



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2014-0088167
(43) 공개일자 2014년07월09일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61B 19/00 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-7013824
(22) 출원일자(국제) 2012년10월21일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2014년05월22일
(86) 국제출원번호 PCT/IL2012/000363
(87) 국제공개번호 WO 2013/061318
국제공개일자 2013년05월02일
(30) 우선권주장
13/571,284 2012년08월09일 미국(US)
(뒷면에 계속)

(71) 출원인
내비게이트 써지컬 테크놀로지, 인크.
캐나다 브이7제이 2에이치8 브리티쉬 콜럼비아 노
쓰 벤쿠버1088 릴루엣 로드
(72) 발명자
다운, 에훗
캐나다 브이7제이 2에이치8 브리티쉬 콜럼비아 노
쓰 벤쿠버 1088 릴루엣 로드
(74) 대리인
특허법인네이트

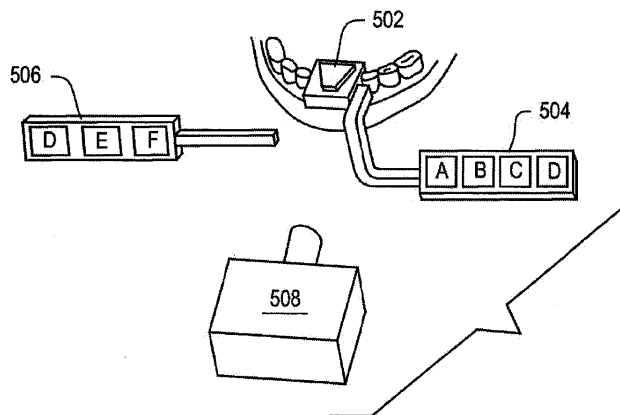
전체 청구항 수 : 총 30 항

(54) 발명의 명칭 수술 위치 모니터링 시스템 및 방법

(57) 요약

수술 하드웨어 및 소프트웨어 모니터링 시스템 및 방법으로서, 이 시스템이 수술 부위를 모델화 할 수 있도록, 환자가 수술에 여유가 있는 동안, 예를 들어 환자가 수술을 준비하고 있는 동안 수술 계획을 가능하게 한다. 영상 정보를 이전에 획득한 스캔 데이터와 공간적으로 연관시키도록 구성된 컨트롤러(210)를 구비하여, 트래커(508, 610)는 영상 정보를 획득한다. 기준 레퍼런스(10)가 수술 부위에 인접한 위치에 탈착 가능하게 부착될 수 있도록 구성되어 있다. 이 기준 레퍼런스는 트래커에 의해 관측될 수 있어서, 기준 레퍼런스의 3차원 위치와 방향을 결정하기 위하여 영상 정보를 스캔 데이터에 공간적으로 연관시켜, 컨트롤러의 소프트웨어는 스캔 데이터와 수술 부위(600)의 영상 데이터에 기초하여 3차원 위치와 방향을 결정할 수 있다.

대표도 - 도5



(30) 우선권주장

61/553,058	2011년10월28일	미국(US)
61/616,673	2012년03월28일	미국(US)
61/616,718	2012년03월28일	미국(US)

특허청구의 범위

청구항 1

영상 정보를 획득하기 위한 트래커(508, 610)와,

영상 정보를 이전에 획득된 스캔 데이터와 공간적으로 연관시키도록 구성되는 컨트롤러(210)를 포함하고,

수술 부위에 인접한 위치로 탈착 가능하게 부착하도록 구성되는 기준 레퍼런스(10)로서, 상기 기준 레퍼런스는 상기 트래커에 의해 관찰될 수 있어서 상기 컨트롤러의 소프트웨어는 수술 부위(600)의 스캔 데이터와 영상 데이터에 근거하여 3차원 위치와 방향을 결정할 수 있으며, 상기 기준 레퍼런스의 3차원 위치 및 방향을 결정하기 위하여 상기 영상 정보를 상기 스캔 데이터와 공간적으로 연관시키는 것을 특징으로 하는 수술 모니터링 시스템.

청구항 2

환자의 수술 영역(600)으로 고정되도록 조절되어 있는(adapted to) 기준 레퍼런스와(10),

소정의 방향으로 도구(implement)에 부착된 마커(12)와,

하나 이상의 마커의 위치 및 방향을 결정할 수 있는 트래커(508, 610)를 포함하고,

상기 마커와 상기 트래커 중 적어도 하나는 고정된 상대적 위치로 상기 기준 레퍼런스에 연결되어 있으며,

컴퓨터 시스템(210)은 상기 환자의 수술 영역에 고정되어 있는 상기 기준 레퍼런스가 구비된 환자의 스캔을 가지고 있으며, 상기 컴퓨터 시스템은 상기 트래커에 연결되어 있으며, 상기 컴퓨터 시스템은 메모리를 구비한 프로세서와, 상기 프로세서에 의해 실행될 때 일련의 명령을 가지는 소프트웨어 프로그램으로서 상기 트래커로부터 전송된 정보에 근거하여 상기 마커의 상대적 위치와 방향을 결정하고 기구의 현재 배치를 상기 스캔 데이터에 연관시키는 소프트웨어 프로그램과, 상기 컴퓨터 시스템과 통신하는 디스플레이 시스템(224)으로서 시술 절차에서 상기 기구의 현재 배치와 환자의 스캔 데이터를 표시하도록 적응되어 있는 디스플레이 시스템을 포함하는 것을 특징으로 하는 수술 모니터링 시스템.

청구항 3

수술 부위에 인접한 위치에 부착할 수 있는 기준 레퍼런스(10)로서, 스캔 상에서 인식할 수 있는 기준 레퍼런스와,

도구와 연계되어 있으며 상기 기준 레퍼런스에 대하여 고정된 연결을 가지는 마커와(12),

상기 수술 부위의 인접 영역을 관찰하기 위한 감각적 도구(sensory equipment)를 가지는 트래커(508, 610)를 포함하고,

상기 트래커와 통신하며, 상기 기준 레퍼런스를 인식할 수 있으며, 상기 스캔, 상기 기준 레퍼런스의 식별, 및 상기 트래커로부터 수신된 관찰 데이터에 근거하여 상기 수술 부위의 모델을 계산할 수 있는 소프트웨어를 가지는 컴퓨터를 특징으로 하는 수술 모니터링 시스템.

청구항 4

실행하는 청구항 중 어느 하나에 있어서, 상기 기준 레퍼런스는 상기 스캔 데이터로부터 결정된 위치 및 방향 중 적어도 하나를 가지는 표시 및 형상 중 적어도 하나인 것을 특징으로 하는 수술 모니터링 시스템.

청구항 5

선행하는 청구항 중 어느 하나에 있어서, 상기 기준 레퍼런스는, 상기 기준 레퍼런스가 상기 스캔 데이터로부터 고유하게 식별될 수 있는 표시 및 형상 중 적어도 하나인 것을 특징으로 하는 수술 모니터링 시스템.

청구항 6

선행하는 청구항 중 어느 하나에 있어서, 트래킹 마커(12)는 상기 기준 레퍼런스와 고정된 3차원 공간 관계에 있으며, 상기 트래킹 마커는 상기 영상 데이터와 상기 스캔 데이터에 근거하여 상기 컨트롤러에 의해 결정된 위치 및 방향 중 적어도 하나를 가지도록 구성되어 있는 것을 특징으로 하는 수술 모니터링 시스템.

청구항 7

선행하는 청구항 중 어느 하나에 있어서, 상기 트래킹 마커는 제 1 트래킹 폴(11)에 의하여 상기 기준 레퍼런스에 탈착 가능하고, 견고하게 연결될 수 있도록(removably and rigidly connected) 구성되어 있는 것을 특징으로 하는 수술 모니터링 시스템.

청구항 8

선행하는 청구항 중 어느 하나에 있어서, 상기 제 1 트래킹 폴은 상기 영상 정보로부터 상기 컨트롤러에 의하여 고유하게 식별될 수 있는 3차원 구조를 가지는 것을 특징으로 하는 수술 모니터링 시스템.

청구항 9

선행하는 청구항 중 어느 하나의 항에 있어서, 상기 제 1 트래킹 폴은, 3차원 방향이 상기 영상 정보로부터 상기 컨트롤러에 의해 결정될 수 있게 하는 3차원 구조를 가지는 것을 특징으로 하는 수술 모니터링 시스템.

청구항 10

선행하는 청구항 중 어느 하나에 있어서, 제 1 단일 고유 3차원 방향에서 상기 제 1 트래킹 폴이 상기 기준 레퍼런스 상의 단일 고유 위치로 연결될 수 있도록, 상기 제 1 트래킹 폴 및 상기 기준 레퍼런스가 구성되어 있는 것을 특징으로 하는 수술 모니터링 시스템.

청구항 11

선행하는 청구항 중 어느 하나에 있어서, 상기 기준 레퍼런스는, 제 2 트래킹 마커에 부착된 적어도 하나의 제 2 트래킹 폴의 제 2 단일 고유 3차원 방향으로 부착되도록 구성되어 있는 것을 특징으로 하는 수술 모니터링 시스템.

청구항 12

선행하는 청구항 중 어느 하나에 있어서, 상기 트래킹 마커는 영상 정보로부터 상기 컨트롤러에 의해 고유하게 식별될 수 있는 3차원 형상을 가지는 것을 특징으로 하는 수술 모니터링 시스템.

청구항 13

선행하는 청구항 중 어느 하나에 있어서, 상기 제 1 트래킹 마커는, 영상 정보로부터 상기 컨트롤러에 의하여 3차원 방향이 결정될 수 있게 하는 3차원 형상을 가지는 것을 특징으로 하는 수술 모니터링 시스템.

청구항 14

선행하는 청구항 중 어느 하나에 있어서, 상기 제 1 트래킹 마커는 상기 컨트롤러에 의하여 고유하게 식별될 수 있는 마킹을 가지며, 상기 영상 정보와 상기 스캔 데이터에 근거하여 상기 컨트롤러에 의하여 상기 마킹의 위치 및 방향 중 적어도 하나가 결정될 수 있도록 상기 마킹이 구성되어 있는 것을 특징으로 하는 모니터링 시스템.

청구항 15

선행하는 청구항 중 어느 하나에 있어서, 상기 기준 레퍼런스는 다수의 분할 패턴(720)을 포함하는 다중-요소 기준 패턴(710)을 포함하고 있으며, 모든 분할은, 상기 수술 부위의 스캔 데이터에 근거하여 결정될 수 있는 분할 3차원 위치와 방향을 가지며, 수술 부위에 대한 영상 정보에 근거하여 결정되는 분할 3차원 위치와 방향을 가지도록, 개별적으로 구성되어 있는 것을 특징으로 하는 수술 모니터링 시스템.

청구항 16

선행하는 청구항 중 어느 하나에 있어서, 다수의 분할 패턴은, 상기 컨트롤러가 스캔 데이터와 영상 정보 중 적어도 하나로부터 고유하게 식별할 수 있는 고유의 구분 가능한 형상을 가지는 것을 특징으로 하는 수술 모니터링 시스템.

청구항 17

선행하는 청구항 중 어느 하나에 있어서, 트래킹 마커(740)가 분할 패턴 중 적어도 하나의 선택된 분할 패턴에 부착되어 있으며, 상기 트래킹 마커는, 그 3차원 방향이 상기 영상 정보로부터 상기 컨트롤러에 의하여 결정될 수 있게 하는 식별 마크와 방향 마크 중 적어도 하나를 가지고 있는 것을 특징으로 하는 수술 모니터링 시스템.

청구항 18

선행하는 청구항 중 어느 하나에 있어서, 상기 컨트롤러는, 영상 정보와 스캔 데이터에 근거하여 분할 패턴 중 적어도 하나의 선택된 분할 패턴의 위치 및 방향을 결정하도록 구성되어 있는 것을 특징으로 하는 수술 모니터링 시스템.

청구항 19

선행하는 청구항 중 어느 하나에 있어서, 상기 컨트롤러는, 상기 다중-요소 기준 패턴에 인접한 해부학적 특징의 위치를 계산하도록 구성되어 있는 것을 특징으로 하는 수술 모니터링 시스템.

청구항 20

선행하는 청구항 중 어느 하나에 있어서, 추가적인 트래킹 마커가 수술 부위에 인접한 도구(506, 606, 608)에 부착되어 있으며, 상기 컨트롤러는, 영상 정보 및 상기 추가적인 트래킹 마커에 관한 정보에 근거하여 도구의 위치 및 방향을 결정하도록 구성되어 있는 것을 특징으로 하는 수술 모니터링 시스템.

청구항 21

선행하는 청구항 중 어느 하나에 있어서, 상기 기준 레퍼런스는 상기 수술 부위의 일부에 견고하고, 탈착 가능

하게 부착되어 있는 것을 특징으로 하는 수술 모니터링 시스템.

청구항 22

선행하는 청구항 중 어느 하나에 있어서, 상기 기준 레퍼런스는 상기 수술 부위의 일부로 동일한 3차원 방향으로 반복 가능하게 부착될 수 있는 것을 특징으로 하는 수술 모니터링 시스템.

청구항 23

환자의 수술 부위의 3차원 위치 및 방향을, 상기 수술 부위의 스캔에서의 수술 부위의 위치 및 방향으로 실시간으로 연관시키기 위한 방법으로서,

상기 수술 부위에 인접한 환자의 기준 위치로 기준 레퍼런스(10)를 탈착 가능하게 부착하는 단계;

상기 기준 위치에 부착된 상기 기준 레퍼런스로 스캔을 수행하여 스캔 데이터를 획득하는 단계;

상기 스캔 데이터로부터 상기 기준 레퍼런스의 3차원 위치 및 방향을 결정하는 단계;

상기 수술 부위의 실시간 영상 정보를 획득하는 단계;

상기 영상 정보로부터 상기 기준 레퍼런스의 3차원 위치와 방향을 실시간으로 결정하는 단계; 및

상기 스캔 데이터로부터 결정된 상기 기준 레퍼런스의 3차원 위치와 방향에 대하여, 상기 영상 정보로부터 결정된 상기 기준 레퍼런스의 3차원 위치와 방향을 실시간으로 표현하기 위한 공간 변형 매트릭스를 유도하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 24

제 23항에 있어서, 상기 수술 부위의 실시간 영상 정보를 획득하는 단계는, 상기 기준 레퍼런스에 대하여 고정된 3차원 공간 관계에 있는 제 1 트래킹 마커(12)를 상기 기준 레퍼런스에 견고하고 탈착 가능하게 부착하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 25

제 23-24항 중 어느 하나에 있어서, 상기 제 1 트래킹 마커는, 영상 정보에 근거하여 결정되는 위치와 방향을 가지도록 구성되어 있는 방법.

청구항 26

제 23-25항 중 어느 하나에 있어서, 상기 기준 레퍼런스에 상기 제 1 트래킹 마커를 부착하는 단계는, 트래킹 폴에 의하여 상기 제 1 트래킹 마커를 상기 기준 레퍼런스에 견고하고 탈착 가능하게 부착하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 27

제 23-26항 중 어느 하나에 있어서, 상기 기준 레퍼런스는 상기 스캔 데이터에 근거하여 개별적으로 위치할 수 있는 다수의 분할 패턴을 포함하는 다중-요소 기준 패턴이고,

스캔 데이터로부터 상기 기준 레퍼런스의 3차원 위치와 방향을 결정하는 단계는 상기 스캔 데이터로부터 상기 다수의 분할 패턴 중 적어도 하나의 선택된 분할 패턴의 3차원 위치와 방향을 결정하는 단계를 포함하고,

상기 영상 정보로부터 상기 기준 레퍼런스의 3차원 위치와 방향을 실시간으로 결정하는 단계는 영상 정보로부터

상기 다수의 분할 패턴 중 적어도 하나의 선택된 분할 패턴의 3차원 위치와 방향을 결정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 28

수술 부위에서 변화를 실시간으로 추적하기 위한 방법으로서,

상기 수술 부위에 인접한 환자의 기준 위치로 다중-요소 기준 레퍼런스(710)를 탈착 가능하게 부착하는 단계로서, 상기 다중-요소 기준 레퍼런스는 스캔 데이터에 근거하여 개별적으로 위치할 수 있는 다수의 분할 패턴(720)을 포함하는 단계;

상기 기준 위치에 부착된 상기 기준 레퍼런스로 스캔을 수행하여 스캔 데이터를 획득하는 단계;

상기 스캔 데이터에 근거하여 상기 분할 패턴 중 적어도 하나의 선택된 분할 패턴의 3차원 위치 및 방향을 결정하는 단계;

상기 수술 부위의 실시간 영상 정보를 획득하는 단계;

상기 영상 정보로부터 상기 분할 패턴 중 적어도 하나의 선택된 분할 패턴의 3차원 위치와 방향을 실시간으로 결정하는 단계; 및

상기 영상 정보로부터 결정된 분할 패턴 중 적어도 하나의 선택된 분할 패턴의 3차원 위치 및 방향과, 상기 스캔 데이터로부터 결정된 분할 패턴 중 적어도 하나의 선택된 분할 패턴의 3차원 위치 및 방향을 실시간으로 비교하여 상기 수술 부위의 공간적 왜곡을 실시간으로 유도하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 29

환자의 수술 부위에 대하여 객체의 위치를 실시간으로 모니터링 하는 방법으로서,

상기 수술 부위(600)에 인접한 환자의 기준 위치로 기준 레퍼런스(10)를 탈착 가능하게 부착하는 단계;

상기 기준 위치에 부착된 상기 기준 레퍼런스로 스캔을 수행하여 스캔 데이터를 획득하는 단계;

상기 스캔 데이터로부터 상기 기준 레퍼런스의 3차원 위치 및 방향을 결정하는 단계;

상기 수술 부위의 실시간 영상 정보를 획득하는 단계;

상기 영상 정보로부터 상기 기준 레퍼런스의 3차원 위치와 방향을 실시간으로 결정하는 단계;

상기 스캔 데이터로부터 결정된 상기 기준 레퍼런스의 3차원 위치 및 방향에 대하여, 상기 영상 정보로부터 결정된 상기 기준 레퍼런스의 3차원 위치 및 방향을 실시간으로 표현하기 위한 공간 변형 매트릭스를 유도하는 단계; 및

객체의 3차원 위치 및 정보를 상기 영상 정보로부터 결정된 상기 기준 레퍼런스의 3차원 위치 및 정보에 연관시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 30

제 28-29항 중 어느 하나에 있어서, 상기 영상 정보로부터 객체의 3차원 위치 및 방향을 실시간으로 결정하는 단계는, 상기 객체에 트래킹 마커(12)를 견고하게 부착하는 단계를 포함하는 방법.

명세서

기술분야

본 발명은 위치 모니터링 하드웨어 및 소프트웨어 시스템에 관한 것이다. 더욱 상세하게는, 본 발명의 기술분야는 수술 조건을 모니터링하기 위한 수술 도구 및 소프트웨어 분야이다.

