



등록특허 10-2737289



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년12월04일
(11) 등록번호 10-2737289
(24) 등록일자 2024년11월28일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61B 34/00 (2016.01) *A61B 34/35* (2016.01)
(52) CPC특허분류
A61B 34/76 (2016.02)
A61B 34/35 (2016.02)
(21) 출원번호 10-2018-7019556
(22) 출원일자(국제) 2017년01월12일
심사청구일자 2021년12월30일
(85) 번역문제출일자 2018년07월09일
(65) 공개번호 10-2018-0094003
(43) 공개일자 2018년08월22일
(86) 국제출원번호 PCT/US2017/013237
(87) 국제공개번호 WO 2017/123796
국제공개일자 2017년07월20일
(30) 우선권주장
62/277,820 2016년01월12일 미국(US)

(56) 선행기술조사문헌
KR1020140065895 A*
(뒷면에 계속)

전체 청구항 수 : 총 15 항

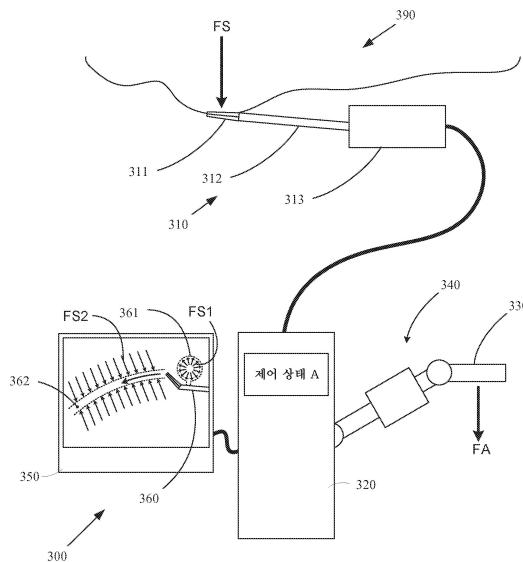
심사관 : 승성민

(54) 발명의 명칭 제어 상태들 간의 단계적 힘 피드백 전이

(57) 요약

입력 디바이스; 및 입력 디바이스로부터 제어 입력들을 수신하고 입력 디바이스에서 햅틱 피드백을 제공하기 위한 제어기를 포함하는 수술 시스템이 제공되고, 제어기는 입력 디바이스에서의 제1 햅틱 피드백 프로파일로부터 입력 디바이스에서의 제2 햅틱 피드백 프로파일로의 단계적 전이를 적용하도록 구성된다.

대 표 도 - 도3a



(56) 선행기술조사문현

WO2015148293 A1*

JP2011519286 A

US20090195538 A1

US20140142592 A1

*는 심사관에 의하여 인용된 문현

명세서

청구범위

청구항 1

수술 시스템으로서,

입력 디바이스; 및

상기 입력 디바이스로부터 제어 입력들을 수신하고 상기 입력 디바이스에서 햅틱 피드백을 제공하기 위한 제어 기

를 포함하고,

상기 제어기는 상기 수술 시스템이 제1 논-제로(non-zero) 햅틱 힘 피드백 프로파일과 연관된 제1 제어 상태로부터 제2 논-제로 햅틱 힘 피드백 프로파일과 연관된 제2 제어 상태로 전이할 때 상기 입력 디바이스에서의 상기 제1 논-제로 햅틱 힘 피드백 프로파일로부터 상기 입력 디바이스에서의 상기 제2 논-제로 햅틱 힘 피드백 프로파일로의 단계적 전이(staged transition)를 적용하도록 구성되고, 단계적 전이는 제1 논-제로 햅틱 힘 피드백 프로파일과 제2 논-제로 햅틱 힘 피드백 프로파일 사이의 햅틱 피드백 힘이 없는 상태(zero haptic feedback force state)를 포함하는, 수술 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 단계적 전이는 상기 제1 논-제로 햅틱 힘 피드백 프로파일의 선형 스케일링(linear scaling), 곡선형 스케일링(curvilinear scaling) 및 방향 수정(directional modification) 중 적어도 하나를 포함하는, 수술 시스템.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 단계적 전이는 힘이 없는 상태(zero force state)를 포함하는, 수술 시스템.

청구항 4

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 단계적 전이는 제1 논-제로 햅틱 힘 피드백 프로파일의 힘 크기를 스케일링하는 것을 포함하는, 수술 시스템.

청구항 5

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 단계적 전이는 제1 논-제로 햅틱 힘 피드백 프로파일의 힘 벡터 방향을 변경하는 것을 포함하는, 수술 시스템.

청구항 6

제1항에 있어서, 도구를 더 포함하며, 상기 제1 제어 상태는 도구 제어 모드를 포함하는, 수술 시스템.

청구항 7

제1항 또는 제6항에 있어서, 상기 제1 및 제2 제어 상태들은 도구 제어 모드, 클러칭 모드, 도구 교환 모드, 카메라 제어 모드, 시스템 설정 모드, 암 교환 모드, 후속조치 종료 모드(exit following mode) 및 합성 상호작용 요소 조작 모드(synthetic interactive element manipulation mode) 중 상이한 모드들을 포함하는, 수술 시스템.

청구항 8

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 단계적 전이는 상기 입력 디바이스에서 상기 제1 논-제로 햅틱 힘 피드백 프로파일을 미리 결정된 간격 동안 유지하는 것을 포함하는, 수술 시스템.

청구항 9

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 제어기는 적어도 하나의 햅틱 효과를 상기 단계적 전이에 오버레이되도록 추가로 구성되는, 수술 시스템.

청구항 10

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 제어기는 상기 수술 시스템이 상기 제2 제어 상태로부터 다시 상기 제1 제어 상태로 전이할 때 상기 입력 디바이스에서 상기 제1 논-제로 햅틱 힘 피드백 프로파일을 복원하도록 추가로 구성되는, 수술 시스템.

