



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0116100
(43) 공개일자 2017년10월18일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06T 11/00 (2006.01) G06T 15/00 (2006.01)
G06T 17/20 (2006.01) G06T 7/00 (2017.01)
G06T 7/12 (2017.01) G06T 7/68 (2017.01)
- (52) CPC특허분류
G06T 11/003 (2013.01)
G06K 9/4604 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2017-7025207
- (22) 출원일자(국제) 2016년01월18일
심사청구일자 2017년09월07일
- (85) 번역문제출일자 2017년09월07일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2016/013805
- (87) 국제공개번호 WO 2016/160094
국제공개일자 2016년10월06일
- (30) 우선권주장
14/675,265 2015년03월31일 미국(US)

- (71) 출원인
소니 주식회사
일본국 도쿄도 미나토쿠 코난 1-7-1
- (72) 발명자
리우 밍-창
미국 95112 캘리포니아주 새너제이 노쓰 퍼스트 스트리트 1730 소니 코포레이션 오브 아메리카
송 비
미국 95112 캘리포니아주 새너제이 노쓰 퍼스트 스트리트 1730 소니 코포레이션 오브 아메리카
- (74) 대리인
장수길, 이중희

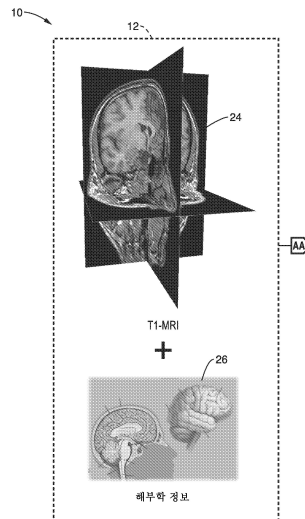
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 **T1 MRI로부터의 자동 3D 분할 및 피질 표면 재구성**

(57) 요약

피질 표면들에서의 사용에 특히 매우 적합한, 기관 구조체들의 자동 3D 영상 분할 및 재구성을 수행하기 위한 장치 및 방법이 제시된다. 뇌 추출 처리는 비-뇌 영상 요소들을 제거한 다음에, 영상 정보의 어느 부분들이 특정 생리학적 구조체들에 속하는지를 결정하는 대뇌 분할 처리를 위한 준비로 뇌 조직을 타입별로 분류한다. 뇌실 추출 처리로부터의 정보에 기초하여 영상 데이터에 대해 뇌실 증진이 수행된다. 백색질(WM)과 회색질(GM)과 같은 특정 표면들이 재구성되는 재구성 처리가 후속한다.

대표도 - 도1a



(52) CPC특허분류

G06K 9/6267 (2013.01)

G06T 15/00 (2013.01)

G06T 17/205 (2013.01)

G06T 7/0012 (2013.01)

G06T 7/12 (2017.01)

G06T 7/68 (2017.01)

G06T 2207/10088 (2013.01)

G06T 2207/20092 (2013.01)

G06T 2207/30016 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

뇌 영역들의 의료 영상들을 자동으로 처리하기 위한 장치로서,

(a) 3차원(3D) 의료 뇌 영상 데이터를 생성하기 위해 환자의 뇌를 3차원으로 스캐닝하도록 구성된 의료 영상화 시스템;

(b) 상기 3D 의료 뇌 영상 데이터에 대한 영상 처리를 자동으로 수행하도록 구성된 적어도 하나의 프로세서;

(c) 상기 프로세서에 의해 실행가능한 명령어들을 저장하는 메모리; 및

(d) 상기 컴퓨터 프로세서에 결합되고, 3D 의료 영상들을 디스플레이하도록 구성된 디스플레이 디바이스를 포함하고;

(e) 상기 명령어들은 실행될 때:

(i) 비-뇌 영상 요소들을 제거하는 뇌 추출 처리에서 뇌 구조체들을 결정하는 단계;

(ii) 뇌 조직 타입들을 분류하는 단계;

(iii) 영상 정보의 어느 부분들이 특정 생리학적 구조체들에 속하는지를 결정하는 대뇌 영상화를 분할하는 단계;

(iv) 영상으로부터 추출된 뇌실 정보에 응답하는 뇌실 충전(filling), 경막의 제거, 및 피질하 영역(subcortical area)의 보정을 포함하는 해부학적 미세화(anatomical refinement);

(v) 표면 메시의 생성 및 메시 토폴로지(mesh topology)의 보정에 응답하여, 백색질(white matter)과 회색질(grey matter) 양쪽 모두를 포함하는 뇌의 표면들을 재구성하는 단계;

(vi) 상기 단계들 각각이 사용자 상호작용 또는 개입 없이 상기 프로그래밍에 응답하여 수행되는 것; 및

(vii) 뇌 조직들의 분류, 상이한 뇌 부분들의 분할 및 표면 재구성들을, 뇌실 충전과 함께 나타내는 3D 뇌 영상을 상기 디스플레이에 디스플레이하는 단계

를 포함하는 단계들을 수행하는, 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 3차원(3D) 의료 영상 데이터는 자기 공명 영상들(magnetic resonance images)(MRI)의 형태를 포함하는, 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 프로세서에 대한 상기 명령어들은, 피질의 내측 표면들 및 외측 표면들 양쪽 모두를 재구성하는 것을 포함하는, 피질 표면들의 상기 분할 및 재구성을 수행하도록 구성되는, 장치.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 프로세서에 대한 상기 명령어들은 저장된 해부학적 정보에 기초하여 뇌 추출 처리를 하도록 구성되는, 장치.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 프로세서에 대한 상기 명령어들은, 포함하는 피부, 뼈, 근육, 지방 및 경막을 포함하는, 두부 영역 내의 비-뇌 복셀(non-brain voxel)들을 제거하기 위해 뇌 추출 처리를 하도록 구성되는, 장치.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 프로세서에 대한 상기 명령어들은 자기장 불균질성으로 인한 원시(raw) 자기 영상화 데이터의 불균일성들을 보정하는 불균일성 보정을 포함하는 상기 뇌 추출 처리를 수행하도록 구성되는, 장치.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 프로세서에 대한 상기 명령어들은 상기 대뇌 영상화를 분할하는 단계를 수행하는 처리에서 대뇌 특정 생리학적 구조체들로부터 소뇌 및 뇌간 영상 정보를 분리하도록 구성되는, 장치.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 프로세서에 대한 상기 명령어들은 상기 대뇌 영상화를 분할하는 단계를 위해 구성되고,

