피에 관한 것이다.

배경 기술

- [0005] 로봇 시스템 및 컴퓨터-보조 장치는 흔히 작동 부위에서 작업을 수행하기 위한 기기를 조작하기 위한 로봇 또는 가동 아암, 및 작동 부위의 영상을 포착하는 영상 포착 장치를 지지하기 위한 적어도 하나의 로봇 또는 가동 아암을 포함한다. 로봇 아암들이 서로 매우 근접하여 작동할 때, 아암들이 서로 충돌할 수 있고, 그렇게 함으로써, 아암에 대한 손상을 일으킬 수 있는 가능성이 있다. 로봇 아암들이 공동으로 작동될 때, 그러한 충돌을 방지하는 것은 간단할 수 있다. 그러나, 로봇 아암들이 독립적으로 작동될 때, 충돌 회피는 훨씬 더 어려울 수 있다.
- [0006] 로봇 아암은 하나 이상의 능동 제어식 조인트에 의해 함께 결합된 복수의 링크를 포함한다. 많은 실시예에서, 복수의 능동 제어식 조인트가 제공될 수 있다. 로봇 아암은 능동 제어되지 않지만, 능동 제어식 조인트의 이동에 따르는 하나 이상의 수동 조인트를 또한 포함할 수 있다. 그러한 능동 및 수동 조인트는 회전 또는 병진 조인트일 수 있다. 로봇 아암의 구성은 그 다음 조인트의 위치 및 링크들의 구조 및 결합의 지식에 의해 결정될 수 있다.
- [0007] 로봇 아암들 사이의 충돌을 회피하기 위해, 아암들의 구성의 정보 및 공통 기준 프레임 내에서의 그들 각각의 위치의 정보를 갖는 것이 유용하다. 이러한 정보에 의해, 로봇 아암들 중 하나의 이동을 제어하는 제어가 다른 로봇 아암과의 충돌을 회피하기 위한 작용을 취할 수 있다.
- [0008] 제어가 충돌을 회피하기 위해 취할 수 있는 하나의 작용은 다른 로봇 아암과의 충돌이 임박함을 로봇 아암에 명령하는 작업자에게 경고하는 것이다. 그러한 경고 시스템의 하나의 예로서, 본원에서 참조로 통합된 발명의 명칭이 "수술용 로봇의 합성 표현(Synthetic Representation of a Surgical Robot)"인 미국 특허 출원 공개 제 2009/0192524 A1호는 복수의 로봇 아암이 장착되는 환자측 카트를 설명한다. 그러한 경고 시스템의 다른 예로서, 본원에서 참조로 통합된 발명의 명칭이 "진입 가이드의 원위 단부로부터 연장하는 굴절식 기기의 보조 뷰를 제공하는 의료용 로봇 시스템(Medical Robotic System Providing an Auxiliary View of Articulatable Instruments Extending out of a Distal End of an Entry Guide)"인 미국 특허 출원 공개 제2009/0326553호는 진입 가이드로부터 연장하는 복수의 굴절식 기기를 갖는 의료용 로봇 시스템을 설명한다. 그러한 경고 시스템의 또 다른 예로서, 본원에서 참조로 통합된 발명의 명칭이 "로봇 기반 X-선 장치를 사용하여 심장 판막과 관련된 중재 시술을 수행하기 위한 방법 및 장치(Method and Apparatus for Conducting an Interventional Procedure Involving Heart Valves using a Robot-based X-ray Device)"인 미국 특허 출원 공개 제 2009/0234444 A1호는 환자의 해부학적 구조물의 X-선 영상이 카테터 제어 로봇을 사용하는 의료 시술의 수행 중에 포착될 수 있도록, X-선 공급원 및 검출기가 C-아암의 대향 단부들 상에 장착되어 있는 의료용 로봇 시스템을 설명한다.
- [0009] 충돌 회피는 또한 하나 이상의 로봇 아암의 이동을 제어하는 제어기에 의해 자동으로 수행될 수 있다. 그러한 자동 충돌 회피 시스템의 하나의 예로서, 본원에서 참조로 통합된 발명의 명칭이 "수술 및 기타 용도를 위한 소프트웨어 센터 및 고도로 구성 가능한 로봇 시스템(Software center and highly configurable robotic systems for surgery and other uses)"인 미국 특허 제8,004,229호는 로봇 아암들 사이의 충돌을 회피하도록 구성된 의료용 로봇 시스템을 설명한다. 로봇 아암들은 그의 유지 기기의 원하는 위치 및 배향을 달성하기 위해 복수의 구성이 각각의 아암에 대해 가능하도록 다중성을 갖는다. 각각의 제어기는 다른 로봇 아암과의 충돌을 일으키는 가능한 아암 구성을 제거하게 되는 2차 구속을 받는 그의 관련 로봇 아암의 이동을 명령한다.
- [0010] 그러나, 복수의 로봇 아암이 복수의 제어기에 의해 제어될 때, 혼란 및 의도하지 않은 결과가 복수의 제어기들 중 1개를 초과하는 것이 충돌을 회피하기를 시도하면, 발생할 수 있다. 이러한 문제는 로봇 시스템이 독립적으

로 작동되는 로봇 아암들을 채용하는 경우일 수 있는 바와 같이, 제어기들 사이에서 정보의 통신이 없거나 제한될 때 악화된다. 로봇 아암 충돌 문제를 회피하기 위해, 독립적으로 작동되는 로봇 아암들은 작동 부위에서 순차적으로 사용되지만 동시에 사용될 수는 없다. 그러나, 작동 부위에서의 시술 또는 작업의 수행 중에 로봇 아암들을 동시에 사용하는 것이 유리할 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0011] 따라서, 본 발명의 하나 이상의 태양의 하나의 목적은 로봇 아암들의 충돌 회피를 자동으로 수행하는 로봇 시스템 및 그에서 구현되는 방법이다.
- [0012] 본 발명의 하나 이상의 태양의 다른 목적은 독립적으로 작동되는 로봇 아암들의 충돌 회피를 자동으로 수행하는 로봇 시스템 및 그에서 구현되는 방법이다.
- [0013] 본 발명의 하나 이상의 태양의 다른 목적은 로봇 아암들 중 하나가 그의 의도된 작업을 수행하는 것을 방지하지 않으면서 로봇 아암들의 충돌 회피를 자동으로 수행하는 로봇 시스템 및 그에서 구현되는 방법이다.

과제의 해결 수단

- [0014] 이러한 그리고 추가의 목적은 본 발명의 다양한 태양에 의해 달성되고, 간략하게 말하자면, 하나의 태양은 로봇 시스템이고, 로봇 시스템은 작동 단부를 갖는 조작 가능 장치를 유지하는 제1 로봇 아암; 및 제1 로봇 아암과 제2 로봇 아암 사이의 충돌을 회피하면서, 제1 로봇 아암 및 제2 로봇 아암 중 적어도 하나의 이동을 제어하도록 구성된 제어기를 포함하고, 제2 로봇 아암은 조작 가능 장치의 작동 단부의 복수의 영상 - 이로부터 조작 가능 장치의 작동 단부의 3차원 컴퓨터 모델이 발생 가능함 - 을 포착하기 위한 영상 포착 장치를 유지하고; 제어기는 조작 가능 장치의 작동 단부의 복수의 영상들 중 적어도 하나의 영상을 사용함으로써 영상 포착 장치의 기준 프레임 - 영상 포착 장치의 기준 프레임은 포착된 영상의 시야에 대응함 - 에 대한 조작 가능 장치의 작동 단부의 위치 및 배향을 결정함으로써; 영상 포착 장치의 기준 프레임에 대한 조작 가능 장치의 작동 단부의 결정된 위치 및 배향을 사용함으로써 공통 기준 프레임에 대한 제1 로봇 아암 및 제2 로봇 아암 중 하나의 구성 및 위치를 결정함으로써; 제1 로봇 아암 및 제2 로봇 아암 중 다른 하나에 대해 수신된 조인트 위치 정보를 사용함으로써 공통 기준 프레임에 대한 제1 로봇 아암 및 제2 로봇 아암 중 다른 하나의 구성 및 위치를 결정함으로써; 공통 기준 프레임에 대한 제1 로봇 아암 및 제2 로봇 아암의 결정된 구성 및 위치를 사용하여 제1 로봇 아암과 제2 로봇 아암 사이의 임박한 충돌을 결정함으로써; 그리고 임박한 충돌을 회피하기 위해 제1 로봇 아암 및 제2 로봇 아암 중 하나에 대해 작용이 취해지도록 명령함으로써, 제1 로봇 아암과 제2 로봇 아암 사이의 충돌을 회피하도록 구성된다.
- [0015] 다른 태양은 제1 로봇 아암과 제2 로봇 아암 사이의 충돌을 회피하기 위해 로봇 시스템 내에서 구현되는 방법이고, 제1 로봇 아암은 작동 단부를 갖는 조작 가능 장치를 유지하고, 제2 로봇 아암은 조작 가능 장치의 작동 단부의 복수의 영상 - 이로부터 조작 가능 장치의 작동 단부의 3차원 컴퓨터 모델이 발생 가능함 - 을 포착하기 위한 영상 포착 장치를 유지하고, 방법은 조작 가능 장치의 작동 단부의 복수의 영상들 중 적어도 하나의 영상을 사용함으로써 영상 포착 장치의 기준 프레임 - 영상 포착 장치의 기준 프레임은 포착된 영상의 시야에 대응함 - 에 대한 조작 가능 장치의 작동 단부의 위치 및 배향을 결정하는 단계; 영상 포착 장치의 기준 프레임에 대한 조작 가능 장치의 작동 단부의 결정된 위치 및 배향을 사용함으로써 공통 기준 프레임에 대한 제1 로봇 아암 및 제2 로봇 아암 중 하나의 구성 및 위치를 결정하는 단계; 제1 로봇 아암 및 제2 로봇 아암 중 다른 하나에 대해 수신된 조인트 위치 정보를 사용함으로써 공통 기준 프레임에 대한 제1 로봇 아암 및 제2 로봇 아암 중 다른 하나의 구성 및 위치를 결정하는 단계; 공통 기준 프레임에 대한 제1 로봇 아암 및 제2 로봇 아암의 결정된 구성 및 위치를 사용하여 제1 로봇 아암과 제2 로봇 아암 사이의 임박한 충돌을 결정하는 단계; 및 임박한 충돌을 회피하기 위해 제1 로봇 아암 및 제2 로봇 아암 중 하나에 의해 작용이 취해지도록 명령하는 단계를 포함한다.
- [0016] 다른 태양은 로봇 시스템이고, 로봇 시스템은 작동 단부를 갖는 조작 가능 장치를 유지하는 제1 로봇 아암; 및 영상 포착 장치를 유지하는 제2 로봇 아암에 대해 제1 로봇 아암을 정합하도록 프로그램된 프로세서를 포함하고, 프로세서는 제1 로봇 아암 및 제2 로봇 아암 중 적어도 하나의 외부 추적 데이터 및 운동학적 데이터를 사용하여 제1 로봇 아암 및 제2 로봇 아암의 초기 위치에서 제1 로봇 아암 및 제2 로봇 아암의 저 정확도 정합을 수행하고; 제1 로봇 아암의 적어도 일 부분의 영상 포착 장치에 의해 포착된 적어도 하나의 영상 및 제1

로봇 아암 및 제2 로봇 아암 중 적어도 하나의 운동학적 데이터를 사용하여 제1 설치 위치 - 제1 설치 위치는 저 정확도 정합을 표시하는 제1 안전 여유를 포함함 - 에 대한 제1 로봇 아암 및 제2 로봇 아암의 중 정확도 정합을 수행하고; 조작 가능 장치의 작동 단부의 영상 포착 장치에 의해 포착된 적어도 하나의 영상 및 제1 로봇 아암 및 제2 로봇 아암 중 적어도 하나의 운동학적 데이터를 사용하여 제2 설치 위치 - 제2 설치 위치는 중 정확도 정합을 표시하는 제2 안전 여유를 포함함 - 에 대한 제1 로봇 아암 및 제2 로봇 아암의 고 정확도 정합을 수행함으로써, 정합을 수행한다.

[0017] 다른 태양은 제1 로봇 아암 및 제2 로봇 아암을 정합하기 위해 프로세서에 의해 구현되는 방법이다. 제1 로봇 아암은 작동 단부를 갖는 조작 가능 장치를 유지한다. 제2 로봇 아암은 영상 포착 장치를 유지한다. 방법은 제1 로봇 아암 및 제2 로봇 아암 중 적어도 하나의 외부 추적 데이터 및 운동학적 데이터를 사용하여 제1 로봇 아암 및 제2 로봇 아암의 초기 위치에서 제1 로봇 아암 및 제2 로봇 아암의 저 정확도 정합을 수행하는 단계; 제1 로봇 아암의 적어도 일 부분의 영상 포착 장치에 의해 포착된 적어도 하나의 영상 및 제1 로봇 아암 및 제2 로봇 아암 중 적어도 하나의 운동학적 데이터를 사용하여 제1 설치 위치 - 제1 설치 위치는 저 정확도 정합을 표시하는 제1 안전 여유를 포함함 - 에 대한 제1 로봇 아암 및 제2 로봇 아암의 중 정확도 정합을 수행하는 단계; 및 조작 가능 장치의 작동 단부의 영상 포착 장치에 의해 포착된 적어도 하나의 영상 및 제1 로봇 아암 및 제2 로봇 아암 중 적어도 하나의 운동학적 데이터를 사용하여 제2 설치 위치 - 제2 설치 위치는 중 정확도 정합을 표시하는 제2 안전 여유를 포함함 - 에 대한 제1 로봇 아암 및 제2 로봇 아암의 고 정확도 정합을 수행하는 단계를 포함한다.

[0018] 몇몇 실시예에 따르면, 이동 제어 시스템은 제어기를 포함한다. 제어기는 하나 이상의 프로세서 및 하나 이상의 프로세서에 결합된 메모리를 포함한다. 제어기는 작동 단부를 갖는 조작 가능 장치에 결합된 제1 가동 아암을 갖는 컴퓨터-보조 수술 장치에 결합된다. 제어기는 컴퓨터-보조 수술 장치로부터 분리된 영상 포착 장치에 결합된 제2 가동 아암에 추가로 결합된다. 제어기는 제1 가동 아암에 대한 하나 이상의 제1 구성을 수신하고; 제2 가동 아암에 대한 하나 이상의 제2 구성을 수신하고; 영상 포착 장치로부터 작동 단부의 제1 복수의 영상을 수신하고; 제1 복수의 영상들 중 적어도 하나에 기초하여, 공통 기준 프레임 내에서 작동 단부의 위치 및 배향을 결정하고; 제1 구성에 기초하여, 공통 기준 프레임 내에서 제1 가동 아암에 대한 제1 가동 아암 위치 및 제1 가동 아암 궤적을 결정하고; 제2 구성에 기초하여, 공통 기준 프레임 내에서 제2 가동 아암에 대한 제2 가동 아암 위치 및 제2 가동 아암 궤적을 결정하고; 제1 가동 아암 위치, 제1 가동 아암 궤적, 제2 가동 아암 위치, 및 제2 가동 아암 궤적에 기초하여, 제1 가동 아암의 운동, 제2 가동 아암의 운동, 또는 제1 가동 아암 및 제2 가동 아암의 운동이 제1 가동 아암과 제2 가동 아암 사이에서 바람직하지 않은 관계를 일으키는 지를 결정하고; 바람직하지 않은 관계를 회피하기 위해 제1 가동 아암 또는 제2 가동 아암에 제1 이동 명령을 보내도록, 구성된다.

[0019] 몇몇 예에서, 공통 기준 프레임은 영상 포착 장치의 기준 프레임이고, 제어기는 공통 기준 프레임 내에서의 작동 단부의 위치 및 배향에 추가로 기초하여 공통 기준 프레임 내에서 제1 가동 아암 위치를 결정하도록 추가로 구성된다. 몇몇 예에서, 공통 기준 프레임은 컴퓨터-보조 수술 장치의 기준 프레임이고, 제어기는 영상 포착 장치의 기준 프레임 내에서 제2 가동 아암 위치를 결정하고, 영상 포착 장치의 기준 프레임 내에서 작동 단부의 위치 및 배향을 결정하고, 제2 가동 아암 위치 및 작동 단부의 위치 및 배향을 영상 포착 장치의 기준 프레임으로부터 공통 기준 프레임으로 변환하도록, 추가로 구성된다.

[0020] 몇몇 예에서, 제1 복수의 영상은 영상 포착 장치로부터의 복수의 2차원 영상이고, 제어기는 조작 가능 장치의 작동 단부가 영상 포착 장치와 조작 가능 장치의 작동 단부 사이에 배치된 하나 이상의 물체에 의해 폐색될 때에도, 2차원 영상으로부터 작동 단부의 위치 및 배향을 결정하도록 추가로 구성된다. 몇몇 예에서, 시스템은 조작 가능 장치의 작동 단부의 작동 공간의 제2 복수의 영상을 디스플레이하도록 구성된 뷰어(viewer), 및 뷰어 상에 디스플레이되는 영상 내의 사용자 지정 관심 영역의 정보를 수신하도록 구성된 입력 유닛을 추가로 포함한다. 제어기는 영상 포착 장치가 사용자 지정 관심 영역의 영상을 포착하도록 제2 가동 아암에 제2 이동 명령을 보내도록 추가로 구성된다.

[0021] 몇몇 예에서, 입력 유닛은 뷰어의 디스플레이 스크린 상에서 사용자의 시선을 추적하도록 구성된 시선 추적 유닛을 포함하고, 시선 추적 유닛은 디스플레이 스크린 상에서의 사용자의 현재의 시선 지점을 사용함으로써 관심 영역을 표시하도록 사용자에게 의해 작동 가능한 표시기를 포함한다. 몇몇 예에서, 입력 유닛은 제2 복수의 영상들 중 하나를 수신하여 제2 복수의 영상들 중 수신된 영상을 텔레스트레이터의 디스플레이 스크린 상에 디스플레이하도록 구성된 텔레스트레이터 유닛을 포함하고, 텔레스트레이터 유닛은 제2 복수의 영상들 중 디스플레이

되는 영상 상에서 관심 영역을 표시하도록 사용자에게 의해 작동 가능한 표시 유닛을 포함한다.

- [0022] 몇몇 예에서, 시스템은 카메라를 추가로 포함하고, 제2 복수의 영상은 카메라에 의해 포착된다. 몇몇 예에서, 시스템은 초음파 프로브를 추가로 포함하고, 제2 복수의 영상은 초음파 프로브에 의해 포착된다. 몇몇 예에서, 제1 가동 아암은 조작 가능 장치의 작동 단부의 각각의 제어 가능한 위치 및 배향에 대해, 제1 가동 아암에 대한 제1 복수의 가능한 위치 및 배향이 있도록, 다중 자유도를 갖고, 제2 가동 아암은 영상 포착 장치의 각각의 제어 가능한 위치 및 배향에 대해, 제2 가동 아암에 대한 제2 복수의 가능한 위치 및 배향이 있도록, 다중 자유도를 갖고, 제1 가동 아암 또는 제2 가동 아암으로 보내지는 제1 이동 명령은 제1 가동 아암을 제1 복수의 가능한 위치 및 배향 중 하나로 이동하도록 유도하거나, 제2 가동 아암을 바람직하지 않은 관계를 회피하는 제2 복수의 가능한 위치 및 배향 중 하나로 이동하도록 유도한다.
- [0023] 몇몇 예에서, 제어기는 제1 가동 아암 위치와 제1 복수의 가능한 위치 및 배향 사이의 차이 및 제2 가동 아암 위치와 제2 복수의 가능한 위치 및 배향 사이의 차이에 기초하여, 제1 가동 아암 및 제2 가동 아암 중 어느 것이 제1 이동 명령을 받을 지를 결정하도록 추가로 구성되고, 결정은 비용 함수를 최소화하도록 이루어진다.
- [0024] 몇몇 예에서, 제1 이동 명령은 제1 복수의 가능한 위치 및 배향 중 제1의 선택된 것 및 제2 복수의 가능한 위치 및 배향 중 제2의 선택된 것 중 어느 것이 비용 함수를 최소화하는 지에 기초하여, 제1 가동 아암을 제1 가동 아암 위치로부터 제1 복수의 가능한 위치 및 배향 중 제1의 선택된 것으로 이동하도록 유도하거나, 제2 가동 아암을 제2 가동 아암 위치로부터 제2 복수의 가능한 위치 및 배향 중 제2의 선택된 것으로 이동하도록 유도한다. 몇몇 예에서, 바람직하지 않은 관계는 제1 가동 아암과 제2 가동 아암 사이의 충돌, 제1 가동 아암과 제2 가동 아암 사이의 너무 가까운 근접성, 및 제1 가동 아암에 의한 영상 포착 장치의 관심 영역의 차단으로 구성된 그룹으로부터 선택된다.
- [0025] 몇몇 실시예에 따르면, 의료 시스템 내에서 이동을 제어하는 방법은 컴퓨터-보조 수술 장치의 제1 가동 아암 - 제1 가동 아암은 작동 단부를 갖는 조작 가능 장치에 결합됨 - 에 대한 하나 이상의 제1 구성을 수신하는 단계; 컴퓨터-보조 수술 장치로부터 분리된 영상 포착 장치에 결합된 제2 가동 아암에 대한 하나 이상의 제2 구성을 수신하는 단계; 영상 포착 장치로부터 작동 단부의 제1 복수의 영상을 수신하는 단계; 제1 복수의 영상들 중 적어도 하나에 기초하여, 공통 기준 프레임 내에서 작동 단부의 위치 및 배향을 결정하는 단계; 제1 구성에 기초하여, 공통 기준 프레임 내에서 제1 가동 아암에 대한 제1 가동 아암 위치 및 제1 가동 아암 궤적을 결정하는 단계; 제2 구성에 기초하여, 공통 기준 프레임 내에서 제2 가동 아암에 대한 제2 가동 아암 위치 및 제2 가동 아암 궤적을 결정하는 단계; 제1 가동 아암 위치, 제1 가동 아암 궤적, 제2 가동 아암 위치, 및 제2 가동 아암 궤적에 기초하여, 제1 가동 아암의 운동, 제2 가동 아암의 운동, 또는 제1 가동 아암 및 제2 가동 아암의 운동이 제1 가동 아암과 제2 가동 아암 사이에서 바람직하지 않은 관계를 일으키는 지를 결정하는 단계; 및 바람직하지 않은 관계를 회피하기 위해 제1 가동 아암 또는 제2 가동 아암에 제1 이동 명령을 보내는 단계를 포함한다.
- [0026] 몇몇 예에서, 공통 기준 프레임은 영상 포착 장치의 기준 프레임이고, 방법은 공통 기준 프레임 내에서의 작동 단부의 위치 및 배향에 추가로 기초하여 공통 기준 프레임 내에서 제1 가동 아암 위치를 결정하는 단계를 추가로 포함한다. 몇몇 예에서, 공통 기준 프레임은 컴퓨터-보조 수술 장치의 기준 프레임이고, 방법은 영상 포착 장치의 기준 프레임 내에서 제2 가동 아암 위치를 결정하는 단계, 영상 포착 장치의 기준 프레임 내에서 작동 단부의 위치 및 배향을 결정하는 단계, 및 제2 가동 아암 위치 및 작동 단부의 위치 및 배향을 영상 포착 장치의 기준 프레임으로부터 공통 기준 프레임으로 변환하는 단계를 추가로 포함한다.
- [0027] 몇몇 예에서, 제1 복수의 영상은 영상 포착 장치로부터의 복수의 2차원 영상이고, 방법은 조작 가능 장치의 작동 단부가 영상 포착 장치와 조작 가능 장치의 작동 단부 사이에 배치된 하나 이상의 물체에 의해 폐색될 때에도, 2차원 영상으로부터 작동 단부의 위치 및 배향을 결정하는 단계를 추가로 포함한다. 몇몇 예에서, 방법은 비용 함수를 최소화하도록 제1 이동 명령을 결정하는 단계를 추가로 포함한다.
- [0028] 몇몇 실시예에 따르면, 이동 제어 시스템은 추적 시스템 및 추적 시스템에 결합된 제어기를 포함한다. 제어기는 하나 이상의 프로세서 및 하나 이상의 프로세서에 결합된 메모리를 포함한다. 제어기는 작동 단부를 갖는 조작 가능 장치에 결합된 제1 가동 아암을 갖는 컴퓨터-보조 수술 장치에 결합된다. 제어기는 컴퓨터-보조 수술 장치로부터 분리된 영상 포착 장치에 결합된 제2 가동 아암에 추가로 결합된다. 제어기는 제1 가동 아암에 대한 제1 운동학적 데이터를 수신하고; 제2 가동 아암에 대한 제2 운동학적 데이터를 수신하고; 추적 시스템으로부터 제1 가동 아암에 대한 제1 추적 데이터를 수신하고; 추적 시스템으로부터 제2 가동 아암에 대한 제2 추적 데이터를 수신하고; 제1 운동학적 데이터 및 제1 추적 데이터에 기초하여, 제1 가동 아암의 제1 위치를 결정