청구항 11

방법으로서,

수술 시스템의 제1 제어 상태와 연관된 제1 논-제로 햅틱 힘 피드백 프로파일을 상기 수술 시스템의 입력 디바이스에서 발생시키는 단계;

상기 입력 디바이스에서 제2 논-제로 햅틱 힘 피드백 프로파일과 연관된 상기 수술 시스템의 제2 제어 상태로의 변경을 검출하는 단계; 및

상기 제1 논-제로 햅틱 힘 피드백 프로파일로부터 상기 제2 논-제로 햅틱 힘 피드백 프로파일로의 단계적 전이(staged transition)를 제어기에 의해 적용하는 단계를 포함하고, 수술 시스템이 제1 논-제로 햅틱 힘 피드백 프로파일과 연관된 제1 제어 상태로부터 제2 논-제로 햅틱 힘 피드백 프로파일과 연관된 제2 제어 상태로 전이할 때, 단계적 전이는 제1 논-제로 햅틱 힘 피드백 프로파일과 제2 논-제로 햅틱 힘 피드백 프로파일 사이의 햅틱 피드백 힘이 없는 상태(zero haptic feedback force state)를 포함하는, 방법.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 입력 디바이스로부터 수신된 입력에 따라 상기 제1 제어 상태에 있는 상기 수술 시스템으로 수술 도구를 제어하는 단계;

상기 수술 도구로부터 제어기에 의해 감지된 힘 데이터를 수신하는 단계; 및

상기 감지된 힘 데이터에 기초하여 상기 제1 논-제로 햅틱 힘 피드백 프로파일을 발생시키는 단계를 더 포함하는, 방법.

청구항 13

제11항에 있어서, 상기 제1 논-제로 햅틱 힘 피드백 프로파일은 상기 제어기에 의해 발생된 합성 상호작용 요소(synthetic interactive element)에 기초하는, 방법.

청구항 14

제11항, 제12항 및 제13항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 단계적 전이는 상기 제1 논-제로 햅틱 힘 피드백 프로파일의 선형 스케일링(linear scaling), 곡선형 스케일링(curvilinear scaling) 및 방향 수정(directional modification) 중 적어도 하나를 포함하는, 방법.

청구항 15

제11항, 제12항 및 제13항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 단계적 전이는 상기 제1 논-제로 햅틱 힘 피드백 프로파일의 힘 각도를 변경하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

청구항 21

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 우선권 주장

[0002] 본 출원은 2016년 1월 12일자로 출원된 미국 가출원 제62/277,820호의 우선권의 이익을 주장하며, 이 미국 가출원은 그 전체가 본 명세서에서 참조로 포함된다.

[0003] 분야

[0004] 본 발명은 수술 시스템의 조작자에게 햅틱 피드백(haptic feedback)을 제공하기 위한 시스템들 및 방법들에 관한 것으로, 보다 상세하게는 시스템의 제어 상태가 변경될 때 사용자에게 직관적인 햅틱 프로파일(intuitive haptic profile)을 유지하는 것에 관한 것이다.

배경 기술

[0005] 원격 조작 수술 시스템들은 보통 외과 의사 정밀도를 강화하고 그리고/또는 의료 절차 중에 환자의 외상을 줄이려고 한다. 그러한 시스템들에서, 외과 의사는 입력 디바이스들(때로는 "마스터들" 또는 "마스터 컨트롤러들"이라고도 지칭함)과 상호작용하여 모터들과 같은 구동 메커니즘들에 의해 작동되는 수술 도구들을 제어한다. 외과 의사는 수술 도구들을 직접 조작하지 않기 때문에, 때로는 수술 도구들에서 느꼈던 힘들을 나타내거나 모사하는 햅틱 피드백을 입력 디바이스들에서 제공하는 것이 유리할 수 있다. 좋은 사용자 경험을 제공하기 위해서라면, 외과 의사는 시스템 상태와 구성 변경들을 통해 완벽한 햅틱 경험을 이상적으로 경험했을 것이다. 그러나, 이것은 특히 특정 입력 디바이스가 많은 상이한 제어 상태들에서 사용될 때 달성하기 어려울 수 있다. 예를 들면, 단일의 입력 디바이스는 다수의 상이한 도구들을 제어하는데 사용될 수 있고(그러한 상이한 도구들 사이에서 제어를 전환하는 것이 필요함), 수술 시스템의 전반적인 위치결정(positioning)(예를 들어, 관심의 해부 영역을 보는 내시경의 관찰 지점을 변경하는 것)을 제어하는데 사용될 수 있고, 수술 시스템의 설정들을 변경하는데 사용될 수 있으며, 그리고/또는 모든 제어 영향들과 단순하게 연관해제될 수 있다.

[0006] 이러한 제어 상태 변경들에 대응하여 단순히 햅틱 피드백을 활성화/비활성화/변경하는 것은 갑작스럽고 비직관적인 상호작용들을 만들어 낼 수 있다. 만일 힘이 한 상태에서 사용자에게 가해지고 다음 상태에서는 사용자에게 가해지지 않으면, 힘이 충만한 상태로부터 힘이 없는 상태로 힘을 즉시 바꾸게 되어 사용자를 당황스럽게 한다. 예를 들어, 햅틱 피드백이 있는 도구를 제어하는 것으로부터 햅틱 피드백이 없는 도구(예를 들어, 내시경)를 제어하는 것 또는 이와 달리 도구 교환들(즉, 조작기로부터 도구의 제거), 후속조치 종료(exit from following)(즉, 입력 디바이스에 의한 도구의 제어를 불능화하는 것) 또는 암 교체(arm swap)(즉, 입력 디바이스에 의한 제어 하에 수술 도구/암/조작기를 바꾸는 것)와 같이 햅틱 피드백이 없는 (또는 심지어 다른 햅틱 피드백조차도 없는) 제어 상태로 진입하는 것으로 전이할 때, 햅틱 피드백의 즉각적인 상실은 사용자에게 예상치 못한 대항성(resistance)의 상실처럼 느껴질 것이다.

[0007] 사용자가 전무의 (또는 낮은) 힘이 들게 하는 도구로부터 (높은) 힘이 드는 도구로 전이할 때 힘 피드백이 즉각적으로 활성화된다면 사용자들은 마찬가지로 당황스럽다고 여길 수 있다. 이것은 예를 들면 우리가 카메라를

제어하는 상태로부터 다시 힘 피드백이 있는 도구로 전이할 때 발생할 수 있다. 이것은 또한 사용자가 초기에 도구를 주도하고 있을 때면 (예를 들어, 처음 상태가 도구를 이용하는 다음 상태로 진행하는 것으로 전이하는 경우) 언제든 발생한다.