상기 대뇌 영상화를 분할하는 단계는:

- (a) 평면에 대한 최대 대칭성이 발견되는 의료 영상 공간 내의 평면을 탐색하는 처리에 응답하여 정중 시상면(mid-sagittal plane)(MSP)을 식별하는 단계;
- (b) 조직 분류 하의 출력으로서의 백색질(WM) 맴버 함수와 MSP의 교차점으로부터 뇌돌보 및 뇌교를 식별하는 단계; 및
- (c) 하나의 세트의 구조체들의 아이덴티티를 이용하여 다른 세트들의 구조체들을 식별하는 단계를 포함하는, 장치.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 프로세서에 대한 상기 명령어들은, 뇌돌보 및 뇌교의 아이덴티티가 대뇌와 소뇌 및 뇌간 식별의 초기 시드(seed)들로서 이용되는, 상기 대뇌 영상화를 분할하는 단계를 수행하도록 구성되고, 상기 대뇌 영상화를 분할하는 단계를 위해 그래프 컷(graph-cut)이 적용되는, 장치.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 프로세서에 대한 상기 명령어들은 상기 뇌실 충진을 위해 구성되고, 다수의 배향(orientation)들로부터 수신된 뇌실 정보에 응답하여 수행되는, 장치.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 프로세서에 대한 상기 명령어들은 적어도 전방, 측방 및 후방 뷰로부터 뇌실 정보의 다수의 배향들을 제공하도록 구성되는, 장치.

청구항 12

제1항에 있어서,

상기 프로세서에 대한 상기 명령어들은 피질의 물리적 형상을 보존하기 위해 표면 재구성을 수행하기 전에 백색질(WM)의 내부 공동(internal cavity)들이 충전되는 상기 뇌실 충진을 수행하도록 구성되는, 장치.

청구항 13

제1항에 있어서,

상기 프로세서에 대한 상기 명령어들은, 오일러 표수(Euler characteristic)들의 사용에 응답하여 구형 토폴로지로서 추정되는, 피질의 물리적 형상을 보존하도록 구성되는, 장치.

청구항 14

제1항에 있어서,

상기 프로세서에 대한 상기 명령어들은 백색질(WM) 체적 데이터로부터 등위면 메시를 생성함으로써 WM의 상기 표면 재구성을 수행하도록 구성되는, 장치.

청구항 15

제1항에 있어서,

상기 프로세서에 대한 상기 명령어들은 WM 분할 결과들에 기초하여 회색질(GM)의 상기 표면 재구성을 수행하여 GM 및 뇌척수액(CSF) 분류를 미세화하여 뇌구 디스크립션(sulci description), 그 후에 표면 메시의 생성을 개시시키도록 구성되는, 장치.

청구항 16

제1항에 있어서,

상기 프로세서에 대한 상기 명령어들은, GM 표면 재구성 동안 뇌구 미세화 처리를 포함하는 상기 재구성을 수행하도록 구성되는, 장치.

청구항 17

제1항에 있어서,

상기 프로세서에 대한 상기 명령어들은 뇌의 상이한 영역들을 나타내는 상이한 컬러들로 되어 있는 영상 데이터를 출력하는 것에 의한 뇌 표면들의 재구성을 위해 구성되는, 장치.

청구항 18

제1항에 있어서,

상기 프로세서에 대한 상기 명령어들은 피질이 단일 시트의 연결 조직이므로, 상기 피질의 물리적 형상을 보존하면서 뇌 표면들의 재구성을 위해 구성되고, 상기 프로그래밍은 뇌간에서 이 표면을 폐쇄시키도록 구성되는, 장치.

청구항 19

뇌 영역들의 의료 영상들을 자동으로 처리하기 위한 장치로서,

(a) 3차원(3D) 의료 뇌 영상 데이터를 생성하기 위해 환자의 뇌를 3차원으로 스캐닝하도록 구성된 의료 영상화 시스템;

(b) 상기 3D 의료 뇌 영상 데이터에 대한 영상 처리를 자동으로 수행하도록 구성된 컴퓨터 프로세서;

(c) 상기 컴퓨터 프로세서에 결합되고, 3D 의료 영상들을 디스플레이하도록 구성된 디스플레이 디바이스; 및

(d) 상기 컴퓨터 프로세서에서 실행가능한 프로그래밍을 저장하는 메모리를 포함하고;

(e) 상기 프로그래밍은 실행될 때:

- (i) 비-뇌 영상 요소들을 제거하는 뇌 추출 처리에서 뇌 구조체들을 결정하는 단계;
- (ii) 뇌 조직 타입들을 분류하는 단계;
- (iii) (iii)(A) 평면에 대한 최대 대칭성이 발견되는 의료 영상 공간 내의 평면을 탐색하는 처리에 응답하여 정중 시상면(MSP)을 식별하는 것, (iii)(B) 조직 분류 하의 출력으로서의 백색질(WM) 멤버 함수와 MSP의 교차점으로부터 뇌돌보 및 뇌교를 식별하는 것, 및 (iii)(C) 하나의 세트의 구조체들의 식별이 그 다음에 다른 세트들의 구조체들의 식별에 이용되는 것에 응답하여, 영상 정보의 어느 부분들이 특정 생리학적 구조체들에 속하는지를 결정하는 대뇌 영상화를 분할하는 단계;
- (iv) 영상으로부터 추출된 뇌실 정보에 응답하는 뇌실 충전, 경막의 제거, 및 피질하 영역의 보정을 포함하는 해부학적 미세화;
- (v) 표면 메시의 생성 및 메시 토폴로지의 보정에 응답하는, 백색질과 회색질 양쪽 모두를 포함하는 뇌의 표면들의 재구성;
- (vi) 상기 단계들 각각이 사용자 상호작용 또는 개입 없이 상기 프로그래밍에 응답하여 수행되는 것; 및
- (vii) 뇌 조직들의 분류, 상이한 뇌 부분들의 분할 및 표면 재구성들을, 뇌실 충전과 함께 나타내는 3D 뇌 영상을 상기 디스플레이에 디스플레이하는 단계를 포함하는 단계들을 수행하는, 장치.