하고; 제2 운동학적 데이터 및 제2 추적 데이터에 기초하여, 제2 가동 아암의 제2 위치를 결정하고; 제1 가동 아암과 제2 가동 아암 사이에서 제1 안전 여유를 유지하면서, 제2 가동 아암을 조작 가능 장치의 적어도 일 부분의 영상을 포착하기 위한 제1 설치 위치로 이동하도록 유도하는 제1 이동 명령 - 제1 이동 명령은 제1 위치 및 제2 위치에 기초함 - 을 제2 가동 아암으로 보내고; 제1 가동 아암에 대한 제3 운동학적 데이터를 수신하고; 제2 가동 아암에 대한 제4 운동학적 데이터를 수신하고; 영상 포착 장치로부터 하나 이상의 제1 영상 - 하나 이상의 제1 영상은 조작 가능 장치의 적어도 일 부분을 포착함 - 을 수신하고; 제3 운동학적 데이터 및 하나 이상의 제1 영상에 기초하여, 제1 가동 아암의 제3 위치를 결정하고; 제4 운동학적 데이터 및 하나 이상의 제1 영상에 기초하여, 제2 가동 아암의 제4 위치를 결정하고; 제1 가동 아암과 제2 가동 아암 사이에서 제2 안전 여유를 유지하면서, 제2 가동 아암을 관심 영역의 영상을 포착하기 위한, 제1 설치 위치와 상이한 제2 설치 위치로 이동하도록 유도하는 제2 이동 명령 - 제2 이동 명령은 제3 위치 및 제4 위치에 기초함 - 을 제2 가동 아암으로 보내도록, 구성된다.

[0029] 몇몇 예에서, 제어기는 제1 가동 아암에 대한 제5 운동학적 데이터를 수신하고; 제2 가동 아암에 대한 제6 운동학적 데이터를 수신하고; 영상 포착 장치로부터 하나 이상의 제2 영상 - 하나 이상의 제2 영상은 작동 단부의 적어도 일 부분을 포착함 - 을 수신하고; 제5 운동학적 데이터 및 하나 이상의 제2 영상에 기초하여, 제1 가동 아암의 제5 위치를 결정하고; 제6 운동학적 데이터 및 하나 이상의 제2 영상에 기초하여, 제2 가동 아암의 제6 위치를 결정하고; 제1 가동 아암과 제2 가동 아암 사이에서 제3 안전 여유를 유지하면서, 제2 가동 아암을 작동 단부의 영상을 포착하기 위한, 제1 설치 위치 및 제2 설치 위치와 상이한 제3 설치 위치로 이동하도록 유도하는 제3 이동 명령 - 제3 이동 명령은 제5 위치 및 제6 위치에 기초함 - 을 제2 가동 아암으로 보내도록, 추가로 구성된다.

[0030] 몇몇 예에서, 제2 안전 여유는 제1 안전 여유보다 10배 더 작다. 몇몇 예에서, 제1 안전 여유를 유지하는 것은 적어도 10센티미터의 제1 가동 아암과 제2 가동 아암 사이의 분리를 유지하고, 제2 안전 여유를 유지하는 것은 적어도 1센티미터의 제1 가동 아암과 제2 가동 아암 사이의 분리를 유지한다. 몇몇 예에서, 제3 안전 여유는 제2 안전 여유보다 10배 더 작다. 몇몇 예에서, 제2 안전 여유를 유지하는 것은 적어도 1센티미터의 제1 가동 아암과 제2 가동 아암 사이의 분리를 유지하고, 제3 안전 여유를 유지하는 것은 적어도 1밀리미터의 제1 가동 아암과 제2 가동 아암 사이의 분리를 유지한다.

[0031] 몇몇 예에서, 제1 영상은 영상 포착 장치로부터의 2차원 영상이고, 제어기는 조작 가능 장치가 영상 포착 장치와 조작 가능 장치의 작동 단부 사이에 배치된 하나 이상의 물체에 의해 폐색될 때에도, 2차원 영상으로부터 조작 가능 장치의 위치 및 배향을 결정하도록 추가로 구성된다. 몇몇 예에서, 제2 영상은 영상 포착 장치로부터의 2차원 영상이고, 제어기는 조작 가능 장치의 작동 단부가 영상 포착 장치와 조작 가능 장치의 작동 단부 사이에 배치된 하나 이상의 물체에 의해 폐색될 때에도, 2차원 영상으로부터 작동 단부의 위치 및 배향을 결정하도록 추가로 구성된다. 몇몇 예에서, 시스템은 영상 포착 장치로부터 수신된 하나 이상의 제2 영상을 디스플레이하도록 구성된 뷰어, 및 제2 영상 내의 관심 영역의 정보를 수신하도록 구성된 입력 유닛을 추가로 포함한다.

[0032] 몇몇 예에서, 입력 유닛은 뷰어의 디스플레이 스크린 상에서 사용자의 시선을 추적하도록 구성된 시선 추적 유닛을 포함하고, 시선 추적 유닛은 디스플레이 스크린 상에서의 사용자의 현재의 시선 지점을 사용함으로써 관심 영역을 표시하도록 사용자에게 의해 작동 가능한 표시기를 포함한다. 몇몇 예에서, 입력 유닛은 제2 영상들 중 하나를 수신하여 제2 영상들 중 수신된 영상을 텔레스트레이터의 디스플레이 스크린 상에 디스플레이하도록 구성된 텔레스트레이터 유닛을 포함하고, 텔레스트레이터 유닛은 제2 영상들 중 디스플레이되는 영상 상에서 관심 영역을 표시하도록 사용자에게 의해 작동 가능한 표시 유닛을 포함한다. 몇몇 예에서, 시스템은 카메라를 추가로 포함하고, 제2 영상은 카메라에 의해 포착된다. 몇몇 예에서, 시스템은 초음파 프로브를 추가로 포함하고, 제2 영상은 초음파 프로브에 의해 포착된다. 몇몇 예에서, 제1 이동 명령은 비용 함수를 최소화한다.

[0033] 몇몇 예에서, 제2 가동 아암은 영상 포착 장치의 각각의 제어 가능한 위치 및 배향에 대해, 제2 가동 아암에 대한 복수의 가능한 위치 및 배향이 있도록, 다중 자유도를 갖고, 제2 가동 아암으로 보내지는 제1 이동 명령은 제2 가동 아암을 제1 안전 여유를 유지하는 복수의 가능한 위치 및 배향 중 하나로 이동하도록 유도하고, 제2 가동 아암으로 보내지는 제2 이동 명령은 제2 가동 아암을 제2 안전 여유를 유지하는 복수의 가능한 위치 및 배향 중 하나로 이동하도록 유도하고, 제2 가동 아암으로 보내지는 제3 이동 명령은 제2 가동 아암을 제3 안전 여유를 유지하는 복수의 가능한 위치 및 배향 중 하나로 이동하도록 유도한다.

[0034] 몇몇 실시예에 따르면, 의료 시스템 내에서 이동을 제어하는 방법은 컴퓨터-보조 수술 장치의 제1 가동 아암 - 제1 가동 아암은 작동 단부를 갖는 조작 가능 장치에 결합됨 - 에 대한 제1 운동학적 데이터를 수신하는 단계;

컴퓨터-보조 수술 장치로부터 분리된 영상 포착 장치에 결합된 제2 가동 아암에 대한 제2 운동학적 데이터를 수신하는 단계; 추적 시스템으로부터 제1 가동 아암에 대한 제1 추적 데이터를 수신하는 단계; 추적 시스템으로부터 제2 가동 아암에 대한 제2 추적 데이터를 수신하는 단계; 제1 운동학적 데이터 및 제1 추적 데이터에 기초하여, 제1 가동 아암의 제1 위치를 결정하는 단계; 제2 운동학적 데이터 및 제2 추적 데이터에 기초하여, 제2 가동 아암의 제2 위치를 결정하는 단계; 제1 가동 아암과 제2 가동 아암 사이에서 제1 안전 여유를 유지하면서, 제2 가동 아암을 조작 가능 장치의 적어도 일 부분의 영상을 포착하기 위한 제1 설치 위치로 이동하도록 유도하는 제1 이동 명령 - 제1 이동 명령은 제1 위치 및 제2 위치에 기초함 - 을 제2 가동 아암으로 보내는 단계; 제1 가동 아암에 대한 제3 운동학적 데이터를 수신하는 단계; 제2 가동 아암에 대한 제4 운동학적 데이터를 수신하는 단계; 영상 포착 장치로부터 하나 이상의 제1 영상 - 하나 이상의 제1 영상은 조작 가능 장치의 적어도 일 부분을 포착함 - 을 수신하는 단계; 제3 운동학적 데이터 및 하나 이상의 제1 영상에 기초하여, 제1 가동 아암의 제3 위치를 결정하는 단계; 제4 운동학적 데이터 및 하나 이상의 제1 영상에 기초하여, 제2 가동 아암의 제4 위치를 결정하는 단계; 및 제1 가동 아암과 제2 가동 아암 사이에서 제2 안전 여유를 유지하면서, 제2 가동 아암을 관심 영역의 영상을 포착하기 위한, 제1 설치 위치와 상이한 제2 설치 위치로 이동하도록 유도하는 제2 이동 명령 - 제2 이동 명령은 제3 위치 및 제4 위치에 기초함 - 을 제2 가동 아암으로 보내는 단계를 포함한다.

[0035]

몇몇 예에서, 방법은 제1 가동 아암에 대한 제5 운동학적 데이터를 수신하는 단계; 제2 가동 아암에 대한 제6 운동학적 데이터를 수신하는 단계; 영상 포착 장치로부터 하나 이상의 제2 영상 - 하나 이상의 제2 영상은 작동 단부의 적어도 일 부분을 포착함 - 을 수신하는 단계; 제5 운동학적 데이터 및 하나 이상의 제2 영상에 기초하여, 제1 가동 아암의 제5 위치를 결정하는 단계; 제6 운동학적 데이터 및 하나 이상의 제2 영상에 기초하여, 제2 가동 아암의 제6 위치를 결정하는 단계; 및 제1 가동 아암과 제2 가동 아암 사이에서 제3 안전 여유를 유지하면서, 제2 가동 아암을 작동 단부의 영상을 포착하기 위한, 제1 설치 위치 및 제2 설치 위치와 상이한 제3 설치 위치로 이동하도록 유도하는 제3 이동 명령 - 제3 이동 명령은 제5 위치 및 제6 위치에 기초함 - 을 제2 가동 아암으로 보내는 단계를 추가로 포함한다.

[0036]

몇몇 예에서, 방법은 비용 함수를 최소화하도록 제3 이동 명령을 결정하는 단계를 추가로 포함한다. 몇몇 예에서, 제1 영상은 영상 포착 장치로부터의 2차원 영상이고, 방법은 조작 가능 장치가 영상 포착 장치와 조작 가능 장치의 작동 단부 사이에 배치된 하나 이상의 물체에 의해 폐색될 때에도, 2차원 영상으로부터 조작 가능 장치의 위치 및 배향을 결정하는 단계를 추가로 포함한다. 몇몇 예에서, 제2 영상은 영상 포착 장치로부터의 2차원 영상이고, 방법은 조작 가능 장치의 작동 단부가 영상 포착 장치와 조작 가능 장치의 작동 단부 사이에 배치된 하나 이상의 물체에 의해 폐색될 때에도, 2차원 영상으로부터 작동 단부의 위치 및 배향을 결정하는 단계를 추가로 포함한다.

[0037]

몇몇 실시예에 따르면, 로봇 시스템은 작동 단부를 갖는 조작 가능 장치를 유지하는 제1 로봇 아암, 및 제1 로봇 아암과 제2 로봇 아암 사이의 충돌을 회피하면서, 제1 로봇 아암 및 제2 로봇 아암 중 적어도 하나의 이동을 제어하도록 구성된 제어기를 포함한다. 제2 로봇 아암은 조작 가능 장치의 작동 단부의 복수의 영상 - 이로부터 조작 가능 장치의 작동 단부의 3차원 컴퓨터 모델이 발생 가능함 - 을 포착하기 위한 영상 포착 장치를 유지한다. 제어기는 조작 가능 장치의 작동 단부의 복수의 영상들 중 적어도 하나의 영상을 사용함으로써 영상 포착 장치의 기준 프레임 - 영상 포착 장치의 기준 프레임은 포착된 영상의 시야에 대응함 - 에 대한 조작 가능 장치의 작동 단부의 위치 배향을 결정함으로써; 영상 포착 장치의 기준 프레임에 대한 조작 가능 장치의 작동 단부의 결정된 위치 및 배향을 사용함으로써 공통 기준 프레임에 대한 제1 로봇 아암 및 제2 로봇 아암 중 하나의 구성 및 위치를 결정함으로써; 제1 로봇 아암 및 제2 로봇 아암 중 다른 하나에 대해 수신된 조인트 위치 정보를 사용함으로써 공통 기준 프레임에 대한 제1 로봇 아암 및 제2 로봇 아암 중 다른 하나의 구성 및 위치를 결정함으로써; 공통 기준 프레임에 대한 제1 로봇 아암 및 제2 로봇 아암의 결정된 구성 및 위치를 사용하여 제1 로봇 아암과 제2 로봇 아암 사이의 임박한 충돌을 결정함으로써; 그리고 임박한 충돌을 회피하기 위해 제1 로봇 아암 및 제2 로봇 아암 중 하나에 의해 작용이 취해지도록 명령함으로써, 제1 로봇 아암과 제2 로봇 아암 사이의 충돌을 회피하도록 구성된다.

[0038]

몇몇 예에서, 영상 포착 장치는 복수의 2차원 영상 - 이로부터 조작 가능 장치의 작동 단부가 영상 포착 장치와 조작 가능 장치의 작동 단부 사이에 배치된 하나 이상의 물체에 의해 폐색될 때에도 구분 가능함 - 을 포착하기 위한 단층 촬영 영상 포착 장치를 포함한다. 몇몇 예에서, 제어기는 제1 로봇 아암의 구성 및 기하학적 특징의 정보 및 영상 포착 장치의 기준 프레임에 대한 조작 가능 장치의 작동 단부의 결정된 위치 및 배향을 사용함으로써, 영상 포착 장치의 기준 프레임에 대한 제1 로봇 아암의 구성 및 위치를 결정하도록 구성된다.

[0039]

몇몇 예에서, 제어기는 영상 포착 장치의 기준 프레임 내의 지점을 조작 가능 장치의 기준 프레임으로 전환하기

위한 변환을 사용함으로써 조작 가능 장치의 기준 프레임에 대한 제2 로봇 아암의 구성 및 위치를 결정하도록 구성된다. 변환은 영상 포착 장치의 기준 프레임에 대한 조작 가능 장치의 작동 단부의 결정된 위치 및 배향을 사용함으로써 결정되었다. 조작 가능 장치의 기준 프레임은 공통 기준 프레임이다. 몇몇 예에서, 시스템은 조작 가능 장치의 작동 단부의 작동 공간의 포착된 영상으로부터 도출된 영상을 디스플레이하도록 구성된 뷰어, 및 뷰어 상에 디스플레이되는 영상 내의 사용자 지정 관심 영역의 정보를 수신하도록 구성된 입력 유닛을 추가로 포함한다. 제어기는 영상 포착 장치가 조작 가능 장치의 작동 단부의 복수의 영상 내에서 사용자 지정 관심 영역의 영상을 포착하도록, 제2 로봇 아암의 이동을 명령 및 제어하도록 구성된다.

[0040] 몇몇 예에서, 입력 유닛은 뷰어의 디스플레이 스크린 상에서 사용자의 시선을 추적하도록 구성된 시선 추적 유닛을 포함한다. 시선 추적 유닛은 디스플레이 스크린 상에서의 사용자의 현재의 시선 지점을 사용함으로써 관심 영역을 표시하도록 사용자에게 의해 작동 가능한 표시기를 포함한다. 몇몇 예에서, 입력 유닛은 뷰어 상에서 디스플레이되는 영상을 수신하여 수신된 영상을 텔레스트레이터의 디스플레이 스크린 상에 디스플레이하도록 구성된 텔레스트레이터 유닛을 포함한다. 텔레스트레이터 유닛은 텔레스트레이터 유닛의 디스플레이 스크린 상에서 디스플레이되는 영상 상에서 관심 영역을 표시하도록 사용자에게 의해 작동 가능한 표시 유닛을 포함한다.

[0041] 몇몇 예에서, 시스템은 카메라를 추가로 포함하고, 조작 가능 장치의 작동 단부의 작동 공간의 포착된 영상은 카메라에 의해 포착된다. 몇몇 예에서, 시스템은 초음파 프로브를 추가로 포함하고, 조작 가능 장치의 작동 단부의 작동 공간의 포착된 영상은 초음파 프로브에 의해 포착된다. 몇몇 예에서, 제어기는 제2 로봇 아암과의 충돌을 회피하면서, 제1 로봇 아암의 이동을 제어하기 위해 제1 로봇 아암과 관련되고, 조작 가능 장치의 기준 프레임은 공통 기준 프레임이다. 몇몇 예에서, 제어기는 제1 로봇 아암과의 충돌을 회피하면서, 제2 로봇 아암의 이동을 제어하기 위해 제2 로봇 아암과 관련되고, 영상 포착 장치의 기준 프레임은 공통 기준 프레임이다.

[0042] 몇몇 예에서, 제1 로봇 아암은 조작 가능 장치의 작동 단부의 각각의 제어 가능한 위치 및 배향에 대해, 제1 로봇 아암에 대한 복수의 가능한 구성이 있도록, 제1 로봇 아암의 다중 이동 자유도를 제공하기 위해 함께 결합된 제1 복수의 조인트 및 제1 복수의 링크를 포함한다. 제어기는 조작 가능 장치의 작동 단부의 원하는 위치 및 배향에 따라 그리고 제1 로봇 아암과 제2 로봇 아암 사이의 충돌을 회피하기 위한 2차 구속에 따라, 제1 로봇 아암이 제1 로봇 아암에 대한 복수의 가능한 구성들 중 하나로 구성되도록 명령함으로써 제1 로봇 아암의 이동을 제어하도록 구성된다.

[0043] 몇몇 예에서, 제2 로봇 아암은 영상 포착 장치의 각각의 제어 가능한 위치 및 배향에 대해, 제2 로봇 아암에 대한 복수의 가능한 구성이 있도록, 제2 로봇 아암의 다중 이동 자유도를 제공하기 위해 함께 결합된 제2 복수의 조인트 및 제2 복수의 링크를 포함한다. 제어기는 영상 포착 장치의 원하는 위치 및 배향에 따라 그리고 제1 로봇 아암과 제2 로봇 아암 사이의 충돌을 회피하기 위한 2차 구속에 따라, 제2 로봇 아암이 제2 로봇 아암에 대한 복수의 가능한 구성들 중 하나로 구성되도록 명령함으로써 제2 로봇 아암의 이동을 제어하도록 구성된다.

[0044] 몇몇 예에서, 제1 로봇 아암은 조작 가능 장치의 작동 단부의 각각의 제어 가능한 위치 및 배향에 대해, 제1 로봇 아암에 대한 복수의 가능한 구성이 있도록, 제1 로봇 아암의 다중 이동 자유도를 제공하기 위해 함께 결합된 제1 복수의 조인트 및 제1 복수의 링크를 포함한다. 제2 로봇 아암은 영상 포착 장치의 각각의 제어 가능한 위치 및 배향에 대해, 제2 로봇 아암에 대한 복수의 가능한 구성이 있도록, 제2 로봇 아암의 다중 이동 자유도를 제공하기 위해 함께 결합된 제2 복수의 조인트 및 제2 복수의 링크를 포함한다. 제어기는 제1 로봇 아암 및 제2 로봇 아암 중 다른 하나와의 충돌을 회피하기 위해 제1 로봇 아암 및 제2 로봇 아암 중 하나의 이동을 그의 복수의 가능한 구성들 중 하나로 구성되도록 제어하도록 구성된다.