[0008] 다른 문제는 사용자가 제어 상태들을 특정 도구(예를 들어, 클러칭, 헤드-인 UI(head-in UI))와 연관된 채로 유지하되 제어는 적용되지 않는 중간 상태로 변경할 때 발생한다. 중간 상태 동안에는 힘 피드백을 껐다가 도구를 바로 제어하려 되돌릴 때 다시 켜는 것은 사용자들에게 이상적이지 않다. 종종 이러한 중간 제어 상태들은 지속 시간이 짧으며, 그래서 힘을 빠르게 켜거나 끄는 것은 문제가 있을 수 있다.

[0009] 사용자에게 제공되는 힘 피드백은 센서로부터의 피드백, 알고리즘으로부터의 피드백, 사용자 인터페이스 큐로부터의 피드백, 충돌 검출 등을 합한 것일 수 있음을 주목한다.

발명의 내용

[0010] 제어 상태들을 변경할 때 급격한 힘 전이들의 불편함을 완화하기 위해, 입력 디바이스에서 (이에 따라 사용자에게) 디스플레이되는 원래의 힘으로부터 새로운 제어 상태에 적절한 수준으로 단계적 전이(staged transition)가 수행될 수 있다.

[0011] 일부 실시예들에서, 햅틱 피드백 힘 벡터는 (얼마간의 논-제로(non-zero) 시간 동안, 방향 및/또는 크기 면에서) 힘 A로부터 힘 B로 전이한다. 힘 A 크기는 힘 B를 초과하거나 그 미만일 수 있다(또는 일부 실시예들에서는 동등할 수 있으며, 이 경우 전이는 오직 방향만의 전이일 뿐이다). 힘 A의 크기로부터 힘 B의 크기로의 단계적 전이의 프로파일은 선형 또는 곡선 전이들을 비롯하여, 시간이 지남에 따라 발생하는 임의의 프로파일일 수 있고, 전이의 일부로서 불연속들(예를 들어, 단계들)을 포함할 수 있다.

[0012] 일부 실시예들에서, 사용자가 특정 도구와 연관된 채로 유지하는 중간 모드로 들어가는 것이 수반되는 제어 상태 변화들의 경우, 힘 피드백은 사용자가 도구를 직접 제어하는 것을 중단했을 때 그 힘 피드백이 마지막이었던 수준인 채로 남아있을 수 있다. 예를 들면, 제어 상태가 (후속조치가 이어지는) 도구 제어 상태로부터 (후속조치를 종료하는) 도구 제어가 없는 상태로 전이하면, 연관된 입력 디바이스에서의 햅틱 피드백은 적어도 일정 기간 동안 그 햅틱 피드백의 현재 수준에서 유지될 수 있다. 다양한 실시예에서, 이러한 안정한 기간이 지난 후, 힘이 줄어든 상태 또는 힘이 없는 상태로의 단계적 전이가 그 이후에 적용될 수 있다.

[0013] 전술한 개괄적인 설명 및 다음의 상세한 설명은 둘 모두 본질적으로 예시적이고 설명적인 것이며 본 개시 내용의 범위를 제한하지 않으면서 본 개시 내용의 이해를 제공하려는 의도된 것임을 이해하여야 한다. 이와 관련하여, 본 개시 내용의 부수적인 양태들, 특징들 및 장점들은 다음의 상세한 설명으로부터 관련 기술분야에서 통상의 기술자에게 명백해질 것이다.

도면의 간단한 설명

[0014] 본 개시 내용의 양태들은 첨부 도면들과 함께 읽을 때 다음의 상세한 설명으로부터 가장 잘 이해된다. 업계의 표준 관행에 따라, 다양한 특징이 일정한 비율로 작성되지 않았다는 것이 강조된다. 실제로, 다양한 특징의 치수들은 논의의 명료성을 위해 임의로 늘리거나 줄일 수 있다. 또한, 본 개시 내용은 다양한 예에서 참조 부호들 및/또는 문자들을 반복할 수 있다. 이러한 반복은 간략화 및 명료화의 목적이지 논의되는 다양한 실시예 및/또는 구성 간의 관계를 그 자체로 적시하는 것은 아니다.

도 1a 및 도 1b는 본 발명의 다양한 실시예에 따라, 제어 상태 변경들 동안 수술 시스템의 사용자에게 직관적인 햅틱 피드백을 제공하는 방법들을 도시한다.

도 2a는 본 발명의 다양한 실시예에 따라, 제어 상태 변경 동안 예시적인 햅틱 힘 벡터 전이를 도시한다.

도 2b는 본 발명의 다양한 실시예에 따른 예시적인 햅틱 힘 피드백 전이 프로파일들을 도시한다.

도 3a 내지 도 3c는 본 발명의 다양한 실시예에 따라, 제어 상태의 변경에 응답하여 햅틱 힘 피드백 전이를 제공하는 예시적인 수술 시스템을 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0015] 본 발명의 양태들에 관한 다음의 상세한 설명에서, 개시된 실시예들의 완전한 이해를 제공하기 위해 많은 특정 세부 사항이 설명된다. 그러나, 관련 기술분야에서 통상의 기술자에게는 본 개시 내용의 실시예들이 이러한 특

정 세부 사항 없이 실시될 수 있음이 명백할 것이다. 다른 사례들로, 본 발명의 실시예들의 양태들을 불필요하게 모호하게 하지 않도록 하기 위해 잘 알려진 방법들, 절차들, 구성요소들 및 회로들은 상세하게 설명되지 않았다. 그리고, 불필요한 설명적인 반복을 피하기 위해, 하나의 예시적인 실시예에 따라 설명된 하나 이상의 구성요소 또는 행위들은 다른 예시적인 실시예들로부터 적용 가능할 때는 사용될 수도 또는 생략될 수도 있다.