청구항 20

뇌 영역들의 의료 영상들을 자동으로 처리하는 방법으로서,

- (a) 3차원 의료 뇌 영상 데이터를 생성하기 위해 환자의 뇌의 의료 스캔을 수행하는 단계;
- (b) 3차원 의료 영상 처리를 수행하도록 구성된 컴퓨터 프로세서에서 수행되는 뇌 추출 처리에서 뇌 구조체들을 결정하는 단계;
- (c) 뇌 구조체들을 결정함에 있어서 비-뇌 영상 요소들을 제거하는 단계;
- (d) 뇌 조직 타입들을 분류하는 단계;
- (e) 영상 정보의 어느 부분들이 특정 생리학적 구조체들에 속하는지를 결정하는 대뇌 영상화를 분할하는 단계;
- (f) 영상으로부터 추출된 뇌실 정보에 응답하는 뇌실 충전, 경막의 제거, 및 피질하 영역의 보정을 포함하는, 해부학적 요소들을 미세화하는 단계;
- (g) 표면 메시의 생성 및 메시 토폴로지의 보정에 응답하는, 백색질과 회색질 양쪽 모두를 포함하는 뇌의 표면들의 재구성; 및
- (h) 뇌 조직들의 분류, 상이한 뇌 부분들의 분할 및 표면 재구성들을, 뇌실 충전과 함께 나타내는 3D 뇌 영상을 디스플레이 디바이스에 디스플레이하는 단계를 포함하는, 방법.

발명의 설명

기술 분야

- [0001] 관련 출원들에 대한 상호 참조
- [0002] 해당사항 없음
- [0003] 연방정부 후원 연구 또는 개발에 관한 진술
- [0004] 해당사항 없음
- [0005] 참조에 의한 컴퓨터 프로그램 부록의 포함
- [0006] 해당사항 없음

[0007] 저작권 보호를 받는 자료의 공지

[0008] 본 특허 문서의 자료의 일부는 미국 및 다른 국가들의 저작권법 하에서 저작권 보호를 받는다. 저작권 권한의 소유자는, 특허 문서 또는 특허 개시내용의 타인에 의한 팩시밀리 복사가 미국 특허청의 공개적으로 입수가 가능한 파일이나 기록에 나타나는 경우라면 이의가 없지만, 그렇지 않다면 모든 저작권을 보유한다. 이로써, 저작권 소유자는, 37 C.F.R. § 1.14에 따른 권리를 제한 없이 포함하여, 본 특허 문서를 비밀로 유지할 어떠한 권한도 포기하지 않는다.

[0009] 기술분야

[0010] 본 개시내용은 일반적으로 의료 영상화에 관한 것으로, 더 구체적으로는 자동으로 3D 의료 영상들을 분할하는 것 그리고 의료 영상들로부터 구조적 표면들을 재구성하는 것에 관한 것이다.

배경 기술

[0011] 의료 영상화를 위한 하나의 중요한 분야는 뇌 상태들을 진단하는 것에 있다. T1 강조(T1-weighted) 자기 공명 영상들(magnetic resonance images)(MRI)로부터의 대뇌 피질 표면들의 분할 및 재구성은 신경과학 및 의학에 있어서 중요한 이슈이다. 이 절차는 양적인 뇌 분석, 시각화, 피질 맵핑 및 수술 계획에 필요하다.

[0012] 수동으로 또는 자동으로 초기화되는 변형가능한 모델들을 이용하지만 절반-두부(half-head) 데이터(즉, 덜 복잡한 상반부)에 대해서만 동작하는 뇌 추출을 위한 많은 접근법들이 제시되어 왔다. 전형적으로, 뇌실들의 충전(filling)은 수동 단계이거나, 또는 그것은 일반적으로 약 10시간보다 더 많은 시간을 필요로 하는 저속 프로세서 집약적 기법인 아틀라스 등록(atlas registration)과 같은 등록 처리에 기초한다. 표면 재구성 동안, 많은 접근법들은 대뇌 피질의 기하학적 중심층 또는 백색질(white matter)(WM) 표면을 재구성하는 것의 문제점을 단지 다룰 뿐이다. 일부 재구성 기법들은, 일반적으로 20시간보다 더 많은 시간을 필요로 하는 상당한 처리를 요구하는, 구형 토폴로지(spherical topology)를 갖는 최종 표면을 달성하기 위해 구체(sphere)로 초기화된 변형 모델을 이용한다.

[0013] 추가적으로, 요즘에는 분할 및 재구성을 수행하는 처리가 정확한 표현들을 제공하기 위한 상당한 레벨들의 인간 개입/상호작용을 수반한다.

[0014] 이에 따라, 대뇌 피질 표면들의 MRI 영상들에 대한 분할 및 재구성의 완전히 자동화된 처리에 대한 필요성이 존재한다.

발명의 내용

[0015] 제시된 기술은 뇌 또는 다른 기관들, 예컨대 간, 비장 또는 영상화될 다른 기관들의 MRI 또는 CT 영상들과 같은 의료 영상들을 처리하기 위한 정확하고 완전히 자동화된 수단을 제공한다. 의료 영상화 데이터는 영상화되는 신체 요소에 대한 해부학적 정보와 조합하여 이용된다. 바람직한 실시예에서, 분할 및 재구성은 뇌 영역들이 아마도 가장 복잡하므로 이들에 대해 수행되지만, 기법들은 일반적으로 다른 생리학적 구조체들에 적용될 수 있다. 뇌의 의료 영상화의 경우, 시스템은 비-뇌 영상 요소들을 제거하는 뇌 추출 처리에서 뇌 구조체들을 자동으로 결정한다. 그 다음에, 영상 정보의 어느 부분들이, 대뇌와 구별되는 소뇌 및 뇌간과 같은 특정 생리학적 구조체들에 속하는지를 결정하는 대뇌 분할 처리를 위한 준비로 뇌 조직들이 뇌 조직 타입들별로 분류된다. 그 다음에, 뇌실 추출 처리로부터의 정보에 기초하여 영상 데이터에 대해 뇌실 충진이 수행된다. 백색질(WM) 및 회색질(grey matter)(GM)과 같은 특정 표면들이 재구성되는 재구성 처리가 후속한다.

[0016] 이 기술의 이용으로부터, 보다 양호한 임상 결과들을 위한 수술 작업흐름의 간소화와 같은 수많은 이익들을 얻을 수 있다.