[0001]

배경 기술

[0002] 시각 및 다른 감각 시스템이 알려져 있는데, 이들 시스템은 시술 절차를 관찰하고 모니터링 할 수 있다. 이러한 관찰 및 모니터링 시스템을 사용하여 컴퓨터가 지원하는(computer aided) 수술이 현재 가능하며, 사실상 일상적으로 수행되고 있다. 이러한 절차에서, 컴퓨터 소프트웨어는 환자의 의료 영상(clinical image) 및 현재의 시술 절차로부터 관찰된 수술 영상과 모두 상호작용하여, 수술을 수행할 때 외과의를 안내한다. 예를 들면, 하나의 공지된 시스템에서, 캐리어 어셈블리(carrier assembly)는 환자의 턱뼈에 대하여 정확히 반복할 수 있는 위치 내에서 부착 요소(attachment element)의 상부에 적어도 하나의 기준 마커(fiducial marker)를 가지고 있는데, 이 기준 마커와 환자의 턱뼈 사이의 위치등록(registration)을 제공하기 위하여 이 캐리어 어셈블리를 채택하고, 이 위치등록을 사용하여 드릴링 어셈블리(drilling assembly)를 안내하는 트래킹 시스템(tracking system)을 채택함으로써 치아 임플란트를 이식한다. 이러한 상대적으로 새로운 컴퓨터 구현 기술을 구비하여, 추가적인 개선은 시술 절차의 효율성을 더욱 향상시킬 수 있다.

발명의 내용

[0003] 본 발명은 수술 하드웨어 및 소프트웨어 모니터링 시스템 및 방법으로서, 환자가 수술을 위해 여유가 있는 동안, 예를 들어 환자가 수술을 준비하고 있는 동안에 그 시스템이 수술 부위를 모델화 할 수 있도록 수술 계획을 가능하게 한다. 하나의 실시형태에서, 고려되고 있는 시술 절차를 추적하고, 시술 절차에서 적절하지 않은 위치를 나타내는 가능한 경계 침해(boundary violation)에 대하여 외과의에게 경고하기 위하여 이 모델이 사용될 수 있다. 다른 실시형태에서, 하드웨어는 시술하는 동안 및 이 모델을 참조하여 도구의 움직임을 추적하여 시술의 관찰을 향상시킬 수 있다. 이러한 방식으로 수술 계획 및 수술 수행을 향상시킬 수 있는 추가적인 툴이 외과의에게 제공된다.

[0004] 이 시스템은 임계 영역(critical area)에 대한 모니터링 시스템에 방향을 부여하기 위하여 특별히 구성되어 있는 기준 레퍼런스(fiducial reference)를 사용한다. 기준 레퍼런스는 의도된 수술 부위에 인접한 위치에 부착되어 있다. 예를 들어, 치과 수술의 경우에, 수술 부위에 인접하게 기준 레퍼런스를 확실히 위치시키기 위하여 부목(splint)이 사용될 수 있다. 이어서, 수술 부위에 대한 추후의 영상 처리를 위하여, 이 기준 레퍼런스는 레퍼런스 포인트(point of reference), 즉 기점(fiducial)으로 사용될 수 있다. 이 기준 레퍼런스는 스캔에서 명확하게 인식할 수 있는 기준 마커(fiducial marker)를 가지고 있어서, 수술 영역의 다른 부분에 대하여 식별될 수 있다.

[0005] 본 발명의 실시형태의 시스템은, 트래킹 마커(tracking marker)일 수 있는 트래킹 기기(tracking device)에 의하여 환자의 3차원 위치를 자동적으로 컴퓨팅(computing)하는 것과 관련된다. 트래킹 마커는 기준 레퍼런스에 대하여 고정된 공간 위치로 직접 부착되거나, 또는 특유의 3차원 형상을 가질 수 있는 트래킹 폴(tracking pole)을 경유하여 기준 레퍼런스에 부착될 수 있다. 치과 수술의 경우에, 트래킹 폴은 기준 레퍼런스의 베이스(base)에 기계적으로 연결되어 있으며, 기준 레퍼런스는 이어서 환자의 구강 내에 고정되어 있다. 각각의 트래킹 폴 기기는, 그 자체에 또는 적절한 트래킹 마커에 위치하고 있는, 특별한 관찰 패턴과, 베이스로의 특별한 기하학적 연결을 가지고 있어서, 컴퓨터 소프트웨어는 다음의 위치 계산(calculation)과 관련하여 특별한 기하학적 형태에 상응하는 것으로서 인식한다. 개별적인 트래킹 폴 기기가 독특한 구성(configuration)을 가지고 있지만, 이들 기기는 모두 동일한 베이스 연결 구조를 가지고 있어서, 임의의 기준 레퍼런스와 함께 사용될 수 있다. 특별한 트래킹 정보 계산은 사용되는 특별한 트래킹 폴에 의해 지시되며, 실제 환자의 위치는 이에 따라 계산된다. 따라서 폴 트래킹 기기는 상호 교환될 수 있으며, 위치 계산은 동일하게 남는다. 치과 수술의 경우에, 이런 작용으로 공간에서 환자의 머리 위치를 자동적으로 인식하게 된다. 대안적으로, 감지기(sensor device), 즉 트래커가 기준 키 및 그 트래킹 폴에 대하여 공지된 위치에 있을 수 있어서, 현재의 데이터 영상이 스캔 영상 아이템(scan image item)으로 도해(mapped)될 수 있다.

[0006] 기준 레퍼런스 및 각각의 트래킹 폴 또는 연계된 트래킹 마커는 방사선-비투과성(radio-opaque) 소재로 제조되는 패턴을 가질 수 있어서, 영상 정보가 소프트웨어에 의하여 스캐닝 될 때, 특정 아이템이 인식된다. 보통, 시술 절차에서 사용되는 각각의 기구는 그와 연계된 트래킹 마커에 독특한 패턴을 가지고 있어서, 트래커 정보가 그 기구를 식별한다. 하나의 실시형태에서 기준 레퍼런스 및/또는 트래킹 폴 또는 이들에 부착된 트래킹 마커의 패턴의 방향 및 위치에 따라, 이 소프트웨어는 좌표계에서 수술 부위의 모델을 생성한다. 일례로서, 기준 레퍼

런스가 연계된 사전-할당된(pre-assigned) 패턴을 가지고 있는 실시형태에서, 트래커로부터 영상 정보를 해석하는 분석 소프트웨어가 이 패턴을 인식하고, 기준 레퍼런스가 부목에 부착되는 위치로 기점의 베이스의 부위를 선택할 수 있다. 만약 기준 키(fiducial key)가 연계된 패턴을 가지고 있지 않다면, 기준 부위가 지정된다. 치과의 경우에 기준 부위는 치아에 대하여 특별한 공간적 관계에 있는 지점일 수 있으며, 기준 레퍼런스의 배치를 위하여 부목의 위치가 자동적으로 지정될 수 있다.

[0007] 본 발명의 제 1 측면에서, 수술 부위에 인접한 위치로 탈착 가능하게 부착되고, 수술 부위의 스캔 데이터에 근거하여 결정될 수 있는 3차원 위치와 방향을 가지며, 수술 부위에 관한 영상 정보에 근거하여 결정될 수 있는 3차원 위치와 방향을 가지도록 구성되어 있는 기준 레퍼런스; 영상 정보를 획득하기 위하여 배치된 트래커; 및 영상 정보를 스캔 데이터에 공간적으로 연관시키고(spatially relating) 기준 레퍼런스의 3차원 위치와 방향을 결정하도록 구성되는 컨트롤러를 포함하는 수술 모니터링 시스템이 제공된다. 본 발명의 하나의 실시형태에서, 기준 레퍼런스는 수술 부위의 일부에 견고하고, 탈착 가능하게 부착될 수 있다(rigidly and removably attachable). 이런 실시형태에서, 기준 레퍼런스는 수술 부위의 특별한 부분에서 동일한 위치를 향하여 동일한 3차원 방향으로 반복하여 부착될 수 있다.

[0008] 기준 레퍼런스는 스캔 데이터로부터 결정된 위치와 방향 중 적어도 하나를 가지고 있어서, 스캔 데이터로부터 유일하게 식별될 수 있도록 표시되고(marked), 형상을 가지는(shaped) 것 중 적어도 하나이다. 수술 모니터링 시스템은 기준 레퍼런스와 고정된 3차원 공간 관계에 있는 제 1 트래킹 마커를 더욱 포함하는데, 제 1 트래킹 마커는 영상 데이터와 스캔 데이터에 근거하여 상기 컨트롤러에 의해 결정된 그 위치 및 방향 중 적어도 하나를 가지도록 구성되어 있다. 제 1 트래킹 마커는 제 1 트래킹 폴에 의하여 상기 기준 레퍼런스에 탈착 가능하고 견고하게(removably and rigidly) 연결될 수 있도록 구성될 수 있다. 제 1 트래킹 폴은 영상 정보로부터 컨트롤러에 의하여 유일하게 식별될 수 있는 3차원 구조를 가질 수 있다. 제 1 트래킹 폴의 3차원 구조로 인하여, 제 1 트래킹 폴의 3차원 방향은 영상 정보로부터 컨트롤러에 의해 결정될 수 있게 된다.

[0009] 제 1 단일 고유 3차원 방향에서(in a first single unique three-dimensional orientation) 상기 제 1 트래킹 폴이 상기 기준 레퍼런스 상의 단일 고유 위치(single unique location)로 연결될 수 있도록 상기 제 1 트래킹 폴 및 상기 기준 레퍼런스가 구성될 수 있다. 상기 기준 레퍼런스는, 제 2 트래킹 마커에 부착된 적어도 하나의 제 2 트래킹 폴의 제 2 단일 고유 3차원 방향에 부착되도록 구성될 수 있다. 상기 제 1 트래킹 마커는 영상 정보로부터 상기 컨트롤러에 의해 고유하게 식별될 수 있는(uniquely identifiable) 3차원 형상을 가질 수 있다. 상기 제 1 트래킹 마커는, 영상 정보로부터 상기 컨트롤러에 의하여 그 3차원 방향이 결정될 수 있게 하는 3차원 형상을 가질 수 있다. 상기 제 1 트래킹 마커는 상기 컨트롤러에 의하여 고유하게 식별될 수 있는 마킹(marking)을 가질 수 있으며, 상기 영상 정보와 상기 스캔 데이터에 근거하여 상기 컨트롤러에 의하여 마킹의 위치 및 방향 중 적어도 하나가 결정될 수 있도록 상기 마킹이 구성될 수 있다.

[0010] 상기 기준 레퍼런스는 다수의 분할 패턴(pattern segments)을 포함하는 다중-요소 기준 패턴(multi-element fiducial pattern)일 수 있으며, 모든 분할은, 수술 부위의 스캔 데이터에 근거하여 결정될 수 있는 분할된 3차원 위치와 방향을 가지며, 수술 부위에 대한 영상 정보에 근거하여 결정되는 분할된 3차원 위치와 방향을 가지도록, 개별적으로 구성되어 있다. 다수의 분할 패턴은, 상기 컨트롤러가 스캔 데이터와 영상 정보 중 적어도 하나로부터 고유하게 식별할 수 있게 하는 고유의 구분 가능한(unique differentiable) 형상을 가질 수 있다. 트래킹 마커가 분할 패턴 중 적어도 하나의 선택된 분할 패턴에 부착되어 있으며, 상기 트래킹 마커는, 그 3차원 방향이 상기 영상 정보로부터 상기 컨트롤러에 의하여 결정될 수 있게 하는 식별 마크(identifying marks)와 방향 마커(orientation marks) 중 적어도 하나를 갖는다. 상기 컨트롤러는, 영상 정보와 스캔 데이터에 근거하여 분할 패턴 중 적어도 하나의 선택된 분할 패턴의 위치 및 방향을 결정하도록 구성될 수 있다. 상기 컨트롤러는, 상기 다중-요소 기준 패턴에 인접한 해부학적 특징(anatomical features)의 위치를 계산하도록 구성될 수 있다.

[0011] 수술 모니터링 시스템은 수술 부위에 인접한 도구들에 부착되어 있는 추가적인 트래킹 마커를 포함할 수 있으며, 상기 컨트롤러는, 영상 정보 및 상기 추가적인 트래킹 마커에 관한 정보에 근거하여, 도구들의 위치 및 방향을 결정하도록 구성될 수 있다.

[0012] 본 발명의 다른 측면에서, 환자의 수술 부위의 3차원 위치와 방향을, 수술 부위의 스캔에서의 수술 부위의 위치 및 방향으로 실시간으로 연관시키기 위한 방법으로서, 상기 수술 부위에 인접한 환자의 기준 위치(fiducial location)로 기준 레퍼런스를 탈착 가능하게 부착하는 단계; 상기 기준 위치에 부착된 상기 기준 레퍼런스로 스캔을 수행하여 스캔 데이터를 획득하는 단계; 상기 스캔 데이터로부터 상기 기준 레퍼런스의 3차원 위치 및 방향을 결정하는 단계; 상기 수술 부위의 실시간 영상 정보를 획득하는 단계; 상기 영상 정보로부터 상기 기준 레

퍼런스의 3차원 위치와 방향을 실시간으로 결정하는 단계; 및 상기 스캔 데이터로부터 결정된 상기 기준 레퍼런스의 3차원 위치와 방향에 대하여, 상기 영상 정보로부터 결정된 상기 기준 레퍼런스의 3차원 위치와 방향을 실시간으로 표현하기 위한 공간 변형 매트릭스(spatial transformation matrix)를 유도하는(deriving) 단계를 포함하는 방법이 제공된다.

[0013] 상기 수술 부위의 실시간 영상 정보를 획득하는 단계는, 상기 기준 레퍼런스에 대하여 고정된 3차원 공간 관계에 있는 제 1 트래킹 마커를 상기 기준 레퍼런스에 견고하고 탈착 가능하게 부착하는 단계를 포함할 수 있다. 상기 제 1 트래킹 마커는, 영상 정보에 근거하여 결정되는 위치와 방향을 가지도록 구성될 수 있다. 상기 기준 레퍼런스에 상기 제 1 트래킹 마커를 부착하는 단계는, 트래킹 폴에 의하여 상기 제 1 트래킹 마커를 상기 기준 레퍼런스에 견고하고 탈착 가능하게 부착하는 단계를 포함할 수 있다. 수술 부위의 영상 정보를 실시간으로 획득하는 단계는 상기 기준 레퍼런스에 대하여 고정된 3차원 공간 관계에 있는 트래킹 폴을 상기 기준 레퍼런스에 견고하고, 탈착 가능하게 부착하는 단계를 포함할 수 있으며, 상기 트래킹 폴은, 그 위치와 방향이 상기 영상 정보로부터 고유하게 결정될 수 있게 하는 뚜렷이 식별될 수 있는 3차원 형상을 가질 수 있다. 상기 기준 레퍼런스가 상기 스캔 데이터에 근거하여 개별적으로 위치할 수 있는 다수의 분할 패턴을 포함하는 다중-요소 기준 패턴인 경우에, 상기 스캔 데이터로부터 상기 기준 레퍼런스의 3차원 위치와 방향을 결정하는 단계는 상기 스캔 데이터로부터 상기 다수의 분할 패턴 중 적어도 하나의 선택된 분할 패턴의 3차원 위치와 방향을 결정하는 단계를 포함할 수 있으며; 상기 영상 정보로부터 상기 기준 레퍼런스의 3차원 위치와 방향을 실시간으로 결정하는 단계는 영상 정보로부터 상기 다수의 분할 패턴 중 적어도 하나의 선택된 분할 패턴의 3차원 위치와 방향을 결정하는 단계를 포함할 수 있다.

[0014] 본 발명의 또 다른 측면에서, 수술 부위에서 변화를 실시간으로 추적하기 위한 방법으로서, 스캔 데이터에 근거하여 개별적으로 위치할 수 있는 다수의 분할 패턴을 포함하는 다중-요소 기준 레퍼런스를 상기 수술 부위에 인접한 환자의 기준 위치에 탈착 가능하게 부착하는 단계; 상기 기준 위치에 부착된 상기 기준 레퍼런스로 스캔을 수행하여 스캔 데이터를 획득하는 단계; 상기 스캔 데이터로부터 상기 다수의 분할 패턴 중 적어도 하나의 선택된 분할 패턴의 3차원 위치 및 방향을 결정하는 단계; 상기 수술 부위의 실시간 영상 정보를 획득하는 단계; 상기 영상 정보로부터 상기 분할 패턴 중 적어도 하나의 선택된 분할 패턴의 3차원 위치와 방향을 실시간으로 결정하는 단계; 및 상기 영상 정보로부터 결정된 분할 패턴 중 적어도 하나의 선택된 분할 패턴의 3차원 위치 및 방향과, 상기 스캔 데이터로부터 결정된 분할 패턴 중 적어도 하나의 선택된 분할 패턴의 3차원 위치와 방향을 실시간으로 비교하여 상기 수술 부위의 공간적 왜곡(spatial distortion)을 실시간으로 유도하는 단계를 포함하는 방법이 제공된다.

[0015] 본 발명의 또 다른 측면에서, 환자의 수술 부위에 대하여 객체의 위치를 실시간으로 모니터링하는 방법으로서, 상기 수술 부위에 인접한 환자의 기준 위치로 기준 레퍼런스를 탈착 가능하게 부착하는 단계; 상기 기준 위치에 부착된 상기 기준 레퍼런스로 스캔을 수행하여 스캔 데이터를 획득하는 단계; 상기 스캔 데이터로부터 상기 기준 레퍼런스의 3차원 위치 및 방향을 결정하는 단계; 상기 수술 부위의 실시간 영상 정보를 획득하는 단계; 상기 영상 정보로부터 상기 기준 레퍼런스의 3차원 위치와 방향을 실시간으로 결정하는 단계; 상기 스캔 데이터로부터 결정된 상기 기준 레퍼런스의 3차원 위치와 방향에 대하여, 상기 영상 정보로부터 결정된 상기 기준 레퍼런스의 3차원 위치와 방향을 실시간으로 표현하기 위한 공간 변형 매트릭스를 유도하는 단계; 및 객체의 3차원 위치와 정보를 영상 정보로부터 결정된 기준 레퍼런스의 3차원 위치와 정보에 연관시키는 단계를 포함하는 방법이 제공된다. 상기 영상 정보로부터 객체의 3차원 위치와 방향을 실시간으로 결정하는 단계는 상기 객체에 트래킹 마커를 견고하게 부착하는 단계를 포함할 수 있다.

[0016] 하나의 대안적인 실시형태에서, 트래커 자체가 기준 레퍼런스에 부착되어, 마커를 가지는 객체의 위치가 공지된 위치로부터 관측될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0017] 첨부하는 도면과 함께 본 발명의 실시형태의 후술하는 설명을 참조함으로써, 본 발명의 상기에서 언급하였거나 다른 특징 및 목적, 그러한 특징 및 목적을 달성하기 위한 방식은 보다 명백해질 것이며, 본 발명 자체는 더욱 잘 이해될 것이다.

도 1은 본 발명의 실시형태가 이용될 수 있는 네트워크 시스템의 개략적인 모식도이다.

도 2는 컴퓨팅 시스템(서버 또는 클라이언트, 또는 적절하다면 양자 모두)의 블록도로서, 이 컴퓨팅 시스템은

선택적인 입력 장치(예: 키보드, 마우스, 터치스크린 등) 및 출력 장치, 하드웨어, 네트워크 접속(network connection), 하나 이상의 프로세서 및 데이터 및 모듈을 위한 메모리/저장부(storage)를 구비하고 있는데, 본 발명의 실시형태와 함께 컨트롤러 및 디스플레이로서 이용될 수 있다.