[0016] 수술 시스템의 제어 상태가 변경될 때 힘 피드백 프로파일들 사이에 단계적 전이를 제공함으로써, 수술 시스템의 사용자에게 직관적인 햅틱 경험을 유지시킬 수 있다.

[0017] 도 1a는 이러한 단계적 햅틱 전이를 제공하기 위한 예시적인 방법을 도시한다. 햅틱 피드백 제공 단계(110)에서, 사용자(예를 들어, 외과 의사)가 수술 도구(및/또는 수술 시스템의 다른 요소들, 예컨대 로봇 암, 셋업 구조물, 또는 봄(boom) 또는 카트(cart)와 같은 위치결정 요소)를 입력 디바이스(들)(예를 들어, 레버(들), 그리퍼(들), 조이스틱(들) 및/또는 사용자 입력을 수신할 수 있는 임의의 다른 구조물)을 통해 제어할 수 있게 한 다음 원하는 햅틱 피드백 프로파일(실제 또는 가상의/모델링된 상호작용의 물리적 경험을 적어도 부분적으로 재현하거나 표현하는 한 세트의 하나 이상의 햅틱 피드백 효과들)에 기초하여 그 입력 디바이스로 힘 피드백을 제공하는 수술 시스템. 햅틱 피드백 프로파일은 도구에서 감지된 힘들(예를 들어, 조직 또는 다른 도구 상호작용들) 또는 로봇 암에서 감지된 힘들(예를 들어, 구조물들 또는 스태프와의 암 충돌들), 사용자 안내(예를 들어, 사용자가 원하는 경로 또는 궤도를 따라 입력 디바이스(들)를 이동하기 위한 안내를 제공하는 햅틱 면추개들, 펜스들, 또는 다른 프로파일들) 및 (예를 들어, 가상 핸들 또는 조향 휠을 사용자에게 제공하는) 사용자 인터페이스(User Interface)(UI) 요소들과 같은 임의의 햅틱 모델 입력에 기초될 수 있다. 입력 디바이스에서 햅틱 피드백을 발생시키기 위해 원하는 햅틱 피드백 프로파일에 적용되는 변환은 햅틱 피드백 프로파일을 직접 모사하는 것으로부터 햅틱 피드백 프로파일을 스케일링하는 것, 햅틱 피드백 프로파일의 비선형적 수정을 적용하는 것, 또는 임의의 다른 변환(예를 들어, 도구 상태/속도, 확대 보기 등과 같은 하나 이상의 다른 요인들에 따라 달라지는 힘 스케일링)까지의 모든 것일 수 있다. 단계(110)에서 햅틱 피드백은 또한 위치 센서들, 버튼들 또는 접촉 센서들과 같은 수술 시스템의 부가적인 센서들에 기초하여 계산되는 힘들을 포함할 수 있다.

[0018] 그 다음, 제어 모드 변경 단계(120)에서, 수술 시스템에서 제어 모드 변경이 발생하여(전형적으로 사용자 커맨드/행위에 응답하여 발생하지만, 다른 예들에서는 시스템 타이머 또는 경고 또는 제3 자 행위/커맨드와 같은 외부 커맨드들에 응답하여 발생함), 입력 디바이스에서의 입력들이 수술 도구에서 더 이상 동일한 효과를 제공하지 않도록 한다. 예를 들면, 수술 도구 및 카메라(예를 들어, 내시경) 둘 모두를 포함하는 수술 시스템에서, 입력 디바이스가 수술 도구를 제어하는 제어 상태로부터 입력 디바이스가 수술 부위의 카메라의 관찰 지점/시야를 제어하는 "카메라 제어 모드"로 제어 상태가 바뀌는 사례들이 있을 수 있다. 이러한 제어 상태 변경이 발생할 때 입력 디바이스가 사용자에게 햅틱 피드백을 제공하면, 그 변경에 응답하여 햅틱 피드백을 즉시 제거하면 입력 디바이스에서 힘 피드백의 갑작스러운 상실을 초래할 수 있으며, 이것은 사용자를 당황하게 하고/당황하게 하거나 사용자에게 방향 감각을 잃어 버리게 할 수 있다.

[0019] 그러므로 단계적 햅틱 피드백 전이 적용 단계(130)에서, 원래의 햅틱 피드백 프로파일로부터 새로운 제어 상태에 대한 원하는 햅틱 피드백 프로파일로의 단계적 전이가 수행된다. 다시 말하면, 원래의 햅틱 피드백 프로파일로부터 원하는 햅틱 피드백 프로파일로의 전이는 제어 상태들 간의 전환에 대응하는 구 햅틱 프로파일과 새로운 햅틱 프로파일 간의 즉각적인 전환으로 인해 발생하는 햅틱 피드백의 급격한 변경을 줄여주는 적어도 하나의 중간 단계를 포함한다.

[0020] 종종, 원래의 햅틱 피드백 프로파일로부터 원하는 (새로운) 햅틱 피드백 프로파일로의 이러한 전이는 입력 디바이스에서 표현된 힘 피드백 벡터에 대한 조정을 수반할 것이다. 도 2a는 초기 힘 F_A 로부터 새로운 힘 F_B 로의 예시적인 햅틱 힘 피드백 벡터 전이를 도시한다. 힘 F_A 는 힘 F_B 를 초과하거나 그 미만일 수 있다(또는 일부 실시예에서는 동등할 수 있으며, 이 경우 전이는 오직 방향만의 전이일 뿐이다). 힘 F_A 로부터 새로운 힘 F_B 로의 단계적 전이는 선형 또는 곡선형 전이들을 비롯한 임의의 경로를 취할 수 있고, 전이의 일부로서 불연속들(예를 들어, 단계들)을 포함할 수 있다. 예를 들어, 도 2b는 직선형 스케일링(straight linear scaling)(#1), 단조형 스케일링(monotonic scaling)(#2), 톱니형 양방향 스케일링(sawtooth bidirectional scaling)(#3) 및 곡선형 다중 방향 스케일링(curvilinear multi-directional scaling)(#4)을 비롯하여, 단계(120)에 응답하여 발생할 수 있는, 햅틱 피드백 프로파일들 간의 몇 가지 예시적인 단계적 전이를 도시한다. 일부 사례에서, 전이는 힘이 없는 상태(예를 들어, #3 및 #4)를 통해 힘 크기를 이동시킬 수 있다. 다양한 다른 실시예에서, 힘 F_A 로부터 힘 F_B 로의 전이는 중간 방향 벡터들을 생성하기 위해 스케일링된 힘들 F_A 및 F_B 의 베전들을 합산하거나 일

정 기간 동안 힘 F_A 에 맞추어 조정된 다음 힘 F_B 에 맞추어 조정된 채로 유지하는 것을 비롯한 여러 알고리즘을 사용할 수도 있다.