[0017] 본 명세서의 하기 부분들에서 본 개시내용의 추가의 양태들이 드러날 것이며, 상세한 설명은 제한을 두는 일 없이 본 개시내용의 바람직한 실시예들을 완전히 개시할 목적을 위한 것이다.

도면의 간단한 설명

[0018] 본 개시내용은 예시 목적들만을 위한 하기 도면들을 참조하여 더 완전히 이해될 것이다:

도 1a 내지 도 1d는 제시된 기술의 실시예에 따른 뇌 구조적 표면 재구성의 플로우차트이다.

도 2a 내지 도 2e는 제시된 기술의 실시예에 따른 분할 처리에서의 단계들의 플로우차트이다.

도 3a 및 도 3b는 제시된 기술의 실시예에 따른 해부학적 미세화(anatomical refinement) 처리 내의 피질하 영역(subcortical area)을 보정하는 것에 있어서의 단계들의 플로우차트이다.

도 4a 내지 도 4e는 개시된 기술의 실시예에 따른 수신시, 초기화시, 그리고 추출 이후의 전체-두부(full-head) 영상 데이터의 영상들이다.

도 5a 내지 도 5e는 개시된 기술의 실시예에 따른 수신시, 초기화시, 그리고 추출 이후의 절반-두부 영상 데이터의 영상들이다.

도 6a 및 도 6b는 개시된 기술의 실시예에 따른 뇌 조직 분류 및 불균질성 보정을 도시한 영상들이다.

도 7은 개시된 기술의 실시예에 따른 뇌 조직 분할 및 재구성의 처리에서 시드(seed) 영역들로서 식별된 뇌 구조체들의 영상이다.

도 8a 내지 도 8c는 상이한 각도들(측방, 전방, 후방)로부터 도시된 바와 같은, 개시된 기술의 실시예에 따른 분할 결과들의 영상들이다.

도 9a 및 도 9b는 개시된 기술의 실시예에 따른 표면을 폐쇄시키는 처리의 영상들이다.

도 10은 개시된 기술의 실시예에 따른 표면을 폐쇄시키기 위한 처리의 플로우 다이어그램이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0019] 본 개시내용은 피질의 내측 표면들과 외측 표면들 양쪽 모두를 재구성하는 것을 포함하는, 피질 표면들의 분할 및 재구성의 문제점을 해결한다. 외측 표면은 연막 표면으로서, 이후에는 회색질(GM) 표면이라고 지칭된다. 내측 표면은 회백색 경계로서, 이후에는 백색질(WM) 표면이라고 지칭된다. 피질 표면들의 재구성은 다수의 서브태스크들로 나뉘어지는 복잡한 절차이다.
- [0020] 도 1a 내지 도 1d는 T1-MRI 데이터로부터의 자동 3D 분할 및 피질 표면 재구성 처리의 예시적인 실시예(10)를 예시한다. 그 처리는 입력 정보의 수신(12), 추출(14), 분할(16), 해부학적 미세화(18), 재구성(20), 및 출력(22)의 주요 단계들로 도시된다.
- [0021] 도 1a에서, 원시(raw) 뇌 MRI 데이터(24)가 MRI 머신으로부터 수신되고, 추가적인 해부학적 정보(26)가 예컨대 데이터베이스로부터 수신된다. 추출 처리(14)가 도 1b에서 시작되어 피부, 뼈, 근육, 지방 및 경막과 같은 두부 MRI 체적의 비-뇌 복셀(non-brain voxel)들(28)을 제거한다. 또한, 뇌 추출 처리는 자기장 불균질성으로 인한 원시 MRI 데이터의 불균일성들을 보정하는 불균일성 보정을 포함하는 것이 바람직하다.
- [0022] 분할 처리(16)는 뇌 추출 처리로부터 출력된 뇌 정보에 기초하여 뇌 조직(30)(GM(32a), WM(32b), 및 CSF(32c)로 도시함)을 분류하는 것으로 시작된다. 조직 분류 동안, MRI 데이터 내의 영역들은 뇌 조직 타입별로, 예컨대 회색질(GM)(32a), 백색질(WM)(32b), 및 뇌척수액(CSF)(32c)에 따라 라벨링(분류)된다. 대뇌 분할 처리(34)가 수행되어 소뇌 및 뇌간에 관한 영상 정보를 대뇌로부터 분리시킨다. 대뇌 분할은 평면에 대한 최대 대칭성을 제공하는 의료 영상(예를 들어, MRI) 데이터의 공간 내의 평면을 탐색하는 처리에 응답하여 정중 시상면(mid-sagittal plane)(MSP)을 우선 식별함으로써 수행된다. 그 후에, 조직 분류의 출력인 WM 멤버 함수와 MSP의 교차점으로부터 뇌들보 및 뇌교가 식별된다. 그 다음에, 하나의 세트의 구조체들의 아이덴티티가 다른 것들을 식별하는 데 이용된다; 이 경우, 뇌들보 및 뇌교가 각각 대뇌 및 소뇌/뇌간 식별의 초기 시드들로서 이용되는데, 대뇌 영상화를 분할하기 위해 그래프 컷(graph-cut)이 적용된다.
- [0023] 도 1c에서, 해부학적 미세화 처리(18)는 분할 정보를 수신하고, 분류 및 분할된 조직 영역들에 대해 뇌실 충전 처리(36)를 수행한다. 이 도면은 충전 이전(38a)과 충전 이후(38b)를 도시한다. 뇌실 정보는 뇌실 충전 처리 동안 이용되는 뇌실 추출 처리로부터 수신된다. 뇌실 정보는 바람직하게는 전방, 측방 및 후방으로 표현된 것과 같은 다수의 배향(orientation)들로부터 수신된다. 뇌실 충전 처리(36) 동안, 구형 토폴로지와 같은 피질의 물리적 형상을 보존하기 위해 표면 재구성을 수행하기 전에 WM 내의 내부 공동(internal cavity)들이 충전된다. 구형 토폴로지 표면의 경우, 예컨대 관계식 $x = V - E + F$ 에서 오일러 표수(Euler characteristic) $x = 2$ 이고, 여기서 V 는 표면들의 꼭짓점들이고, E 는 모서리들이고, F 는 면들이다. 해부학적 미세화(18)는 이전 영상(42a), 및 제거된 경막(43)을 표시한 이후 영상(42b)으로 예시되는 경막 제거 처리(40)로 계속된다. 경막의 제거 후에, 이전 영상(46a), 및 시신경(47a) 및 비-뇌 조직(47b)에 대응하는 영상 영역들의 제거를 표시한 이후 영상(46b)으로 예시된 바와 같이, 피질하 영역들이 보정(44)된다.