[0045] 몇몇 예에서, 제어기는 비용 함수를 최소화하기 위해 제1 로봇 아암 및 제2 로봇 아암의 현재의 구성과 그들 각각의 복수의 가능한 구성 사이의 차이를 처리함으로써, 제1 로봇 아암 및 제2 로봇 아암 중 어느 것이 제1 로봇 아암 및 제2 로봇 아암 중 다른 하나와의 충돌을 회피하기 위해 그의 복수의 가능한 구성들 중 하나로 구성되어야 하는지를 결정하도록 구성된다. 몇몇 예에서, 제어기는 비용 함수를 최소화하기 위해 제1 로봇 시스템 및 제2 로봇 시스템의 요구되는 조인트 이동을 그들의 현재의 구성으로부터 그들 각각의 복수의 가능한 구성들 중 다른 하나로 이동하도록 처리함으로써, 제1 로봇 아암 및 제2 로봇 아암 중 어느 것이 제1 로봇 아암 및 제2 로봇 아암 중 다른 하나와의 충돌을 회피하기 위해 그의 복수의 가능한 구성들 중 하나로 구성되어야 하는지를 결정하도록 구성된다.

[0046] 몇몇 실시예에 따르면, 제1 로봇 아암과 제2 로봇 아암 사이의 충돌을 회피하기 위한 방법이 있다. 제1 로봇 아암은 작동 단부를 갖는 조작 가능 장치를 유지한다. 제2 로봇 아암은 조작 가능 장치의 작동 단부의 복수의 영상 - 이로부터 조작 가능 장치의 작동 단부의 3차원 컴퓨터 모델이 발생 가능함 - 을 포착하기 위한 영상 포

작 장치를 유지한다. 방법은 조작 가능 장치의 작동 단부의 복수의 영상들 중 적어도 하나의 영상을 사용함으로써 영상 포착 장치의 기준 프레임 - 영상 포착 장치의 기준 프레임은 포착된 영상의 시야에 대응함 - 에 대한 조작 가능 장치의 작동 단부의 위치 및 배향을 결정하는 단계; 영상 포착 장치의 기준 프레임에 대한 조작 가능 장치의 작동 단부의 결정된 위치 및 배향을 사용함으로써 공통 기준 프레임에 대한 제1 로봇 아암 및 제2 로봇 아암 중 하나의 구성 및 위치를 결정하는 단계; 제1 로봇 아암 및 제2 로봇 아암 중 다른 하나에 대해 수신된 조인트 위치 정보를 사용함으로써 공통 기준 프레임에 대한 제1 로봇 아암 및 제2 로봇 아암 중 다른 하나의 구성 및 위치를 결정하는 단계; 공통 기준 프레임에 대한 제1 로봇 아암 및 제2 로봇 아암의 결정된 구성 및 위치를 사용함으로써 제1 로봇 아암과 제2 로봇 아암 사이의 임박한 충돌을 결정하는 단계; 및 임박한 충돌을 회피하기 위해 제1 로봇 아암 및 제2 로봇 아암 중 하나에 의해 작용이 취해지도록 명령하는 단계를 포함한다.

[0047]

몇몇 실시예에 따르면, 로봇 시스템은 작동 단부를 갖는 조작 가능 장치를 유지하는 제1 로봇 아암, 및 영상 포착 장치를 유지하는 제2 로봇 아암에 대해 제1 로봇 아암을 정합하도록 프로그램된 프로세서를 포함한다. 프로세서는 제1 로봇 아암 및 제2 로봇 아암 중 적어도 하나의 외부 추적 데이터 및 운동학적 데이터를 사용하여 제1 로봇 아암 및 제2 로봇 아암의 초기 위치에서 제1 로봇 아암 및 제2 로봇 아암의 저 정확도 정합을 수행하고; 제1 로봇 아암의 적어도 일 부분의 영상 포착 장치에 의해 포착된 적어도 하나의 영상 및 제1 로봇 아암 및 제2 로봇 아암 중 적어도 하나의 운동학적 데이터를 사용하여 제1 설치 위치 - 제1 설치 위치는 저 정확도 정합을 표시하는 제1 안전 여유를 포함함 - 에 대한 제1 로봇 아암 및 제2 로봇 아암의 중 정확도 정합을 수행하고; 조작 가능 장치의 작동 단부의 영상 포착 장치에 의해 포착된 적어도 하나의 영상 및 제1 로봇 아암 및 제2 로봇 아암 중 적어도 하나의 운동학적 데이터를 사용하여 제2 설치 위치 - 제2 설치 위치는 중 정확도 정합을 표시하는 제2 안전 여유를 포함함 - 에 대한 제1 로봇 아암 및 제2 로봇 아암의 고 정확도 정합을 수행함으로써, 정합을 수행한다.

[0048]

몇몇 실시예에 따르면, 제1 로봇 아암 및 제2 로봇 아암을 정합하기 위해 프로세서에 의해 구현되는 방법이 있다. 제1 로봇 아암은 작동 단부를 갖는 조작 가능 장치를 유지한다. 제2 로봇 아암은 영상 포착 장치를 유지한다. 방법은 제1 로봇 아암 및 제2 로봇 아암 중 적어도 하나의 외부 추적 데이터 및 운동학적 데이터를 사용하여 제1 로봇 아암 및 제2 로봇 아암의 초기 위치에서 제1 로봇 아암 및 제2 로봇 아암의 저 정확도 정합을 수행하는 단계, 제1 로봇 아암의 적어도 일 부분의 영상 포착 장치에 의해 포착된 적어도 하나의 영상 및 제1 로봇 아암 및 제2 로봇 아암 중 적어도 하나의 운동학적 데이터를 사용하여 제1 설치 위치 - 제1 설치 위치는 저 정확도 정합을 표시하는 제1 안전 여유를 포함함 - 에 대한 제1 로봇 아암 및 제2 로봇 아암의 중 정확도 정합을 수행하는 단계, 및 조작 가능 장치의 작동 단부의 영상 포착 장치에 의해 포착된 적어도 하나의 영상 및 제1 로봇 아암 및 제2 로봇 아암 중 적어도 하나의 운동학적 데이터를 사용하여 제2 설치 위치 - 제2 설치 위치는 중 정확도 정합을 표시하는 제2 안전 여유를 포함함 - 에 대한 제1 로봇 아암 및 제2 로봇 아암의 고 정확도 정합을 수행하는 단계를 포함한다.

[0049]

본 발명의 다양한 태양의 추가의 목적, 특징, 및 장점은 첨부된 도면과 관련하여 취해지는 바람직한 실시예의 다음의 설명으로부터 명백해질 것이다.

도면의 간단한 설명

[0050]

도 1은 본 발명의 태양을 이용하는 로봇 시스템의 블록 선도를 도시한다.

도 2는 영상 포착 장치 로봇 아암이 조작 가능 장치 로봇 아암에 대해 이동할 때, 영상 포착 장치 로봇 아암 및 조작 가능 장치 로봇 아암의 다중 정확도 정합을 수행하기 위한, 본 발명의 태양을 이용하는 로봇 시스템 내에서 구현되는 방법의 흐름도를 도시한다.

도 3은 영상 포착 장치 기준 프레임의 시야로부터 독립적으로 작동되는 로봇 아암들 사이의 충돌을 자동으로 회피하기 위한, 본 발명의 태양을 이용하는 로봇 시스템 내에서 구현되는 방법의 흐름도를 도시한다.

도 4는 조작 가능 장치 기준 프레임의 시야로부터 독립적으로 작동되는 로봇 아암들 사이의 충돌을 자동으로 회피하기 위한, 본 발명의 태양을 이용하는 로봇 시스템 내에서 구현되는 방법의 흐름도를 도시한다.

도 5는 영상 포착 장치가 다른 로봇 아암과의 충돌을 회피하면서 사용자 선택 관심 영역의 영상을 포착하도록 영상 포착 장치 로봇 아암을 제어하기 위한, 본 발명의 태양을 이용하는 로봇 시스템 내에서 구현되는 방법의 흐름도를 도시한다.

도 6은 다른 로봇 아암과의 충돌을 회피하면서 운동 계획에 따라 영상 포착 장치 로봇 아암의 이동을 제어하기

위한, 본 발명의 태양을 이용하는 로봇 시스템 내에서 구현되는 방법의 흐름도를 도시한다.

도 7은 결합 제어 모드로 작동하는 2개의 로봇 아암들의 충돌 회피를 위해 사용되는, 본 발명의 태양을 이용하는 로봇 시스템의 일 부분의 블록 선도를 도시한다.

도 8은 본 발명의 태양이 사용될 수 있는 다중 개구 의료용 로봇 시스템을 채용하는 수술실의 사시도를 도시한다.

도 9는 본 발명의 태양이 사용될 수 있는 다중 개구 의료용 로봇 시스템을 위한 환자측 카트의 정면도를 도시한다.

도 10은 본 발명의 태양이 사용될 수 있는 다중 개구 의료용 로봇 시스템 내에서 사용 가능한 기기의 사시도를 도시한다.

도 11은 본 발명의 태양을 이용하는 로봇 시스템의 콘솔의 정면도를 도시한다.

도 12는 본 발명의 태양을 이용하는 로봇 시스템 내에서 사용 가능한 영상 포착 시스템의 사시도를 도시한다.

도 13은 본 발명의 태양이 사용될 수 있는 단일 개구 의료용 로봇 시스템을 위한 환자측 카트의 사시도를 도시한다.

도 14는 본 발명의 태양이 사용될 수 있는 단일 개구 의료용 로봇 시스템 내에서 사용될 때 그로부터 연장하는 굴절식 기기를 구비한 진입 가이드의 원위 단부의 사시도를 도시한다.

도 15는 본 발명의 태양이 사용될 수 있는 단일 개구 의료용 로봇 시스템 내에서 사용될 때의 진입 가이드의 단면도를 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0051] 도 1은 방법(2000, 2500, 4000)이 2개의 이상의 로봇 또는 가동 아암들 사이의 충돌을 자동으로 회피하기 위해 구현되는 로봇 또는 컴퓨터-보조 시스템(1000)의 다양한 구성요소들의 블록 선도를 하나의 예로서 도시한다. 도 2는 로봇 또는 가동 아암들의 정합에 대한 다단계 접근을 설명한다. 도 3 및 도 4는 독립적으로 작동되는 로봇 또는 가동 아암들에 일반적으로 적용 가능한 방법(2000, 2500)을 설명하기 위해 제공된다. 도 5 - 도 7은 조작 가능 장치 로봇 또는 가동 아암을 제어하는 제어기를 통해 영상 포착 장치 로봇 또는 가동 아암의 이동을 제어하는 데 일반적으로 적용 가능한 방법(4000)을 설명하기 위해 제공된다. 방법(2000, 2500, 4000)이 사용될 수 있는 로봇 시스템(1000)의 예가 도 8 - 도 15를 참조하여 설명된다. 도 8 - 도 12는 작동 부위로의 진입을 위한 복수의 개구에 의해 시술을 수행하기에 적합한 다중 로봇 또는 가동 아암을 구비한 환자측 카트(3010)를 사용하는 로봇 또는 컴퓨터-보조 시스템(3000)을 설명하기 위해 제공된다. 도 13 - 도 15는 로봇 시스템(3000)을 위한 대안적인 환자측 카트(4010)를 설명하기 위해 제공되고, 여기서 환자측 카트(4010)는 작동 부위로의 진입을 위한 단일 개구에 의해 시술을 수행하기에 적합한 단일 로봇 또는 가동 아암을 갖는다.
- [0052] 도 1 - 도 7에 도시된 바와 같은 방법(2000, 2500, 4000)의 세부를 설명하기 전에, 로봇 또는 컴퓨터-보조 시스템(3000)이 먼저 로봇 또는 컴퓨터-보조 시스템(1000)의 구현예에 대한 맥락 및 추가의 세부를 제공하기 위해 설명될 것이다. 의료용 로봇 또는 컴퓨터-보조 수술 시스템이 본원에서 로봇 또는 컴퓨터-보조 시스템(1000)의 하나의 예로서 설명되지만, 본원에서 청구되는 바와 같은 본 발명의 다양한 태양은 그러한 유형의 로봇 또는 컴퓨터-보조 시스템으로 제한되지 않아야 함을 이해하여야 한다.
- [0053] 도 8을 참조하면, 수술실의 사시도가 도시되어 있고, 여기서 의료용 로봇 시스템(3000)이 의사가 환자에 대해 의료 시술을 수행하게 하도록 제공된다. 의료용 로봇 시스템은 이러한 경우에, 환자측 카트(3010), 영상 포착 시스템(3020), 및 콘솔(3030)을 포함하는 최소 침습적 로봇 수술(MIRS: Minimally Invasive Robotic Surgical) 시스템이다.
- [0054] 환자측 카트(3010)는 도 9를 참조하여 상세하게 설명되는 바와 같이, 기기 및 적어도 하나의 내시경과 같은 복수의 장치를 유지 및 조작하기 위한 복수의 로봇 아암을 갖는다. 환자측 카트(3010)를 사용할 때, 복수의 로봇 또는 가동 아암에 의해 유지되는 장치들 각각은 그 자신의 진입 개구를 통해 환자 내로 도입된다.
- [0055] 콘솔(3030)은 도 11을 참조하여 상세하게 설명되는 바와 같이, 환자측 카트(3010)의 복수의 로봇 아암들 중 관련된 아암들의 이동 및 그들 각각의 유지 장치의 작동을 명령하기 위한 입력 장치를 포함한다. 콘솔(3030) 및 환자측 카트(3010)는 케이블(3031)을 통해 통신한다.

- [0056] 영상 포착 시스템(3020)은 도 12를 참조하여 상세하게 설명되는 바와 같이, 환자 내의 작동 부위에서 지정된 관심 영역 내의 하나 이상의 물체의, 일련의 2차원 영상 투사와 같은 복수의 영상을 포착한다. 복수의 영상은 그 다음 컴퓨터 단층 촬영에서 사용되는 바와 같은 종래의 방식으로, 하나 이상의 물체의 3차원 형상의 사전 지식을 요구하지 않고서 하나 이상의 물체의 3차원 컴퓨터 모델을 발생시키도록 사용될 수 있다.
- [0057] 제어 유닛(3021)은 보조원이 제어 유닛(3021) 상에 제공된 조이스틱 또는 다른 제어 입력부를 사용하여 영상 포착 시스템(3020)의 영상 포착 장치의 이동을 수동으로 제어할 수 있도록, 굴절식 수술대(3040) 아래에 또는 그의 측면에 제공될 수 있다. 제어 유닛(3021) 및 영상 포착 시스템(3020)은 케이블(3022)을 통해 또는 무선 기술을 사용하여 통신한다. 대안적으로, 제어 유닛(3021)은 다른 위치에 제공되어, 유선 또는 무선 이동 개체로서 영상 포착 시스템(3020)과 통신할 수 있다. 제어 유닛(3021)은 적어도 하나의 처리 유닛 및 메모리를 포함할 수 있다. 몇몇 예에서, 처리 유닛은 제어 유닛(3021) 내의 하드웨어 및/또는 소프트웨어의 작동 및/또는 실행을 제어할 수 있다. 처리 유닛은 하나 이상의 중앙 처리 장치(CPU), 다중 코어 프로세서, 마이크로 프로세서, 마이크로 제어기, 디지털 신호 프로세서, 현장 프로그램 가능 게이트 어레이(FPGA), 맞춤형 프로세서/주문형 반도체(ASIC) 등을 포함할 수 있다. 메모리는 하나 이상의 소프트웨어 및/또는 펌웨어 어플리케이션 및 제어 유닛(3021)에 의해 사용되는 다양한 데이터 구조를 저장하도록 사용될 수 있다. 메모리는 하나 이상의 유형의 기계 판독 가능 매체를 또한 포함할 수 있다. 기계 판독 가능 매체의 몇몇 일반적인 형태는 플로피 디스크, 플렉시블 디스크, 하드 디스크, 자성 테이프, 임의의 다른 자성 매체, CD-ROM, 임의의 다른 광학 매체, 천공 카드, 종이 테이프, 구멍의 패턴을 구비한 임의의 다른 물리적 매체, RAM, PROM, EPROM, FLASH-EPROM, 임의의 다른 메모리 칩 또는 카트리지, 및/또는 프로세서 또는 컴퓨터가 판독하도록 구성된 임의의 다른 매체를 포함할 수 있다.
- [0058] 대안적으로, 영상 포착 시스템(3020)의 영상 포착 장치의 이동은 본 발명의 태양에 따른 콘솔(3030)의 입력 장치들 중 관련된 것을 작동시키는 의사에 의해 제어될 수 있다. 대안적으로, 영상 포착 시스템(3020)의 영상 포착 장치의 이동은 영상 포착 장치가 본 발명의 태양에 따른 환자측 카트(3010)의 로봇 아암과의 충돌을 회피하면서, 작동 부위 내의 사용자 지정 관심 영역의 복수의 영상을 자동으로 포착하도록, 콘솔(3030)의 프로세서에 의해 자동으로 제어될 수 있다. 콘솔(3030) 및 영상 포착 시스템(3020)은 케이블(3050)을 통해 통신한다.
- [0059] 도 9는 환자측 카트(3010)의 정면도를 하나의 예로서 도시한다. 전형적인 용도에서, 로봇 아암(34, 36)은 기기(33, 35)를 유지하고, 로봇 아암(38)은 입체 내시경(37)을 유지한다. 제4 로봇 아암(32)은 다른 기기(31)가 기기(33, 35) 및 내시경(37)과 함께 작동 부위에 도입될 수 있도록 이용 가능하다. 대안적으로, 제4 로봇 아암(32)은 작동 부위로 제2 내시경 또는 초음파 트랜스듀서와 같은 다른 영상 포착 장치를 도입하기 위해 사용될 수 있다.
- [0060] 로봇 또는 가동 아암들 각각은 종래에 작동 가능한 조인트를 통해 함께 결합되고 조작되는 링크로 형성된다. 로봇 아암들 각각은 설치 아암 및 장치 조작기를 포함한다. 설치 아암은 피벗 지점이 환자 내로의 그의 진입 개구에서 발생하도록 그의 유지 장치를 위치시킨다. 장치 조작기는 그 다음 그의 유지 장치를 그가 피벗 지점에 대해 피벗되고, 진입 개구 내로 삽입되며 그로부터 취출되고, 그의 샤프트 축에 대해 회전될 수 있도록, 조작할 수 있다. 이러한 예에서, 로봇 아암은 환자측 카트(3010)의 가동 기부(3015) 상에 장착된다. 대안적으로, 로봇 아암은 수술대의 측면 상의 슬라이더에, 벽 상의 슬라이더에, 또는 수술실의 천장 상의 슬라이더에 부착될 수 있다.
- [0061] 도 10은 각 기기(33, 35, 또는 31)에 대해 사용될 수 있는 기기(100)를 하나의 예로서 도시한다. 기기(100)는 인터페이스 하우징(108), 샤프트(104), 작동 단부(102), 및 하나 이상의 손목 조인트를 포함하는 손목 메커니즘(106)을 포함한다. 인터페이스 하우징(108)은 부착된 로봇 아암의 기기 조작기 내의 (모터와 같은) 액추에이터에 기계적으로 결합되도록 로봇 아암에 제거 가능하게 부착된다. 기기 조작기의 액추에이터에 결합되어 인터페이스 하우징(108)으로부터 샤프트(104)를 통해 손목 메커니즘(106)의 하나 이상의 손목 조인트 및 기기의 엔드 이펙터(102)의 조오(jaw)로 연장하는 케이블 또는 로드가 손목 조인트 및 조오를 종래의 방식으로 작동시킨다. 기기 조작기는 또한 기기를 진입 개구에서 그의 피벗 지점에 대해 피치 및 요잉 각도 회전으로 조작하고, 기기를 기기의 샤프트 축에 대해 롤링 각도 회전으로 조작하고, 프로세서(43)에 의해 명령되는 대로 로봇 아암 상의 레일을 따라 기기를 삽입 및 취출할 수 있다.
- [0062] 도 11은 콘솔(3030)의 정면도를 하나의 예로서 도시한다. 콘솔(3030)은 환자측 카트(3010)의 복수의 로봇 또는 가동 아암에 의해 유지되는 관련된 장치를 바람직하게는 6개의 자유도("DOF": Degree-of-Freedom)로 조작하기 위해 사용자가 그의 왼손 및 오른손으로 각각 파지할 수 있는 좌측 및 우측 입력 장치(41, 42)를 갖는다. 발가

락 및 발꿈치 제어부를 구비한 발 페달(44)이 콘솔(3030) 상에 제공되고, 따라서 사용자는 발 페달과 관련된 장치의 이동 및/또는 작동을 제어할 수 있다. 프로세서(43)가 제어 및 다른 목적으로 콘솔 내에 제공된다. 입체 화상 디스플레이(45)가 또한 콘솔 내에 제공되어, 사용자는 내시경(37)의 입체 카메라에 의해 포착된 영상으로부터 입체 화상으로 작동 부위를 관찰할 수 있다. 좌측 및 우측 접안렌즈(46, 47)가 입체 화상 디스플레이(45) 내에 제공되어, 사용자는 사용자의 좌안 및 우안으로 각각 디스플레이(45) 내부에서 좌측 및 우측 2차원("2D") 디스플레이 스크린을 관찰할 수 있다.

[0063] 프로세서(43)는 의료용 로봇 시스템 내에서 다양한 기능을 수행한다. 그가 수행하는 하나의 중요한 기능은 의사가 이때 도구 기기(31, 33, 35)와 같은 장치 및 입력 장치(41, 42)와 관련된 내시경(37)을 효과적으로 조작할 수 있도록, 입력 장치(41, 42)의 기계적 운동을 관련 장치 조작기 내의 액추에이터에 그들 각각의 조인트를 작동시키도록 명령하도록 전환 및 변환하는 것이다. 프로세서(43)의 다른 기능은 본원에서 설명되는 방법, 교차 결합 제어 로직, 및 제어기를 구현하는 것이다.

[0064] 프로세서로서 설명되지만, 프로세서(43)는 하드웨어, 소프트웨어, 및 펌웨어의 임의의 조합에 의해 구현될 수 있음을 이해하여야 한다. 또한, 본원에서 설명되는 바와 같은 그의 기능은 하나의 유닛에 의해 수행되거나, 결국 하드웨어, 소프트웨어, 및 펌웨어의 임의의 조합에 의해 각각 구현될 수 있는 다수의 하위 유닛들 사이에서 분할될 수 있다. 아울러, 콘솔의 일부로서 또는 콘솔에 물리적으로 인접하여 도시되어 있지만, 프로세서(43)는 또한 시스템(3000) 전체에 걸쳐 하위 유닛들로서 분포될 수 있다.

[0065] 본원에서 참조로 통합된 발명의 명칭이 "협동식 최소 침습적 원격 수술 시스템(Cooperative Minimally Invasive Telesurgical System)"인 미국 특허 제6,659,939 B2호는 본원에서 설명되는 바와 같은 다중 개구 의료용 로봇 시스템에 대한 추가의 세부를 제공한다.