[0021] 일부 실시예에서, 햅틱 피드백을 갖는 제어 상태와 햅틱 피드백을 정상적으로 발생하지 않는 제어 상태 사이에서 바뀔 때 "팬텀(phantom)" 햅틱 피드백이 유지될 수 있다는 것을 주목한다. 도 1b는 이러한 유형의 안정적인 전이를 제공하기 위한 예시적인 방법을 도시한다.

[0022] 도 1a와 관련하여 전술한 바와 같이, 햅틱 피드백 제공 단계(110)에서, 수술 시스템은 도구 및/또는 다른 시스템 구조물에서 감지된 힘들 또는 가상 요소들 또는 합성 상호작용 요소들(예를 들어, 다른 것들 중에서도 사용자 인터페이스 요소들, 가상 펜스들 및/또는 가상 제어 특징들)에 기초한 햅틱 피드백 프로파일들과 같은 햅틱 모델 입력에 기초하여 입력 디바이스에 힘 피드백을 제공하는 제어 상태에 있다. 또한 전술한 바와 같이, 단계(110)에서 햅틱 피드백은 위치 센서들, 베른들 또는 접촉 센서들과 같은 수술 시스템의 부가적인 센서들에 기초하여 계산되는 힘들을 또한 포함할 수 있다. 그리고, 제어 모드 변경 단계(120)에서, 수술 시스템의 제어 상태는 햅틱 피드백이 연관되지 않은 (또는 원래의 햅틱 피드백 프로파일과는 상이한) 제어 상태, 예컨대 시스템 설정 모드, 암 변경 모드(즉, 수술 시스템상의 상이한 도구로 제어를 전환하는 것) 또는 후속조치 종료 모드(exit following mode)(즉, 입력 디바이스와 수술 도구 사이의 제어 링크를 단순히 비활성화하는 것)로 바뀐다.

[0023] 그런 다음, 햅틱 피드백 유지 단계(125)에서, 햅틱 피드백 프로파일은 시스템의 제어 상태가 바뀌는 경우에도 변경되지 않은 채로 남는다. 이러한 햅틱 피드백 일관성은, 완전히 피드백을 변경하는 것 또는 제거하는 것과 비교하여, 때로는 사용자에게 보다 직관적인 경험을 제공할 수 있다. 예를 들어, (햅틱 피드백을 갖는) 도구 제어 상태로부터 입력 디바이스가 시스템 파라미터들을 변경하는데 (예를 들어, 메뉴 옵션들을 선택하는 것) 사용되고 그래서 수술 도구 힘들과의 어떠한 논리적 햅틱 피드백 관계도 갖지 않는 제어 상태로 바뀐다면, 시스템 설정 제어 상태 동안에도 도구 제어 상태로부터의 피드백 프로파일을 간단히 유지하는 것이 유리하므로, 제어 상태가 도구 제어 상태로 다시 바뀔 때, 사용자는 입력 디바이스에서 급격한 힘 피드백의 출현으로 놀라지 않는다. 따라서, 새로운 상태에서 햅틱 피드백 프로파일이 새로운 상태에 대해 입력 디바이스에서 수행된 제어 행위들과 기술적으로 일관적이지 않다 할지라도, 그 햅틱 불일관성은 실제로 더욱 일관된 사용자 경험을 제공할 수 있다.

[0024] 일부 실시예에서, 단계(125)는 원래의 햅틱 피드백 프로파일에 새로운 제어 상태와 연관된 추가적인 햅틱 피드백을 오버레이하거나 추가하는 것을 포함할 수 있음을 주목한다. 전술한 시스템 설정 예에서, 특정 햅틱 피드백 효과들은 설정들이 변경되거나 선택될 때 촉각적 "클릭들(clicks)" 또는 "부딪침들(bumps)"과 같은 시스템 설정 제어 상태와 연관될 수 있다. 일부 실시예에서, 그러한 햅틱 효과들은 이전 제어 상태로부터 원래의 힘 피드백과 함께 제공될 수 있다.

[0025] 추가로, 일부 실시예에서, 햅틱 피드백 유지의 단계(125)에는 도 1a와 관련하여 전술한 바와 같이, 단계적 햅틱 피드백 전이 적용 단계(130)가 뒤따를 수 있다는 것을 주목한다. 이러한 경우에, 햅틱 피드백 프로파일은 초기에는 제어 상태 변경의 단계(120) 이후에 변경되지 않지만, 궁극적으로는 새로운 햅틱 피드백 프로파일로의 단계적 전이를 거친다.