도 3a-j는 본 발명의 실시형태에 다른 수술 모니터링 시스템의 하드웨어 컴포넌트(hardware component)의 도면이다.

도 4a-c는 본 발명의 위치등록 방법의 일 실시형태를 예시하는 플로 차트 모식도이다.

도 5는 본 발명의 일 실시형태에 따라 트래킹 폴(tracking pole)과 치과용 드릴(dental drill)을 구비하고 있는 치과용 기준키(fiducial key)의 도면이다.

도 6은 본 발명의 다른 실시형태에 따라 기준키, 내시경, 생검바늘(biopsy needle)을 보여주고 있는 내시경 수술 부위의 도면이다.

도 7a 및 7b는 다수의 분할 패턴을 포함하는 다중요소(multi-element) 기준 패턴의 도면으로서, 각각 디폴트 조건과 분할 패턴의 상호 공간적 관계를 변경하기 위하여 환자의 신체가 움직이는 조건의 도면이다.

도 8a-c는 도 7a 및 7b의 다중요소 기준 패턴에 적용된, 본 발명의 위치등록 방법의 하나의 실시형태를 예시하는 플로 차트 모식도이다.

다수의 도면 전체에서 상응하는 참조 문자는 상응하는 부분을 가리킨다. 비록 도면이 본 발명의 실시형태를 나타내지만, 이들 도면은 반드시 동일한 비율은 아니며, 본 발명을 더욱 잘 예시하고 설명할 수 있도록 어떤 특징들은 과장되어 있을 수 있다. 플로 차트와 스크린 샷은 또한 본질상 대표적이지만, 본 발명의 실제 실시형태는 도면에서 도시되지 않은 다른 특징 및 단계를 포함할 수 있다. 본 명세서에서 개시된 예시는 하나의 형태로 본 발명의 실시형태를 설명하지만, 그와 같은 예시는 결코 본 발명의 범위를 제한하는 것으로 해석되어서는 안 된다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0018] 아래에 개시된 실시형태는 열거적이거나(exhaustive) 후술하는 상세한 설명에 개시되어 있는 정확한 형태로 본 발명을 제한하고자 하는 의도가 아니다. 오히려, 개시된 실시형태에서의 교시(敎示)를 본 기술분야에서의 통상의 기술자가 활용할 수 있도록 실시형태가 선택되고 설명되어 있다.

[0019] 후술하는 상세한 설명은, 영숫자(alphanumeric) 문자 또는 다른 정보를 나타내는 컴퓨터 메모리 내에서 데이터 비트 상의 작동(operation)에 대한 알고리즘 및 기호적 표현(symbolic representation)으로 부분적으로 제시되어 있다. 특정 스캐닝 기법을 이용하여 특별한 형태 및 상대적인 방향 및 크기를 구비하고 있는 하드웨어 컴포넌트(hardware component)가 도시되어 있지만, 일반적인 경우에 통상의 기술자라면 본 발명의 교시 안에서 다양한 특별한 형태, 방향 및 스캐닝 방법이 사용될 수 있다는 것을 인식할 수 있다. 컴퓨터는, 영상 데이터를 획득하고 처리(process)하는 인터페이스를 포함하여, 일반적으로 명령(instruction)을 실행하는 프로세서(processor)와, 명령 및 데이터를 저장하기 위한 메모리를 포함하고 있다. 범용(general-purpose) 컴퓨터가 그 메모리 내에 저장되어 있는 명령이 인코딩된(encoded) 일련의 머신(machine)을 가지고 있을 때, 그러한 인코딩된 명령에 따라 작동하는 컴퓨터는 특정 형태의 머신, 즉, 일련의 명령에 의해 구현된(embodied) 작동을 수행하도록 특별히 구성되어 있는 컴퓨터일 수 있다. 명령의 일부는 다른 머신의 작동을 제어하는 신호를 생성하기 위하여 적응될 수 있으며(adapted), 따라서 명령의 일부는 이들 제어 신호를 통하여 작동하여, 컴퓨터 자체로부터 멀리 떨어져 있는 소재(materials)를 변형시킬 수 있다. 이들 설명 및 재현(representation)은 데이터 처리 분야의 통상의 기술자에 의하여, 그들의 작업 내용을 그 분야의 통상의 기술자에게 가장 효율적으로 전달하는데 사용되는 수단이다.

[0020] 본 명세서에서, 그리고 일반적으로, 알고리즘은 원하는 결과를 유도하는, 일관성 있는(self-consistent) 일련의 단계로 인식되고 있다. 이들 단계는 물리량(physical quantities)을 물리적으로 처리하는데 요구되고, 수술 부위 주변의 물질(matter)을 나타내는 스캐닝된 데이터(scanned data)를 관찰하고 측정하는 단계들이다. 반드시 필요한 것은 아니지만, 통상적으로 이들 양(quantities)은 저장, 전송, 변형, 조합, 비교 및 다르게 처리될 수 있는 전기적 또는 자기적 펄스 또는 신호의 형태를 갖는다. 때때로, 주로 편의적 사용이라는 이유에서, 이들 신호를 물리적 아이템(physical items)이나 발현(manifestation)에 대한 레퍼런스로서 비트(bits), 값(values), 기호(symbol), 문자, 영상 데이터, 항(terms), 숫자 등으로 지칭하는 것이 편리하다는 것이 관행되었는데, 물리적 아이템이나 발현에서 이들 신호는 영상의 언더라이딩 데이터(underlying data)를 캡처(capture)하도록 구현되

거나 표현되어 있다. 하지만, 이들 또는 유사한 용어들은 적절한 물리량과 연관되어 있으며, 본 명세서에서 이들 양에 적용되는 편리한 표지(label)로서 단순히 사용되고 있다는 점을 명심하여야 한다.

[0021] 일부 알고리즘은 정보를 입력하는 동시에 원하는 결과를 생성하기 위하여 데이터 구조를 이용할 수 있다. 데이터 구조는 데이터 처리 시스템에 의한 데이터 관리(data management)를 매우 촉진하며, 정교한 소프트웨어(sophisticated software) 시스템을 통하지 않고서는 접근할 수 없다(accessible). 데이터 구조는 메모리의 정보 내용(information content)은 아니며, 오히려 데이터 구조는 메모리 내에 저장된 정보에서의 물리적 구조(physical organization)를 부여하고 발현하는 특정 전자적인 구조적 요소(specific electronic structural elements)를 나타낸다. 단순한 추상화를 넘어서서, 데이터 구조는 메모리 내의 특정 전기적 또는 자기적인 구조적 요소로서, 동시에 복잡한 데이터, 종종 관련 아이템의 데이터 모델링 물리적 특성(data modeling physical characteristics)을 정확하게 나타내며, 컴퓨터 작동에서의 효율성을 증가시킨다.

[0022] 아울러, 수행되는 처리작업은, 통상적으로 인간 운전자(human operator)에 의해 수행되는 정신적 동작과 연계되어 있는, 비교 또는 첨가와 같은 용어로(in terms) 종종 언급되고 있다. 본 발명의 일부분을 형성하는, 본 명세서에서 설명된 임의의 작동에서, 인간 운전자의 그와 같은 능력은 전혀 필요하지 않거나 대부분의 경우에 바람직하지 않으며, 이러한 작동은 기계 작동이다. 본 발명의 작동을 수행하기 위하여 유용한 기계는 범용 디지털 컴퓨터 또는 다른 유사한 기기를 포함한다. 모든 경우에, 컴퓨터를 작동할 때 작동하는 방법과, 컴퓨터조작(computation) 그 자체의 방법 사이에서의 구별은 인식되어야 한다. 본 발명은 전기적 또는 다른(예: 기계적, 화학적) 물리적 신호를 처리할 때 다른 원하는 물리적 발현 또는 신호를 생성하기 위하여 컴퓨터를 작동시키는 방법 및 장치에 관한 것이다. 이 컴퓨터는 소프트웨어 모듈에서 작동하며, 이 소프트웨어 모듈은 일련의 기계 명령을 나타내는 매체(media)에 저장되어 있는 신호들의 수집소(collection)이며, 일련의 기계 명령은 컴퓨터 프로세서로 하여금 알고리즘 단계를 구현하는 기계 명령을 수행할 수 있게 한다. 이러한 기계 명령은, 프로세서가 그 명령을 구현하도록 해석하는 실제 컴퓨터 코드일 수 있고, 또는 대안적으로는 실제 컴퓨터 코드를 획득할 수 있도록 해석되는, 이러한 명령의 고급 수준의 코딩(higher level coding)일 수 있다. 소프트웨어 모듈은 또한 하드웨어 컴포넌트를 포함할 수 있는데, 알고리즘의 일부 양상(aspect)은 명령의 결과로서가 아니라 회로(circuitry) 그 자체에 의해 수행된다.

[0023] 본 발명은 또한 이들 작동을 수행하기 위한 장치에 관한 것이다. 이 장치는 요구되는 목적을 위하여 특별히 구성될 수 있거나, 컴퓨터 내에 저장되어 있는 컴퓨터 프로그램에 의해 선택적으로 기동하거나(activated) 또는 재구성되는(reconfigured) 범용 컴퓨터를 포함할 수 있다. 특별한 하드웨어가 필요한 것으로 명시적으로 지시하지 않는 한, 본 명세서에서 제시되는 알고리즘은 임의의 특정 컴퓨터 또는 다른 장치와 고유하게(inherently) 연계되어 있지 않다. 일부의 경우에, 컴퓨터 프로그램은 특정 프로토콜로 구성되어 있는 신호를 통하여 다른 프로그램 또는 도구(equipment)와 통신하거나 연계되어 있는데, 상호작용할 수 있는 특정 하드웨어 또는 프로그래밍을 필요로 하거나 필요로 하지 않을 수 있다. 특히, 본 명세서에서의 교시에 따라 기록된 프로그램이 구비되어 있는 다양한 범용 머신이 사용될 수 있으며, 또는 요구되는 방법 단계들을 수행하기 위하여 더욱 특화된 장치를 구성하는 것이 더욱 편리하다고 판명될 수 있다. 다양한 이들 머신을 위하여 요구되는 구조는 하기 설명으로부터 드러날 것이다.

[0024] 본 발명은 "객체-지향(object-oriented)" 소프트웨어, 특히 "객체-지향" 운영 체제를 취급할 수 있다. 이 "객체-지향" 소프트웨어는 "객체" 내부로 구성되는데, 각각의 객체는 그 객체로 또는 그 객체와 함께 발생하는 "이벤트(events)"로 전송된 "메시지"에 응답하여 수행되는 다양한 절차("방법")를 기술하는 컴퓨터 명령의 블록을 포함한다. 예를 들면 이러한 작동은 변수의 처리, 외부 이벤트에 의한 객체의 활성화, 및 다른 객체로의 하나 이상의 메시지의 전달을 포함한다. 반드시 필요하지는 않지만, 종종 물리적 객체는, 물리적 장치로부터 관찰된 데이터를 수집하여 소프트웨어 시스템으로 이 관측된 데이터를 전송할 수 있는 상응하는 소프트웨어 객체를 갖는다. 이러한 관찰된 데이터는 단순히 편리하다는 점에서 물리적 객체 및/또는 소프트웨어 객체에서 접근할 수 있다. 따라서 후술하는 설명에서 "실제 데이터(actual data)"가 사용되는 경우, 이러한 "실제 데이터"는 계기(instrument) 자체로부터 있을 수 있고, 또는 상응하는 소프트웨어 객체 또는 모듈로부터 있을 수 있다.

[0025] 메시지는 프로세스를 수행할 수 있는 어떤 기능(functions)과 지식(knowledge)을 가지는 객체들 사이에서 전송 및 수신된다. 메시지는 사용자 명령에 응답하여 발생하는데, 예를 들면, 이벤트를 생성하는 "마우스" 포인터로 아이콘을 활성화시키는 사용자에게 의해 발생된다. 또한, 메시지는 메시지의 수신에 응답하는 객체에 의해 발생될 수 있다. 객체 중 하나의 객체가 메시지를 수신할 때, 그 객체는 수신된 메시지에 상응하는 작동(메시지 절차)을 수행하고, 필요하다면, 그 동작의 결과를 돌려준다(return). 각각의 객체는 객체 자체의 내부 상태(인스턴스 변수, instance variables)가 저장되고, 다른 객체의 접근을 허용하지 않는 영역(region)을 갖는다. 객체-지향

시스템의 한 가지 특징은 계승(inheritance)이다. 예를 들면, 디스플레이 상에 "원(circle)"을 그리기 위한 객체는 디스플레이 상이 "외형(shape)"을 그리기 위한 다른 객체로부터 기능과 지식을 계승할 수 있다.

[0026] 프로그래머는 개별적인 코드 블록들을 기록함으로써 객체-지향 프로그래밍 언어로 "프로그램 하는데", 각각의 코드 블록은 그 방법을 정의함으로써 객체를 생성한다. 메시지에 의하여 상호 통신하도록 적응되어 있는 이들 객체의 컬렉션(collection)은 객체-지향 프로그램을 포함한다. 객체 지향 컴퓨터 프로그래밍은 대화형(interactive) 시스템의 모델링(modeling)을 용이하게 하는데, 이 모델링에서 시스템의 각각의 컴포넌트는 객체로 모델링 될 수 있고, 각각의 컴포넌트의 행위(behavior)는 상응하는 객체의 방법에 의해 시뮬레이션 되며, 컴포넌트들 사이의 상호작용(interaction)은 객체들 사이에서 전송된 메시지에 의해 시뮬레이션 된다.

[0027] 운전자는 객체 중 하나의 객체로 메시지를 전송함으로써 객체-지향 프로그램을 포함하는 상호 연관된 객체의 컬렉션을 유인할 수 있다(stimulate). 메시지를 수신하면 소정의 기능을 수행함으로써 객체가 반응하게 할 수 있는데, 소정의 기능은 하나 이상의 다른 객체로 추가적인 메시지를 전송하는 것을 포함할 수 있다. 그 다른 객체들은 순차적으로 수신한 메시지에 응답하여 추가적인 기능을 수행할 수 있는데, 추가적인 기능은 보다 많은 메시지를 전송하는 것을 포함한다. 이 방식에서, 순차적인 메시지와 응답은 무한정 계속될 수 있고, 모든 메시지가 응답되었고 새로운 메시지가 전송되지 않을 때 종료할 수 있다. 객체-지향 언어를 활용하는 시스템을 모델링 할 때, 프로그래머는 모델링 된 시스템의 각각의 컴포넌트가 어떻게 한 유인(stimulus)에 반응할 것인지에 대해서만 생각하면 되고, 일부 유인에 응답하여 수행되는 작동 순서에 대해서는 생각할 필요가 없다. 이러한 작동 순서는 본질적으로 그 유인에 응답하는 객체들 사이에서의 상호작용의 결과로부터 나오며, 프로그래머에 의해 예정될 필요는 없다.

[0028] 비록 객체-지향 프로그래밍이 상호 연관된 컴포넌트 시스템의 시뮬레이션을 보다 직관적이 되도록 할 수는 있지만, 순차적으로 구성된 프로그램(sequentially organized program)의 경우와 같이, 통상적으로 하나의 객체-지향 프로그램에 의해 수행되는 작동 순서는 즉시 명백하지는 않기 때문에, 객체-지향 프로그램의 작동은 종종 이해하기 어렵다. 또한 그 작동의 매우 명백한 발현의 관찰을 통하여, 객체-지향 프로그램이 어떻게 동작하는지를 결정하는 것 역시 용이하지 않다. 일반적으로 프로그램에서 상대적으로 소수인 단계들만 관찰할 수 있는 컴퓨터 출력을 생성하기 때문에, 프로그램에 응답하여 컴퓨터에 의해 수행되는 대부분의 작동은 관찰자에게 보이지 않는다.

[0029] 후술하는 설명에서, 빈번하게 사용되는 몇 개의 용어는 본 명세서의 단락에서 특별한 의미를 갖는다. 용어 "객체(object)"는 컴퓨터 명령 및 연계된 데이터 세트에 관한 것으로, 사용자에게 의해 직접적으로 또는 간접적으로 활성화 될 수 있다. 용어 "윈도 환경(windowing environment)", "윈도 실행(running in window)", 및 "객체 지향 운영 체제(object-oriented operation system)"는, 래스터 스캐닝된(raster scanned) 동영상 디스플레이(video display)에서 갇힌 영역(bounded region) 내에서의와 같이 동영상 디스플레이에서 정보가 처리되고 표시되는(displayed) 컴퓨터 사용자 인터페이스를 나타내기 위하여 사용된다. 용어 "네트워크", "근거리 통신망(local area network)", "LAN", "광역 통신망(wide area network)", 또는 "WAN"은 컴퓨터들 사이에서 메시지가 전송될 수 있는 방식으로 연결되어 있는 2개 이상의 컴퓨터를 의미한다. 이러한 컴퓨터 네트워크에서, 일반적으로 하드디스크 드라이브와 같은 큰 저장 장치와 프린터 또는 모뎀과 같은 주변 장치를 작동시킬 수 있는 통신 하드웨어를 구비한 컴퓨터인, 하나 이상의 컴퓨터는 "서버"로서 작동한다. "워크스테이션(workstation)"이라는 용어가 사용되는 다른 컴퓨터들은 사용자에게 인터페이스를 제공하여, 컴퓨터 네트워크의 사용자들은 공유 데이터 파일, 공통(common) 주변 장치 및 워크스테이션 상호간(inter-workstation) 통신과 같은 네트워크 자원(network resources)에 접근할 수 있다. 사용자들은 컴퓨터 프로그램 또는 네트워크 자원을 활성화하여 "프로세스"를 생성하는데, 이 프로세스는 입력 변수에 의해 결정되는 특정 작동 특성(specific operating characteristics)이 구비된 컴퓨터 프로그램의 일반적인 작동과 그 환경을 모두 포함한다. 프로세스에 유사한 것이 에이전트(agent)인데(종종 지능형 에이전트(intelligent agent)로 호칭된다), 사용자의 간섭 없이 몇몇 주기적인 스케줄에 따라 정보를 수집하거나 또는 몇 개의 다른 서비스를 수행하는 프로세스이다. 일반적으로, 사용자에게 의해 통상 제공되는 파라미터를 사용하여 에이전트는 네트워크 상의 호스트 머신에서 또는 일부 다른 호스트에서 위치를 탐색하고, 에이전트의 목적과 관련된 정보를 수집하고, 그 정보를 주기적으로 사용자에게 제시한다.