[0066] 도 12는 기부(1106)에 장착된 로봇 또는 가동 아암(1101)을 갖는 영상 포착 시스템(3020)을 하나의 예로서 도시한다. 로봇 아암(1101)은 캐러셀(1107), 제1 링크(1102), 제2 링크(1103), 손목(1104), 및 C-아암(1105)을 포함한다. 캐러셀(1107)은 캐러셀 조인트(1108)를 사용하여 기부(1106)에 대해 (화살표("a")에 의해 표시된 바와 같이) 회전 가능하다. 제1 링크(1102)는 숄더 조인트(1109)를 사용하여 캐러셀(1107)에 대해 (화살표("b")에 의해 표시된 바와 같이) 회전 가능하다. 제2 링크(1103)는 엘보 조인트(1110)를 사용하여 제1 링크(1102)에 대해 (화살표("c")에 의해 표시된 바와 같이) 회전 가능하다. 손목(1104)은 롤링 조인트(1111)를 사용하여 제2 링크(1103)에 대해 (화살표("d")에 의해 표시된 바와 같이) 회전 가능하다. C-아암(1105)은 피치 조인트(1112)를 사용하여 손목(1104)에 대해 (화살표("e")에 의해 표시된 바와 같이) 회전 가능하고, 요잉 조인트(1121)를 사용하여 손목(1104)에 대해 (화살표("j")에 의해 표시된 바와 같이) 회전 가능하다.

[0067] C-아암(1105)은 제1 날개(1113), 제2 날개(1114), 및 중심 부분(1115)을 포함한다. 제1 날개(1113) 및 제2 날개(1114)는 연장기 조인트(1120)를 사용하여 중심 요소(1115)로부터 멀리 그리고 (화살표("f")에 의해 표시된 바와 같이) 그를 향해 연장 가능하다. 제1 날개(1113)는 그의 원위 단부에 배치된 X-선 검출기(1116)를 갖고, 제2 날개(1114)는 그의 원위 단부에 배치된 X-선 공급원(1117)을 갖는다. X-선 검출기(1116)는 제1 날개(1113)의 원위 단부에 대해 (화살표("g")에 의해 표시된 바와 같이) 회전 가능하다. X-선 공급원(1117)은 제2 날개(1114)의 원위 단부에 대해 (화살표("h")에 의해 표시된 바와 같이) 회전 가능하다. 이러한 배열에서, X-선 공급원 및 X-선 검출기는 영상 포착 장치를 형성하도록 C-아암(1105)의 대향 단부들 상에 배치된다. 캐러셀 조인트(1108), 숄더 조인트(1109), 엘보 조인트(1110), 롤링 조인트(1111), 피치 조인트(1112), 요잉 조인트(1121), 및 연장기 조인트(1120)를 작동시킴으로써, C-아암(1105)은 (X-선 공급원(1117) 및 X-선 검출기(1116)를 포함하는) 영상 포착 장치가 환자 내의 작동 부위에서 지정된 관심 영역 내의 하나 이상의 물체의 일련의 2차원 투사를 포착할 수 있도록 C-아암(1105)이 이동될 수 있도록 환자에 대해 위치될 수 있다. 일련의 2차원 투사는 그 다음 원추 빔 컴퓨터 단층 촬영에 대한 종래의 방식으로 하나 이상의 물체의 3차원 컴퓨터 모델을 발생시키기 위해 사용될 수 있다.

[0068] 이전에 참조로 통합된 미국 특허 출원 공개 제2009/0234444 A1호는 그러한 영상 포착 시스템 및 환자에 대한 의료 기술의 수행 중의 그의 사용에 대한 추가의 세부를 제공한다.

[0069] 도 13은 진입 가이드(200)에 의해 환자 내의 단일 진입 개구를 통해 작동 부위로 복수의 굴절식 기기를 도입하기 위해 로봇 시스템(3000) 내에서 사용 가능한 대안적인 환자측 카트(4010)를 하나의 예로서 도시한다. 개구는 최소 침습적 절개부 또는 자연 신체 개구부일 수 있다. 진입 가이드(200)는 기부(4015) 상에 장착되어 설치 아암(4012) 및 진입 가이드 조작기(4013)를 포함하는 로봇 아암(4011)에 의해 유지 및 조작되는 원통형 구조물이다. 설치 아암(4012)은 개구에서 진입 가이드(200)를 위치시키기 위해 사용되는 복수의 링크 및 조인트를 포

함한다. 도면에 표시된 바와 같이, 설치 아암(4012)은 (화살표("A")에 의해 표시된 바와 같이) 설치 아암(4012)의 높이를 조정하기 위한 병진 조인트, 및 (화살표("B", "C")에 의해 표시된 바와 같이) 설치 아암(4012)의 수평 위치를 조정하기 위한 복수의 회전 조인트를 포함한다. 진입 가이드 조작기(4013)는 각각 화살표(D, E, F)에 의해 표시된 바와 같이 피벗 지점에 대한 요잉, 피치, 및 롤링 각 회전으로 진입 가이드(200) (및 이때 그 안에 배치된 굴절식 기기)를 로봇식으로 피벗하기 위해 사용된다. 굴절식 기기 조작기(도시되지 않음)는 하우징(4014) 내에 존재한다.

[0070] 도 14에 도시된 바와 같이, 진입 가이드(200)는 굴절식 수술 기기(231, 241) 및 그의 원위 단부로부터 연장하는 굴절식 입체 카메라 기기(211) (또는 다른 영상 포착 장치 기기)와 같은 굴절식 기기를 갖는다. 카메라 기기(211)는 한 쌍의 입체 영상 포착 요소(311, 312) 및 그의 팁 내에 수용된 (근위 단부에서 광원에 결합된) 광섬유 케이블(313)을 갖는다. 수술 기기(231, 241)는 작동 단부(331, 341)를 갖는다. 단지 2개의 기기(231, 241)가 도시되어 있지만, 진입 가이드(200)는 환자 내의 작동 부위에서 의료 시술을 수행하기 위해 요구되는 대로 추가의 기기를 안내할 수 있다. 예를 들어, 도 15에서 진입 가이드(200)의 단면도로 도시된 바와 같이, 다른 굴절식 수술 도구를 진입 가이드(200)를 통해 그리고 그위 원위 단부를 통해 외부로 연장시키기 위한 통로(351)가 이용 가능하다. 통로(431, 441)들은 각각 굴절식 수술 도구 기기(231, 241)에 의해 사용되고, 통로(321)는 굴절식 카메라 기기(211)에 대해 사용된다.

[0071] 환자측 카트(4010)가 로봇 시스템(3000) 내에서 사용될 때, 콘솔(3030)의 입체 화상 디스플레이(45)는 굴절식 카메라 기기(211)에 의해 포착된 입체 영상으로부터 도출된 입체 영상을 디스플레이한다. 또한, 콘솔(3030)의 프로세서(43)는 입력 장치(41, 42)의 기계적 운동을, 이때 입력 장치(41, 42)와 관련되는, 진입 가이드(200), 굴절식 수술 기기(231, 241), 및 굴절식 카메라 기기(211)와 같은 장치들의 조인트를 작동시키도록 전환 및 변환한다.

[0072] 굴절식 기기를 각각은 복수의 작동 가능한 조인트 및 조인트에 결합된 복수의 링크를 포함한다. 하나의 예로서, 도 14에 도시된 바와 같이, 제2 굴절식 기기(241)는 제1, 제2, 및 제3 링크(322, 324, 326), 제1 및 제2 조인트(323, 325), 및 손목 조립체(327)를 포함한다. 제1 조인트(323)는 제1 링크(322)와 제2 링크(324)를 결합시키고, 제2 조인트(325)는 제2 링크(324)와 제3 링크(326)를 결합시켜서, 제1 링크(322) 및 제3 링크(326)가 서로에 대해 평행하게 유지되는 동안, 제2 링크(324)는 피치 및 요잉으로 제1 조인트(323)에 대해 피벗할 수 있다. 제1 굴절식 기기(231) 및 카메라 굴절식 기기(211)는 유사하게 구성되고 작동될 수 있다.

[0073] 본원에서 참조로 통합된 발명의 명칭이 "최소 침습적 수술 시스템(Minimally Invasive Surgical System)"인 미국 특허 제7,725,214호는 본원에서 설명되는 바와 같은 단일 개구 의료용 로봇 시스템에 대한 추가의 세부를 제공한다.

[0074] 이제 다시 도 1을 참조하면, 로봇 시스템(1000)의 구성요소들의 블록 선도가 본 발명의 다양한 태양을 설명하기 위해 도시되어 있다. 이러한 예에서, 로봇 시스템(1000)은 제1 조작 가능 장치(1001), 제1 영상 포착 장치(1002), 및 카메라(1003)를 갖는다. 제1 조작 가능 장치(1001)는 환자측 카트(3010)의 로봇 아암에 의해 유지 및 조작되는 기기(33, 35)들 중 하나와 같은 기기일 수 있다. 대안적으로, 제1 조작 가능 장치(1001)는 환자측 카트(4010)의 로봇 아암에 의해 유지 및 조작되는 진입 가이드(200)와 같은, 굴절식 기기가 그를 통해 연장하는 진입 가이드일 수 있다. 제1 조작 가능 장치(1001)와 같은 다른 장치일 수 있는 제2 조작 가능 장치(1004)가 또한 도시되어 있다. 제1 영상 포착 장치(1002)와 상이한 촬영 양태를 제공할 수 있는 제2 영상 포착 장치(1005)가 또한 도시되어 있다. 2개의 조작 가능 장치 및 2개의 영상 포착 장치가 예시의 목적으로 도시되어 있지만, 실제로, 더 많거나 더 적은 각각의 그러한 장치가 작동 부위에서 물체에 대한 작업 또는 시술을 수행하기 위해 로봇 시스템(1000) 내에 포함될 수 있음을 이해하여야 한다. 추가의 카메라가 또한 포함될 수 있다.

[0075] 장치 제어기(1021)가 입력 유닛(1031)으로부터의 명령에 응답하여 제1 조작 가능 장치(1001)의 작동 단부를 위치 및 배향시키기 위해 로봇 아암(1011)의 이동을 제어한다. 입력 유닛(1031)은 콘솔(3030)의 입력 장치(41, 42) 또는 발 페달(44) 중 하나와 같은, 사용자 작동식 입력 장치일 수 있다. 대안적으로, 입력 유닛(1031)은 저장된 프로그램 지시를 실행하는, 콘솔(3030)의 프로세서(43)와 같은 프로세서일 수 있다. 대안적으로, 입력 유닛(1031)은 제1 영상 포착 장치(1002), 카메라(1003), 제2 조작 가능 장치(1004), 및 제2 영상 포착 장치(1005)와 관련된 제어기(1022, 1023, 1024, 1025) 및/또는 입력 유닛(1032, 1033, 1034, 1035) 중 하나 이상과 버스(1040)를 통해 통신하는 결합형 제어 로직일 수 있다.

[0076] 유사하게, 장치 제어기(1024)는 입력 유닛(1034)으로부터의 명령에 응답하여 제2 조작 가능 장치(1004)의 작동 단부를 위치 및 배향시키기 위해 로봇 아암(1014)의 이동을 제어한다. 입력 유닛(1034)은 콘솔(3030)의 입력

장치(41, 42) 또는 발 페달(44) 중 하나와 같은 사용자 작동식 입력 장치일 수 있다. 대안적으로, 입력 유닛(1034)은 저장된 프로그램 지시를 실행하는, 콘솔(3030)의 프로세서(43)와 같은 프로세서일 수 있다. 대안적으로, 입력 유닛(1034)은 제1 조작 가능 장치(1001), 제1 영상 포착 장치(1002), 카메라(1003), 및 제2 영상 포착 장치(1005)와 관련된 제어기(1021, 1022, 1023, 1025) 및/또는 입력 유닛(1031, 1032, 1033, 1035) 중 하나 이상과 버스(1040)를 통해 통신하는 결합형 제어 로직일 수 있다.

[0077]

제1 영상 포착 장치(1002)는 초음파, X-선 형광 투시법, 컴퓨터 단층 촬영(CT), 및 자기 공명 영상(MRI)과 같은 촬영 양태를 사용하여 물체의 형상의 사전 지식이 없이, 작동 부위에서 물체의 복수의 2차원 영상 절편 또는 투사 - 이로부터 물체의 3차원 모델이 컴퓨터 발생될 수 있음 - 를 포착하기 위해 그의 로봇 아암(1012) (또는 다른 동력 메커니즘)에 의해 조작 가능하다. 제어기(1022)는 입력 유닛(1032)으로부터의 명령에 응답하여 제1 영상 포착 장치(1002)를 위치 및 배향시키기 위해 로봇 아암(1012)의 이동을 제어한다. 입력 유닛(1032)은 콘솔(3030)의 입력 장치(41, 42)들 중 하나와 같은 사용자 작동식 입력 장치일 수 있다. 대안적으로, 입력 유닛(1032)은 저장된 프로그램 지시를 실행하는, 콘솔(3030)의 프로세서(43)와 같은 프로세서일 수 있다. 대안적으로, 입력 유닛(1032)은 제1 조작 가능 장치(1001), 카메라(1003), 제2 조작 가능 장치(1004), 및 제2 영상 포착 장치(1005)와 관련된 제어기(1021, 1023, 1024, 1025) 및/또는 입력 유닛(1031, 1033, 1034, 1035) 중 하나 이상과 버스(1040)를 통해 통신하는 결합형 제어 로직일 수 있다. 제1 영상 포착 장치(1002) 및 그의 로봇 아암(1012)은 영상 포착 시스템(3020)과 같은 영상 포착 시스템을 형성하도록 조합될 수 있다.

[0078]

제2 영상 포착 장치(1005)는 초음파, X-선 형광 투시법, 컴퓨터 단층 촬영(CT), 및 자기 공명 영상(MRI)과 같은 촬영 양태를 사용하여 물체의 형상의 사전 지식이 없이 작동 부위에서 물체의 복수의 2차원 영상 투사 - 이로부터 물체의 3차원 모델이 컴퓨터 발생될 수 있음 - 를 포착하기 위해 제1 영상 포착 장치(1002)와 유사하게 구성 및 작동될 수 있다. 전형적으로, 상이한 촬영 양태가 제1 영상 포착 장치(1002) 및 제2 영상 포착 장치(1005)에 의해 제공된다. 제1 영상 포착 장치(1002)와 유사하게 구성될 때, 제어기(1025)는 입력 유닛(1035)으로부터의 명령에 응답하여 제2 영상 포착 장치(1005)를 위치 및 배향시키기 위해 로봇 아암(1015)의 이동을 제어한다. 입력 유닛(1035)은 콘솔(3030)의 입력 장치(41, 42)들 중 하나와 같은 사용자 작동 입력 장치일 수 있다. 대안적으로, 입력 유닛(1035)은 저장된 프로그램 지시를 실행하는, 콘솔(3030)의 프로세서(43)와 같은 프로세서일 수 있다. 대안적으로, 입력 유닛(1035)은 제1 조작 가능 장치(1001), 제1 영상 포착 장치(1002), 카메라(1003), 및 제2 조작 가능 장치(1004)와 관련된 제어기(1021, 1022, 1023, 1024) 및/또는 입력 유닛(1031, 1032, 1033, 1034) 중 하나 이상과 버스(1040)를 통해 통신하는 결합형 제어 로직일 수 있다. 제2 영상 포착 장치(1005) 및 그의 로봇 아암(1015)은 영상 포착 시스템(3020)과 같은 영상 포착 시스템을 형성하도록 조합될 수 있다.

[0079]

대안적으로, 제2 영상 포착 장치(1005)는 제1 영상 포착 장치(1002)와 상이하게 구성될 수 있다. 예를 들어, 제2 영상 포착 장치(1005)는 그 자신의 로봇 아암, 제어기, 및 입력 유닛을 갖기보다는, 제1 조작 가능 장치(1001) 및 제2 조작 가능 장치(1004) 중 하나에 의해 유지, 위치, 및 배향될 수 있다. 그러한 제2 영상 포착 장치의 예는 드롭인(drop-in) 초음파 프로브 또는 광 간섭 단층 촬영 프로브를 포함한다. 그러한 초음파 프로브의 세부에 대해서는, 예컨대, 본원에서 참조로 통합된 발명의 명칭이 "복강경 초음파 로봇 수술 시스템(Laparoscopic Ultrasound Robotic Surgical System)"인 미국 특허 출원 공개 제2007/0021738 A1호를 참조한다.

[0080]

카메라(1003)는 도 9의 내시경(37)과 같이, 작동 부위의 입체 영상을 포착하기 위해 로봇 아암(1013)에 의해 유지 및 조작될 수 있다. 대안적인 예로서, 카메라(1003)는 도 14의 굴절식 카메라 기기(211)일 수 있다. 제어기(1023)는 입력 유닛(1033)으로부터의 명령에 응답하여 카메라(1003)의 영상 포착 요소를 위치 및 배향시키기 위해 로봇 아암(1013) (또는 굴절식 카메라 기기(211)의 조인트)의 이동을 제어한다. 입력 유닛(1033)은 콘솔(3030)의 입력 장치(41, 42)들 중 하나와 같은 사용자 작동식 입력 장치일 수 있다. 대안적으로, 입력 유닛(1033)은 저장된 프로그램 지시를 실행하는, 콘솔(3030)의 프로세서(43)와 같은 프로세서일 수 있다. 대안적으로, 입력 유닛(1033)은 제1 조작 가능 장치(1001), 영상 포착 장치(1002), 제2 조작 가능 장치(1004), 및 제2 영상 포착 장치(1005)와 관련된 제어기(1021, 1022, 1024, 1025) 및/또는 입력 유닛(1031, 1032, 1034, 1035) 중 하나 이상과 버스(1040)를 통해 통신하는 결합형 제어 로직일 수 있다.

[0081]

대안적으로, 카메라(1003)는 그 자신의 로봇 아암, 제어기, 및 입력 유닛을 갖기보다는 제1 조작 가능 장치(1001) 및 제2 조작 가능 장치(1004) 중 하나에 의해 유지, 위치, 및 배향될 수 있다. 예를 들어, 카메라는 테더(들)를 당기는 조작 가능 장치에 의해 배향 가능한 테더형 카메라일 수 있다. 이러한 경우에, 카메라는 그 자신의 로봇 아암, 제어기, 및 입력 유닛을 갖지 않는다. 그러한 테더형 카메라의 하나의 예가 본원에서 참조

로 통합된 발명의 명칭이 "도구의 이동을 제어하는 데 사용되는 프레임의 위치 및 배향의 추정(Estimation of a Position and Orientation of a Frame Used in Controlling Movement of a Tool)"인 미국 특허 출원 공개 제 2012/02900134호에 설명되어 있다.

[0082] 로봇 아암(1011, 1012, 1013, 1014, 1015)들 각각은 위치 및/또는 속도가 복수의 조인트 센서에 의해 감지되는 복수의 링크 및 복수의 작동 가능한 조인트를 포함한다. 각각의 로봇 아암(1011, 1012, 1013, 1014, 1015)의 복수의 조인트 센서로부터의 정보는 제어 목적으로 그의 각각의 제어기(1021, 1022, 1023, 1024, 1025)로 제공되고, 충돌 회피 목적으로 버스(1040)를 거쳐 다른 제어기들 중 하나 이상으로 제공될 수 있으며, 이는 이러한 조인트 정보가 로봇 아암(1011, 1012, 1013, 1014, 1015)에 대한 구성 정보를 표시하기 때문이다.

[0083] 제어 유닛(1021 - 1025)들 각각은 적어도 하나의 처리 유닛 및 메모리를 포함할 수 있다. 몇몇 예에서, 처리 유닛은 각각의 제어 유닛(1021 - 1025) 내의 하드웨어 및/또는 소프트웨어의 작동 및/또는 실행을 제어할 수 있다. 처리 유닛들 각각은 하나 이상의 중앙 처리 장치(CPU), 다중 코어 프로세서, 마이크로 프로세서, 마이크로 제어기, 디지털 신호 프로세서, 현장 프로그램 가능 게이트 어레이(FPGA), 맞춤형 프로세서/주문형 반도체(ASIC) 등을 포함할 수 있다. 메모리는 하나 이상의 소프트웨어 및/또는 펌웨어 어플리케이션, 및 각각의 제어 유닛(1021 - 1025)에 의해 사용되는 다양한 데이터 구조를 저장하기 위해 사용될 수 있다. 메모리는 하나 이상의 유형의 기계 판독 가능 매체를 또한 포함할 수 있다. 기계 판독 가능 매체의 몇몇 일반적인 형태는 플로피 디스크, 플렉시블 디스크, 하드 디스크, 자성 테이프, 임의의 다른 자성 매체, CD-ROM, 임의의 다른 광학 매체, 천공 카드, 종이 테이프, 구멍의 패턴을 구비한 임의의 다른 물리적 매체, RAM, PROM, EPROM, FLASH-EPROM, 임의의 다른 메모리 칩 또는 카트리지, 및/또는 프로세서 또는 컴퓨터가 판독하도록 구성된 임의의 다른 매체를 포함할 수 있다.

[0084] 로봇 시스템(1000)은 입체 카메라(1003)에 의해 포착된 영상으로부터 영상 프로세서(1050)에 의해 발생된 입체 영상, 및/또는 제1 영상 포착 장치(1002) 및/또는 제2 영상 포착 장치(1005)에 의해 포착된 하나 이상의 물체의 복수의 2차원 영상 절편으로부터 영상 프로세서(1050)에 의해 발생된 하나 이상의 물체의 3차원 컴퓨터 모델을 디스플레이하기 위한 입체 뷰어 또는 디스플레이(1051)를 또한 포함한다. 카메라(1003), 및 제1 영상 포착 장치(1002) 및 제2 영상 포착 장치(1005) 중 하나 또는 모두로부터 도출된 영상을 디스플레이(1051) 상에 동시에 디스플레이하기 전에, 영상 프로세서(1050)는 하나 이상의 물체의 3차원 컴퓨터 모델이 입체 카메라(1003)에 의해 포착된 영상으로부터 도출된 입체 영상 내에서 하나 이상의 물체의 영상 상에 적절하게 중첩되거나 그에 대해 위치되도록, 영상들을 정합한다.