[0026] 도 3a는 햅틱 피드백 및 도 1a 및 도 1b와 관련하여 전술한 바와 같이 사용자에게 직관적인 햅틱 경험을 제공하기 위한 수단을 통합하는 수술 시스템(300)의 블록도를 도시한다. 수술 시스템(300)은 수술 작업을 수행하기 위한 도구(310)(예를 들면, 겹자들, 절단기, 견인기, 혈관 봉합기, 바늘 드라이버, 카테터(catheter) 등), 사용자(예를 들면, 외과 의사)로부터의 입력을 수신하기 위한 입력 디바이스(330)(예를 들면, 레버(들), 그립퍼(들), 조이스틱(들) 또는 사용자 입력을 수신할 수 있는 임의의 다른 구조물) 및 입력 디바이스(330)로부터 입력된 명령어들을 수신하고, 그에 따라 조작 구조물(313)을 통해 도구(310)의 작동들을 제어하고, 햅틱 피드백 액추에이터(340)에 명령어들을 제공하여 원하는 햅틱 피드백 프로파일에 따라 햅틱 피드백을 입력 디바이스(330)에 제공하기 위한 제어기(320)를 포함한다. 다양한 실시예에서, 조작 구조물(313)은 다른 것들 중에서도, 로봇 암(들)/조작기(들), 셋업 구조물(들) 및/또는 봄(들) 또는 카트(들)와 같은 위치결정 요소(들)을 비롯한 도구(310)의 거동을 조정하거나, 위치결정하거나, 작동시키거나 또는 이와 달리 제어하기 위한 시스템들 및 구조물들을 몇 개라도 포함할 수 있다. 제어기(320)는 본 명세서에서 설명된 행위들을 발생, 관리, 제어 및 실행하기 위한 하드웨어, 소프트웨어, 펌웨어 및 다른 양식들의 임의의 조합을 포함할 수 있다. 다양한 실시예에서, 제어기(320)는 도구(310), 입력 디바이스(330) 및/또는 개별 제어 하드웨어(예를 들어, 스탠드얼론 처리 유닛 또는 컴퓨팅 플랫폼)와 통합될 수 있다.

[0027] 예시적인 목적들을 위해, 도 3a는 입력 디바이스(330)가 도구(310)를 제어하는 제어 상태 A에 있는 수술 시스템

(300)을 도시한다. 도 3a에 도시된 바와 같이, 외과 의사는 도구(310)의 샤프트(312) 상의 엔드 이펙터(end effector)(311)를 가지고 조직(390)의 일부분을 집어 오므리기 위해 입력 디바이스(330)를 사용하였다. 이로 인해 엔드 이펙터(311)에서는 하향의 힘 F_s 가 발생하고, 이에 응답하여 제어기(320)는 (예를 들어, 상기 단계(110)과 관련하여 설명된 바와 같이) 입력 디바이스(330)에 햅틱 피드백 힘 FA 를 전달한다. 이러한 방식으로, 외과 의사는 조직(390)이 오므려지는 동안 조직(390)에 의해 제공되는 대항성을 "느낄" 것이다.

[0028] 이러한 초기 제어 상태 A는 수술 시스템(300)의 임의의 상태일 수도 있기 때문에, 제어 상태 A에 관한 이와 같은 설명은 단지 예시적인 목적들에 대한 것임을 주목한다. 예를 들어, 예시적인 목적들을 위해 햅틱 피드백 프로파일 힘 FA 는 도구(310)의 엔드 이펙터(311)에서 감지된 힘 FS 로부터 도출되는 것으로서 설명되지만, 다양한 다른 실시예에서, 힘 FS 는 샤프트(312)에서의 상호작용들 또는 조직 구조물(313)의 임의의 다른 요소(예를 들면, 구조물들 또는 스태프에 대한 암 압력)과 같은 대응하는 햅틱 피드백이 입력 디바이스(330)에서 유익할 임의의 위치에서 감지될 수 있다.

[0029] 다양한 다른 실시예에서, 힘 FS 는 전술한 합성 상호작용 요소들과 같은 비물리적인 파라미터들에 따라 정의될 수 있다. 예를 들어, 일부 실시예에서, 수술 시스템(300)은 옵션의 디스플레이(350)(예를 들어, 모니터(들), 헤드-인 뷰어(들), 프로젝션들, 비디오 안경/헬멧(들), 및/또는 임의의 다른 그래픽 표현 요소)를 포함할 수 있다. 다양한 실시예에서, 디스플레이(350)는 입력 디바이스(330)를 통해 입력 디바이스와 상호작용할 수 있는 가상 또는 합성 요소(361)를 제공할 수 있다. 일부 실시예에서, 합성 요소(361)는 수술 시스템(300)의 물리적 구성요소와 상호작용하기 위한 보충적 인터페이스로서 사용될 수 있다. 예를 들면, 도 3a에 도시된 바와 같이, 합성 요소(361)는 도구(310)를 수술 부위에 다시 위치시키기 위해 입력 디바이스(330)를 사용하여 "파지되어" 사방으로 끌어 당겨질 수 있는 가상 핸들 또는 손잡이일 수 있다. 다른 실시예들에서, 합성 요소(361)는 수술 시스템(300)을 제어하기 위한 다이얼, 토클, 레버 또는 임의의 다른 구조물과 같은 순전히 가상 상호작용 요소를 제공할 수 있다. 어떤 경우든, 합성 요소(361)와의 상호작용과 연관된 모델 힘들 $FS1$ 에 기초한 햅틱 피드백 프로파일(예를 들어, 둥근 손잡이를 파지하여 생성된 반경 방향 외측의 대항력)을 발생시킴으로써, 제어기(320)는 입력 디바이스(330)에서 적절한 햅틱 피드백 프로파일 힘 FA 를 제공하려고 시도할 수 있다.

[0030] 다양한 다른 실시예에서, 수술 시스템(300)은 도구(310) 및/또는 입력 디바이스(330)의 움직임에 대해 사용자에게 안내를 제공할 수 있다. 예를 들어, 도구(310)의 원하는 동작(예를 들어, 목표로 삼은 또는 안전한 해부 경로, 원하는 오므름 움직임, 또는 임의의 다른 유익한 관절)은 선택적으로 궤적(362)이라고 정의될 수 있다. 궤적(362)을 따라 도구(310)의 위치를 유지하는 것과 연관된 모델 힘들 $FS2$ (예를 들어, 궤적(362)에서 벗어남에 따라 생성되는 내측으로 지향되는 힘들)에 기초하여 햅틱 피드백 프로파일을 발생시킴으로써, 제어기(320)는 그 때 입력 디바이스(330)에서 적절한 햅틱 피드백 프로파일 힘 F_A 를 제공하려고 시도할 수 있다.