[0030] 용어 "데스크톱(desktop)"은 메뉴(menu)를 제시하거나 또는 그 데스크톱과 연관된 사용자를 위하여 연관된 세팅을 구비하고 있는 객체를 표시하는 특정 사용자 인터페이스를 의미한다. 데스크톱이 네트워크 자원에 접근할 때, 통상 원격 서버에서 실행할 수 있는 응용 프로그램이 필요한데, 데스크톱은 응용프로그램인터페이스(Application Program Interface), 즉 API를 호출하여, 사용자로 하여금 네트워크 자원으로 커맨드(commands)

를 제공하고 임의의 출력을 관찰할 수 있게 한다. 용어 "브라우저(browser)"는 사용자에게 반드시 명백하지는 않지만, 데스크톱과 네트워크 서버 사이에 메시지를 전송하고, 네트워크 사용자와의 표시 및 상호작용을 책임지는 프로그램을 가리킨다. 브라우저는 컴퓨터의 범-세계적 네트워크, 즉 "월드 와이드 웹(World Wide Web)", 또는 간단히 "웹(Web)"에서 텍스트 및 그래픽 정보의 전송을 위한 통신 프로토콜을 활용하도록 설계되어 있다. 본 발명에 상용될 수 있는 브라우저의 예는 마이크로소프트사(Microsoft Corporation)에서 판매하는 인터넷 익스플로러(인터넷 익스플로러는 마이크로소프트사의 상표이다), 오페라 소프트웨어 ASA(Opera Software ASA)에서 만든 오페라 브라우저(Opera Browser) 프로그램, 또는 모질라 재단(Mozilla Foundation)에서 배포하고 있는 파이어폭스(Firefox) 브라우저 프로그램(파이어폭스는 모질라 재단의 등록 상표이다)을 포함한다. 후술하는 설명은 브라우저의 그래픽 사용자 인터페이스라는 면에서 그 작동을 상세히 설명하지만, 본 발명은, 그래픽 기반의 브라우저의 많은 기능을 가지고 있는, 텍스트 기반의 인터페이스, 심지어는 음성 또는 시각적으로 활성화된 인터페이스에서도 실행될 수 있다.

[0031] 브라우저 디스플레이 정보는, 모두 스크립팅(scripting) 언어인, 표준 범용 문서 생성 언어(Standard Generalized Markup Language, "SGML") 또는 하이퍼텍스트 문서 생성언어(HyperText Markup Language, "HTML")로 포맷되어 있으며(formatted), 특정 ASCII 텍스트 코드를 사용하여 텍스트 문서 내에 비-시각적 코드를 내장하고 있다(embed). 이들 포맷에서의 파일들은, 인터넷과 같은 글로벌 정보 네트워크를 포함하는, 컴퓨터 네트워크를 걸쳐서 쉽게 전송될 수 있으며, 브라우저로 하여금 텍스트, 영상을 표시할 수 있게 하고, 음성 및 영상 녹음물(recordings)을 연주할 수 있게 한다. 웹은 이들 데이터 파일 포맷을 활용하여 통신 프로토콜과 협조하여 서버와 워크스테이션 사이에서 이러한 정보를 전송한다. 브라우저는 또한 확장성 문서생성 언어(eXtensible Markup Language, "XML") 파일 내에 제공되어 있는 정보를 표시할 수 있도록 프로그램 될 수 있는데, XML 파일이 있으면 다양한 문서형 정의(Document Type Definition, "DTD")를 사용할 수 있기 때문에 본질상 SGML 또는 HTML보다 범용적이다. 데이터와 스타일시트(styleshet) 포맷팅(formatting)이 별개로 포함되어 있기 때문에(포맷팅은 정보를 표시하는 방법으로 생각될 수 있으므로 XML 파일은 데이터와 연관된 방법을 갖는다), XML 파일은 객체로 유추될 수 있다(analogized).

[0032] 위에서 정의된 것과 같이, 용어 "개인휴대정보단말기(personal digital assistant)" 또는 "PDA"는 컴퓨팅(computing), 전화, 팩스, e-메일 및 네트워킹 특징이 결합되어 있는 임의의 휴대용 모바일 기기(handheld mobile device)를 의미한다. 용어 "무선 광역 통신망(wireless wide area network)" 또는 "WWAN"은 휴대용 기기와 컴퓨터 사이에서 데이터 전송을 위한 매체(medium)로 기능하는 무선 네트워크를 의미한다. 용어 "동기화(synchronization)"는 유선 또는 무선 중 하나를 경유하여, 예를 들어 휴대용 기기인 제 1 기기와, 예를 들어 데스크톱 컴퓨터인 제 2 기기 사이에서의 정보의 교환을 의미한다. 동기화는 2개의 기기에서의 데이터가 동일(적어도 동기화 시점에서)하다는 것을 보장한다.

[0033] 무선 광역 통신망에서, 통신은 아날로그, 디지털 셀룰러(digital cellular), 또는 개인휴대통신 서비스(personal communication service, "PCS") 네트워크 상의 무선 신호(radio signal)의 전송을 통하여 주로 일어난다. 신호는 극초단파 및 다른 전자기파를 통하여 또한 전달될 수 있다. 현재, 대부분의 무선 데이터 통신은 코드분할다중접속(code-division multiple access, "CDMA"), 시분할다중접속(time division multiple access, "TDMA"), 전 지구적 이동통신시스템(Global System for Mobile Communication, "GSM")과 같은 2세대 기술, 3세대 기술(와이드밴드(wideband) 또는 "3G"), 4세대(브로드밴드(broadband) 또는 "4G"), 개인디지털셀룰러(personal digital cellular, "PDC")를 사용하거나, 또는 어드밴스 이동전화 서비스(Advance Mobile Phone Service, "AMPS")에서 사용되고 있는 셀룰러 디지털 패킷 데이터(cellular digital packet data, "CDPD")와 같은 아날로그 시스템에서의 패킷-데이터 기술을 통한 셀룰러 시스템을 걸쳐서 발생한다.

[0034] 용어 "무선응용통신프로토콜(wireless application protocol)" 또는 "WAP"은 작은 사용자 인터페이스가 구비된 휴대용 기기 및 모바일 기기에서 웹-기반 데이터의 전달(delivery) 및 제시(presentation)를 용이하게 하는 범용 사양(universal specification)을 의미한다. "모바일 소프트웨어(mobile software)"는 응용프로그램이 이동 전화 또는 PDA와 같은 모바일 기기에서 구현될 수 있게 하는 소프트웨어 운영 체제를 가리킨다. 모바일 소프트웨어의 예는 Java 및 Java ME(Java와 Java ME는 캘리포니아 주, 산타클라라(Santa Clara) 소재의 선 마이크로시스템즈사(Sun Microsystems, Inc.)의 상표이다), BREW(BREW는 캘리포니아 주, 샌디에고(San Diego) 소재의 퀄컴사(Qualcomm Incorporated)의 등록 상표이다), Windows Mobile(Windows는 워싱턴 주, 레드몬드(Redmond) 소재의 마이크로소프트사의 등록 상표이다), Palm OS(Palm은 캘리포니아 주, 서니베일(Sunnyvale) 소재의 팜사(Palm, Inc.)의 등록 상표이다), Symbian OS(Symbian은 영국, 런던 소재의 심비안 소프트웨어사(Symbian software Limited Corporation)의 등록 상표이다), ANDROID OS(ANDROID는 캘리포니아 주, 마운틴 뷰(Mountain

View) 소재의 구글사(Google, Inc.)의 등록 상표이다), 및 iPhone OS(iPhone은 캘리포니아 주, 쿠퍼티노(Cupertino) 소재의 애플사(Apple, Inc.)의 등록 상표이다), 및 Windows Phone 7이다. "모바일 앱(Mobile Apps)"은 모바일 소프트웨어를 사용하여 실행시키도록 기록된 소프트웨어 프로그램을 가리킨다.

[0035] 용어 "스캔(scan)", "기준 레퍼런스(fiducial reference)", "기준 위치(fiducial location)", "마커(marker)", "트래커(tracker)", 및 "영상 정보(image information)"은 본 개시에서 특별한 의미를 갖는다. 본 개시의 목적과 관련하여, "스캔" 또는 그 파생어(derivatives)는 x-레이, 자기공명영상(magnetic resonance imaging, MRI), 컴퓨터단층촬영(computerized tomography, CT), 초음파검사(sonography), 콘빔 컴퓨터단층촬영(cone beam computerized tomography, CBCT), 또는 환자의 정량적 공간 재현(quantitative spatial representation)을 생성하는 임의의 시스템을 가리킨다. 용어 "기준 레퍼런스" 또는 단순히 "기점(fiducial)"은 인식 가능한 고정 포인트(fixed recognized point)로서 고유하게 식별할 수 있는(uniquely identifiable) 스캔의 영상에서의 객체 또는 레퍼런스를 가리킨다. 본 명세서에서, 용어 "기준 위치"는 기준 레퍼런스가 부착(attach)되는 유용한 위치를 가리킨다. "기준 위치"는 보통 수술 부위(surgical site)에 근접할 것이다. 용어 "마커" 또는 "트래킹 마커(tracking marker)"는 외과 또는 치과 시술(surgical or dental procedure)의 위치에 인접한 센서에 의해 인식될 수 있는 객체 또는 레퍼런스를 가리키는데, 여기서 센서는 광센서(optical sensor), 무선식별기(radio frequency identifier, RFID), 음성 감지 센서(sonic motion detector), 자외선 또는 적외선 센서일 수 있다. 용어 "트래커"는 마커의 위치, 및 시술 중에 '실시간'으로 연속적으로 마커의 방향 및 이동을 결정할 수 있는 기기 또는 기기 시스템을 가리킨다. 구현 가능한 예로서, 만약 마커가 인쇄된 표적(printed targets)으로 구성되어 있다면, 트래커는 입체카메라 쌍(stereo camera pair)을 포함할 수 있다. 본 명세서에서 용어 "영상 정보"는 광학 또는 다른 방법으로 트래커에 의해서 취득되는 정보를 설명하기 위하여 사용되며, 마커의 위치와 시술 과정에서 '실시간'으로 연속적으로 마커의 방향 및 이동을 결정하기 위하여 사용될 수 있다.

[0036] 도 1은 본 발명에 따른 컴퓨팅 환경(computing environment, 100)의 고-수준 블록도이다. 도 1은 네트워크(114)에 의해 연결되어 있는 서버(110)와 3개의 클라이언트(112)를 예시하고 있다. 설명을 간략하게 하고 명확하게 할 수 있도록 도 1에는 단지 3개의 클라이언트(112)만 도시되어 있다. 컴퓨팅 환경(100)의 실시형태는 예를 들어 인터넷인 네트워크(114)에 연결되어 있는 수천 또는 수만의 클라이언트(112)를 가질 수 있다. 사용자(미도시)는 클라이언트(112) 중 하나에서 소프트웨어(116)를 작동시켜, 서버(110) 및 연계된 통신 장비를 경유하여 네트워크(114)로 메시지와 소프트웨어(미도시)를 모두 전송하고 수신할 수 있다.

[0037] 도 2는 서버(110) 또는 클라이언트(112)를 구현하기에 적절한 컴퓨터 시스템(210)의 블록도를 보여준다. 컴퓨터 시스템(210)은 버스(212)를 포함하는데, 버스(212)는, 중앙 프로세서(214), 시스템 메모리(217, 보통 RAM이지만, ROM, 플래시 RAM 또는 기타의 메모리를 또한 포함할 수 있다), 입력/출력 컨트롤러(218), 음성 출력 인터페이스(222)를 경유하는 스피커 시스템(224)과 같은 외부 음성 기기, 디스플레이 어댑터(226)를 경유하는 디스플레이 스크린(224), 시리얼 포트(228, 230), (키보드 컨트롤러(233)로 접속되는(interfaced)) 키보드(232), 저장 인터페이스(234), 플로피 디스크(238)를 수용하여 작동하는 디스크 드라이브(237), 파이버 채널 네트워크(Fibre channel network, 290)로 연결되어 작동하는 호스트 버스 어댑터(host bus adapter, HBA) 인터페이스 카드(235A), SCSI 버스(238)로 연결되어 작동하는 호스트 버스 어댑터(HBA) 인터페이스 카드(235B), 및 광 디스크(242)를 수용하여 작동하는 광디스크 드라이브(240)와 같은 외부 기기의 컴퓨팅 시스템(210)의 주요 서브 시스템을 서로 연결한다. 또한 마우스(246, 다른 포인트-클릭 기기(point-and-click device), 시리얼 포트(228)를 경유하여 버스(212)에 연결됨), 모뎀(247, 시리얼 포트(230)를 경유하여 버스(212)에 연결됨), 및 네트워크 인터페이스(248, 버스(212)에 직접 연결됨)가 포함되어 있다.

[0038] 버스(212)는 중앙 프로세서(214)와 시스템 메모리(217) 사이에서의 데이터 통신을 가능하게 하는데, 전술한 것과 같이, 메모리는 읽기전용메모리(ROM) 또는 플래시메모리(모두 미도시), 임의접근메모리(RAM, 미도시)를 포함할 수 있다. 일반적으로 RAM은 주 메모리(main memory)로서, 운영 체제 및 응용 프로그램이 그 안에 로딩된다. ROM과 플래시 메모리는 다른 소프트웨어 코드 중에서도 기본입출력시스템(Basic input output system, BIOS)을 포함할 수 있는데, BIOS는 주변 컴포넌트와의 상호작용과 같은 기본적인 하드웨어 작동을 제어한다. 컴퓨터 시스템(210)에 상주하는 응용프로그램들은 일반적으로 하드디스크 드라이브(예컨대 고정 디스크(244)), 광디스크(예컨대, 광 드라이브(240)), 플로피 디스크 유닛(237), 또는 다른 저장 매체와 같은 컴퓨터 판독 매체(computer readable media)에 저장되며 이 매체를 경유하여 접근된다. 추가적으로, 네트워크 모뎀(247) 또는 네트워크 인터페이스(248) 또는 다른 통신 장비(telecommunication equipment, 미도시)를 경유하여 응용프로그램에 접근할 때, 응용프로그램들은 응용 및 데이터 통신 기술에 따라 변조된(modulated) 전자 신호의 형태일 수

있다.

[0039] 컴퓨터 시스템(210)의 다른 저장 인터페이스와 마찬가지로, 저장 인터페이스(234)는 정보의 저장 및/또는 검색(retrieval)을 위하여, 고정 디스크 드라이브(244)와 같은 표준 컴퓨터 판독 매체에 연결될 수 있다. 고정 디스크 드라이브(244)는 컴퓨터 시스템(210)의 일부일 수 있고 또는 별개로 분리되어 다른 인터페이스 시스템을 통하여 접근될 수 있다. 모뎀(247)은 전화 연결 또는 인터넷서비스제공자(internet service provider, ISP, 미도시)를 경유하는 인터넷을 경유하여 원격 서버로의 직접 연결을 제공할 수 있다. 네트워크 인터페이스(248)는 POP(상호접속위치, point of presence)를 경유하여 인터넷으로의 직접 네트워크 링크를 경유하여 원격 서버로의 직접 연결을 제공할 수 있다. 네트워크 인터페이스(248)는 무선 기술을 사용하여 이러한 연결을 제공할 수 있는데, 무선 기술은 디지털 셀룰러 전화 연결, 셀룰러 디지털 패킷 데이터(CDPD) 연결, 디지털 위성 데이터 연결(digital satellite data connection) 또는 다른 연결을 포함한다.

[0040] 도 3a-i의 하드웨어 컴포넌트들을 포함하고 있는, 다른 많은 기기들 또는 서브시스템(미도시)이 유사한 방식으로 연결될 수 있는데(예컨대 문서 스캐너, 디지털 카메라 등), 이들은 대안적으로 근거리 통신망, 광역 통신망, 무선 통신망 또는 통신 시스템을 통하여 연계된 컴퓨터 자원(computational resources)과 통신할 수 있다. 따라서 일반적으로 본 개시에서는 하드웨어 컴포넌트들이 컴퓨팅 자원(computing resources)에 직접 연결되어 있는 실시형태를 논의할 수 있지만, 본 기술분야의 통상의 기술자는 이러한 하드웨어는 컴퓨팅 자원과 원격으로 연결될 수 있다는 것을 인식한다. 역으로, 본 개시를 실행하기 위하여 도 2에 도시되어 있는 모든 기기들이 존재할 필요가 없다. 기기 및 서브시스템들은 도 2에 도시된 것과 다른 방법으로 상호 연결될 수 있다. 도 2에 도시된 것과 같은 컴퓨터 시스템의 작동은 해당 분야에서 잘 알려져 있으며, 이 출원에서 상세하게 논의되지 않는다. 본 개시를 구현할 수 있는 소프트웨어 소스 코드 및/또는 오브젝트 코드는 하나 이상의 시스템 메모리(217), 고정 디스크(244), 광디스크(242), 또는 플로피 디스크(238)와 같은 컴퓨터-판독 저장 매체에 저장될 수 있다. 컴퓨터 시스템(210)에 제공되는 운영 체제는 다양하거나 다른 버전의 MS-DOS[®](MS-DOS는 워싱턴 주, 레드몬드 소재의 마이크로소프트사의 등록 상표이다), WINDOWS[®](WINDOWS는 워싱턴 주, 레드몬드 소재의 마이크로소프트사의 등록 상표이다), OS/2[®](OS/2는 뉴욕 주, 아르몽크(Armonk) 소재의 IBM사(International Business Machines Corporation)의 등록 상표이다), UNIX[®](UNIX는 영국, 리딩 소재의 엑스오픈사(X/Open Company Limited)의 등록 상표이다), Linux[®](Linux는 오리건 주, 포틀랜드 소재의 리누스 토발즈(Linus Torvalds)의 등록 상표이다), 또는 다른 공지되거나 개발된 운영 체제 중 하나일 수 있다.

[0041] 아울러, 본 명세서에서 설명되는 신호와 관련하여, 통상의 기술자라면 신호가 제 1 블록에서 제 2 블록으로 직접 전송되거나, 또는 신호가 이들 블록 사이에서 변경(modified, 예: 증폭(amplified), 감쇠(attenuated), 지연(delayed), 잠금(latched), 버퍼링(buffered), 반전(inverted), 필터링(filtered), 또는 다른 변경)될 수 있다는 것을 인식한다. 전송한 실시형태의 신호들은 한 블록에서 다음 블록으로 전송되는 것으로 특징지어지나, 신호의 정보적 및/또는 기능적인 측면이 블록들 사이에서 전송되는 한, 본 개시의 다른 실시형태는 그와 같은 직접 전송된 신호를 대신하여 변경된 신호를 포함할 수 있다. 어느 정도, 관련된 신호의 물리적 한계(예컨대 일부 감쇠 및 지연이 불가피하게 있을 것이다)로 인하여, 제 2 블록에서의 신호 입력은 제 1 블록으로부터의 제 1 신호 출력에서 유래되는 제 2 신호로서 개념화될 수 있다. 따라서 본 명세서에서 제 1 신호에서 유래되는 제 2 신호는 제 1 신호 또는, 회로 제한으로 인하여 또는 제 1 신호의 정보적 및/또는 최종 기능적 면을 바꾸지 않는 다른 회로 소자(circuit element)의 통과로 인한, 제 1 신호에 대한 임의의 변경을 포함하는 것으로 사용된다.