[0085] 도 3 및 도 4는 독립적으로 작동되는 영상 포착 장치 및 조작 가능 장치 로봇 아암들 사이의 충돌을 회피하기 위해 로봇 시스템(1000) 내에서 구현될 수 있는 방법(2000, 2500)의 흐름도를 하나의 예로서 각각 도시한다. 2개의 상이한 방법으로서 설명의 목적으로 도시되었지만, 방법(2000, 2500)들은 상이한 시야로부터 취해진 동일한 방법임을 이해하여야 한다. 특히, 방법(2000)은 영상 포착 장치 기준 프레임의 시야로부터이며 영상 포착 장치 제어기에 의해 수행될 수 있고, 방법(2500)은 조작 가능 장치 기준 프레임의 시야로부터이며 조작 가능 장치 제어기에 의해 수행될 수 있다.

[0086] 단지 하나의 조작 가능 장치가 본원의 방법을 설명하는 데 있어서 언급되었지만, 1개를 초과하는 장치의 작동 단부가 영상 포착 장치의 시계 내에서 관찰 가능할 때, 그러한 장치들 각각은 충돌이 조작 가능 장치 로봇 아암과 영상 포착 장치의 로봇 아암 사이에서 회피될 수 있도록 방법에 따라 설명된 조작 가능 장치로서 처리되어야 함을 이해하여야 한다. 예를 들어, 로봇 시스템(1000)이 도 8의 의료용 로봇 시스템(3000)이며 도 9의 환자측 카트(3010)를 포함할 때, 방법(2000, 2500)들의 관련 블록들은 영상 포착 장치(3020)에 의해 포착된 영상 내에서 관찰 가능한 조작 가능한 장치(31, 33, 35, 37)들 각각에 대해 수행된다. 다른 한편으로, 로봇 시스템(1000)이 도 8의 의료용 로봇 시스템(3000)이며 도 13의 환자측 카트(4010)를 포함할 때, 방법(2000, 2500)들의 관련 블록들은 진입 가이드 조각기(4013)에 대해 수행되지만, 진입 가이드(200)로부터 연장하는 굴절식 기기의 작동 단부는 진입 가이드(200)의 작동 단부로서 처리된다.

[0087] 혼란 및 의도하지 않은 결과를 회피하기 위해, 방법(2000, 2500)들 중 하나만이 로봇 아암들 사이의 충돌을 회피하기 위해 수행된다. 또한, 장치 제어기들 중 하나만이 바람직하게는 충돌 회피 방법을 수행한다. 그러한 작용을 취하는 제어기는 미리 확립되거나, 사용자 선택되거나, 소정의 기준에 의해 선택될 수 있다.

[0088] 사용자 지정의 하나의 예로서, 로봇 시스템(1000)이 도 8의 의료용 로봇 시스템(3000)이며 도 9의 환자측 카트(3010)를 포함할 때, 의사는 방법(2000)을 수행하기 위한 제어 유닛(3021) 또는 방법(2500)을 수행하기 위한 프로세서(43)를 선택하기 위해 입체 뷰어(45) 상에 디스플레이되는 메뉴와 상호 작용할 수 있다. 앞서 설명된 바

와 같이, 제어 유닛(3021)은 영상 포착 시스템(3020)의 영상 포착 장치(1116, 1117)를 유지 및 조작하는 로봇 아암(1101)의 이동을 제어한다. 다른 한편으로, 프로세서(43)는 이러한 예의 목적으로 조작 가능 장치일 수 있는 기기(33)를 유지 및 조작하는 로봇 아암(34)의 이동을 제어하는 제어기를 구현한다.

[0089] 로봇 시스템(1000)이 도 8의 의료용 로봇 시스템(3000)이며 도 13의 환자측 카트(4010)를 포함할 때, 방법(2000, 2500)에서 지칭되는 조작 가능 장치는 굴절식 기기(211, 231, 241)들 중 하나가 아닌 진입 가이드(200)이다. 이러한 경우에, 영상 포착 시스템(3020)의 로봇 아암(1101)과 충돌하거나 그에 의해 부딪힐 위험에 있는 것은 진입 가이드 조작기(4013)이다. 굴절식 기기(211, 231, 241)는 환자의 신체 외부에서 연장하는 임의의 로봇 아암의 상당한 부분을 갖지 않는다. 이는 단지 이동이 도 13에 도시된 바와 같이 진입 가이드 조작기(4013)의 하우징 영역(4014) 내에 있도록 대체로 구속되는 조작기를 갖는다. 영상 포착 시스템(3020)의 로봇 아암(1101)과 진입 가이드 조작기(4013) 사이의 충돌 회피는 영상 포착 시스템(3020)의 로봇 아암(1101)과 환자측 카트(3010)의 로봇 아암(32, 34, 36, 38) 사이의 충돌 회피보다 더 단순할 수 있음을 알 수 있다. 이는 충돌할 영상 포착 시스템(3020)의 로봇 아암(1101)에 대해 환자측 카트(3010)의 더 많은 로봇 아암(32, 34, 36, 38)이 있을 뿐만 아니라, 환자측 카트(3010)의 로봇 아암(32, 34, 36, 38)이 환자측 카트(4010)의 진입 가이드 로봇 조작기(4013)보다 더 빈번하게 이동할 수 있기 때문이다.

[0090] 도 2는 영상 포착 장치 로봇 아암 및 조작 가능 장치 로봇 아암을 정합하기 위한, 로봇 시스템(1000) 내에서 구현되는 방법(9000)의 흐름도를 하나의 예로서 도시한다. 방법을 사용하면, 더 높은 정확도의 정합이 영상 포착 장치 로봇 아암이 조작 가능 장치 로봇 아암에 가까이 이동할 때, 수행된다. 이러한 다단계 접근은 안전한 방식으로 고 정확도 정합을 제공한다.

[0091] 블록(9001)에서, 방법은 로봇 아암에 대한 외부 추적기 시스템 및 운동학적 데이터를 사용하여 그의 초기 위치에서의 공통 기준 프레임에 대한 영상 포착 장치 로봇 아암 및 조작 가능 장치 로봇 아암의 (예컨대, 수십 센티미터의 정확도 범위 내에서의) 저 정확도 정합을 수행한다. 하나의 예로서, 외부 추적기 시스템은 영상 포착 장치 및 조작 가능 장치의 로봇 아암들의 공지된 위치 상에 전략적으로 배치되는 송신기, 및 송신기의 송신 거리 내에 배치되는 하나 또는 복수의 수신기를 보편적으로 채용하는 송신기/수신기 유형일 수 있다. 다른 예로서, 외부 추적기 시스템은 영상 포착 장치 및 조작 가능 장치의 로봇 아암들의 공지된 위치 상에 전략적으로 배치되는 광학적으로 구분 가능한 목표물, 및 목표물의 차단되지 않은 뷰(view)를 갖도록 배치되는 하나 또는 복수의 광학 검출기를 보편적으로 채용하는 광학 유형일 수 있다. 운동학적 데이터는, 예를 들어, 영상 포착 장치 로봇 아암 및 조작 가능 장치 로봇 아암의 조인트 위치를 감지하도록 배치된 엔코더에 의해 제공될 수 있다. 조인트 위치는 그 다음 로봇 아암의 구성을 추정하기 위해 로봇 아암의 구성, 형상, 및 크기의 지식을 사용하여 종래의 방식으로 조합될 수 있다.

[0092] 블록(9002)에서, 영상 포착 장치는 영상 포착 장치 로봇 아암이 조작 가능 장치 로봇 아암과 충돌하지 않도록 보장하기 위해 조작 가능 장치 로봇 아암으로부터 충분히 멀리 있는 동안, 영상 포착 장치 로봇 아암에 의해 유지되는 영상 포착 장치가 조작 가능 장치 로봇 아암의 적어도 일 부분의 영상을 포착하도록 허용하기에 충분히 가까운 저위험 설치 위치를 취하도록 조작 가능 장치 로봇 아암을 향해 이동된다. 저위험 설치 위치를 결정하는 데 있어서, 방법은 또한 영상 포착 장치 로봇 아암과 조작 가능 장치 로봇 아암 사이에서 충돌이 발생하지 않도록 보장하는 제1 안전 여유를 통해 현재의 낮은 정확도 수준의 정합을 고려한다. 예를 들어, 제1 안전 여유는 2개의 로봇 아암들의 상대 위치를 결정하는 데 있어서 현재의 낮은 정확도를 상쇄하기 위해 영상 포착 장치 로봇 아암과 조작 가능 장치 로봇 아암 사이에서 적어도 10센티미터의 거리를 유지할 수 있다. 영상 포착 장치 로봇 아암의 이동은, 예를 들어, 불안정한 이동을 억제하기 위해 로봇 아암 제어기로부터의 보조에 의해 로봇 아암 제어기를 통해 그러한 이동을 명령하는 작업자에 의해, 수행될 수 있다. 예를 들어, 로봇 아암 제어기는 불안정한 이동에 대한 저항을 제공하기 위해, 조이스틱과 같은 햅틱 장치를 통해 작업자에게 힘 피드백을 제공할 수 있다. 대안적으로, 이는 직접 모드 또는 교차 결합 모드로 로봇 아암 제어기에 의해 자동으로 수행될 수 있다.

[0093] 블록(9003)에서, 방법은 조작 가능 장치 로봇 아암의 적어도 일 부분의 하나 이상의 포착된 영상 및 로봇 아암에 대한 운동학적 데이터를 사용하여 현재의 위치에서의 공통 기준 프레임에 대한 영상 포착 장치 로봇 아암 및 조작 가능 장치 로봇 아암의 (예컨대, 수 센티미터의 정확도 범위 내의) 중 정확도 정합을 수행한다.

[0094] 블록(9004)에서, 방법은 그 다음 사용자 지정 관심 영역의 영상을 포착하기 위해 영상 포착 장치 로봇 아암의 이동을 개시하기 위해 작업자의 명령을 대기한다.

[0095] 블록(9005)에서, 영상 포착 장치는 영상 포착 장치 로봇 아암이 조작 가능 장치 로봇 아암과 충돌하지 않도록

보장하기 위해 조작 가능 장치 로봇 아암으로부터 충분히 멀리 있는 동안, 영상 포착 장치 로봇 아암에 의해 유지되는 영상 포착 장치가 사용자 지정 관심 영역의 영상을 포착하도록 허용하기에 충분히 가까운 영상 포착 설치 위치를 취하도록 조작 가능 장치 로봇 아암을 향해 이동된다. 영상 포착 설치 위치를 결정하는 데 있어서, 방법은 영상 포착 장치 로봇 아암과 조작 가능 장치 로봇 아암 사이에서 충돌이 발생하지 않도록 보장하는 제2 안전 여유를 통해 현재의 중간 정확도 수준의 정합을 고려한다. 예를 들어, 제2 안전 여유는 2개의 로봇 아암들의 상대 위치를 결정하는 데 있어서 현재의 중간 정확도를 상쇄하기 위해 영상 포착 장치 로봇 아암과 조작 가능 장치 로봇 아암 사이에서 적어도 1센티미터의 거리를 유지할 수 있다. 영상 포착 장치 로봇 아암의 이동은, 예를 들어, 불안정한 이동을 억제하기 위해 로봇 아암 제어기로부터의 보조에 의해 로봇 아암 제어기를 통해 그러한 이동을 명령하는 작업자에 의해 수행될 수 있다. 예를 들어, 로봇 아암 제어기는 불안정한 이동에 대한 저항을 제공하기 위해, 조이스틱과 같은 햅틱 장치를 통해 작업자에게 힘 피드백을 제공할 수 있다. 대안적으로, 이동은 영상 포착 장치 제어기에 의해 직접 또는 조작 가능 장치 제어기와 결합 제어 모드를 통해, 자동으로 수행될 수 있다.

[0096] 블록(9006)에서, 방법은 영상 포착 장치 로봇 아암과 조작 가능 장치 로봇 아암의 충돌을 회피하면서, 영상 포착 장치 로봇 아암이 관심 영역에 대해 이동하도록 명령하고, 영상 포착 장치 로봇 아암에 의해 유지되는 영상 포착 장치가 그러한 이동 중에 관심 영역의 영상을 포착하도록 명령한다. 관심 영역의 영상을 포착하는 것에 추가하여, 영상 포착 장치는 조작 가능 장치 로봇 아암에 의해 유지되는 조작 가능 장치의 적어도 작동 단부의 영상을 포착한다. 이러한 경우에, 조작 가능 장치의 작동 단부는 영상 포착 장치의 시계 내에 있도록 관심 영역에 근접한다. 영상 포착 과정 중에, 방법은 조작 가능 장치의 작동 단부의 포착된 영상들 중 하나 이상 및 로봇 아암에 대한 운동학적 데이터를 사용하여 현재의 위치에서의 공통 기준 프레임에 대한 영상 포착 장치 로봇 아암 및 조작 가능 장치 로봇 아암의 (예컨대, 수 밀리미터의 정확도 범위 내의) 적어도 하나의 고 정확도 정합을 수행한다.

[0097] 블록(9006)의 태양을 설명하는 추가의 세부가 도 3 및 도 4를 참조하여 아래에서 설명되고, 블록(9005, 9006)의 태양을 설명하는 추가의 세부가 도 5를 참조하여 아래에서 설명된다.

[0098] 이제 도 3의 방법(2000)을 참조하면, 블록(2001)에서, 영상 포착 장치 제어기(1022)에 의해 바람직하게 수행되는 방법은 영상 포착 장치를 유지 및 조작하는 로봇 아암의 구성의 정보를 수신한다. 로봇 아암이 복수의 조인트에 의해 함께 결합된 복수의 링크를 포함하면, 로봇 아암 구성은 조인트의 감지된 위치 및 로봇 아암을 구성하는 링크 및 다른 구조물의 공지된 기하학적 특징으로부터 결정 가능하다. 도 1을 참조하여 앞서 설명된 바와 같이, 그러한 로봇 아암 구성 정보는 조인트의 액추에이터에 결합된 엔코더와 같은, 영상 포착 장치 로봇 아암 내의 복수의 센서로부터 제공될 수 있다. 대안적으로, 이는 입력 장치(1032)로부터의 명령에 응답하여 영상 포착 장치 제어기(1022)에 의해 명령되는 조인트 위치일 수 있다.

[0099] 블록(2002)에서, 방법은 조작 가능 장치에 대한 영상 포착 장치의 정합을 수행할 시간인 지를 결정한다. 그러한 정합은 방법의 시작 시에 한번 수행될 수 있거나, 이는 시간에 따라 누적될 수 있는 임의의 정합 오류를 교정하기 위해 주기적으로 수행될 수 있다. 블록(2002)에서의 결정이 예이면, 방법은 블록(2003, 2004)을 수행함으로써 정합을 수행한다. 다른 한편으로, 블록(2002)에서의 결정이 아니오이면, 정합은 방법이 블록(2005)으로 건너 뛴으로써 생략된다.

[0100] 블록(2003)에서, 방법은 조작 가능 장치의 작동 단부의, 영상 포착 장치에 의해 포착된 영상을 수신한다. 일반적으로, 수신된 영상은 영상 포착 장치의 영상 포착 원추 내에서의 조작 가능 장치의 작동 단부 및 임의의 다른 물체의 2차원 절편 또는 투사일 것이다.

[0101] 블록(2004)에서, 방법은 영상 포착 장치의 영상 포착 원추 또는 시계의 위치 및 배향에 대응하는, 영상 포착 장치의 기준 프레임에 대한 조작 가능 장치의 작동 단부의 위치 및 배향(즉, 자세)을 결정한다. 이를 행하기 위해, 방법은 보편적으로 수신된 영상 내에서 구분 가능한 작동 단부의 인공 및/또는 자연 특징부를 사용한다. 이러한 경우에, 인공 특징부는 그의 자세(즉, 위치 및 배향)를 결정하는 것을 보조하기 위해 작동 단부 상에 구체적으로 위치된 표지 또는 구조물과 같은 것을 포함한다. 자연 특징부는 조작 가능 장치의 작동 단부의 구조의 형상 및 공지된 기하학적 특징과 같은 것을 포함한다. 작동 단부의 자세는 작동 단부가 부분적으로 폐색될 수 있다라도 결정 가능할 수 있다. 예를 들어, 작동 단부는 환자의 해부학적 구조물의 일부, 조작 가능 장치의 다른 부분, 영상 포착 장치의 일부, 다른 의료용 기기 등에 의해 폐색될 수 있다. 환자의 해부학적 구조물은 연조직, 뼈, 치아 등을 포함할 수 있다. 결정을 보조하기 위해, 방법이 블록(2001 - 2009)을 통해 순환할 때 영상 포착 장치에 의해 포착되어 수신되는 영상들의 시퀀스가 자세의 결정을 개선하기 위해 사용될 수 있다.

또한, 조작 가능 장치의 작동 단부의 자세의 결정을 보조하고 추가로 개선하도록 역할하는 종래의 도구 추적 기술이 사용될 수 있다. 그러한 자세 결정 기술 및 아티팩트에 대한 추가의 세부에 대해서는, 본원에서 참조로 통합된 발명의 명칭이 "운동학적 정보 및 영상 정보의 적응형 융합에 의한 로봇 기기 도구 추적을 위한 방법 및 시스템(Methods and systems for robotic instrument tool tracking with adaptive fusion of kinematics information and image information)"인 미국 특허 제8,108,072호, 및 본원에서 참조로 통합된 발명의 명칭이 "기기 추적을 위한 구성 표지 설계 및 검출(Configuration marker design and detection for instrument tracking)"인 미국 특허 출원 공개 제2010/0168763 A1호를 참조한다.

[0102] 블록(2005)에서, 방법은 조작 가능 장치를 유지 및 조작하는 로봇 아암의 구성의 정보를 수신한다. 로봇 아암이 복수의 조인트에 의해 함께 결합된 복수의 링크를 포함하는 경우에, 로봇 아암 구성은 조인트의 감지된 위치 및 로봇 아암을 구성하는 링크 및 다른 구조물의 공지된 기하학적 특징으로부터 결정 가능하다. 도 1을 참조하여 앞서 설명된 바와 같이, 그러한 로봇 아암 구성 정보는 조인트의 액추에이터에 결합되는 엔코더와 같은, 조작 가능 장치 로봇 아암의 복수의 센서로부터 제공될 수 있다. 대안적으로, 이는 입력 장치(1031)로부터의 명령에 응답하여 조작 가능 장치 제어기(1021)에 의해 명령되는 조인트 위치일 수 있다. 대안적으로, 이는 엔코더 측정에 비교하여 더 양호한 정확도를 제공할 수 있는 내시경 영상 내에서 기기의 작동 단부를 추적함으로써 제공되는 몇몇 조인트 위치일 수 있다.

[0103] 조작 가능 장치 로봇 아암이 다중 자유도(DOF) 아암이면, 로봇 아암의 구성의 정보는 바람직하게는 조작 가능 장치 로봇 아암의 감지된 조인트 위치 또는 명령된 조인트 위치를 포함한다. 다른 한편으로, 그가 유지하는 조작 가능 장치의 작동 단부의 자세에 대응할 수 있는 단지 하나의 로봇 아암 구성이 있으면, 로봇 아암 구성은 이론적으로는 조작 가능 장치의 작동 단부의 결정된 자세, 조작 가능 장치 및 그의 로봇 아암의 공지된 구성 및 기하학적 특징(예컨대, 크기 및 형상), 및 조작 가능 장치 로봇 아암의 기부의 위치로부터 결정될 수 있다. 이러한 경우에, 블록(2005)에서 감지되거나 명령된 조인트 위치의 정보를 수신할 필요가 없을 수 있고, 조작 가능 장치 로봇 아암의 기부 위치만이 필요하다. 조작 가능 장치 로봇 아암이 이동하지 않는 기부에 장착되면, 기부 위치는 고정되고, 한번 결정되어 메모리 내에 저장될 필요가 있을 뿐이다. 조작 가능 장치 로봇 아암이 가동 기부에 장착되면, 기부 위치는, 예를 들어, 바닥 상에 전략적으로 배치된 압력 센서와 같은 외부 센서에 의해 결정될 수 있다. 다른 예로서, 기부 위치는 하나 이상의 송신기가 기부 상에 배치되어 있고, 하나 이상의 수신기가 고정된 위치에 배치되어 있는 송신기/수신기 시스템에 의해 결정될 수 있다. 다른 예로서, 기부 위치 (및 로봇 아암 구성)는 광학 추적 시스템에 의해 또는 임의의 다른 공지된 위치 감지 수단에 의해 결정될 수 있다.

[0104] 블록(2006)에서, 방법은 영상 포착 장치 기준 프레임 내에서 조작 가능 장치 로봇 아암의 구성 및 위치를 결정한다. 영상 포착 장치 기준 프레임에 대한 조작 가능 장치의 작동 단부의 자세가 블록(2004)에서 이미 결정되었으므로, 영상 포착 장치 기준 프레임 내에서의 그의 로봇 아암의 구성 및 위치의 결정은 이러한 경우에, 블록(2005)에서 수신된 조작 가능 장치 로봇 아암 구성의 정보와 함께 조작 가능 장치 및 그의 로봇 아암의 공지된 구성 및 기하학적 특징을 사용함으로써 결정된다.

[0105] 블록(2007)에서, 방법은 영상 포착 장치 기준 프레임 내에서 영상 포착 장치 로봇 아암의 구성 및 위치를 결정한다. 영상 포착 장치 기준 프레임이 영상 포착 장치 로봇 아암의 원위 단부의 자세에 의해 한정되므로, 블록(2001)에서 수신된 영상 포착 장치 로봇 아암 구성의 정보와 함께 영상 포착 장치 및 그의 로봇 아암의 공지된 구성 및 기하학적 특징을 사용하여 영상 포착 장치 기준 프레임 내에서 영상 포착 장치 로봇 아암의 구성 및 위치를 결정하는 것은 간단한 일이다.

[0106] 블록(2008)에서, 방법은 영상 포착 장치 로봇 아암과 조작 가능 장치 로봇 아암 사이에서 임박한 충돌 징후가 있는 지를 결정한다. 바람직하게는, 결정은 현재의 공정 사이클 및 이전의 공정 사이클에 대해 블록(2001 - 2007)에서 수신되거나 결정된 정보를 사용함으로써 이루어진다. 시계열 정보를 사용함으로써, 2개의 아암의 궤적이 예측될 수 있을 뿐만 아니라, 이들이 이동하고 있는 속도가 추정될 수도 있다. 이러한 정보에 의해, 충돌 예측이 이루어질 수 있다. 예측된 충돌이 규정된 기간 내에 있으면, 충돌은 임박한 것으로 간주되어, 즉각적인 작용을 요구한다. 충돌 예측은 영상 포착 장치 로봇 아암과 조작 가능 장치 로봇 아암 사이의 최소 거리를 사용할 수 있다. 최소치를 결정하는 데 있어서, 방법은 바람직하게는 안전 목적으로 실제 링크보다 치수가 약간 더 큰 기하학적 형상을 구비한 로봇 아암의 링크를 근사화한다. 영상 포착 장치 로봇 아암의 기하학적 형상 및 조작 가능 장치 로봇 아암의 기하학적 형상이 이러한 지점에서 서로에 대해 공지된 위치 및 배향을 점유하므로, 영상 포착 장치 로봇 아암을 나타내는 기하학적 형상과 조작 가능 장치 로봇 아암을 나타내는 기하학적 형상 사이의 최소 거리를 결정하는 것은 간단한 계산이다.