- [0024] 도 1d에서, 표면 메시지를 생성하는 것(48) 및 메시 토폴로지를 보정하는 것(50)을 포함하는 재구성 처리(20)가 그 다음에 발생한다. 재구성으로부터의 출력(22)은 회색질(GM) 표면 재구성(52) 및 백색질(WM) 표면 재구성(54)으로 표시된다.
- [0025] WM 표면 재구성은 바람직하게는 제한이 아닌 예로서 마칭 큐브(Marching Cube)와 같은 하나 이상의 컴퓨터 그래픽 기법들을 이용하여 WM 체적 데이터로부터 등위면 메시지를 생성한다. 본 기술분야의 통상의 기술자는 마칭 큐브가, (때때로 복셀들이라고 지칭되는) 3차원 스칼라 필드로부터의 등위면의 다각형 메시지를 추출하여 메타표면들을 렌더링하는 널리 공지된 마칭 큐브 컴퓨터 그래픽 알고리즘의 특수 경우임을 인식할 것이다. 그 다음에, 영상 노이즈가 감소되고 표면의 토폴로지 결함들이 보정된다.
- [0026] 회색질(GM) 표면 재구성은 WM 분할 결과들을 이용하여 GM 및 뇌척수액(CSF) 분류를 미세화하여 뇌구 디스크립션(sulci description), 그 후에 예를 들어 WM 표면을 생성하는 데 이용된 것과 동일한 것인 표면 메시 생성 방법을 개선시킨다. 신경해부학에서, 뇌구("고랑"에 대한 라틴어이고, 복수의 뇌구들을 가짐)는 대뇌 피질에 함몰부 또는 구(groove)를 포함한다는 것에 유의한다. 뇌구들은 뇌회(복수의 뇌회들)를 둘러싸서, 인간과 다른 포유류에 있어서의 뇌의 특징적인 접힌 외관을 생성한다.
- [0027] 뇌구 미세화 처리는 바람직하게는 GM 표면 재구성 동안 이용된다. 시스템은 WM이 종종 더 정밀히 분할된다는 것과, GM이 GM 골(valley)에 종종 뇌구들을 갖는 WM을 커버하고 뇌척수액(CSF)으로 충전된다는 것을 고려한다. 따라서, 시스템은 WM 분할을 이용하여 GM 및 CSF 분류를 미세화하여 재구성된 GM 표면의 뇌구 디스크립션을 개선시킨다.
- [0028] 도 2a 내지 도 2e는 해부학적 미세화 처리 내의 도 1c의 블록(40)에 이전에 도시되었던 바와 같은, 경막(대뇌검(Falx Cerebri)) 제거 처리의 더 상세한 예시적인 실시예(70)를 예시한다. 3D 분할로부터의 측방 뷰(74a) 및 전방 뷰(74b)로 예시된 분할 처리로부터 정보가 수신(72)된다. 경막은, 예컨대 뇌 및 피질 두께와의 공간적 관계에 기초하여, GM으로부터 분할(76)되는데, 경막은 도 2b의 영상(78) 및 도 2c의 영상(80)에 도시된다. 뇌 경계를 미세화하는 처리(82)는 도 2d 및 도 2e에 도시된다. 이 경계 미세화 처리(82)는 내향의 이웃 복셀 및 이웃 비-뇌 정보와의 세기 차이에 기초하여 수행되고, 도 2d의 영상(84) 및 도 2e의 영상(86)에 도시되는 미세화된 경계에 출력이 도시된다.
- [0029] 도 3a 및 도 3b는 해부학적 미세화 처리 내의 도 1c의 블록(44)에 이전에 도시되었던 바와 같은, 피질하 영역 보정의 더 상세한 예시적인 실시예(90)를 예시한다. 적어도 GM(94a), 뇌실(94b), 및 WM(94c) 분할을 제공하는 분할 결과(92)가 이용된다. 예컨대 피질 두께(예컨대, 2.5mm), 및 뇌실과의 공간적 관계와 관련하여, 해부학적 요소들에 대한 정보가 그 다음에 이용(96)된다. 제1 단계(98)에서, 편도핵이 추출(100)되고, 영상(102)에 결과가 도시된다. 도 3b에서, 처리는 렌즈핵을 충전(레벨 세트(level-set))(106)시키는 블록(104)에서 계속되는데, 수반된 영상(108)은 렌즈핵을 도시한다. 그 후에, 블록(110)이 비-뇌 조직을 제거(112)하기 위해 수행되고, 비-뇌 조직의 예를 나타내는 수반된 영상(114)이 도시된다. 시신경을 분할(118)(3D 그래프 컷들)하기 위한 최종 단계(116)가 도시되는데, 수반된 영상(120)은 시신경의 예를 나타낸다.
- [0030] 의료 영상 내의 생리학적 구조체들을 분할하기 위한 해부학적 정보의 사용은 완전 자동 방식으로 이들 표면들의 영상 재구성을 가능하게 한다. 뇌의 구조체들의 경우, 제시된 기술은 한 세트의 MRI 영상들에 대해 30분 미만으로 뇌의 수밀한(watertight)(폐쇄된), 토폴로지에 있어서의 정확한 표면들을 재구성한다.
- [0031] 뇌 추출은 입력 MRI 데이터로부터의 두부 배향 및 뇌 경계 박스의 식별을 위한 자동 접근법과 함께 이 기술을 이용하여 수행된다. MRI 데이터의 질량 중심(center of mass)(COM)이 우선 발견되고, 그 후에 이 COM을 통과하는 3개의 직교 평면들이 검사된다. 최대 대칭성이 발견된 평면은 시상면인 것으로 간주된다. 그 후에, 시상면으로부터 "두부의 하부"가 결정되어 관상 평면 및 측 평면을 추가로 식별한다. 입력 MRI 데이터의 배향이 식별된 후에, 뇌의 경계 박스가 추정된다. 타원체의 형상과 같은 기하학적 로컬리제이션(localization)은 초기화로서 경계 박스의 중앙에서 수행된다. 그 다음에, 초기화로부터 시작하여 레벨 세트 기능을 전개시킴으로써 영상 데이터 세트로부터 뇌 영역들이 추출된다.
- [0032] 도 4a 내지 도 4e는 본 기술의 실시예에 따른 전체-두부 영상 데이터(도 4a), 초기화(도 4b 및 도 4c) 및 추출 결과(도 4d 및 도 4e)를 표시한다.
- [0033] 이와 유사하게, 도 5a 내지 도 5e는 본 기술의 실시예에 따른 절반-두부 영상 데이터(도 5a), 초기화(도 5b 및 도 5c) 및 추출 결과(도 5d 및 도 5e)를 표시한다.