[0031] 그 다음, 예시적인 제어 상태에서, (예를 들어, 상기 단계(120)와 관련하여 설명된 바와 같이) 도 3b에 도시된 새로운 제어 상태 B로의 변경은 입력 디바이스(330)에 의한 제어를 그의 기존 요소(예를 들어, 견인기와 같은 원래의 도구(310))로부터 새로운 요소(예를 들어, 조직(390)을 봉합하기 위한 바늘 드라이버와 같은 도구(310(2)))로 이전한다. 제어 상태의 변경은 결과적으로 입력 디바이스(330)에서 햅틱 피드백 F_B 로서 표현될 필요가 있는, 원래의 요소(예를 들어, 도구(310))에서의 힘 F_s 와는 다른 새로운 요소(예를 들어, 도구(310(2)))에서의 힘 F_s' 을 발생한다. 따라서, 시간(t_2-t_1)이 경과함에 따라, 상기 단계(130)와 관련하여 설명된 바와 같이, 햅틱 힘 피드백 F_A 로부터 F_B 로의 단계적 전이가 수행된다. 이전에 언급된 바와 같이, 단계적 전이로 인해, 입력 디바이스(330)에 있는 사용자는 감지된 힘에 적용되는 힘 피드백 변환의 제어 상태 변경과 동시에 전환되었다면 발생했을 힘 피드백 F_A 로부터 F_B 로의 갑작스럽고 당황스럽게 하는 점프를 겪지 않는다. 예를 들어, 단계적 전이는 조직이 오므려지는 것을 지원하는 것을 나타내는 햅틱 피드백이 즉시 사라지지 않는 것 또는 가상 손잡이나 핸들을 잡고 있는 감각이 즉시 사라지지 않는 것을 보장한다.

[0032] 다른 실시예들에서, (예를 들어, 상기 단계(125)와 관련하여 설명된 바와 같이) 도 3a의 제어 상태 A로부터 도 3c에 도시된 새로운 제어 상태 C로의 다른 예시적인 제어 상태 변경은 입력 디바이스(330)의 제어를 도구(310) (또는 햅틱 피드백이 있는 임의의 다른 제어 상태)로부터 시스템 설정 선택 인터페이스(321)(또는 햅틱 피드백이 없는 (또는 상이한 햅틱 피드백의) 임의의 다른 제어 상태)로 이전한다. 여기서, 햅틱 피드백 프로파일은 제어 상태가 변경되는 경우에도 유지되며, 따라서 설정 선택 메뉴가 힘-발생 환경(force-generating environment)이 아니더라도 입력 디바이스(330)에서의 피드백 힘은 힘 F_A 로서 유지된다. 결과적으로, 사용자는 입력 디바이스에서 힘 피드백이 갑자기 사라지는 것 (또는 선택 메뉴가 종료되자마자 피드백이 갑자기 다시 출

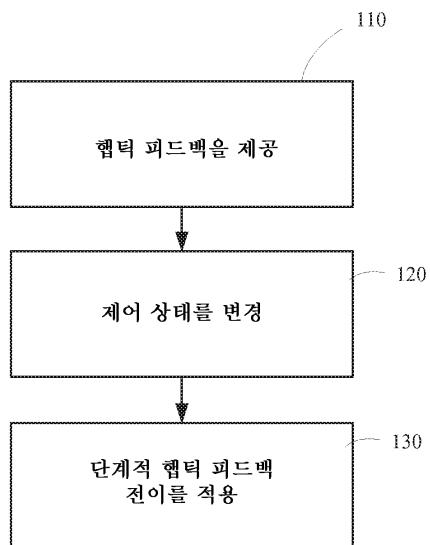
현하는 것) 때문에 놀라지 않는다.

[0033] 전술한 바와 같이, 일부 실시예들에서, 간직된 햅틱 힘 F_A 에는 설정이 변경되거나 선택될 때 새로운 제어 상태와 연관된, 촉각적 "클릭들" 또는 "부딪침들"과 같은 추가적인 햅틱 피드백이 오버레이된다. 위에서 추가로 언급한 바와 같이, 유지된 햅틱 피드백에 뒤이어 새로운 햅틱 피드백 프로파일로의 후속의 단계적 전이가 이어질 수 있다.

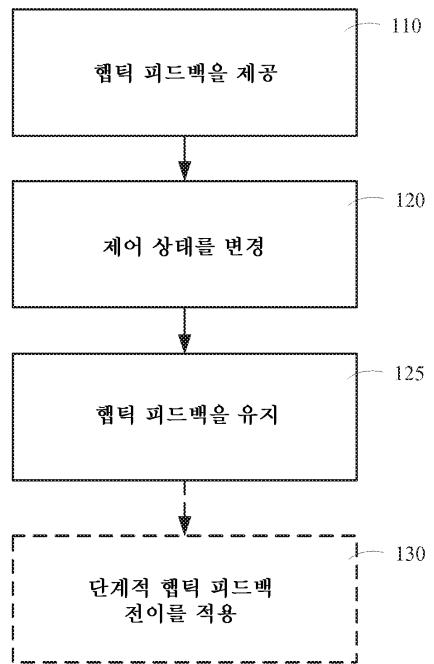
[0034] 본 발명의 특정의 예시적인 실시예들이 첨부 도면들에서 설명되고 도시되었지만, 그러한 실시예들은 단지 폭넓은 발명을 설명하는 것이지 제한하는 것이 아니라는 것과, 본 발명의 실시예들은 다양한 다른 변형들이 관련 기술분야에서 통상의 기술자에게 발생할 수 있기 때문에 도시되고 설명된 특정 구성들 및 장치들로 제한되지 않는다는 것을 이해하여야 한다.