- [0107] 통상의 기술자는 또한 블록(2008)의 결정이 임박한 충돌 이외의 조작 가능 장치 로봇 아암과 영상 포착 장치 로봇 아암 사이의 추가의 바람직하지 않은 관계를 검출하기 위해 사용될 수 있음을 이해할 것이다. 몇몇 실시예에서, 블록(2008)은 충돌이 임박하지 않더라도, 조작 가능 장치 로봇 아암 및 영상 포착 장치 로봇 아암이 서로 너무 가까이 근접하여 있을 때를 검출하기 위해 사용될 수 있다. 몇몇 실시예에서, 블록(2008)은 조작 가능 장치 로봇 아암이 영상 포착 장치가 영상을 포착하려는 관심 영역을 차단하고 있는 것을 검출하기 위해 사용될 수 있다.
- [0108] 블록(2008)의 결정이 아니오이면, 방법은 블록(2001)으로 건너 뛰어서, 다음의 공정 사이클을 위한 블록(2001 - 2008)을 수행한다. 다른 한편으로, 결정이 예이면, 블록(2009)에서, 방법은 영상 포착 장치 로봇 아암이 조작 가능 장치의 로봇 아암과의 충돌을 회피하기 위한 작용을 취하도록 명령한다. 명령된 작용은 조작 가능 장치 로봇 아암이 충돌 안전 위치로 이동될 때까지, 영상 포착 장치 로봇 아암의 이동을 일시적으로 중단시키는 것일 수 있다. 대안적으로, 영상 포착 장치 로봇 아암의 모든 이동을 중단시키는 것보다는, 그의 이동 속력이 대신에 조작 가능 로봇 아암과의 충돌을 회피하기 위해 조정될 수 있다. 대안적으로, 영상 포착 장치 로봇 아암이 다중 DOF 아암이면, 대안적인 아암 구성은 조작 가능 장치 로봇 아암과의 충돌을 회피하도록 명령받을 수 있다. 대안적으로, 영상 포착 장치 로봇 아암의 이동은 중단될 수 있고, 충돌 회피 작업은 도 4의 방법(2500)을 수행하기 위해 조작 가능 장치 제어기로 인계될 수 있다.
- [0109] 블록(2009)을 수행한 후에, 방법은 그 다음 블록(2001)으로 복귀하여 다음의 공정 사이클을 위한 정보를 처리한다.
- [0110] 이제 도 4의 방법(2500)을 참조하면, 블록(2501)에서, 조작 가능 장치 제어기(1021)에 의해 바람직하게 수행되는 방법은 조작 가능 장치를 유지 및 조작하는 로봇 아암의 구성의 정보를 수신한다. 로봇 아암이 복수의 조인트에 의해 함께 결합된 복수의 링크를 포함하면, 로봇 아암 구성은 조인트의 감지된 위치 및 로봇 아암을 구성하는 링크 및 다른 구조물의 공지된 기하학적 특징으로부터 결정 가능하다. 도 1을 참조하여 앞서 설명된 바와 같이, 그러한 로봇 아암 구성 정보는 조인트의 액추에이터에 결합되는 엔코더와 같은, 영상 포착 장치 로봇 아암 내의 복수의 센서로부터 제공될 수 있다. 대안적으로, 이는 입력 장치(1031)로부터의 명령에 응답하여 조작 가능 장치 제어기(1021)에 의해 명령되는 조인트 위치일 수 있다. 대안적으로, 이는 엔코더 측정에 비교하여 더 양호한 정확도를 제공할 수 있는 내시경 영상 내에서 기기의 작동 단부를 추적함으로써 제공되는 몇몇 조인트 위치일 수 있다.
- [0111] 블록(2502)에서, 방법은 조작 가능 장치에 대한 영상 포착 장치의 정합을 수행할 시간인 지를 결정한다. 그러한 정합은 방법의 시작 시에 한번 수행될 수 있거나, 이는 시간에 따라 누적될 수 있는 임의의 정합 오류를 교정하기 위해 주기적으로 수행될 수 있다. 블록(2502)에서의 결정이 예이면, 방법은 블록(2503, 2504)을 수행함으로써 정합을 수행한다. 다른 한편으로, 블록(2502)에서의 결정이 아니오이면, 정합은 방법이 블록(2505)으로 건너 뛴으로써 생략된다.
- [0112] 블록(2503)에서, 방법은 조작 가능 장치의 작동 단부의, 영상 포착 장치에 의해 포착된 영상을 수신한다. 일반적으로, 수신된 영상은 영상 포착 장치의 영상 포착 원주 또는 시계 내의 조작 가능 장치의 작동 단부 및 임의의 다른 물체의 2차원 절편 또는 투사일 것이다. 하나의 예로서, 영상은 제1 영상 포착 장치(1002) 또는 제1 영상 포착 장치(1002)를 포함하는 영상 포착 시스템 내의 프로세서로부터 버스(1040) (또는 도 8의 케이블(3050))을 거쳐 조작 가능 장치 제어기(1021)에 의해 수신될 수 있다.
- [0113] 블록(2504)에서, 방법은 도 3의 블록(2004)을 참조하여 설명된 바와 동일한 방식으로 영상 포착 장치의 기준 프레임에 대한 조작 가능 장치의 작동 단부의 위치 및 배향(즉, 자세)을 결정한다.
- [0114] 블록(2505)에서, 방법은 영상 포착 장치를 유지 및 조작하는 로봇 아암의 구성의 정보를 수신한다. 로봇 아암이 복수의 조인트에 의해 함께 결합된 복수의 링크를 포함하면, 로봇 아암 구성은 조인트의 감지된 위치 및 로봇 아암을 구성하는 링크 및 다른 구조물의 공지된 기하학적 특징으로부터 결정 가능하다. 도 1을 참조하여 앞서 설명된 바와 같이, 그러한 로봇 아암 구성 정보는 조인트의 액추에이터에 결합되는 엔코더와 같은, 조작 가능 장치 로봇 아암의 복수의 센서로부터 제공될 수 있다. 대안적으로, 이는 입력 장치(1032)로부터의 명령에 응답하여 영상 포착 장치 제어기(1022)에 의해 명령되는 조인트 위치일 수 있다.
- [0115] 블록(2506)에서, 방법은 조작 가능 장치 기준 프레임 내에서 조작 가능 장치 로봇 아암의 구성 및 위치를 결정한다. 조작 가능 장치 기준 프레임이 조작 가능 장치 로봇 아암의 원위 단부의 자세에 의해 한정되므로, 블록(2501)에서 수신된 정보 및 조작 가능 장치 및 그의 로봇 아암의 공지된 구성 및 기하학적 특징을 사용하여 조

작 가능 장치 기준 프레임 내에서 조작 가능 장치 로봇 아암의 구성 및 위치를 결정하는 것은 간단한 일이다.

[0116] 블록(2507)에서, 방법은 조작 가능 장치 기준 프레임 내에서 영상 포착 장치 로봇 아암의 구성 및 위치를 결정한다. 이를 행하기 위한 하나의 방식은 먼저 도 3의 블록(2007)에서 결정된 바와 같이, 영상 포착 장치 기준 프레임 내에서 영상 포착 장치 로봇 아암의 구성 및 위치를 결정하고, 그 다음 영상 포착 장치 로봇 아암의 지점을 영상 포착 장치 기준 프레임으로부터 조작 가능 장치 기준 프레임으로 전환하기 위해 다음의 변환 방정식으로 사용하는 것이다:

[0117]
$${}^M P = {}^M T \cdot {}^I P \quad (1)$$

[0118] 여기서, ${}^M P$ 는 조작 가능 장치 기준 프레임("M")이고, ${}^M T$ 는 영상 포착 장치 기준 프레임("T")으로부터 조작 가능 장치 기준 프레임("M")으로의 변환이고, ${}^I P$ 는 영상 포착 장치 기준 프레임("T")이다.

[0119] 방법은 블록(2501)에서 수신된 조작 가능 장치 로봇 아암 구성의 정보로부터 결정된 그의 자세의 정보, 및 조작 가능 장치의 크기, 형상, 및 구성의 사전에 공지된 정보를 사용하여, 영상 기준 프레임 내에서의 조작 가능 장치의 작동 단부의 지점을, 블록(2504)에서 결정된 그의 자세의 정보를 사용하여, 조작 가능 장치 기준 프레임 내에서의 조작 장치의 작동 단부의 대응하는 지점과 비교함으로써 변환(${}^M T$)을 결정할 수 있다. 그러한 기준 프레임 변환에 대한 추가의 세부에 대해서는, 이전에 참조로 통합된 발명의 명칭이 "도구의 이동을 제어하는 데 사용되는 프레임의 위치 및 배향의 추정(Estimation of a Position and Orientation of a Frame Used in Controlling Movement of a Tool)"인 미국 특허 출원 공개 제2012/02900134호를 참조한다.

[0120] 블록(2508)에서, 방법은 도 3의 블록(2008)을 참조하여 설명된 바와 유사한 방식으로 영상 포착 장치 로봇 아암과 조작 가능 장치 로봇 아암 사이에서 임박한 충돌 징후가 있는 지를 결정한다. 통상의 기술자는 또한 블록(2008)의 결정과 유사하게, 블록(2508)이 또한 임박한 충돌 이외의 조작 가능 장치 로봇 아암과 영상 포착 장치 로봇 아암 사이의 추가의 바람직하지 않은 관계를 검출하기 위해 사용될 수 있음을 이해할 것이다.

[0121] 블록(2508)의 결정이 아니오이면, 방법은 블록(2501)으로 건너 뛰어서 다음의 공정 사이클을 위한 블록(2501 - 2509)을 수행한다. 다른 한편으로, 결정이 예이면, 블록(2509)에서, 방법은 영상 포착 장치 제어기(1022)를 통해, 조작 가능 장치 로봇 아암 또는 영상 포착 장치 로봇 아암이 충돌 회피 작용을 취하도록 명령할 수 있다. 충돌 회피 작용을 수행하는 개체 및 취해지는 특정 충돌 회피 작용은 시스템 인자에 의존하여 상이한 형태를 취할 수 있다. 하나의 인자는 영상 포착 장치 및 조작 가능 장치에 의해 이때 수행되는 작업의 성질이다. 다른 인자는 로봇 아암의 유형 또는 구조, 또는 임박한 충돌이 검출되는 순간에서의 그의 대응하는 속도 및 가속도이다.

[0122] 영상 포착 장치 및 조작 가능 장치에 의해 이때 수행되는 작업의 성질의 하나의 예로서, 로봇 시스템(1000)의 의료용 로봇 시스템(3000)이고, 조작 가능 장치가 환자에 대해 정교한 수술을 수행하기 위해 이때 사용되는 기기(33, 35)들 중 하나이면, 기기를 유지하는 로봇 아암을 방해하지 않는 것이 바람직하다. 그러므로, 이러한 경우에, 충돌을 회피하기 위해 영상 포착 장치 로봇 아암(1101)의 궤적을 변형함으로써 작용을 취하는 것이 바람직할 수 있다. 그러한 충돌을 회피하기 위해, 영상 포착 장치 로봇 아암(1101)의 이동은 조작 가능 장치 로봇 아암이 충돌 안전 위치로 이동될 때까지, 일시적으로 중단될 수 있다. 대안적으로, 영상 포착 장치 로봇 아암(1101)의 모든 이동을 중단시키기 보다는, 그의 이동의 속력 및/또는 방향이 대신에 조작 가능 장치 로봇 아암과의 충돌을 회피하기 위해 조정될 수 있다.

[0123] 로봇 아암의 유형 또는 구조의 하나의 예로서, 영상 포착 장치 로봇 아암 및 조작 가능 장치 로봇 아암 중 하나 또는 모두가 다중 자유도(DOF)를 가지면, 그러한 다중 DOF를 구비한 로봇 아암들 중 하나는 그의 유지 장치의 자세에 영향을 주지 않고서 대안적인 구성으로 구성될 수 있다. 특히, 조작 가능 장치 로봇 아암이 다중 DOF를 가지면, 조작 가능 장치 로봇 아암이 대신에 그가 유지하는 조작 가능 장치의 조작에 상당한 영향을 주지 않고서 대안적인 구성으로 구성될 수 있으므로, 영상 포착 장치의 궤적을 변형할 필요가 없다. 영상 포착 장치 로봇 아암 및 조작 가능 장치 로봇 아암 모두가 다중 DOF를 가지면, 제1 로봇 아암 및 제2 로봇 아암 중 하나가 비용 함수를 최소화하기 위해 제1 로봇 아암 및 제2 로봇 아암의 현재의 구성과 그들 각각의 복수의 가능한 구성 사이의 차이를 처리함으로써 임박한 충돌을 회피하기 위한 대안적인 구성을 사용하기 위해 선택된다. 대안적으로, 선택은 비용 함수를 최소화하기 위해 현재의 구성으로부터 그들 각각의 복수의 가능한 구성들 중 다른 하나로 이동하도록 제1 로봇 시스템 및 제2 로봇 시스템의 요구되는 조인트 이동을 처리함으로써 이루어질 수

있다.

- [0124] 여러 가능한 비용 함수들 중 하나는 대안적인 구성의 선택에 의해 최소화될 수 있다. 하나의 가능한 비용 함수는 제1 로봇 아암과 제2 로봇 아암 사이의 최소 거리의 역제곱에 기초할 수 있다. 제2 가능한 비용 함수는 제1 로봇 아암 및 제2 로봇 아암의 링크들 사이의 거리의 역제곱의 가중 평균에 기초할 수 있고, 각각의 링크는 수동 또는 능동 자유도와 관련된다. 제3 가능한 비용 함수는 제2 비용 함수에 기초할 수 있지만, 원하는 안전 여유의 10배 이내의 임계치와 같은 임계치 아래에 있는 거리만을 상쇄할 수 있다. 제4 가능한 비용 함수는 제2 비용 함수의 변형된 버전에 기초할 수 있고, 여기서 거리는 제1 로봇 아암 및 제2 로봇 아암의 링크들을 둘러싼 가상 물체 또는 완충 영역들 사이에서 측정된다. 제5 가능한 비용 함수는 제4 비용 함수의 완충 영역, 및 제3 비용 함수의 거리 임계치를 포함할 수 있다. 제6 가능한 비용 함수는 제1 로봇 아암 및 제2 로봇 아암에 대한 구속된 조작성 지수에 기초할 수 있고, 조작성 지수는 대안적인 구성 둘레에서 임의의 방향으로 이동하는 제1 로봇 아암 또는 제2 로봇 아암의 능력을 추정한다. 제7 가능한 비용 함수는 제1 로봇 아암 및 제2 로봇 아암의 링크 및/또는 조인트에 인가되는 가상 포텐셜 장에 기초할 수 있다. 하나의 예로서, 제1 로봇 아암 및 제2 로봇 아암의 각각의 링크 및/또는 조인트는 그에 할당된 가상 전하를 가질 수 있고, 유도되는 가상 반발력이 제7 비용 함수를 결정하기 위해 제1 로봇 아암과 제2 로봇 아암 사이에서 적분될 수 있다.
- [0125] 블록(2509)을 수행한 후에, 방법은 그 다음 블록(2501)으로 복귀하여 다음의 공정 사이클을 위한 정보를 처리한다.
- [0126] 방법(2000, 2500)의 수행 중에 또는 그 후에, 작동 부위 물체에 대한 초기 정합 변환의 갱신 또는 재보정이 수행될 수 있다. 예를 들어, 로봇 시스템(1000)이 의료용 로봇 시스템(3000)이면, 작동 부위 물체들 각각을 국제 기준 프레임에 대해 정합하는 것이 일반적인 관례이다. 이러한 경우에, 작동 부위 물체는 기기(31, 33, 35), 내시경(37), 영상 포착 시스템(3020)의 영상 포착 장치(1116, 1117), 및 환자의 해부학적 구조물을 포함한다. 그러나, 시술의 수행 중에, 정합 오류가 측정될 수 있거나 몇몇 방식으로 달리 발생할 수 있다. 따라서, 영상 포착 시스템(3020)에 의해 포착된, 기기(31, 33, 35)의 작동 단부 및 내시경(37)의 영상을 사용하여 고정된 기준 프레임에 대해 이들의 초기 정합 변환을 갱신하는 것이 유익할 수 있다.
- [0127] 도 2 및 도 3의 방법(2000, 2500)에서, 영상 포착 장치 및 조작 가능 장치는 전형적으로 상이한 사람들에 의해 독립적으로 작동된다. 예를 들어, 로봇 시스템(1000)이 의료용 로봇 시스템(3000)이면, 수술대(3040)에 인접하여 서 있는 보조원이 영상 포착 시스템(3020)의 이동을 제어하기 위해 제어 유닛(3021)을 작동시킬 수 있고, 의사는 조작 가능 장치(33, 35)의 이동을 제어하기 위해 콘솔(3030)의 입력 장치(41, 42)를 작동시킬 수 있다. 그러나, 의료 시술의 수행 중에 의사가 영상 포착 시스템(3020)의 이동을 또한 제어하는 것이 때때로 바람직할 수 있다. 예를 들어, 해부학적 구조물의 외부 뷰의 내시경 영상이 콘솔(3030)의 입체 뷰어(45) 상에 디스플레이될 때, 의사는 그러한 영상을 해부학적 구조물의 내부 뷰의 3차원 X-선 영상에 의해 보완하기를 원할 수 있다. 그러나, 의사가 의료 시술의 수행에 전념하므로, 관심 영역의 의사가 원하는 뷰를 제공하기 위해 영상 포착 시스템(3020)을 자동으로 제어하기 위한 방법이 유용하다.
- [0128] 도 5는 로봇 시스템의 로봇 아암과 다른 로봇 아암 사이의 충돌을 회피하면서 사용자 지정 관심 영역의 영상을 포착하기 위해 영상 포착 장치의 이동을 자동으로 제어하기 위해 로봇 시스템(1000) 내에서 구현되는 방법(4000)을 하나의 예로서 도시한다.
- [0129] 블록(4001)에서, 방법은 작동 부위의 사용자 지정 관심 영역의 정보를 수신한다. 사용자가 디스플레이(1051) 상에서 작동 부위를 관찰할 때, 관심 영역은 디스플레이(1051) 상에 이때 디스플레이되는 작동 부위의 영상에 대해 지정된다. 디스플레이(1051) 상에 디스플레이되는 영상은 입체 내시경과 같은 카메라(1003)에 의해 포착된 영상으로부터 도출되었을 수 있다. 대안적으로, 이는 초음파 프로브와 같은 제2 영상 포착 장치(1005)에 의해 포착된 영상으로부터 도출되었을 수 있다. 대안적으로, 디스플레이(1051) 상에 디스플레이되는 영상은 영상들을 정합 및 중첩함으로써, 카메라(1003)에 의해 포착된 것으로부터 도출된 영상 및 제2 영상 포착 장치(1005)에 의해 포착된 것으로부터 도출된 영상을 포함할 수 있다.
- [0130] 사용자가 이때 디스플레이되는 영상에 대해 관심 영역을 지정하기 위한 하나의 방식의 하나의 예는 디스플레이(1051) 상에 이때 디스플레이되는 동일한 영상을 디스플레이하는 텔레스트레이션 스크린 상에서 관심 영역 둘레에 폐쇄 곡선을 긋기 위해 텔레스트레이터를 사용하는 것이다. 그러한 텔레스트레이터에 대한 세부에 대해서는, 본원에서 참조로 통합된 발명의 명칭이 "3차원 텔레스트레이션을 제공하는 의료용 로봇 시스템 (Medical robotic system providing three-dimensional telestration)"인 미국 특허 출원 공개 제 2007/0167702 A1호를 참조한다. 다른 예로서, 사용자는 커서의 경로가 관심 영역을 한정하도록 디스플레이

(1051) 상에서의 커서의 이동을 제어하기 위해 단순히 마우스와 같은 입력 장치를 사용함으로써 관심 영역을 지정할 수 있다. 사용자가 관심 영역을 지정하기 위한 방식의 다른 예로서, 사용자는 디스플레이(1051) 상에서의 사용자의 현재의 시선 지점이 관심 영역의 중심을 지정하기 위한 것일 때를 표시하기 위해 시선 추적기 및 사용자 제어식 스위치를 사용할 수 있다. 이러한 경우에, 관심 영역의 형상은 미리 한정될 수 있거나, 이는 사용자가 현재 응시하고 있는 물체의 형상에 의해 결정될 수 있다. 사용자가 관심 영역을 지정하기 위한 방식의 또 다른 예로서, 사용자는 관심 영역이 터치된 물체임을 표시하기 위해 조작 가능 장치의 작동 단부의 이동을 그 작동 부위에서 물체를 터치하도록 원격 로봇식으로 제어할 수 있다.