- [0034] 도 6a 및 도 6b는 뇌 조직을 분류하고 불균질성을 보정하기 위한 처리들을 예시한다. 예로서, 도 6a는 회색질(GM), 백색질(WM) 및 뇌척수액(CSF)으로 분류된 뇌의 상이한 구조체들을 표시한다. 도 6b에서, 원본 영상의 예가 도면의 상부에 도시되고, 제시된 기술에 따라 불균질성을 보정한 이후가 도면의 하부에 도시된다. 바람직한 실시예에서, 이들 처리들 양쪽 모두는 하나의 퍼지 C-평균 클러스터링(fuzzy C-means clustering) 프레임워크에 통합된다. 본 기술분야의 통상의 기술자는 퍼지 클러스터링 평균(C-평균)이, 클러스터들에 대한 데이터 포인트들의 할당이 고정되지 않거나 "어렵지만"(전부냐 또는 전부냐(all-or-nothing)), 퍼지 로직으로 이해되는(예를 들어, 발견적으로(heuristically) 결정되는) 것과 동일한 성질로 "퍼지"한 클러스터링 분석을 제공하는 알고리즘들의 클래스임을 인식할 것이다.
- [0035] 도 7은 뇌의 구조체들을 도시한 것으로, 대뇌 피질, 뇌돌보, 소뇌, 뇌간 및 뇌교를 표시한다. 제시된 기술에서, 도면에 도시된 파선의 영역들에 의해 보여지는 바와 같이, 대뇌 및 뇌간의 시드들이 결정된다.
- [0036] 도 8a 내지 도 8c는 상기 시드들을 사용하는 것 그리고 이들 도면들에서 측방, 전방 및 후방에서 보여지는 상이한 뇌 영역들을 분할함에 있어서 그래프 컷들을 결정하는 것으로부터의 분할 결과들을 예시한다. 이들 요소들의 실제 출력은 바람직하게는, 본 출원에서 발견되는 이들 흑백 영상들에 도시된 음영 대신에, 상이한 컬러로 출력된다는 것을 이해해야 한다.
- [0037] 도 9a 및 도 9b는 표면을 폐쇄시키는 처리를 예시한다. 이 경우, 뇌간에서 표면을 폐쇄시키는 것이다. 피질 표면들을 재구성함에 있어서 피질의 물리적 형상을 보존하는 것이 중요한데, 이는 그 피질이 단일 시트의 연결 조직이기 때문이다. 뇌간에서 표면을 폐쇄시킴으로써, 그것은 구체의 토폴로지를 갖는 것으로서 설명될 수 있다. 도 9a에서, 이 피질 표면의 개방 요소들은 파선의 타원형들로 강조되는데, 이들은 도 9b에 도시된 바와 같이 폐쇄되었다. 도면의 맨 오른쪽에 있는 범례 막대에 의해 보여지는 바와 같은 음영은 카메라에 대한 정규화된 거리를 나타낸다.
- [0038] 도 10은 예시된 바와 같이 뇌간과 같은 구조체에 대한 표면을 폐쇄시킴에 있어서의 일반적인 단계들(150)을 예시한다. 우선, 뇌간에서 "밀봉 평면들"이 발견(구별)(152)되고, 뇌실 구조체가 추출(154)된 다음에, 추출된 뇌실이 시드들로서 이용되어 WM 내의 오목부들을 충전(156)시킨다.
- [0039] 상기 논의는 실질적으로 뇌 구조체들에 관한 것이지만, 구조체 표면들을 분할 및 재구성하기 위한 본 개시내용은 임의의 원하는 3D 영상화 방법(예를 들어, MRI 또는 CT)으로부터 다른 기관들(예를 들어, 간, 비장과 같은 복부 기관들)에 적용가능하다는 것을 이해해야 한다.
- [0040] 제시된 기술에서 설명된 향상들은 다양한 의료 영상 처리 시스템들 내에서 쉽게 구현될 수 있다. 의료 영상화 시스템들은 하나 이상의 컴퓨터 프로세서 디바이스들(예를 들어, CPU, 마이크로프로세서, 마이크로제어기, 컴퓨터 가능 ASIC 등) 및 관련 메모리(예를 들어, RAM, DRAM, NVRAM, FLASH, 컴퓨터 판독가능 매체들 등)를 포함하도록 구현됨으로써, 메모리에 저장된 명령어들(프로그래밍)이 프로세서에서 실행되어 설명된 단계들을 수행한다는 것을 이해할 것이다. 본 기술분야의 통상의 기술자는 의료 영상들에 대한 임의의 형태의 영상 처리에 수반된 단계들을 수행하기 위한 컴퓨터 디바이스들의 사용을 인식하므로, 컴퓨터 및 메모리 디바이스들은 설명의 간략화를 위해 다이어그램들에 표시되지 않았다. 제시된 기술은 메모리 및 컴퓨터 판독가능 매체들과 관련하여, 이들이 비밀시적이어서 그에 따라 일시적 전자 신호를 구성하지 않는 한 비제한적이다.
- [0041] 본 개시내용의 실시예들은 컴퓨터 프로그램 제품들로서 또한 구현될 수 있는 알고리즘들, 공식들, 또는 다른 계산 표시들, 및/또는 본 개시내용의 실시예들에 따른 방법들 및 시스템들의 플로우차트 예시들을 참조하여 설명될 수 있다. 이와 관련하여, 플로우차트, 알고리즘, 공식, 또는 계산 표시의 각각의 블록 또는 단계, 및 플로우차트, 알고리즘, 공식, 또는 계산 표시에서의 블록들(및/또는 단계들)의 조합들은 하드웨어, 펌웨어, 및/또는 컴퓨터 판독가능 프로그램 코드 로직으로 구현된 하나 이상의 컴퓨터 프로그램 명령어들을 포함하는 소프트웨어와 같은 다양한 수단에 의해 구현될 수 있다. 이해되는 바와 같이, 임의의 이러한 컴퓨터 프로그램 명령어들은 범용 컴퓨터 또는 특수 목적 컴퓨터를 제한 없이 포함하는 컴퓨터, 또는 머신을 생성하기 위한 다른 프로그래밍 가능 처리 장치에 로딩되어, 컴퓨터 또는 다른 프로그래밍 가능 처리 장치에서 실행되는 컴퓨터 프로그램 명령어들이 플로우차트(들)의 블록(들)에 특정된 기능들을 구현하기 위한 수단을 생성하도록 할 수 있다.
- [0042] 이에 따라, 플로우차트들, 알고리즘들, 공식들, 또는 계산 표시들의 블록들은 특정된 기능들을 수행하기 위한 수단들의 조합들, 특정된 기능들을 수행하기 위한 단계들의 조합들, 및 특정된 기능들을 수행하기 위한 컴퓨터 판독가능 프로그램 코드 로직 수단으로 구현된 것과 같은 컴퓨터 프로그램 명령어들을 지원한다. 본 명세서에서 설명된 플로우차트 예시들, 알고리즘들, 공식들, 또는 계산 표시들의 각각의 블록 및 이들의 조합들은 특정