[0042] 본 발명은 수술 하드웨어 및 소프트웨어 모니터링 시스템 및 방법에 관한 것으로, 환자가 수술에 여유가 있는 동안, 예를 들어 환자가 수술을 준비하는 동안에 이 시스템이 수술 부위를 모델화 할 수 있도록 수술 계획을 가능하게 한다. 이 시스템은 도 3a에서 기준키(fiducial key, 10)로 표시되어 있는 특별하게 구성되는 하드웨어 피스(piece of hardware)를 사용하여, 수술의 임계 영역(critical area)에 대하여 모니터링 시스템의 트래킹 마커(tracking marker, 12)를 일정 방향으로 향하게 한다(orient). 기준키(10)는 의도된 수술 영역에 인접한 위치로 부착되는데, 도 3a의 치과 시술 영역의 예시적인 실시형태에서, 기준키(10)는 치과 부목(dental splint, 14)에 부착되어 있다. 트래킹 마커(12)는 트래킹 폴(tracking pole, 11)에 의하여 기준키(10)에 연결될 수 있다. 수술 부위에 관한 영상 정보를 포착하는(acquire) 적절한 트래커로 기준 레퍼런스가 직접 보이는 실시형태에서(예를 들어 도 5 및 도 6 참조), 트래킹 마커는 기준 레퍼런스에 직접 부착될 수 있다. 예를 들어 치과 수술에서, 수술 영역 인근에 기준키(10)를 확실히 위치시킬 수 있도록 치아 트래킹 마커(dental tracking marker, 14)가 사용될 수 있다. 트래커에 의하여 트래킹 마커(12)로부터 포착된 데이터의 지속적인 영상 처리를 위하여, 이 기준키(10)는 레퍼런스 포인트(point of reference), 즉, 기점(fiducial)으로 사용될 수 있다.

[0043] 다른 실시형태에서, 추가적인 트래킹 마커(12)가 기준키(10) 및 이 기준키와 연계된 임의의 트래킹 폴(11) 또는

트래킹 마커(12)와는 별개인 아이템에 부착될 수 있다.

- [0044] 또 다른 실시형태에서, 수술 부위에 인접한 아이템 또는 도구(instrument) 중 적어도 하나는 본 발명의 모니터링 시스템을 위한 트래커로서 기능하도록 부착된 트래커를 가지고 있어서, 트래킹 마커(12) 및 수술 영역의 스캔 데이터에 대하여 임의의 다른 추가적인 트래킹 마커의 방향 및 위치를 감지한다. 일례로서, 기구에 부착되어 있는 트래커는 소형(miniature) 디지털 카메라일 수 있으며, 예를 들어, 치과의사용 드릴에 부착될 수도 있다. 이 아이템 또는 기구에 부착된 트래커에 의하여 추적되는 임의의 다른 마커들은 그 트래커의 시계(field of view) 안에 있어야 한다.
- [0045] 치과 수술의 경우를 사용하면, 수술 부위의 초기 스캔을 얻기 위하여 환자는 스캐닝된다. 기준키(10)의 특정한 형태로 인하여, 예를 들어 도 2의 컴퓨터(210)의 프로세서(214) 및 메모리(217), 메모리 내에 저장되어 있으며 적절한 컨트롤러에서 실행되는 컴퓨터 소프트웨어는 스캔 데이터로부터 수술 부위 내에서 그 상대적인 위치를 인식할 수 있으므로, 기준키(10)의 위치 및 방향을 참조하여 추가적인 관찰이 이루어질 수 있다. 일부 실시형태에서, 기준 레퍼런스는 스캐닝되었을 때 인식 가능한 식별 상징(identifying symbol)으로서 명확한 마킹을 포함한다. 다른 실시형태에서, 기준 레퍼런스는, 스캔 상에서 나타나는 신체는 스캔 분석으로부터 명확하게 결정될 수 있는 전면, 후면, 상면, 하면, 및 좌/우가 정의되어 있는 특징을 보여주며 이에 따라 기준 레퍼런스의 위치는 물론이고 그 방향까지도 결정할 수 있게 하는 비대칭적인 형태를 가지고 있다는 점에서, 구별되는 형상(shape)을 포함하고 있다.
- [0046] 아울러, 컴퓨터 소프트웨어는 치아, 턱뼈, 피부 및 잇몸 조직(gum tissue), 다른 수술 기구 등과 같이 스캔에서의 객체를 구성하기 위한 좌표계를 생성할 수 있다. 이 좌표계는 스캔 상의 영상을 기점 주변의 공간으로 연관시키고, 방향 및 위치 모두에 의하여 마커를 지니는 기구를 위치시킨다. 모니터링 시스템에 의해 생성된 이 모델은 경계 조건(boundary condition)을 점검하기 위하여 사용될 수 있고, 트래커와 공조하여 실시간으로 그 배치를 적절한 디스플레이, 예를 들어 도 2의 디스플레이(224) 상으로 표시한다.
- [0047] 하나의 실시형태에서, 컴퓨터 시스템은 기준키(10)의 물리적 구성(physical configuration)에 대한 소정의 지식을 가지고 있어서, 기준키(10)를 위치시키기 위하여 스캔의 슬라이스/섹션(slices/sections)을 점검한다. 기준키(10)를 위치시키는 작업은 그 독특한 형상에 근거하거나, 또는 기준키 상에서 또는 트래킹 마커(12)와 같은 기준키(10)로의 부착물 상에서 뚜렷하게 식별되고 방향성을 가지는 마킹에 근거할 수 있다. 기준키(10)의 구성에 있어서, 방사선-비투과성(radio-opaque) 소재 또는 고밀도 소재를 채택한 높은 영상처리 콘트라스트(higher imaging contrast)를 통하여, 기준키(10)가 스캔에서 뚜렷하게 보이도록 할 수 있다. 다른 실시형태에서, 적절한 고밀도 또는 방사선-비투과성 잉크 또는 소재를 사용하여, 뚜렷하게 식별되고 방향성을 갖는 마킹 소재가 생성될 수 있다.
- [0048] 일단 기준키(10)가 식별되면, 스캔 분할(scan segments)로부터 기준키(10)의 위치 및 방향이 결정되고, 기준키(10) 내의 한 지점(point)이 좌표계의 중앙으로 할당된다. 이렇게 선택된 지점은 임의로 선택될 수 있고, 또는 그 선택은 몇몇 유용한 기준(criterion)에 근거할 수 있다. 모델은 이어서 변형 매트릭스의 형태로 유도되어 기준 시스템(fiducial system)과 연계되는데, 하나의 특정 실시형태에서 기준키(10)가 수술 부위의 좌표계로 연계된다. 그 결과로 생성되는 가상 구현(virtual construct)은 고려되는(contemplated) 시술의 가상 모델링을 위한 시술 절차 계획 소프트웨어(surgical procedure planning software)에 의해 사용될 수 있으며, 수술 소프트웨어를 위한 영상 보조(imaging assistance)를 제공하고/제공하거나 시술 절차를 수행하기 위한 경로(trjectories)를 그래프로 나타내기 위한(plotting) 목적의 기구를 구성하기 위한 구현 소프트웨어에 의해 대안적으로 사용될 수 있다.
- [0049] 일부 실시형태에서, 모니터링 하드웨어는 기준 레퍼런스로의 트래킹 부착물을 포함한다. 치과 시술과 관련된 실시형태에서, 기준키(10)로의 트래킹 부착물은 트래킹 마커(12)인데, 이 트래킹 마커(12)는 트래킹 폴(11)을 경유하여 기준키(10)에 부착되어 있다. 트래킹 마커(12)는 특별한 식별 패턴을 가질 수 있다. 예를 들어 트래킹 마커(12)인 추적 가능한 부착물과, 아울러 연계되어 있는 트래킹 폴(11)은 공지된 구성을 가지고 있어서, 트래킹 폴(11) 및/또는 트래킹 마커(12)로부터 전송된 관찰 데이터가 좌표계로 정확히 도해될 수 있고(mapped), 이에 따라 시술 절차의 진행이 모니터링 되고 기록될 수 있다. 예를 들어, 특히 도 3j에 도시된 것과 같이, 기준키(10)는 트래킹 폴(11)의 인서트(17)와 체결되도록 특별히 조정되어 있는 소정의 위치에 홀(15)을 가질 수 있다. 예를 들면, 이러한 배치에서, 트래킹 폴(11)은 작은 힘을 사용하여 기준키(10)의 홀(15) 내부로 부착될 수 있으며, 이에 따라 이러한 부착이 성공적으로 완료되면 청각적 알림(audible haptic notification)이 부여될 수 있다.

- [0050] 시술 절차에서 트래킹 폴의 방향을 전환하는 것이 또한 가능하다. 예를 들어 치과 시술이 구강 반대쪽의 치아를 다루는 경우, 외과위가 손을 바꾸는 경우, 및/또는 2번째 외과위가 시술의 일부분을 수행하는 경우, 시술 위치를 변경하기 위하여 이러한 방향전환이 있을 수 있다. 예를 들어 트래킹 폴의 이동으로 인하여 좌표계에 대한 이 트래킹 폴의 재-등록(re-registration)이 유발될 수 있어서, 그 위치는 그에 따라 조절될 수 있다. 예를 들어 치과 시술 실시형태의 경우에, 부착된 트래킹 마커(12)를 구비한 트래킹 폴(11)이 기준키(10)의 홀(15)에서 분리되고, 연계된 트래킹 폴을 구비한 다른 트래킹 마커가 기준키(10)의 대안적인 홀에 연결될 때, 이러한 재-등록이 자동적으로 개시될 수 있다. 아울러, 소프트웨어에서 경계 조건이 구현되어, 관찰 데이터가 그 경계 영역에 접근하고/접근하거나 들어설 때 사용자에게 통지될 수 있다.
- [0051] 본 발명을 활용하는 시스템의 또 다른 실시형태에서, 본 명세서에서 "핸드피스(hand piece)"(도 5 및 6 참조)로 명명되는 수술 기구 또는 수술 도구(surgical instrument or implement)는 좌표계 내에 위치시켜 추적할 수 있는 독특한 구성을 가질 수 있으며, 본 명세서에서 설명되는 것과 같은 적절한 트래킹 마커를 가질 수 있다. 가상 소재(virtual material)와의 잠재적인 충돌을 나타내기 위한 경계 조건이 설정될 수 있어서, 핸드피스가 경계 조건에 접근하는 것으로 감지될 때, 스크린 상에 표시가 보일 수 있으며, 또는 알람 사운드가 있을 수 있다. 뿐만 아니라, 원하는 수술 영역을 나타낼 수 있도록 표적 경계 조건(target boundary condition)이 설정될 수 있어서, 핸드피스의 경로가 표적 영역을 벗어나는 추세일 때, 그 핸드피스가 원하는 경로를 벗어나고 있다는 것을 나타내는 표시가 스크린 상에 보이거나 또는 알람 사운드가 있을 수 있다.
- [0052] 몇 개의 하드웨어 컴포넌트의 대안적인 실시형태가 도 3g-i에 도시되어 있다. 기준키(10')는 적절한 연결부를 구비한 연결 요소를 가지고 있어서, 트래킹 폴(11')이 수술 부위에 대하여 트래킹 마커(12')를 위치시키도록 한다. 독특한 형상을 가지고 있지만, 개념적으로 기준키(10')는, 전술한 실시형태와 매우 동일한 방식으로, 폴(11') 및 트래킹 마커(12')에 대한 앵커로서 기능한다. 모니터링 시스템의 소프트웨어는 각각 특별하게 식별되는 기준키, 트래킹 폴, 트래킹 마커의 구성을 가지도록 사전-프로그램 되어 있어서, 그 위치 계산은 변화된 구성 파라미터에 따라 변경될 뿐이다.
- [0053] 규제 요건 및 실질적 고려사항에 따라 하드웨어 컴포넌트의 소재는 다를 수 있다. 일반적으로, 키 또는 기준 컴포넌트는 통상적으로 방사선-비투과성 소재로 제조되어 스캔에 대한 노이즈를 발생하지는 않지만, 스캐닝된 영상 위에 인식할 수 있는 콘트라스트를 생성하므로 이와 연관된 임의의 식별 패턴을 인식할 수 있다. 아울러, 일반적으로 환자에 위치하고 있기 때문에, 이 소재는 경량이어야 하며, 환자에게 놓인 장치로의 연결에 적합해야 한다. 예를 들어, 치과 시술의 경우에, 기준키의 소재는 플라스틱 부목으로의 연결에 적합해야 하며, 트래킹 폴의 연결에 적합해야 한다. 수술의 경우에, 기준키의 소재는 피부 또는 환자의 다른 특정 조직으로의 부착에 적합해야 한다.
- [0054] 이에 한정되지는 않지만, 예를 들어 높은 콘트라스트 패턴 조판(pattern engraving)을 채택함으로써, 트래킹 마커는 선명히 식별된다. 트래킹 마커의 소재로서는 오토클레이브(autoclave) 공정에서의 손상에 내성이 있고, 커넥터 구조로의 견고하고, 반복 가능하며, 신속한 연결에 어울리는(compatible) 소재가 선택된다. 트래킹 마커와 그에 연결된 트래킹 폴은 다른 수술 위치를 위한 다른 위치에 수용될 수 있는 성능을 가지고 있으며, 기준키와 마찬가지로, 이들은 환자 상부에 또는 환자에 대하여 안착될 것이므로 상대적으로 경량이어야 한다. 트래킹 폴은 마찬가지로 오토클레이브 공정에 어울려야 하며 트래킹 폴 중에서 공유된 형태의 커넥터를 가져야 한다.
- [0055] 기준키를 추적할 때 채택되는 트래커인 트래킹 폴과 트래킹 마커는 1.5 제곱미터 크기의 객체를 매우 정확하게 추적할 수 있어야 한다. 한정되지 않는 하나의 실시예로서, 트래커는 이 트래커는 스테레오 카메라 또는 스테레오 카메라 쌍이다. 감각적 입력(sensory input)을 관독할 수 있도록 일반적으로 트래커는 와이어에 의하여 컴퓨팅 장치에 연결되지만, 이 감각적 데이터를 컴퓨팅 장치로 전송하기 위하여 선택적으로 무선 연결을 가질 수 있다.
- [0056] 핸드피스와 같이 추적 가능한 기구 피스(piece of instrumentation)를 추가적으로 채택하는 실시형태에서, 이 추적 가능한 기구 피스에 부착되는 트래킹 마커는 또한 경량이어야 하며, 90° 간격을 갖는 3개의 객체 어레이 내에서 작동할 수 있어야 하며, 선택적으로 높은 콘트라스트 패턴 조판과, 표준 핸드피스에 대하여 견고하고 신속한 장착 메커니즘을 가지고 있어야 한다.
- [0057] 본 발명의 다른 측면에서, 도 4a-c에 예시된 것과 같이 수술 활동(surgical activity)을 추적하기 위한 자동 등록 방법(automatic registration method)이 제시되고 있다. 제한되는 것은 아니지만, 도 4a와 도 4b는 함께 스캔 데이터로부터 기준 레퍼런스의 3차원 위치 및 방향을 결정하기 위한 하나의 방법의 플로 차트이다. 도 4c는 트래커에 의해 획득된 영상 정보에서 적절한 트래킹 마커의 존재를 확인하고 이 영상 정보에 근거하여 기준 레

퍼런스의 3차원 위치 및 방향을 결정하기 위한 방법의 플로 차트를 제시한다.

- [0058] 도 4a 및 도 4b에 기술된 것과 같이, 일단 과정이 시작되면(402), 시스템은 예를 들어 CT 스캐너로부터 스캔 데이터 세트를 획득하고(404), 기점 및 특별한 스캐너 모델의 지식에 근거하여 스캔과 함께 제공되거나 제공되지 않을 수도 있는, 기점에 대한 디폴트(default) CT 스캔 하운스필드 유닛(Hounsfield unit, HU) 값을 체크하고(406), 만약 이러한 문턱값(threshold value)이 존재하지 않는다면 일반화된 소정의 디폴트값이 채택된다(408). 계속해서, 기준기 값과 연계되어 있는 예측값 밖의 하운스필드 데이터 값으로 스캔 분할을 제거하여 이 데이터가 처리되고(410), 남아 있는 포인트의 수집이 뒤따른다(412). 만약 데이터가 비어있다면(414), CT 문턱값이 조절되고(416), 원래의 값이 복원되며(418), 스캔 분할의 분할 처리가 계속된다(410). 그렇지 않으면, 현존하는 데이터를 사용하여 매스(mass)의 중앙이 계산되고(420), X, Y, Z 축의 계산이 이루어진다(422). 만약 매스의 중앙이 XYZ 축의 교차점에 있지 않으면(424), 사용자에게 통지되고(426), 과정이 종료된다(428). 만약 매스의 중앙이 XYZ 교차점에 있으면(424) 그 데이터 지점은 설계된(designed) 기준 데이터와 비교된다(430). 만약 누적오차(cumulative error)가 허용되는 최대오차보다 크다면(432), 사용자에게 통지되고(434), 이 과정은 종료된다(436). 그렇지 않으면, XYZ 교차점에서 좌표계가 정의되고(438), 스캔 프로파일(scan profile)은 HU 유닛을 위하여 업데이트된다(440).
- [0059] 도 4c로 돌아가면, 적절한 카메라 또는 다른 센서인 트래커로부터 영상이 획득된다(442). 트래킹 마커가 영상 정보 내에 존재하는지를 결정하기 위하여 영상 정보가 분석된다(444). 만약 존재하지 않으면, 이 절차를 계속하여야 하는지의 여부가 사용자에게 문의된다(queried, 446). 그렇지 않으면, 이 과정은 종료된다(448). 만약 이 과정이 계속되려면, 사용자는 영상 정보 내에 트래킹 마커가 발견되지 않았다는 것을 통지받을 수 있고(450), 과정은 영상 정보를 획득하는 과정으로 돌아간다(442). 만약 영상 정보에 근거하여 트래킹 마커가 발견되었거나 또는 전술한 통지에 따라 사용자에게 의해 트래킹 마커가 부착되었다면(450), 적절한 데이터베이스로부터 기준 레퍼런스에 대한 트래킹 마커의 오프셋(offset) 및 상대적 방향이 획득된다(452). 용어 "데이터베이스"는 본 명세서에서 형식적인 다중-요소(formal multi-element) 또는 다차원 데이터베이스로 구성되었든지 또는 그렇지 않은지 간에, 이러한 정보의 임의의 소스, 양(amount) 및 배치를 설명하기 위하여 사용된다. 본 발명의 이 실시형태의 간단한 구현에서 오프셋 값과 상대적 방향을 포함하는 단일 데이터 세트가 충분할 수 있으며, 이 단일 데이터 세트는 예를 들어 사용자에게 의해 제공되거나 또는 컨트롤러의 메모리 유닛 내에 있거나, 분리된 데이터베이스 또는 메모리 내에 있을 수 있다.
- [0060] 기준 레퍼런스로 좌표계의 원점(origin)을 정의하고, 영상 정보에 근거한 기준 데이터의 3차원 방향을 결정하기 위하여 트래킹 마커의 오프셋 및 상대적 방향이 사용되고(454), 등록 과정이 종료된다(458). 실시간으로 기준 레퍼런스의 위치와 방향을 모니터링 할 수 있도록, 이 과정은 단계 454로부터 반복되어(loop back), 카메라로부터 새로운 영상 정보를 획득할 수 있다(442). 사용자가 이 과정을 종료할 수 있도록 적절한 질의 포인트(query point)가 포함될 수 있다. 영상 데이터로부터 소정의 형상을 가지거나 표시된 트래킹 마커의 방향 및 위치를 결정하기 위한 상세한 방법은 본 기술분야의 기술자에게 알려져 있으며 여기서는 반복하지 않을 것이다. 수술 부위에 인접한 트래킹 마커를 지니는 임의의 아이템의 움직임을 추적할 수 있도록 이렇게 유도된 좌표계가 사용된다. 다른 등록 시스템이 또한 생각될 수 있는데, 예를 들어 소정의 오프셋이 아니라 현재의 다른 감각적 데이터를 사용하거나 또는 기점이 전송 용량(transmission capacity)을 가지도록 하는 것이다.
- [0061] 본 발명의 실시형태의 한 예가 도 5에 도시되어 있다. 소정의 치아에 장착되며 견고하게 장착된 트래킹 마커(504)를 가지는 기준기(502) 이외에도, 예를 들어 치과용 드릴일 수 있는 핸드 피스인 추가적인 기구 또는 도구(506)가 모니터링 시스템의 트래커로서 기능하는 카메라(508)에 의해 관찰될 수 있다.
- [0062] 본 발명의 실시형태의 다른 예가 도 6에 도시되어 있다. 예를 들어 인간의 배(stomach) 또는 가슴일 수 있는 수술 부위(600)는, 트래킹 마커(604)를 지지할 수 있도록 소정 위치에 고정되어 있는 기준기(602)를 가질 수 있다. 내시경(606)은 다른 트래킹 마커를 가질 수 있으며, 생검 니들(biopsy needle, 608)은 또한 수술 부위에서 트래킹 마커를 지니도록 제시될 수 있다. 센서(610)는 예를 들어 카메라, 적외선 감지기 또는 레이더(RADAR)이다.
- [0063] 도 7a에 개략적으로 도시되어 있는, 본 발명의 수술 모니터링 시스템의 또 다른 실시형태에서, 기준기는 다중-요소 기준 패턴(710)을 포함할 수 있다. 하나의 실시형태에서, 이 다중-요소 기준 패턴(710)은 분리성 패턴(dissociable pattern)일 수 있다. 용어 "분리성 패턴"은 본 명세서에서 위상적으로(topologically) 서로 맞춰져서 연속적인 전체 패턴(whole pattern)을 형성하고, 전체 또는 부분적으로 상호간 일시적으로 분리될 수 있는 다수의 분할 패턴을 포함하는 패턴을 설명하기 위하여 사용된다. 용어 "과단성 패턴(breakable pattern)"은 이