- [0131] 블록(4002)에서, 방법은 영상 포착 장치 로봇 아암 및 조작 가능 장치 로봇 아암의 초기 아암 구성 및 기부 위치의 정보를 수신한다. 초기 아암 구성의 정보는 그의 구성의 정보 및 로봇 아암의 복수의 센서로부터 수신되는 그의 조인트 위치의 정보에 의해 제공될 수 있다. 국제 기준 프레임 내에서의 기부 위치의 정보는 그러한 정보를 제공하는 외부 센서에 의해 제공될 수 있다. 그러한 외부 센서의 하나의 예는 광학 추적 시스템 내에서 사용되는 광학 센서이다. 다른 예는 작동 부위의 바닥 상의 공지된 위치에 전략적으로 위치한 압력 트랜스듀서들의 어레 중 하나이다.
- [0132] 블록(4003)에서, 방법은 사용자 지정 관심 영역의 요구되는 영상을 포착하기 위해 적절하게 위치되도록 영상 포착 장치에 대한 설치 위치를 결정한다. 이를 행하기 위해, 방법은 먼저 이전에 결정된 변환 및 블록(4002)에서 수신된 정보를 사용하여 관심 영역을 디스플레이 기준 프레임으로부터 영상 포착 장치 기준 프레임으로 전환한다. 이는 그 다음 이전에 결정된 변환 및 블록(4002)에서 수신된 정보를 사용하여 관심 영역을 영상 포착 장치 기준 프레임으로부터 국제 기준 프레임으로 전환한다. 관심 영역이 국제 기준 프레임 내에서 공지되면, 방법은 그 다음 영상 포착 장치가 조작 가능 장치 로봇 아암의 국제 기준 프레임 내에서의 초기 위치와 충돌하지 않고서 사용자 지정 관심 영역의 요구되는 영상을 포착할 수 있는 설치 위치를 결정한다.
- [0133] 블록(4004)에서, 방법은 사용자 지정 관심 영역의 요구되는 영상을 포착하기 위해 영상 포착 장치의 운동 계획을 결정한다. 영상 포착 장치가 도 12의 영상 포착 장치(3020)일 때, 운동 계획은 링크(1102, 1103), 손목(1104), 및 C-아암(1105)의 계획된 이동을 포함할 수 있다.
- [0134] 블록(4005)에서, 방법은 사용자로부터 명령을 수신한 후에 영상 포착 장치의 그의 설치 위치로의 이동을 명령한다. 영상 포착 장치가 도 12의 영상 포착 시스템(3020)의 영상 포착 장치(1116, 1117)일 때, 명령된 이동은 전형적으로 로봇 아암(1101)이 관심 영역과 대면하도록 캐리셀 조인트(1108)를 회전시키는 것, 그리고 X-선 공급원(1117) 및 X-선 검출기(1116) (즉, 영상 포착 장치)가 사용자 지정 관심 영역의 요구되는 영상을 포착하는 것을 시작하기 위해 적절하게 위치되도록 슬더 조인트(1109), 엘보 조인트(1110), 롤링 조인트(1111), 피치 조인트(1112), 및 요잉 조인트(1121)를 회전시키는 것을 수반한다.
- [0135] 블록(4006)에서, 방법은 영상 포착 장치 로봇 아암과 조작 가능 장치 로봇 아암 사이의 충돌을 회피하면서 운동 계획에 따른 영상 포착 장치의 증분식 이동을 명령한다. 블록(4006)에서 방법에 의해 수행되는 작업의 추가의 세부가 도 6을 참조하여 설명된다.
- [0136] 블록(4007)에서, 방법은 운동 계획이 완료되었는 지를 결정한다. 블록(4007)에서의 결정이 아니오이면, 방법은 블록(4006)으로 건너 뛰어서, 영상 포착 장치 로봇 아암과 조작 가능 장치 로봇 아암 사이의 충돌을 회피하면서 운동 계획에 따른 영상 포착 장치의 다른 증분식 이동을 명령한다.
- [0137] 다른 한편으로, 블록(4007)에서의 결정이 예이면, 블록(4008)에서, 방법은 영상 포착 장치가 방해하지 않고, 조작 가능 장치 로봇 아암과의 충돌의 추가의 위험을 제시하지 않도록, 사용자로부터 명령을 수신하면 영상 포착 장치가 그의 초기 위치 또는 미리 정의된 정지 위치로 다시 이동하도록 명령한다.
- [0138] 도 6은 방법(4000)의 블록(4006)을 수행하기 위한 방법의 흐름도를 하나의 예로서 도시한다. 설명을 보완하기 위해, 도 7은 2개의 독립적으로 작동되는 로봇 아암들 사이의 충돌 회피를 위해 사용되는 로봇 시스템의 일 부분의 블록 선도를 도시한다. 도 7에 의해 도시된 예에서, 조작 가능 장치 로봇 아암 시뮬레이터(6003), 임박 충돌 검출기(6021), 영상 포착 장치 로봇 아암 시뮬레이터(6013), 및 증분식 운동 발생기(6004)가 바람직하게는 프로그램 코드를 실행하는 프로세서에 의해 종래의 방식으로 구현된다.
- [0139] 블록(4201)에서, 방법은 조작 가능 장치 로봇 아암에 대한 이동 명령을 수신한다. 예를 들어, 도 7을 참조하면, 조작 가능 장치 제어기(6011)의 출력은 조작 가능 장치 로봇 아암 액추에이터(6012)에 대한 조인트 명령을 제공한다.
- [0140] 블록(4202)에서, 방법은 조작 가능 장치 로봇 아암에 대한 위치 및 구성을 결정한다. 예를 들어, 도 7을 참조

하면, 조작 가능 장치 로봇 아암 시뮬레이터 유닛(6003)은 조작 가능 장치 제어기(6011)로부터의 조인트 명령 및 조작 가능 장치 로봇 아암의 구성의 사전 지식을 사용하여 조작 가능 장치 로봇 아암에 대한 위치 및 구성의 정보를 발생시킨다.

[0141] 블록(4203)에서, 방법은 영상 포착 장치의 원하는 증분식 이동을 결정한다. 예를 들어, 도 7을 참조하면, 증분식 운동 발생기(6004)는 도 5의 블록(4004)에서 결정되어 메모리(6005) 내에 저장된 운동 계획의 정보를 사용하여 영상 포착 장치의 원하는 증분식 이동을 발생시킨다. 원하는 증분식 이동은 이러한 경우에, 영상 포착 장치의 이동에 대한 원하는 속도 및 도 5의 블록(4006 - 4007)을 통해 순환하기 위한 공정 사이클 주기에 의존한다.

[0142] 블록(4204)에서, 방법은 영상 포착 장치 로봇 아암에 대한 위치 및 구성을 결정한다. 예를 들어, 도 7을 참조하면, 영상 포착 장치 로봇 아암 시뮬레이터 유닛(6013)은 증분식 운동 발생기(6004)에 의해 제공되는 원하는 증분식 운동 명령, 영상 포착 장치 로봇 아암의 현재의 위치 및 구성의 지식, 및 영상 포착 장치 로봇 아암의 구성의 사전 지식을 사용하여, 영상 포착 장치 로봇 아암에 대한 위치 및 구성의 정보를 발생시킨다.

[0143] 블록(4205)에서, 방법은 도 3의 블록(2008)에서 수행되는 바와 유사한 방식으로 영상 포착 장치 로봇 아암과 조작 가능 장치 로봇 아암 사이에서 임박한 충돌 징후가 있는 지를 결정한다. 예를 들어, 도 7을 참조하면, 임박 충돌 검출기(6021)는 현재의 공정 사이클 및 이전의 공정 사이클에 대해 로봇 아암 시뮬레이터(6003, 6013)에 의해 제공되는 정보를 사용함으로써, 2개의 아암들 사이의 충돌이 임박한 지를 결정한다. 시계열 정보를 사용함으로써, 2개의 로봇 아암들의 궤적이 예측될 수 있을 뿐만 아니라, 이들이 이동하는 속도도 추정될 수 있다. 이러한 정보에 의해, 충돌 예측이 이루어질 수 있다. 예측된 충돌이 규정된 기간 내에 있을 때, 충돌은 임박한 것으로 간주되어, 즉각적인 작용을 요구한다.

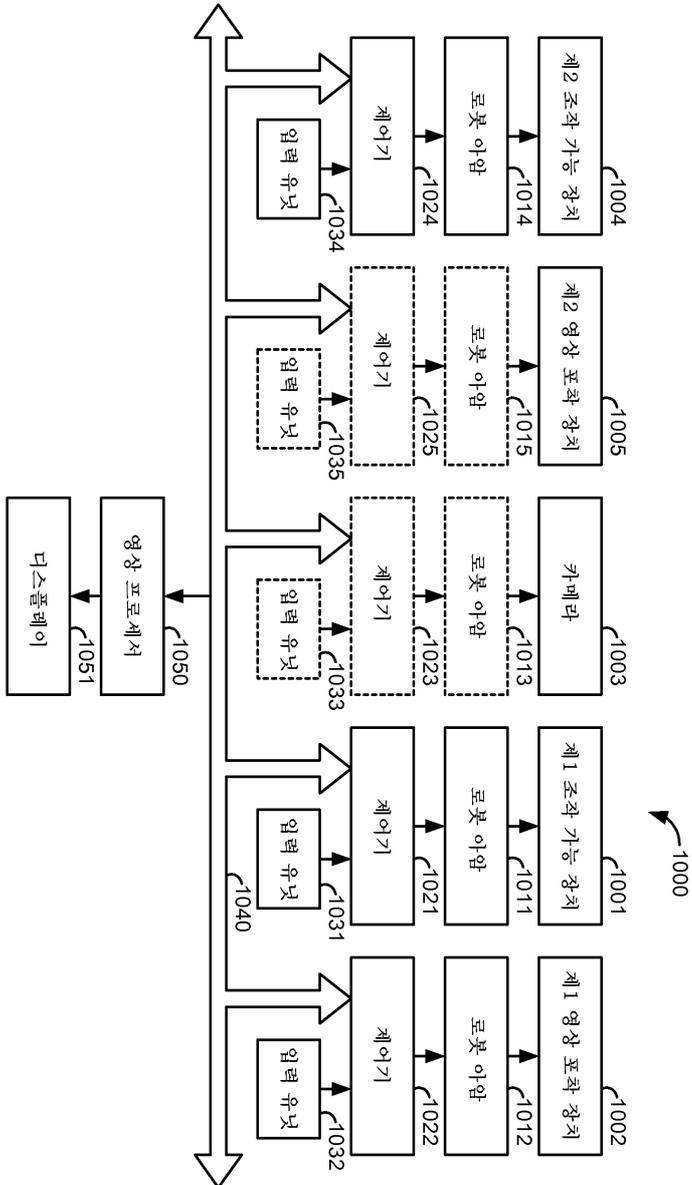
[0144] 블록(4205)에서의 결정이 아니오이면, 블록(4206)에서, 방법은 영상 포착 장치 로봇 아암이 원하는 증분식 이동에 따라 이동하도록 명령한다. 다른 한편으로, 블록(4205)에서의 결정이 예이면, 블록(4207)에서, 방법은 도 3의 블록(2009)을 참조하여 설명된 작용들 중 하나를 예로서 사용하여, 임박한 충돌을 회피하기 위해 증분식 이동 명령을 변형한다. 예를 들어, 임박 충돌 검출기(6021)가 영상 포착 장치 로봇 아암과 조작 가능 장치 로봇 아암 사이의 충돌이 임박하다고 결정한 후에, 이는 그의 표시를 조작 가능 장치 제어기(6011)로 보내고, 이는 결국 표시를 영상 포착 장치 제어기(6001)로 전달하여, 영상 포착 장치 제어기는 충돌을 회피하기 위한 교정 작용을 취할 수 있다.

[0145] 제어 유닛(1021 - 1025 및/또는 3021)의 몇몇 실시예는 하나 이상의 프로세서에 의해 실행될 때, 하나 이상의 프로세서(예컨대, 제어 유닛(1021 - 1025 및/또는 3021)의 처리 유닛)가 위에서 설명된 바와 같은 방법(2000, 2500, 4000, 및/또는 9000)의 공정을 수행하게 할 수 있는 실행 가능 코드를 포함하는 비일과성의 유형의 기계 판독 가능 매체를 포함할 수 있다. 방법(2000, 2500, 4000, 및/또는 9000)의 공정을 포함할 수 있는 기계 판독 가능 매체의 몇몇 일반적인 형태는, 예를 들어, 플로피 디스크, 플렉시블 디스크, 하드 디스크, 자성 테이프, 임의의 다른 자성 매체, CD-ROM, 임의의 다른 광학 매체, 천공 카드, 종이 테이프, 구멍의 패턴을 구비한 임의의 다른 물리적 매체, RAM, PROM, EPROM, FLASH-EPROM, 임의의 다른 메모리 칩 또는 카트리지, 및/또는 프로세서 또는 컴퓨터가 판독하도록 구성된 임의의 다른 매체이다.

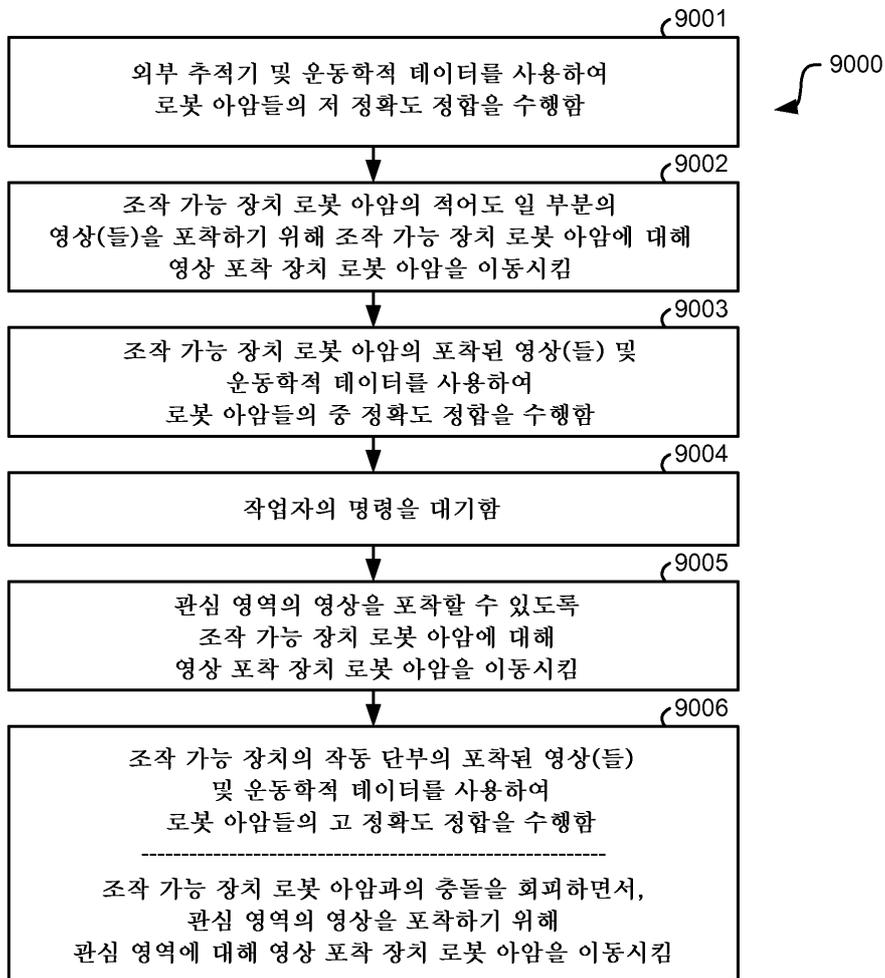
[0146] 본 발명의 다양한 태양이 바람직한 실시예에 대해 설명되었지만, 본 발명은 첨부된 청구범위의 완전한 범주 내에서 완전히 보호받을 권리가 있음이 이해될 것이다.