된 기능들 또는 단계들을 수행하는 특수 목적 하드웨어 기반 컴퓨터 시스템들, 또는 특수 목적 하드웨어 및 컴퓨터 관독가능 프로그램 코드 로직 수단의 조합들에 의해 구현될 수 있다는 것을 또한 이해할 것이다.

[0043] 게다가, 컴퓨터 관독가능 프로그램 코드 로직으로 구현된 것과 같은 이들 컴퓨터 프로그램 명령어들은 컴퓨터 또는 다른 프로그래밍가능 처리 장치가 특정 방식으로 기능하도록 지시할 수 있는 컴퓨터 관독가능 메모리에 또한 저장되어, 컴퓨터 관독가능 메모리에 저장된 명령어들이 플로우차트(들)의 블록(들)에 특정된 기능을 구현하는 명령어 수단을 포함하는 제조 물품을 생성하도록 할 수 있다. 컴퓨터 프로그램 명령어들은 또한, 컴퓨터 또는 다른 프로그래밍가능 처리 장치에 로딩되어 컴퓨터 또는 다른 프로그래밍가능 처리 장치에서 일련의 동작 단계들이 수행되게 하여, 컴퓨터 또는 다른 프로그래밍가능 처리 장치에서 실행되는 명령어들이 플로우차트(들), 알고리즘(들), 공식(들), 또는 계산 표시(들)의 블록(들)에 특정된 기능들을 구현하기 위한 단계들을 제공하도록 하는 컴퓨터 구현 처리를 생성할 수 있다.

[0044] 본 명세서에서 사용되는 바와 같이 "프로그래밍"은 본 명세서에서 설명된 바와 같은 기능을 수행하기 위해 프로세서에 의해 실행될 수 있는 하나 이상의 명령어들을 지칭한다는 것을 추가로 이해할 것이다. 프로그래밍은 소프트웨어로, 펌웨어로, 또는 소프트웨어와 펌웨어의 조합으로 구현될 수 있다. 프로그래밍은 디바이스에 국지적으로 비일시적 매체들에 저장될 수 있거나, 또는 예컨대 서버에 원격적으로 저장될 수 있거나, 또는 프로그래밍의 전부 또는 일부가 국지적으로 그리고 원격적으로 저장될 수 있다. 원격적으로 저장된 프로그래밍은 사용자 개시에 의해, 또는 하나 이상의 인자들에 기초하여 자동으로 디바이스에 다운로드(푸시)될 수 있다. 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, 프로세서, 중앙 처리 유닛(CPU), 및 컴퓨터와 같은 용어들은 입/출력 인터페이스 및/또는 주변 디바이스들과의 통신 및 프로그래밍을 실행하는 것이 가능한 디바이스를 나타내기 위해 동의어로 사용된다는 것을 추가로 이해할 것이다.

[0045] 본 명세서에서의 설명으로부터, 본 개시내용은 하기 내용을 포함하지만 이에 제한되지 않는 다수의 실시예들을 포괄한다는 것을 이해할 것이다:

[0046] 1. 뇌 영역들의 의료 영상들을 자동으로 처리하기 위한 장치로서, (a) 3차원(3D) 의료 뇌 영상 데이터를 생성하기 위해 환자의 뇌를 3차원으로 스캐닝하도록 구성된 의료 영상화 시스템; (b) 상기 3D 의료 뇌 영상 데이터에 대한 영상 처리를 자동으로 수행하도록 구성된 적어도 하나의 프로세서; (c) 상기 프로세서에 의해 실행가능한 명령어들을 저장하는 메모리; 및 (d) 상기 컴퓨터 프로세서에 결합되고, 3D 의료 영상들을 디스플레이하도록 구성된 디스플레이 디바이스를 포함하고; (e) 상기 명령어들은 실행될 때: (e)(i) 비-뇌 영상 요소들을 제거하는 뇌 추출 처리에서 뇌 구조체들을 결정하는 단계; (e)(ii) 뇌 조직 타입들을 분류하는 단계; (e)(iii) 영상 정보의 어느 부분들이 특정 생리학적 구조체들에 속하는지를 결정하는 대뇌 영상화를 분할하는 단계; (e)(iv) 영상으로부터 추출된 뇌실 정보에 응답하는 뇌실 충전, 경막의 제거, 및 피질하 영역의 보정을 포함하는 해부학적 미세화; 및 (e)(v) 표면 메시의 생성 및 메시 토폴로지의 보정에 응답하는, 백색질과 회색질 양쪽 모두를 포함하는 뇌의 표면들의 재구성; (e)(vi) 상기 단계들 각각이 사용자 상호작용 또는 개입 없이 상기 프로그래밍에 응답하여 수행되는 것; 및 (e)(vii) 뇌 조직들의 분류, 상이한 뇌 부분들의 분할, 표면 재구성들을, 뇌실 충전과 함께 나타내는 3D 뇌 영상을 상기 디스플레이에 디스플레이하는 단계들을 포함하는 단계들을 수행한다.