러한 분리성 패턴을 설명하기 위한 대안적 용어로 사용된다. 본 발명의 다른 구현예에서, 다중-요소 기준 패턴(710)의 분할은 연속적인 패턴을 형성하지 않으며, 대신에 다중-요소 기준 패턴(710)이 수술 부위의 임계 영역에 인접한 환자의 신체에 적용되었을 때, 분할 상호간에 대하여 그 위치 및 방향이 알려진다. 다중-요소 기준 패턴(710)이 부착되는 수술 부위의 스캔 데이터에 근거하여, 각각의 분할 패턴(720)은 개별적으로 위치할 수 있다.

[0064] 하나 이상의 다양한 방식으로 상호간으로부터 구분되는(differentiated) 적절한 트래커(730)에 의해서만 분할 패턴(720)이 고유하게 식별될 수 있다. 분할 패턴(720)은 상호간에 구분될 수 있는 형상을 가지고 있어서, 이들의 방향을 또한 식별하게 할 수 있다. 분할 패턴(720)은 하나 이상의 다양한 방식으로 고유하게 표시될 수 있는데, 이 방식은 바코딩(barcoding) 또는 방향-정의 기호(orientation-defining symbols)를 포함하지만, 이에 한정되지 않는다. 마킹은 분할 패턴(720) 상에 직접 있을 수 있고, 또는 분할 패턴(720)에 부착된 트래킹 마커(740) 상에 있을 수 있다. 마킹은 다양한 방법에 의해 수행될 수 있는데, 조판(engraving) 또는 인쇄(printing)를 포함하지만, 이에 한정되지 않는다. 도 7a 및 7b에 도시되어 있는 실시형태에서, 비-한정적인 예로서 문자 F, G, J, L, P, Q 및 R이 사용되었다.

[0065] 다중-요소 기준 패턴(710) 및 분할 패턴(72), 그리고 이들에 부착되는 임의의 트래킹 마커(740)의 소재는 규제 요건과 실제 고려사항에 따라 다양할 수 있다. 일반적으로, 키 또는 기준 컴포넌트는 통상 방사선 비투과성 소재로 제조되어, 스캔에 대한 노이즈를 발생하지 않지만, 스캐닝된 영상 위에 인식 가능한 콘트라스트를 생성하여 그 소재와 관련된 임의의 식별 패턴이 인식될 수 있다. 트래커(730)에 의해 더욱 명확히 구분될 수 있도록, 다중-요소 기준 패턴(710)과 분할 패턴(720)은 인간의 피부와 구분되는 착색 차이(coloration difference)를 가질 수 있다. 아울러, 이 소재들은 일반적으로 환자 위에 위치하고 있으므로, 경량이어야 한다. 이 소재들은 또한 오토클레이브 공정에서의 손상에 내성이 있어야 한다.

[0066] 수술 부위 내부에 다중-요소 기준 패턴(710)을 위치시키고 영상화(image)하기 위하여 위에서 설명된 임의 형태의 적절한 트래커가 사용된다. 다중-요소 기준 패턴(710)의 구축에서, 방사선-비투과성 소재나 고밀도 소재의 채택에 의한 높은 영상처리 콘트라스트를 통하여 수술 부위의 스캔에서 다중-요소 기준 패턴이 뚜렷하게 보이도록 할 수 있다. 다른 실시형태에서, 적절한 고밀도 소재 또는 방사선-비투과성 잉크를 사용하여 분할 패턴(720) 또는 트래킹 마커(740) 상에 뚜렷하게 식별되고 방향성을 갖는 마킹이 생성될 수 있고, 이에 따라 분할 패턴(720)의 방향이 스캔 데이터에 근거하여 결정될 수 있도록 한다.

[0067] 수술 과정에서 수술 영역은 위치 및 방향에서의 변화를 겪을 수 있다. 예를 들면, 이러한 변화는 환자의 호흡이나 움직임의 결과로 일어날 수 있다. 도 7b에 도시된 것과 같이, 이 과정에서 다중-요소 기준 패턴(710)의 분할 패턴(720)은 그 상대적인 위치를 바꾸고, 또한 일반적으로 그 상대적인 방향을 바꾼다. 분할 패턴(720)의 변경된 위치 및 방향을, 수술 전에 행해진 스캔에서의 이들의 위치 및 방향과 연관시킴으로써, 일반적으로 수술 부위에 인접한 환자 신체의 피하 이동(subcutaneous motion)에 대한 정보를 획득하기 위하여, 이들 변화에 대한 정보가 사용될 수 있다.

[0068] 예로서 복부수술(abdominal surgery)을 이용하여, 환자는 예를 들어 x-레이, 자기공명영상(MRI), 컴퓨터단층촬영(CT), 또는 콘빔 컴퓨터단층촬영(CBCT)에 의해 스캐닝되어 수술 부위의 초기 영상을 획득한다. 다중-요소 기준 패턴(710)의 독특한 구조로 인하여 컴퓨터 소프트웨어는 수술 부위 내에서 그 상대적인 위치를 인식할 수 있어서, 다중-요소 기준 패턴(710)의 위치 및 방향을 모두 참조하여 추후 관찰이 이루어질 수 있다. 사실 컴퓨터 소프트웨어는 피부, 기관, 뼈 및 다른 조직과 같은 스캔 내의 객체를 구성하기 위한 좌표계, 적절한 트래킹 마커를 지니는 다른 수술 도구 및 다중-요소 기준 패턴(710)의 분할(720) 등을 생성할 수 있다.

[0069] 하나의 실시형태에서, 컴퓨터 시스템은 다중-요소 기준 패턴(710)의 구성에 대한 소정의 지식을 가지고 있어서, 분할 패턴(720)의 소재인 방사선-비투과 밀도, 이들의 형상 및 이들의 독특한 트래킹 마커(740) 중 하나 이상에 근거하여, 다중-요소 기준 패턴(710)의 분할 패턴(720)을 위치시키기 위하여 수술 부위의 스캔 슬라이스를 검사한다. 일단 분할 패턴(720)의 위치 및 방향이 결정되면, 다중-요소 기준 패턴(710)의 내부 또는 인접한 지점(point)이 좌표계의 중앙으로 할당된다. 이렇게 선택된 지점은 임의로 선택될 수 있고, 또는 그 선택은 몇몇 유용한 기준에 근거할 수 있다. 다중-요소 기준 패턴(710)을 수술 부위의 좌표계와 연관시키기 위하여 변형 매트릭스가 유도된다. 그 결과로 생성되는 가상 구현은 고려되는 시술의 가상 모델링을 위한 시술 절차 계획 소프트웨어에 의해 사용될 수 있으며, 수술 소프트웨어를 위한 영상 보조를 제공하고/제공하거나 시술 절차를 수행하기 위한 경로를 그래프로 나타내기 위한 목적의 기구를 구성하기 위한 구현 소프트웨어에 의해 대안적으로 사용될 수 있다.

- [0070] 수술 과정에서 신체가 움직임에 따라 다중-요소 기준 패턴(710)은 그 형상을 바꾼다. 그 과정에서 분할 패턴(720)의 상대적인 위치와 상대적인 방향이 바뀐다(도 7a 및 7b 참조). 이 과정에서, 별개의 분할 패턴(720)의 무결성(integrity)이 유지되어, 분할 패턴은 트래커(730)에 의해 추적될 수 있는데, 이 트래커는 스테레오 비디오 카메라를 포함하지만, 이에 한정되지 않는다. 변형 매트릭스를 생성하기 위하여, 변환된 다중-요소 기준 패턴(710')은 초기 다중-요소 기준 패턴(710)과 비교될 수 있다. 따라서 분할 패턴(720)의 재위치(relocating) 및 재방향 설정(reorienting)은 수술 부위의 좌표계 내에서 연속적인 기준에 근거하여 도해될 수 있다. 도 7a 및 7b에서, 총 7개의 분할 패턴(720)이 도시되어 있다. 다른 실시형태에서, 다중-요소 기준 패턴(710)은 이보다 많거나 작은 수의 분할 패턴(720)을 포함할 수 있다. 본 발명의 이 실시형태의 수술 모니터링 시스템이 작동하는 동안, 분할 패턴(720)의 선택이 채택될 수 있으며, 다중-요소 기준 패턴(710)의 모든 분할 패턴(720)이 채택되어야 한다는 제한은 없다. 일례로서, 얼마나 많은 분할 패턴(720)이 채택되어야 하는지에 대한 결정은 수행되어야 하는 수술에서 요구되는 해상도(resolution) 또는 예를 들어 도 2의 컴퓨터(210)일 수 있는 컨트롤러의 처리 속도에 근거할 수 있다.
- [0071] 명확성을 기하기 위하여, 도 7a는 분리성 다중-요소 기준 패턴을 채택한다. 다른 실시형태에서, 이 다중-요소 기준 패턴은 디폴트로서, 도 7b의 그것과 같은 분리성 기준 패턴을 가질 수 있다. 수술 과정에서 환자의 신체가 수술 부위 인근의 형상을 바꿈에 따라, 별개의 분할 패턴(720)은 위치를 바꾼다. 또 다른 실시형태에서, 트래킹 마커(740)가 존재하지 않을 수 있으며, 이 트래킹 시스템은 분할 패턴의 고유한 형상에 순전히 근거한 분할 패턴(720)의 추적을 의존할 수 있는데, 대칭 중앙의 부재로 인하여 방향을 결정하는 것을 그 자체에 부여하게 된다. 이미 지정한 것과 같이, 다른 실시형태에서 분할 패턴(720)은 일반적으로 그 주변에서 위상적으로 결합하여 연속적인 표면(continuous surface)을 형성할 수 있는 것으로 제한되지 않는다. 다중-요소 기준 패턴의 일반적인 형상에 대해서도 특별한 제한은 없다.
- [0072] 본 발명의 또 다른 측면에서, 도 8a, 도 8b 및 도 8c의 플로 차트 도면에 도시된 것과 같이, 다중-요소 기준 패턴(710)을 이용하여 수술 활동을 추적하기 위한 자동 등록 방법이 제시되고 있다. 제한되는 것은 아니지만, 도 8a와 도 8b는 같이 스캔 데이터로부터 다중-요소 기준 패턴(710) 중 하나의 분할의 3차원 위치 및 방향을 결정하기 위한 하나의 방법의 플로 차트이다. 도 8c는 다중-요소 기준 패턴(710)의 분할 패턴(720)의 변경된 방향과 위치에 근거하여 수술 부위의 공간적 왜곡(spatial distortion)을 결정하기 위한 방법의 플로 차트를 제시하고 있는데, 수술 부위의 공간적 왜곡을 결정함에 있어서 채택되어야 하는 모든 분할 패턴(every one of the pan segments, 720)으로 도 8a 및 도 8b에 도시되어 있는 방법을 적용시킨 결과를 이용하고 있다. 원칙적으로, 모든 분할 패턴(720)이 채택될 필요는 없다.
- [0073] 도 8a 및 도 8b에 기술된 것과 같이, 일단 과정이 시작되면(802), 시스템은 예를 들어 CT 스캐너로부터 스캔 데이터 세트를 획득하고(804), 기점 및 특별한 스캐너 모델의 지식에 근거하여 스캔과 함께 제공되거나 제공되지 않을 수도 있는, 기점에 대한 디폴트 CT 스캔 하우스필드 유닛(HU) 값을 체크한다(806). 만약 이러한 디폴트값이 존재하지 않는다면, 일반화된 소정의 시스템 디폴트값이 채택된다(808). 계속해서, 기준기 값과 연관되어 있는 예측값 밖의 하우스필드 데이터 값으로 스캔 슬라이스 또는 스캔 분할을 제거하여 이 데이터가 처리되고(810), 남아 있는 포인트의 수집이 뒤따른다(812). 만약 데이터가 비어있다면(814), CT 문턱값이 조절되고(816), 원래의 데이터가 복원되며(818), 스캔 슬라이스의 처리가 계속된다(810). 그렇지 않으면, 현존하는 데이터를 사용하여 매스(mass)의 중앙이 계산되고(820), X, Y, Z 축의 계산이 이루어진다(822). 만약 매스의 중앙이 XYZ 축의 교차점에 있지 않으면(824), 사용자에게 통지되고(826), 과정이 종료된다(828). 만약 매스의 중앙이 XYZ 교차점에 있으면(824), 기점의 패턴은 데이터와 비교되고(836), 만약 누적오차(cumulative error)가 허용되는 최대오차보다 크다면(838), 사용자에게 통지되고(840), 이 과정은 종료된다(842). 만약 누적 오차가 허용되는 최대 오차보다 크지 않다면(838), XYZ 교차점에서 좌표계가 정의되고(844), CT 프로파일은 HU 유닛을 위하여 업데이트된다(846). 수술 부위의 공간적 왜곡을 결정할 때 채택되어야 하는 모든 분할 패턴(720)에 대하여, 도 8a 및 8b의 과정이 반복된다. 이어서, 모든 분할 패턴(720)의 위치 및 방향에 대한 정보가 도 8c의 작업에서 기술된 방법에서 입력으로 사용된다.
- [0074] 도 8c로 돌아가면, 카메라로부터 영상 정보가 획득되고(848), 환자 신체에서의 다중-요소 기준 패턴(710) 중 임의의 특정 분할(720)이 그 영상 정보에 존재하는지의 여부가 결정된다(850). 영상 정보에 특정 분할(720)이 존재하지 않으면, 이 과정이 계속되어야 하는지에 대하여 사용자에게 문의된다(852). 그렇지 않으면, 이 과정은 종료된다(854). 그 과정이 계속되어야 한다면, 특정 분할(720)이 영상 정보 내에 발견되지 않았다고 사용자에게 통지되고(856), 이 과정은 카메라로부터 영상 정보를 획득하는 단계로 돌아간다(848). 단계 850에서 영상 정보 내에 특정 분할 중 하나가 존재한다면, 채택된 모든 다른 분할 패턴(720)이 식별되고, 채택된 모든 분할(720)의

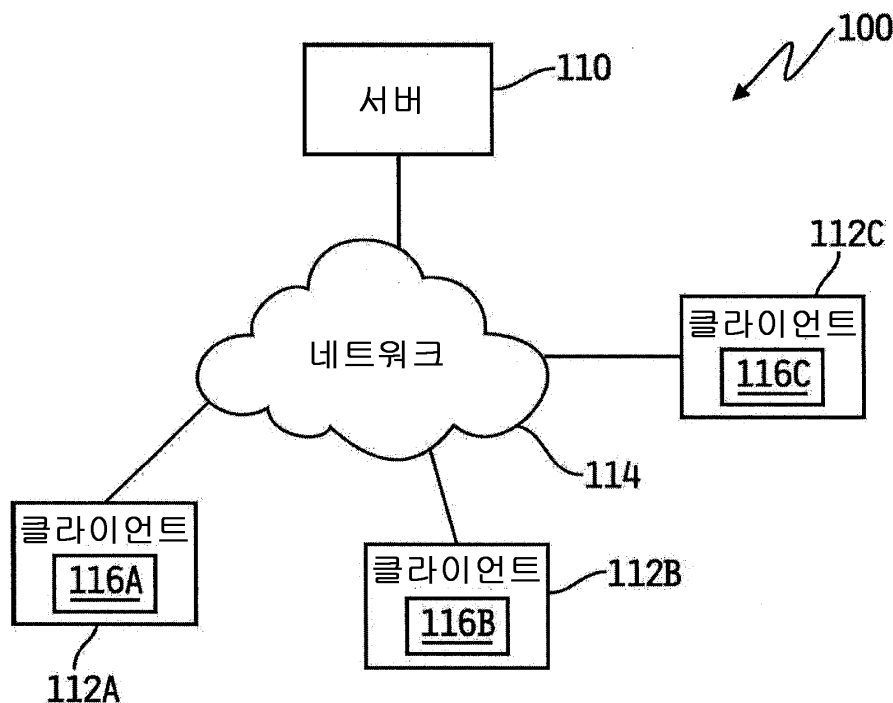
3차원 위치 및 방향은 영상 정보에 근거하여 결정된다(858). 영상 정보에 근거하여 채택된 모든 분할 패턴에 대한 3차원 위치 및 정보는, 스캔 데이터에 근거한 동일한 분할 패턴에 대한 3차원 위치 및 방향과 비교된다(860). 이러한 비교에 근거하여, 수술 부위의 공간적 왜곡이 결정된다(862). 실시간으로 이러한 왜곡을 모니터링 할 수 있도록, 이 과정은 카메라로부터 영상 정보를 획득하는 단계(848)로 복귀한다. 사용자가 이 과정을 종료할 수 있도록 적절한 질의 포인트(query point)가 포함될 수 있다(866). 영상 데이터로부터 소정의 형상 또는 표시를 가지는 트래킹 마커의 위치와 방향을 결정하기 위한 상세한 방법은 본 기술분야의 기술자에게 알려져 있으며 여기서는 반복하지 않을 것이다.