도면

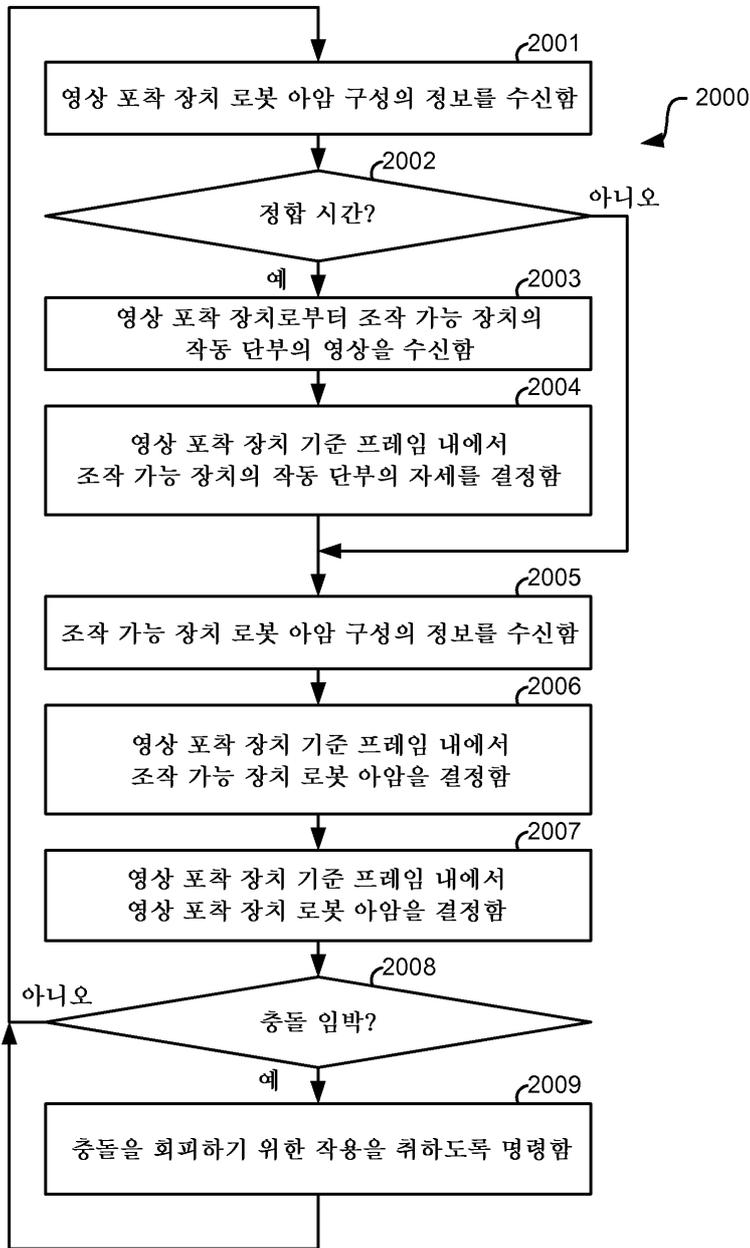
도면1



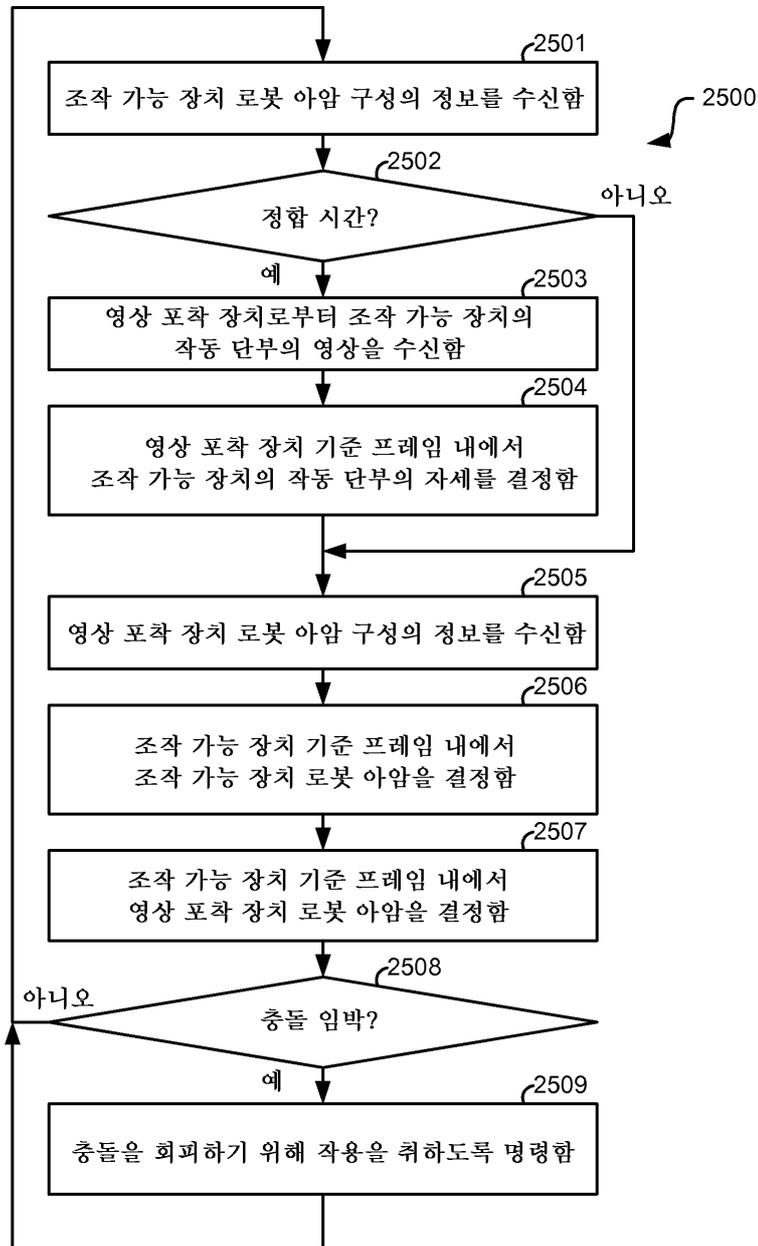
도면2



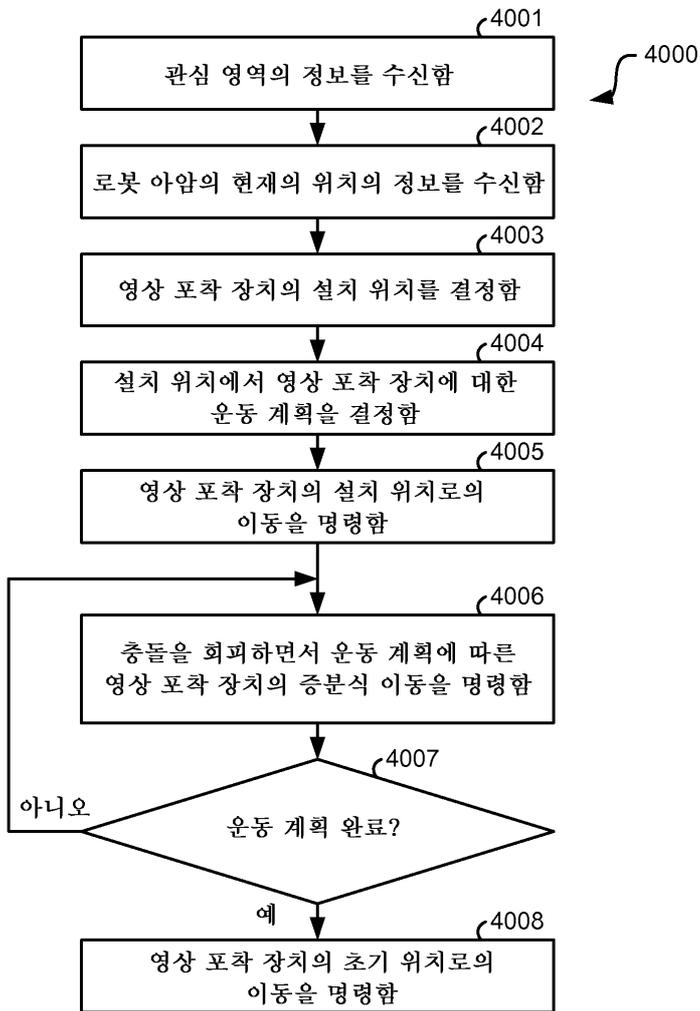
도면3



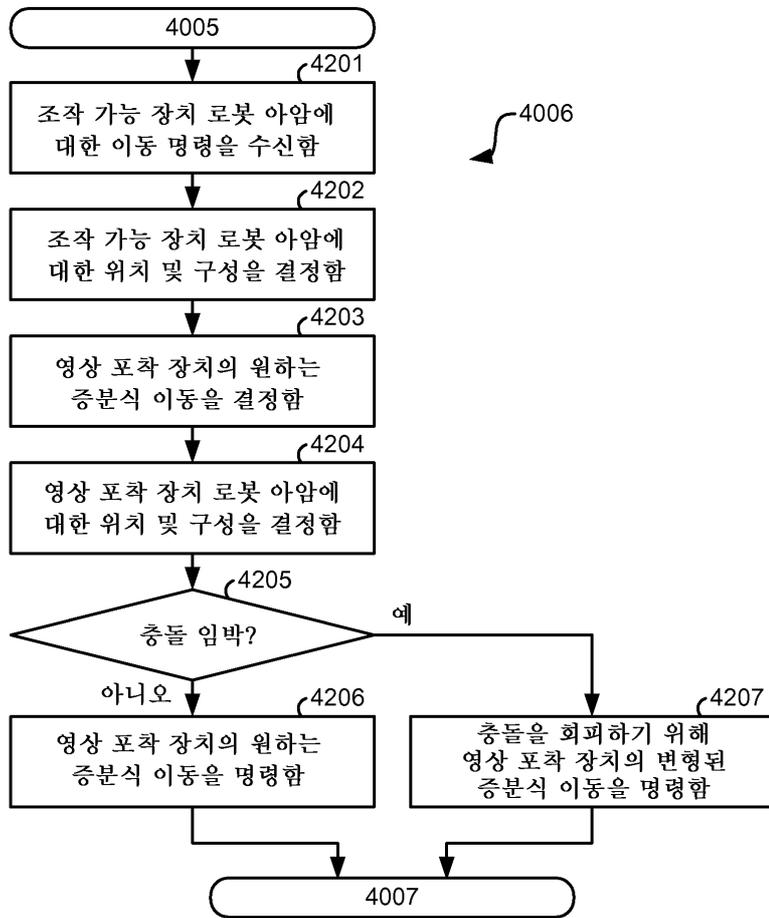
도면4



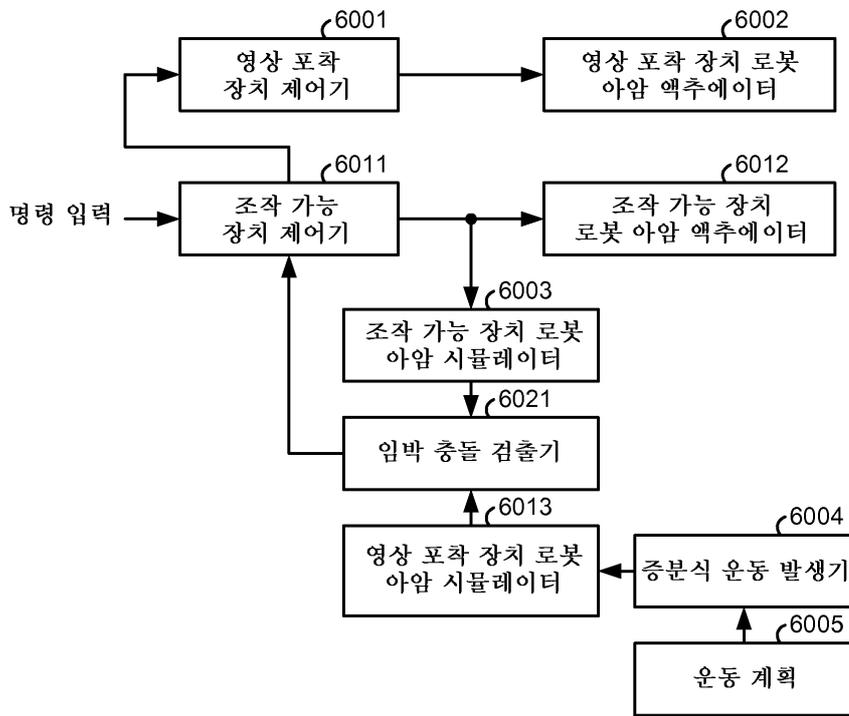
도면5



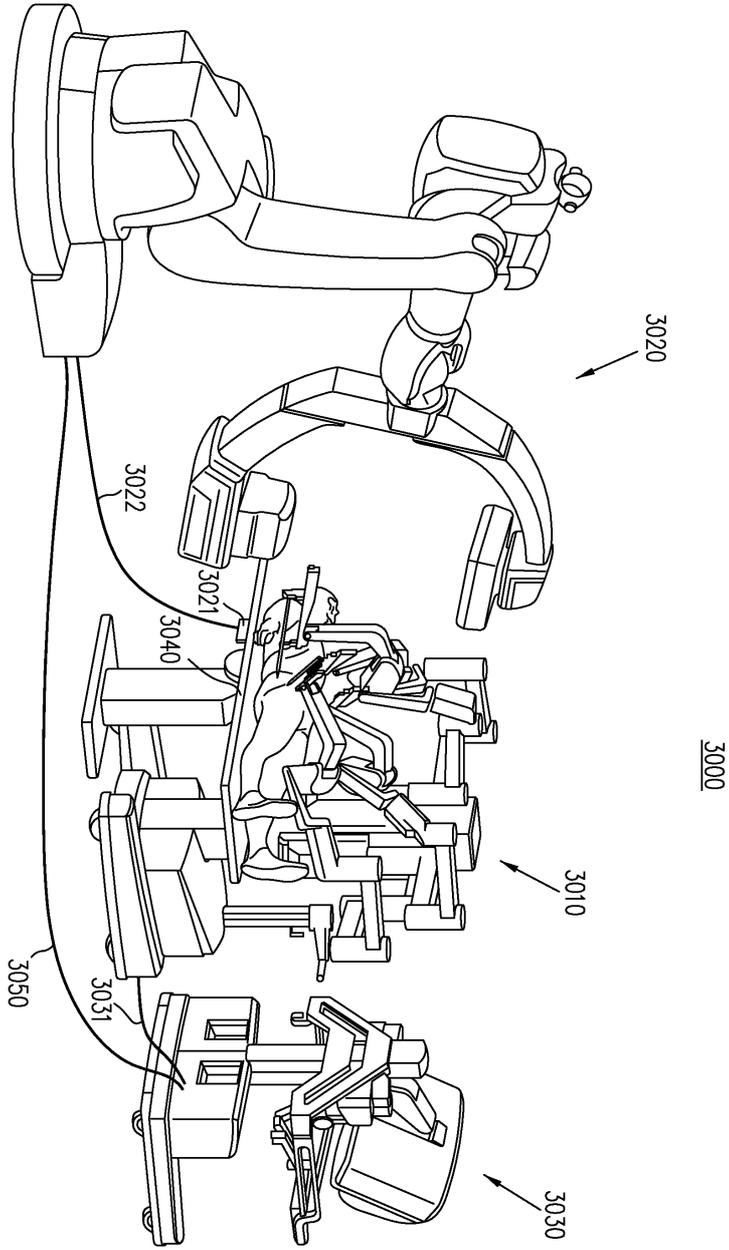
도면6



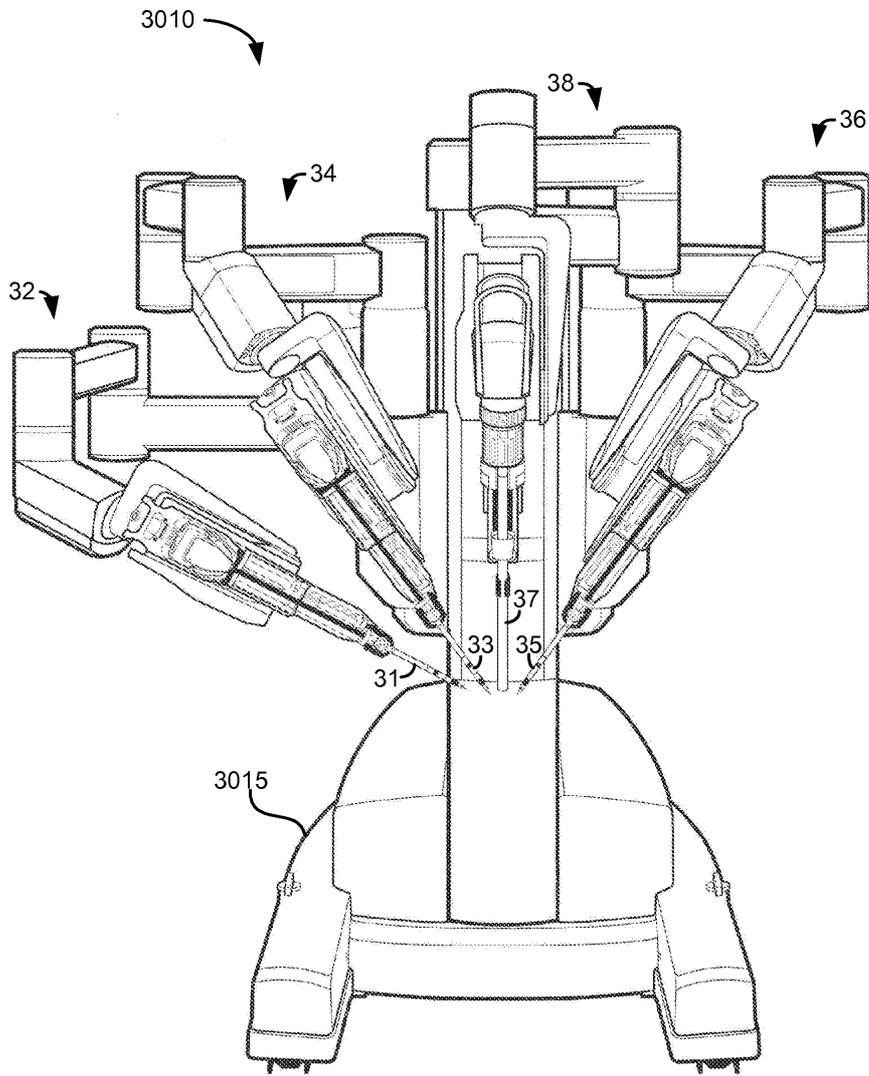
도면7



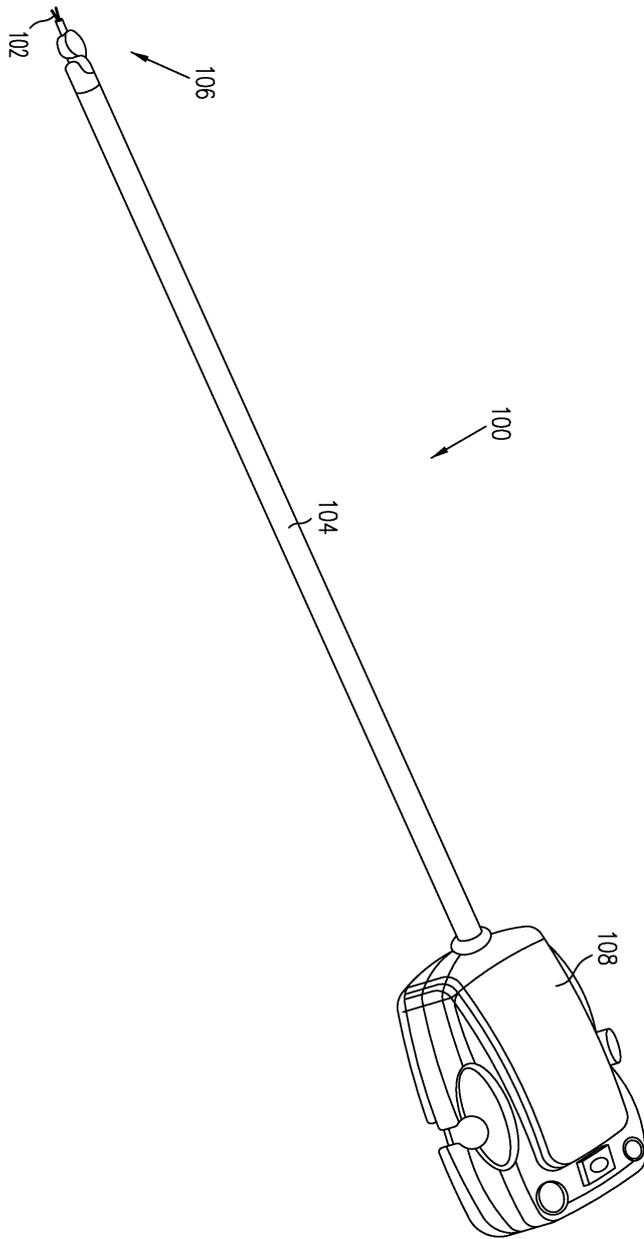
도면8



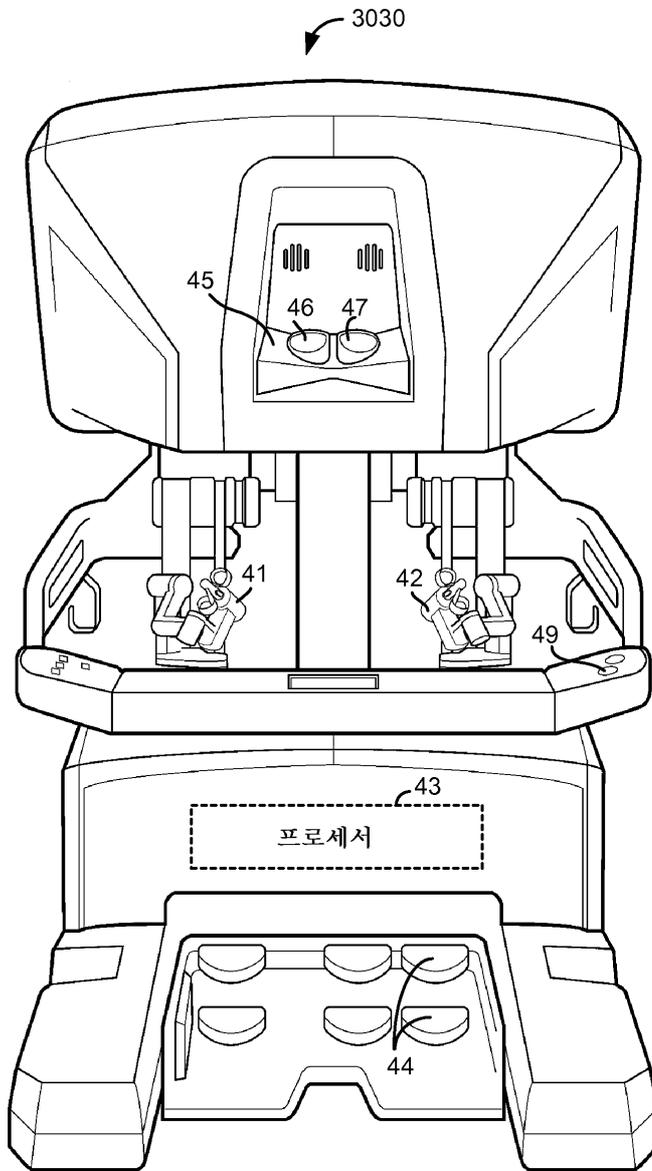
도면9



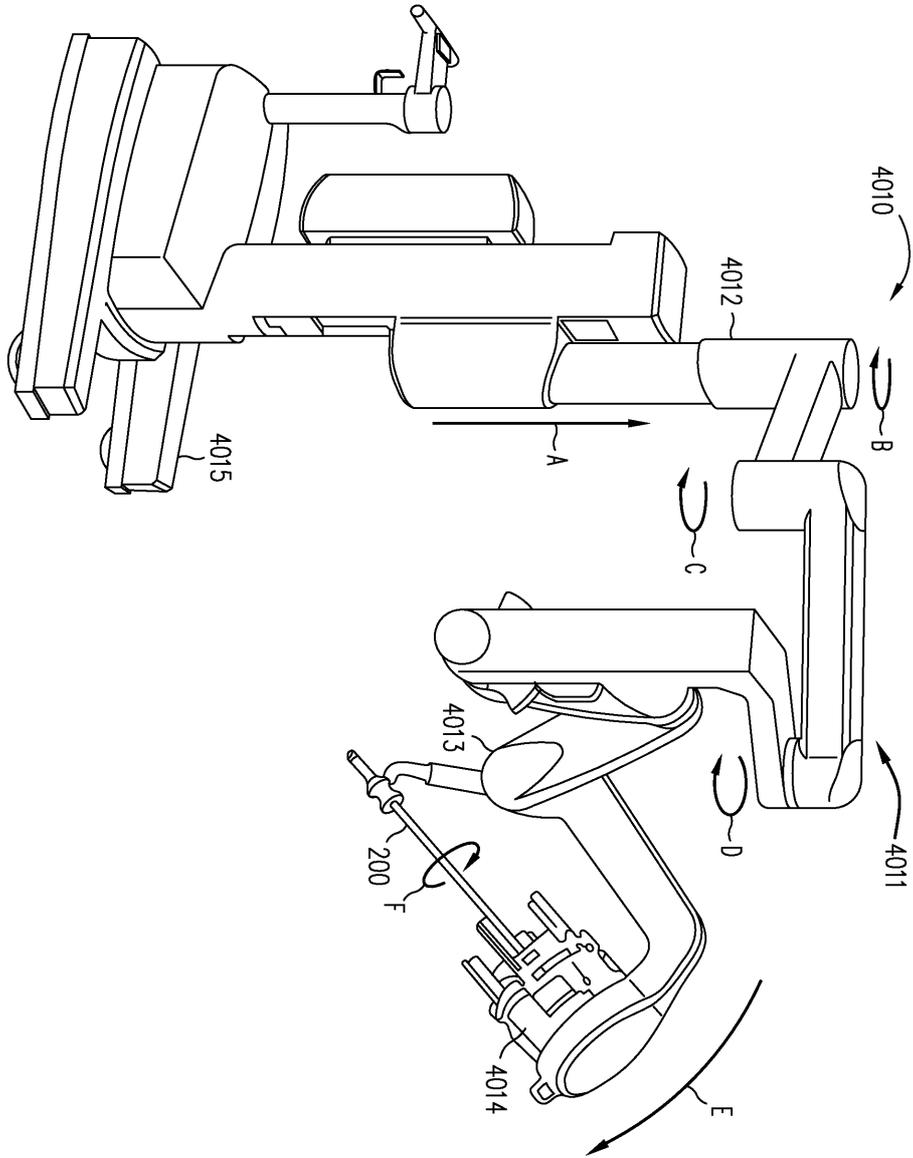
도면10



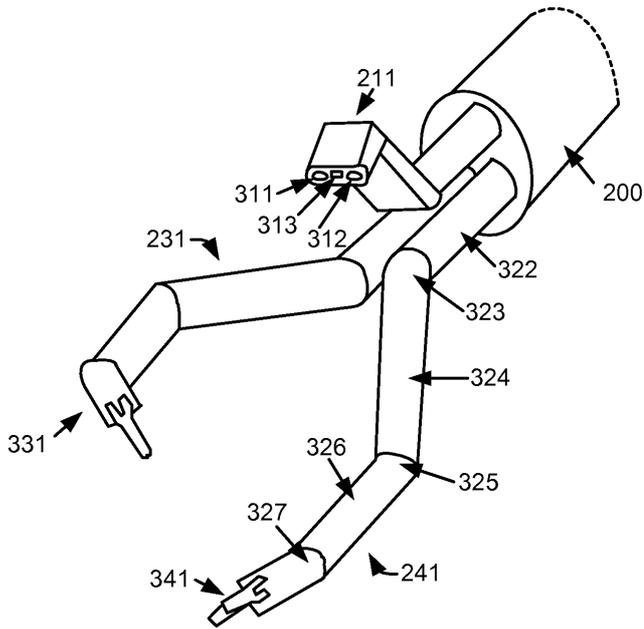
도면11



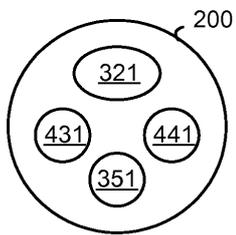
도면13



도면14



도면15



专利名称(译)	标题：图像捕获设备和可控设备在可移动臂的受控移动期间避免碰撞		
公开(公告)号	KR1020150120944A	公开(公告)日	2015-10-28
申请号	KR1020157018123	申请日	2013-12-10
[标]申请(专利权)人(译)	直观外科手术操作公司 BLOHM LUTZ 只读存储器的内容串 NIEBLER CHRISTINE 你的克里斯蒂娜. KUNZE HOLGER 坤体孔.		
申请(专利权)人(译)	手术操作，公司Creative的旅行团 只读存储器的内容串 你的克里斯蒂娜. 坤体孔.		
当前申请(专利权)人(译)	手术操作，公司Creative的旅行团 只读存储器的内容串 你的克里斯蒂娜. 坤体孔.		
[标]发明人	BLOHM LUTZ 블롬룻츠 NIEBLER CHRISTINE 니블러크리스티네 KUNZE HOLGER 쿤체홀거 AZIZIAN MAHDI 아지지안마흐디 SORGER JONATHAN 조르거조나단		
发明人	블롬룻츠 니블러크리스티네 쿤체홀거 아지지안마흐디 조르거조나단		
IPC分类号	A61B19/00		
CPC分类号	A61B19/2203 A61B2019/5238 A61B2019/5255 A61B2019/5259 A61B2019/5276 Y10S901/02 A61B6/102 A61B6/4441 A61B6/4458 A61B34/30 A61B2034/2055 A61B2034/2059 A61B2034/2065 A61B2090/376 A61B2090/378 A61B34/20 A61B90/37 Y10S901/47 B25J9/1676 B25J9/1697		
代理人(译)	KIM , YOON KI		
优先权	61/735170 2012-12-10 US 14/101769 2013-12-10 US		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

一种用于运动控制的系统和方法，包括耦合到计算机辅助手术装置的控制器，该计算机辅助手术装置具有连接到可操作装置的第一可移动臂，该第一可移动臂具有操控制器接收第一可动臂的第一配置;接收第二可动臂的第二配置;从图像捕获设备接收操作端的多

个图像;确定工作端的位置和方向;确定第一可动臂位置和第一可动臂的轨迹;确定第二可动臂的第二可动臂位置和轨迹;确定可动臂的运动是否会引起可动臂之间的不良关系;并且向第一可移动臂或第二可移动臂发送移动命令以避免不期望的关系。