도면

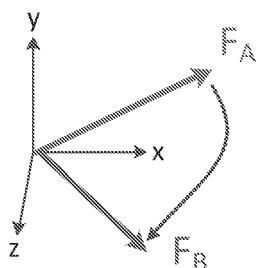
도면 1a



도면1b

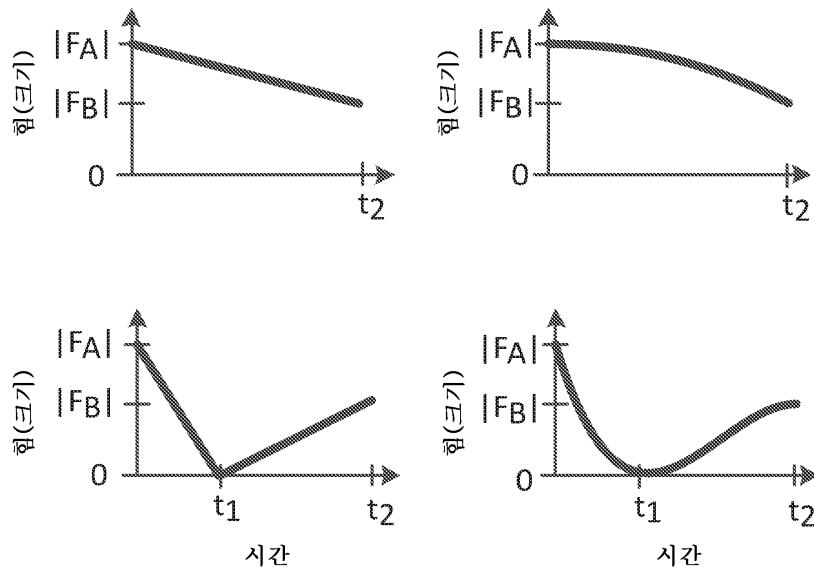


도면2a

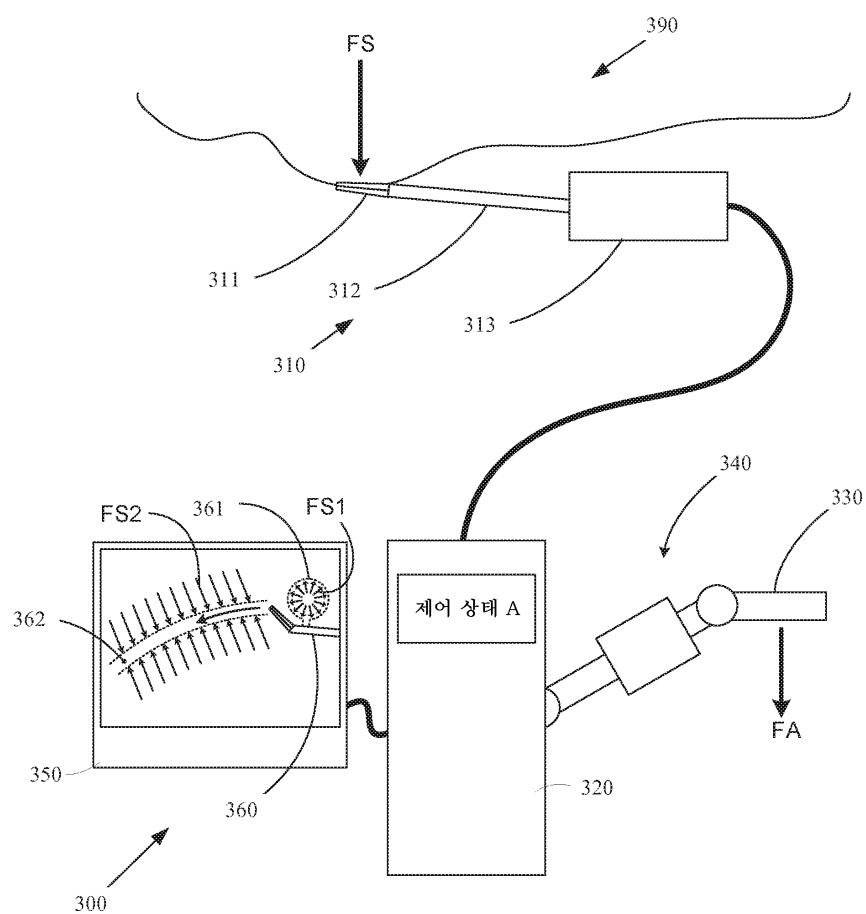


도면2b

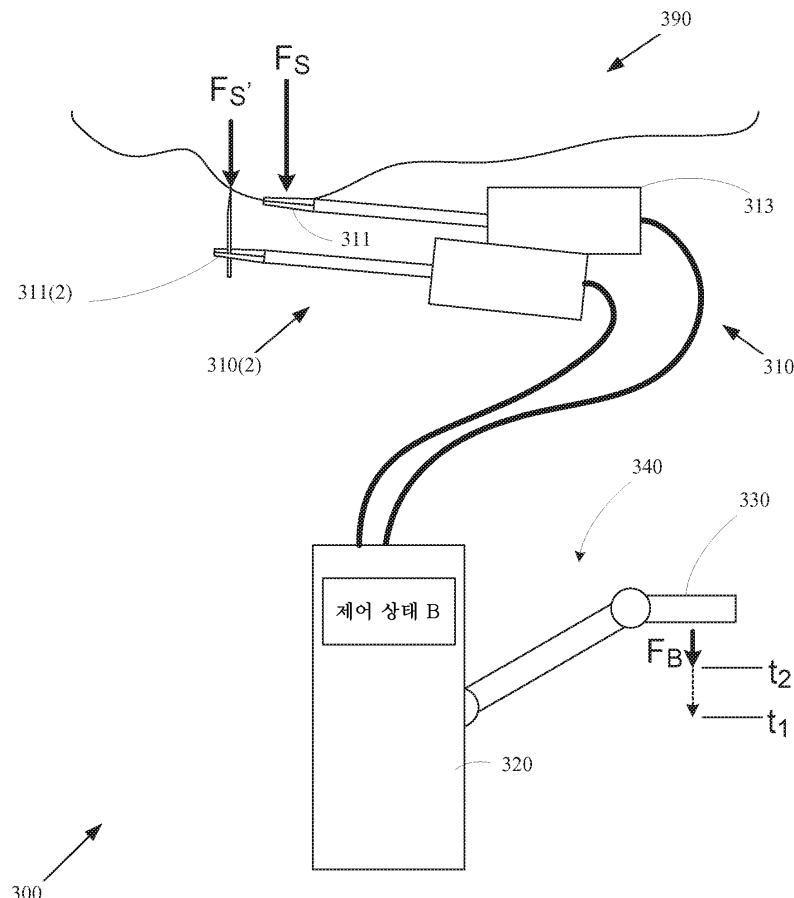
예시적인 단계적 전이 프로파일들



도면3a



도면3b



도면3c