[0075] 전술한 방법에 의해, 예를 들어 도 2의 컴퓨터(210)인 컨트롤러의 소프트웨어는 다중-요소 기준 패턴(710)을 인식할 수 있으며, 다중-요소 기준 패턴(710)의 식별과, 다중-요소 기준 패턴(710)에서 수신된 관찰 데이터에 근거한 다중-요소 기준 패턴의 형상 변화에 근거하여 수술 부위의 모델을 계산할 수 있다. 이로 인하여 다중-요소 기준 패턴(710)에 인접한 해부학적 특징의 위치 및 방향을 실시간으로 계산할 수 있다.

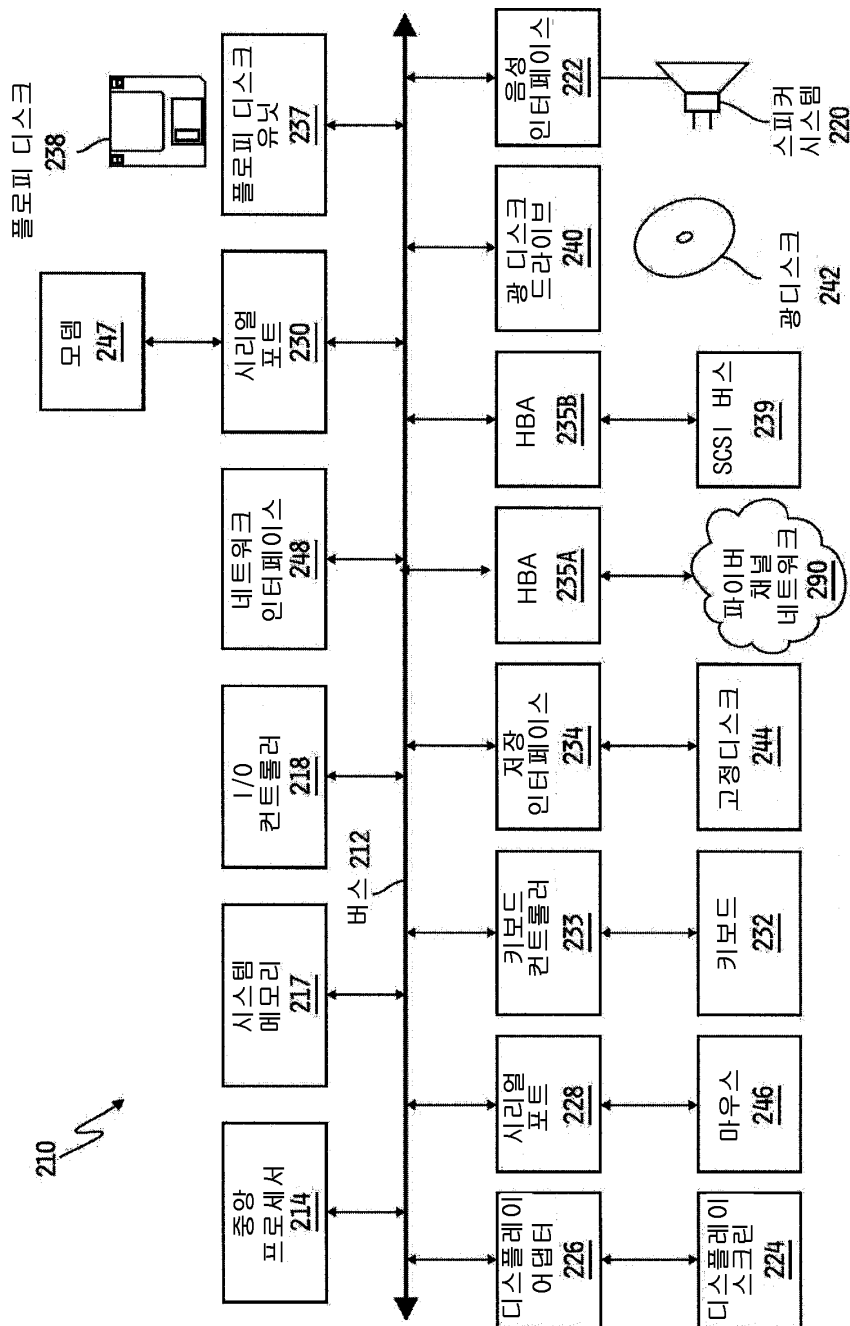
[0076] 본 발명은 예시적인 설계를 가지는 것으로 설명되었으나, 본 발명은 본 개시의 정신 및 범위 안에서 더욱 변경될 수 있다. 이러한 응용은 따라서 그 일반 원칙을 사용하여 본 발명의 임의의 변형, 용도 및 개조를 포괄하고자 의도된다. 아울러, 이러한 응용은 본 발명이 속하는 기술분야에서 공지되거나 일상적인 실행의 범위로서 본 개시로부터의 이러한 이탈을 포괄하고자 의도된다.

도면

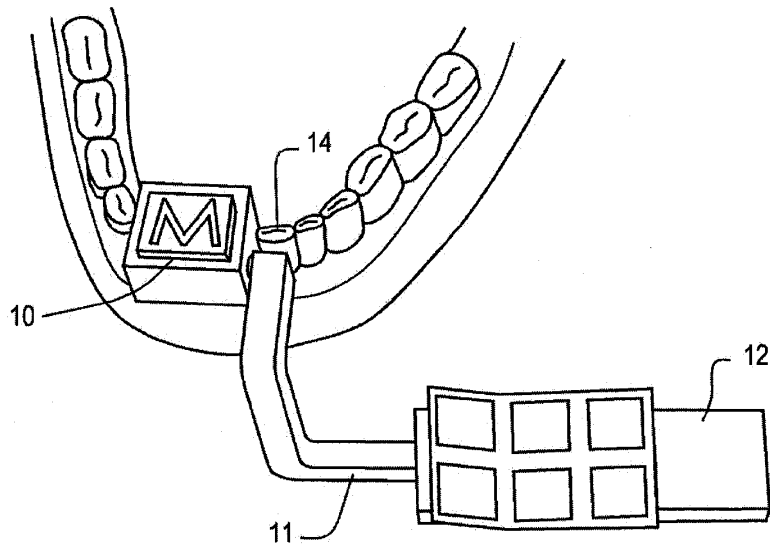
도면1



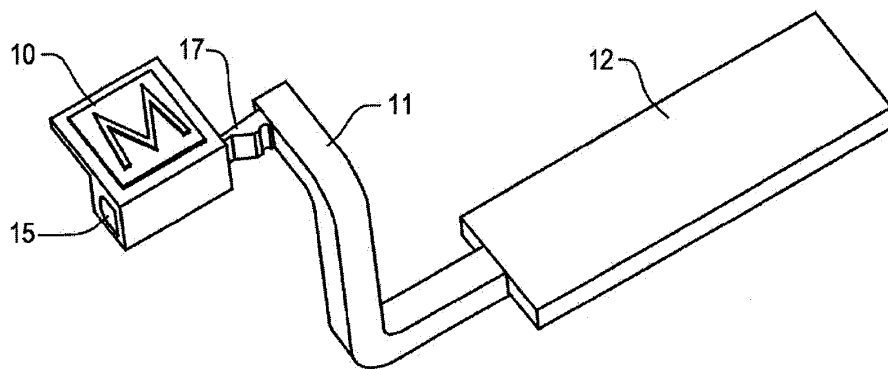
도면2



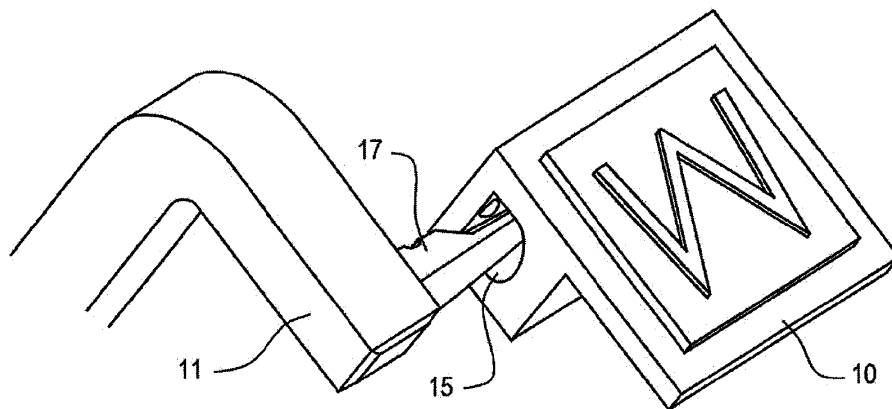
도면3a



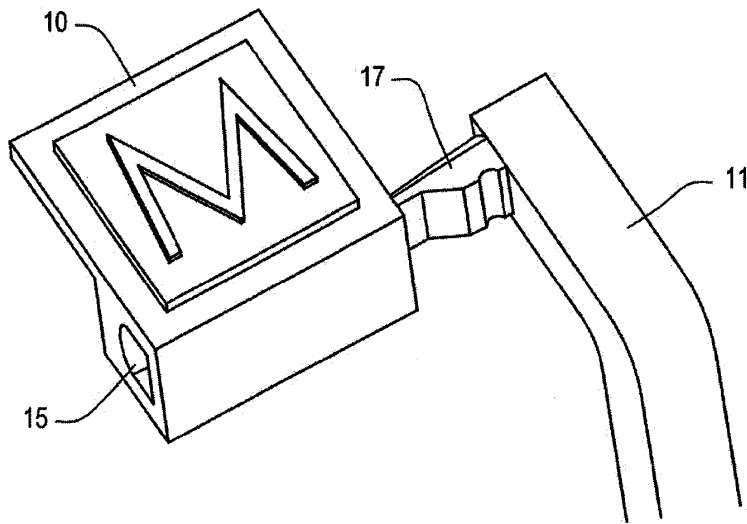
도면3b



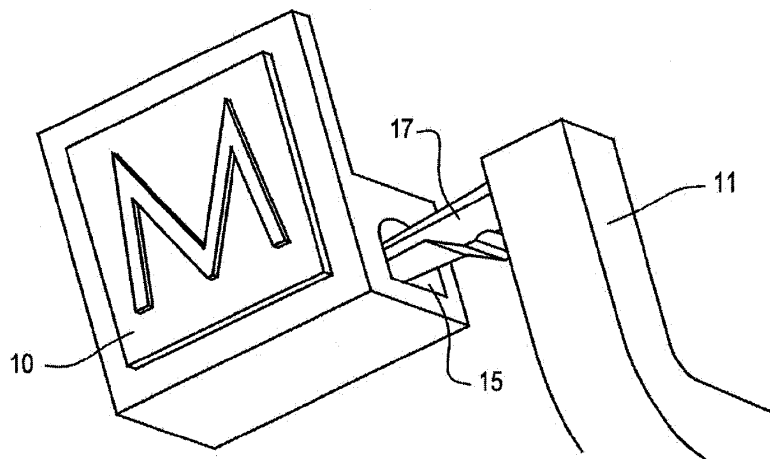
도면3c



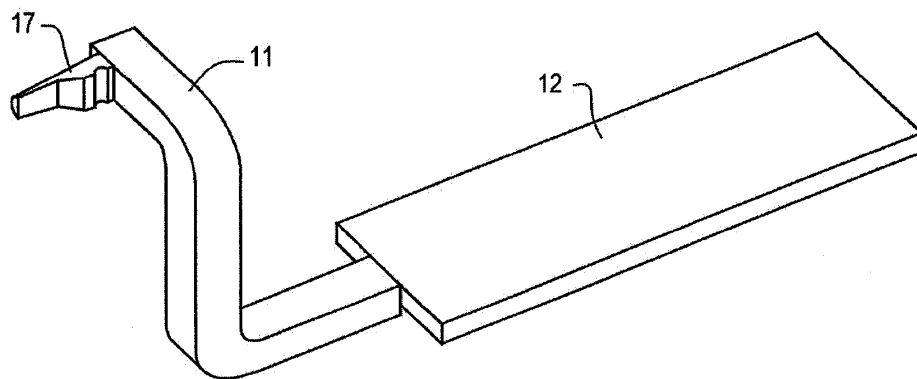
도면3d



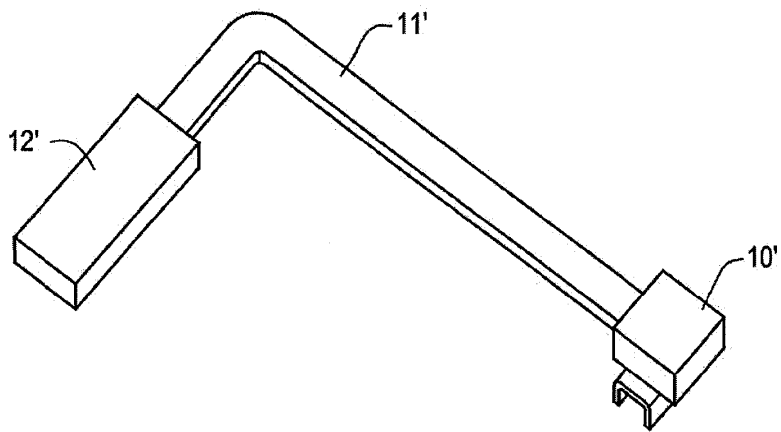
도면3e



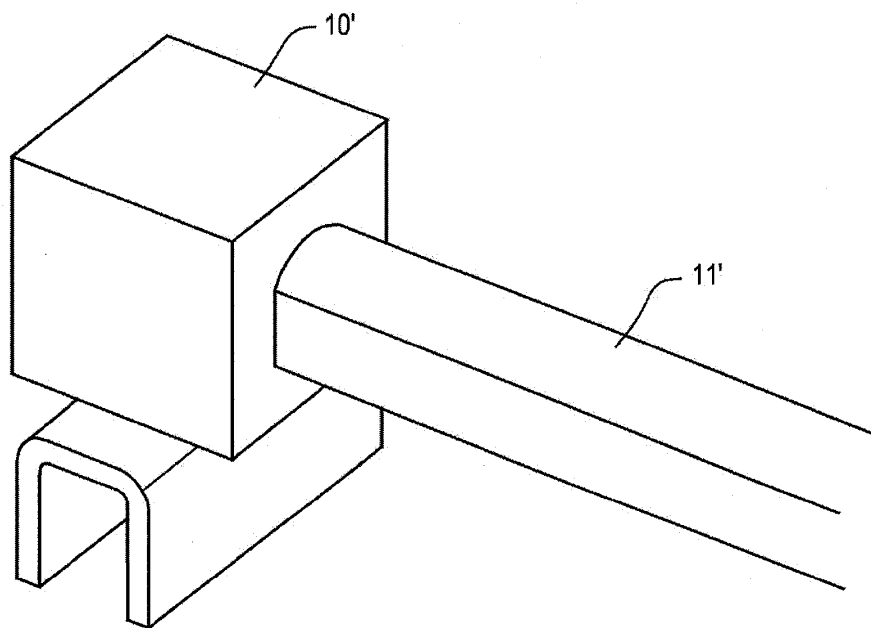
도면3f



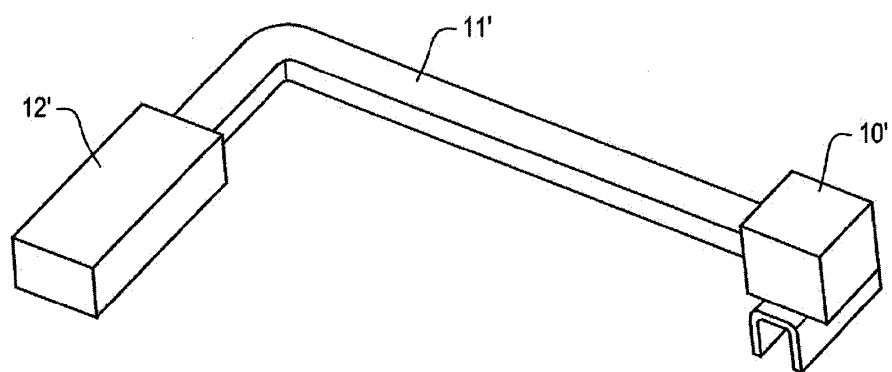
도면3g



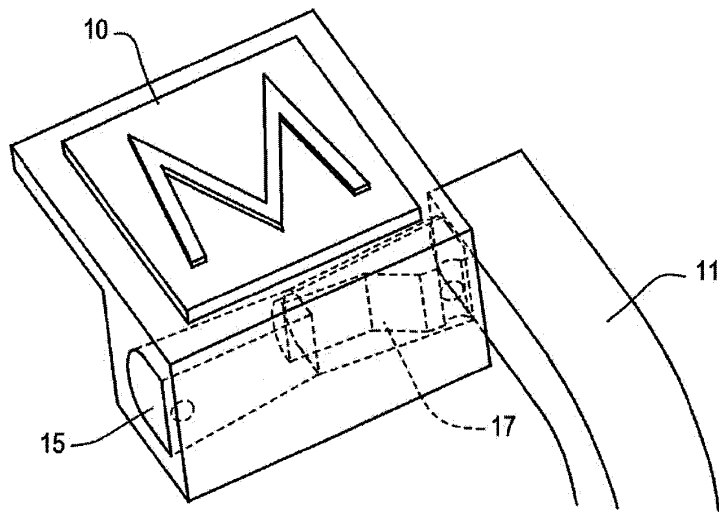
도면3h



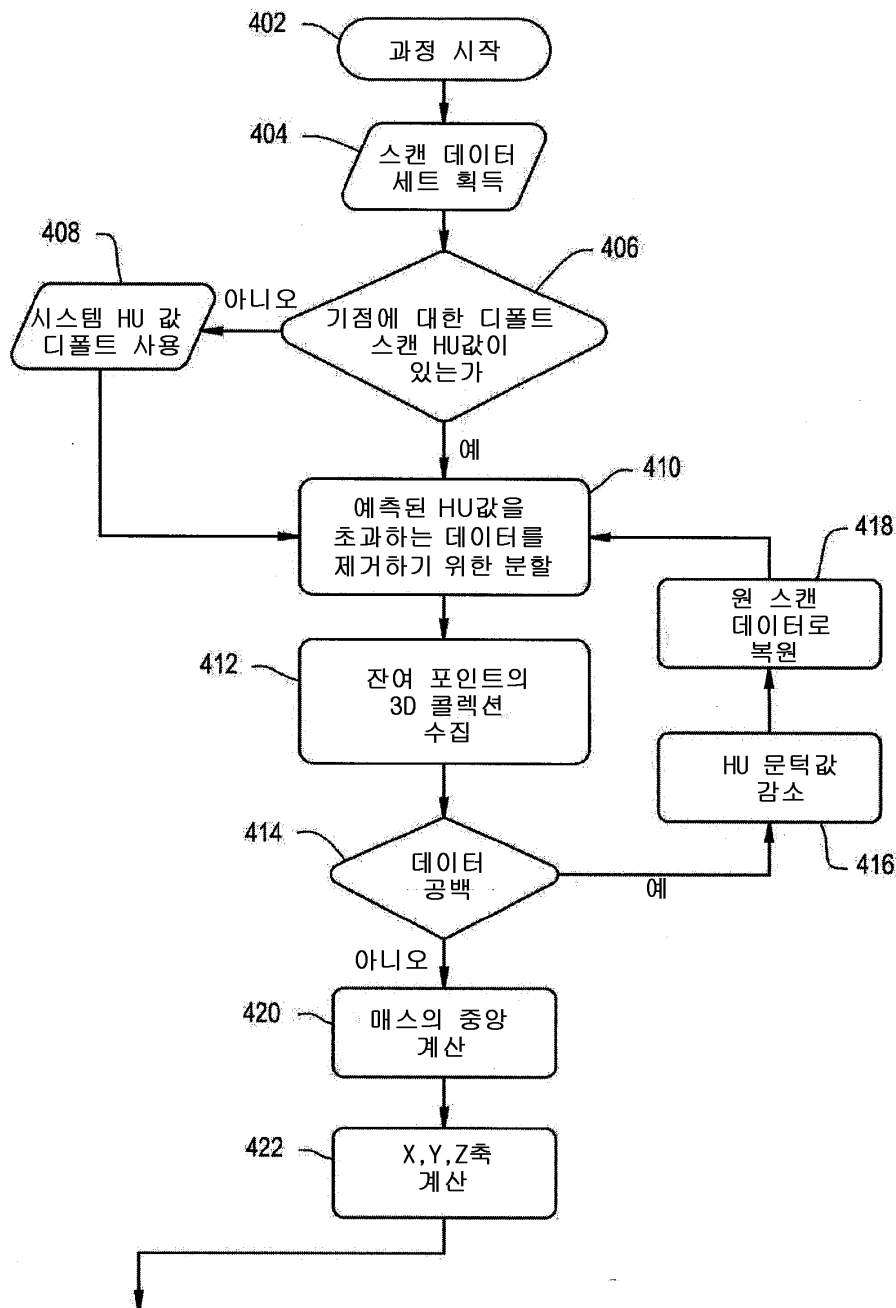
도면3i



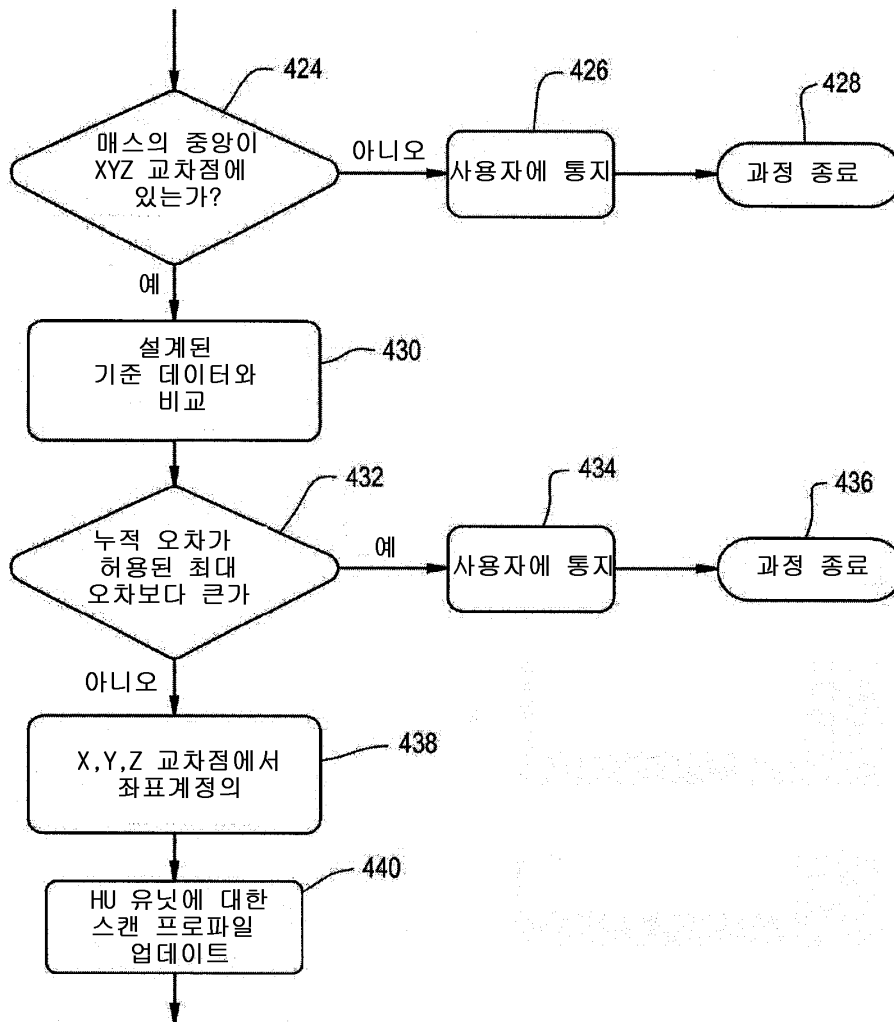
도면3j



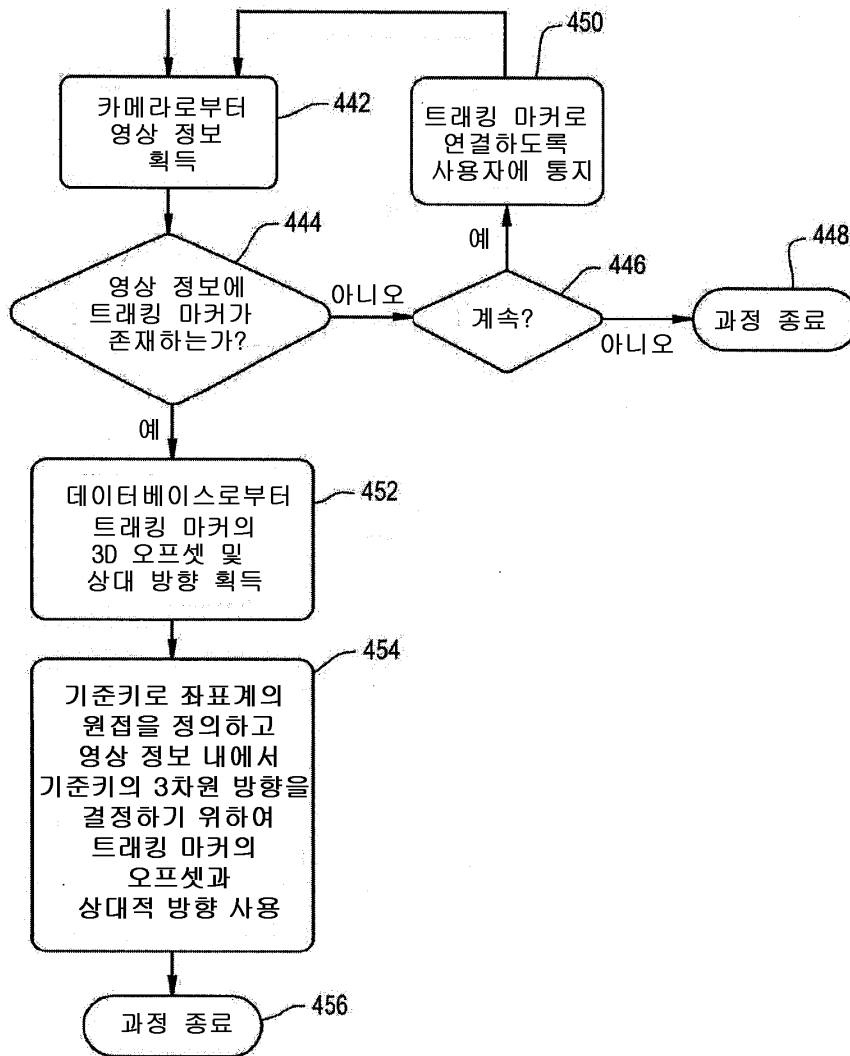
도면4a



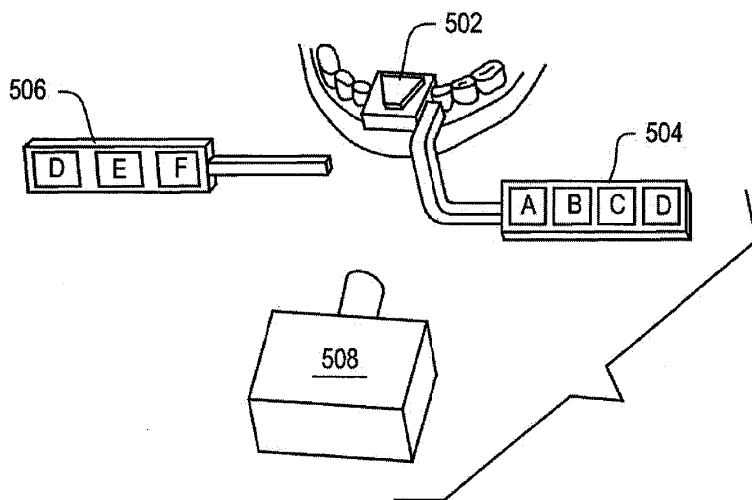
도면4b



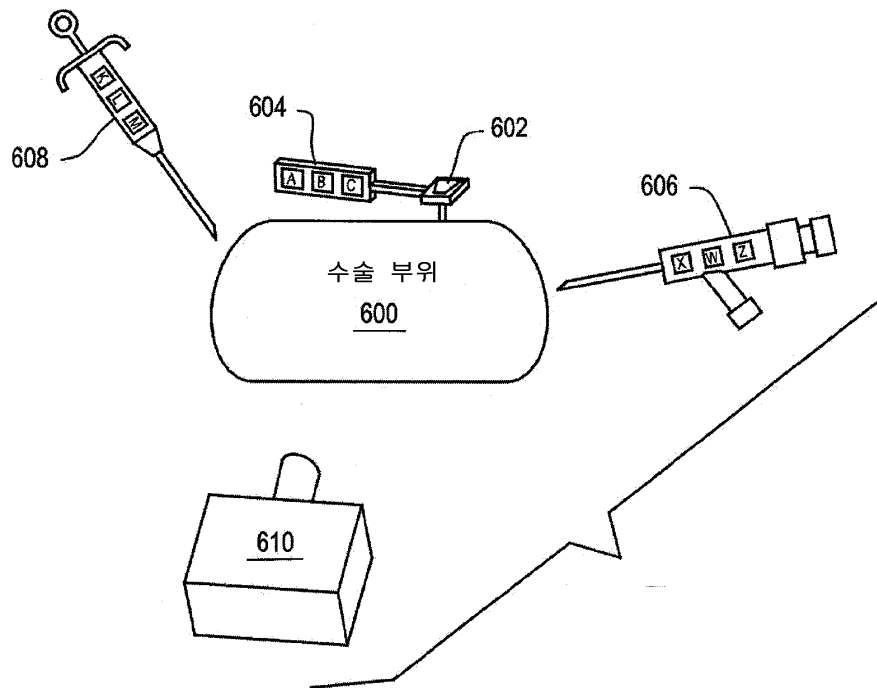
도면4c



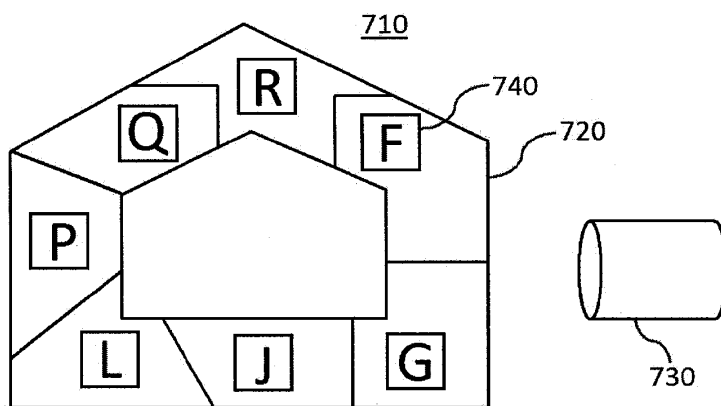
도면5



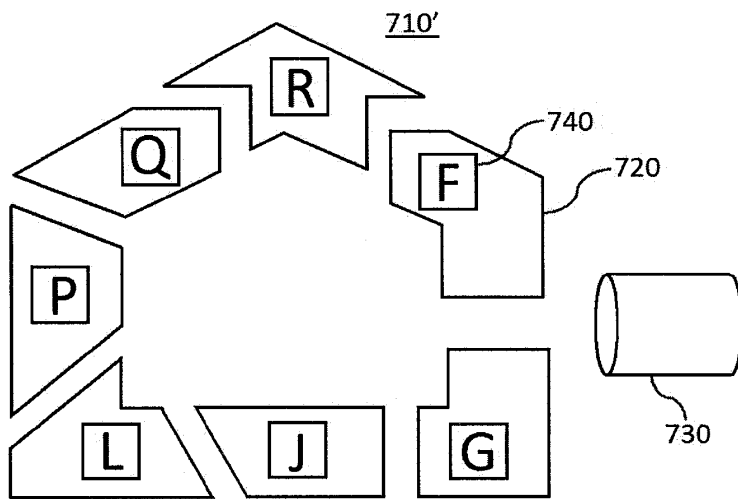
도면6



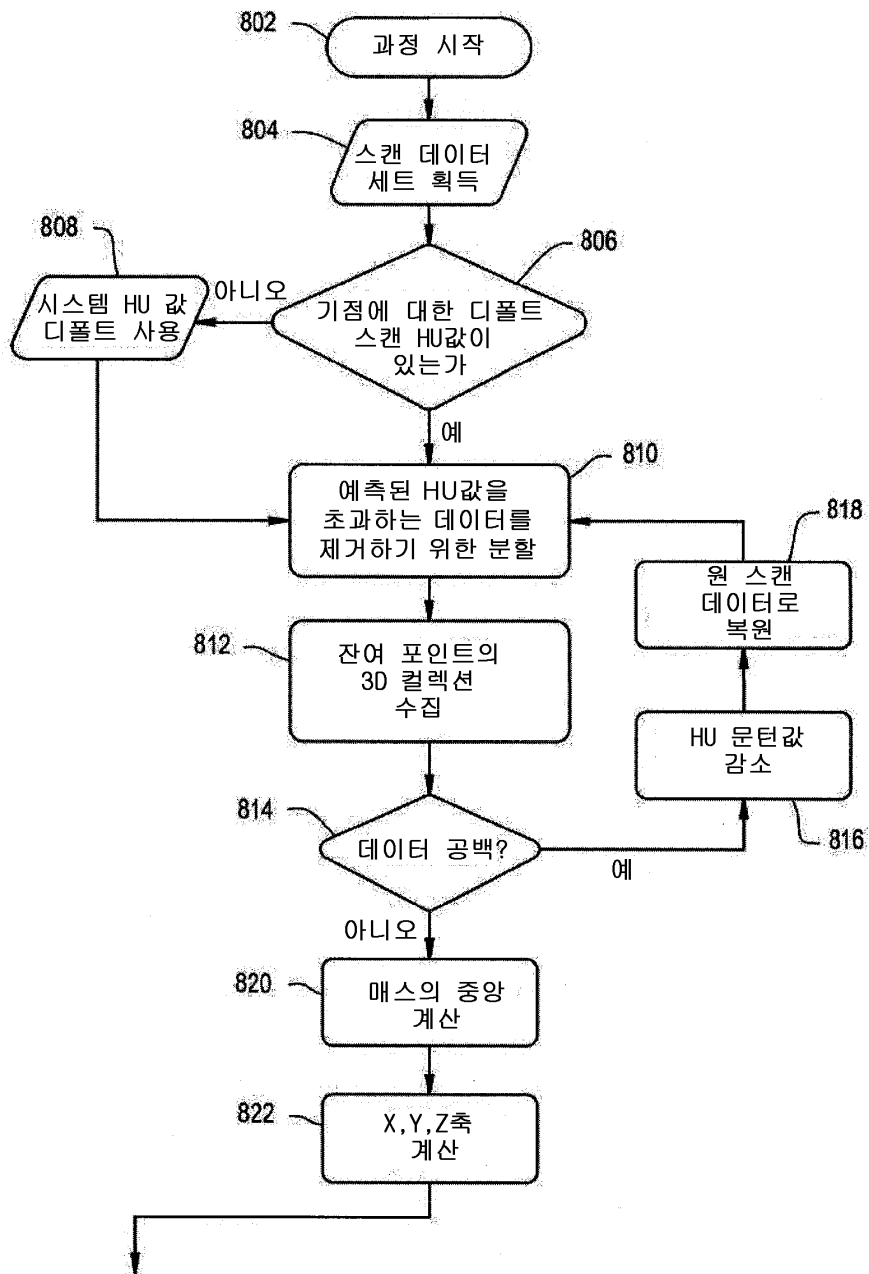
도면7a



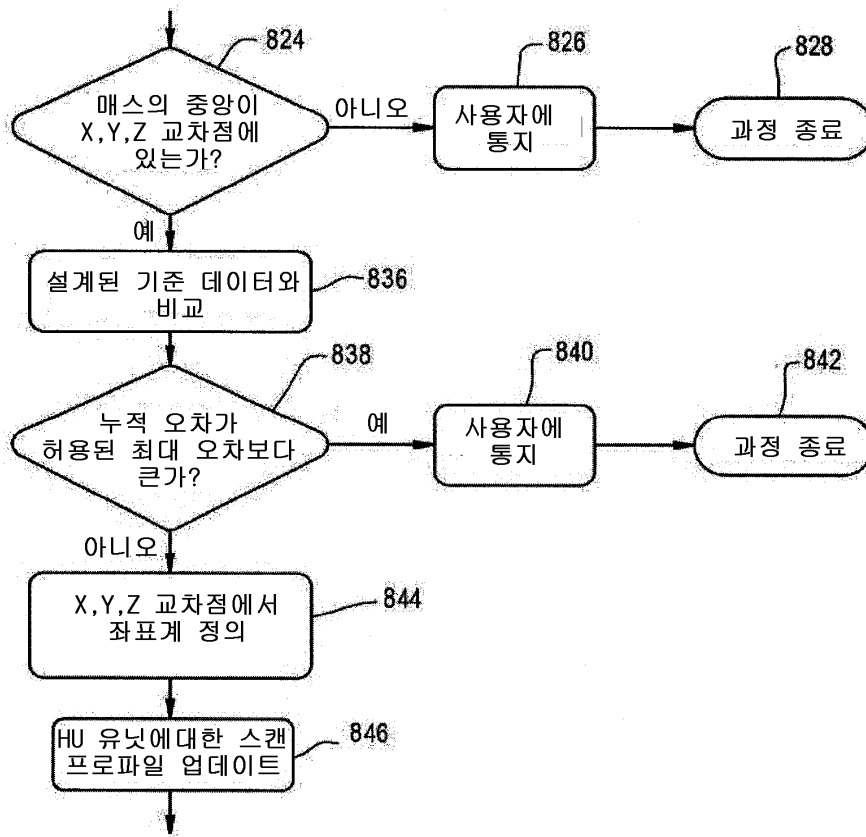
도면7b



도면8a



도면8b



도면8c