[0047] 2. 임의의 선행하는 실시예의 장치에 있어서, 상기 3차원(3D) 의료 영상 데이터는 자기 공명 영상들(MRI)의 형태를 포함한다.

[0048] 3. 임의의 선행하는 실시예의 장치에 있어서, 상기 프로세서에 대한 상기 명령어들은, 피질의 내측 표면들 및 외측 표면들 양쪽 모두를 재구성하는 것을 포함하는, 피질 표면들의 상기 분할 및 재구성을 수행하도록 구성된다.

[0049] 4. 임의의 선행하는 실시예의 장치에 있어서, 상기 프로세서에 대한 상기 명령어들은 저장된 해부학적 정보에 기초하여 뇌 추출 처리를 하도록 구성된다.

[0050] 5. 임의의 선행하는 실시예의 장치에 있어서, 상기 프로세서에 대한 상기 명령어들은, 포함하는 피부, 뼈, 근육, 지방 및 경막을 포함하는, 두부 영역 내의 비-뇌 복셀들을 제거하기 위해 뇌 추출 처리를 하도록 구성된다.

[0051] 6. 임의의 선행하는 실시예의 장치에 있어서, 상기 프로세서에 대한 상기 명령어들은 자기장 불균질성으로 인한 원시 자기 영상화 데이터의 불균일성들을 보정하는 불균일성 보정을 포함하는 상기 뇌 추출 처리를 수행하도록 구성된다.

[0052] 7. 임의의 선행하는 실시예의 장치에 있어서, 상기 프로세서에 대한 상기 명령어들은 상기 대뇌 영상화를 분할

하는 단계를 수행하는 처리에서 대뇌 특정 생리학적 구조체들로부터 소뇌 및 뇌간 영상 정보를 분리하도록 구성된다.

- [0053] 8. 임의의 선행하는 실시예의 장치에 있어서, 상기 프로세서에 대한 상기 명령어들은 상기 대뇌 영상화를 분할하는 단계를 위해 구성되고, 상기 대뇌 영상화를 분할하는 단계는: (a) 평면에 대한 최대 대칭성이 발견되는 의료 영상 공간 내의 평면을 탐색하는 처리에 응답하여 정중 시상면(MSP)을 식별하는 단계; (b) 조직 분류 하의 출력으로서의 백색질(WM) 멤버 함수와 MSP의 교차점으로부터 뇌돌보 및 뇌교를 식별하는 단계; 및 (c) 하나의 세트의 구조체들의 식별이 그 다음에 다른 세트들의 구조체들의 식별에 이용되는 단계를 포함한다.
- [0054] 9. 임의의 선행하는 실시예의 장치에 있어서, 상기 프로세서에 대한 상기 명령어들은, 뇌돌보 및 뇌교의 식별이 대뇌와 소뇌 및 뇌간 식별의 초기 시드들로서 이용되는, 상기 대뇌 영상화를 분할하는 단계를 수행하도록 구성되고, 대뇌 영상화를 분할하는 단계를 위해 그래프 컷이 적용된다.
- [0055] 10. 임의의 선행하는 실시예의 장치에 있어서, 상기 프로세서에 대한 상기 명령어들은 다수의 배향들로부터 수신된 뇌실 정보에 응답하여 상기 뇌실 충전이 수행되도록 구성된다.
- [0056] 11. 임의의 선행하는 실시예의 장치에 있어서, 상기 프로세서에 대한 상기 명령어들은 적어도 전방, 측방 및 후방 뷰로부터 뇌실 정보의 다수의 배향들을 제공하도록 구성된다.
- [0057] 12. 임의의 선행하는 실시예의 장치에 있어서, 상기 프로세서에 대한 상기 명령어들은 피질의 물리적 형상을 보존하기 위해 표면 재구성을 수행하기 전에 백색질(WM)의 내부 공동들이 충전되는 상기 뇌실 충진을 수행하도록 구성된다.
- [0058] 13. 임의의 선행하는 실시예의 장치에 있어서, 상기 프로세서에 대한 상기 명령어들은, 오일러 표수들의 사용에 응답하여 구형 토폴로지로서 추정되는, 피질의 물리적 형상을 보존하도록 구성된다.
- [0059] 14. 임의의 선행하는 실시예의 장치에 있어서, 상기 프로세서에 대한 상기 명령어들은 백색질(WM) 체적 데이터로부터 등위면 메시를 생성함으로써 WM의 상기 표면 재구성을 수행하도록 구성된다.
- [0060] 15. 임의의 선행하는 실시예의 장치에 있어서, 상기 프로세서에 대한 상기 명령어들은 WM 분할 결과들에 기초하여 회색질(GM)의 상기 표면 재구성을 수행하여 GM 및 뇌척수액(CSF) 분류를 미세화하여 뇌구 디스크립션, 그 후에 표면 메시의 생성을 개선시키도록 구성된다.
- [0061] 16. 임의의 선행하는 실시예의 장치에 있어서, 상기 프로세서에 대한 상기 명령어들은, GM 표면 재구성 동안 뇌구 미세화 처리를 포함하는 상기 재구성을 수행하도록 구성된다.
- [0062] 17. 임의의 선행하는 실시예의 장치에 있어서, 상기 프로세서에 대한 상기 명령어들은 뇌의 상이한 영역들을 나타내는 상이한 컬러들로 되어 있는 영상 데이터를 출력하는 것에 의한 뇌 표면들의 재구성을 위해 구성된다.
- [0063] 18. 임의의 선행하는 실시예의 장치에 있어서, 상기 프로세서에 대한 상기 명령어들은 피질이 단일 시트의 연결 조직이므로, 피질의 물리적 형상을 보존하면서 뇌 표면들의 재구성을 위해 구성되고, 상기 프로그래밍은 뇌간에서 이 표면을 폐쇄시키도록 구성된다.
- [0064] 19. 뇌 영역들의 의료 영상들을 자동으로 처리하기 위한 장치로서, (a) 3차원(3D) 의료 뇌 영상 데이터를 생성하기 위해 환자의 뇌를 3차원으로 스캐닝하도록 구성된 의료 영상화 시스템; (b) 상기 3D 의료 뇌 영상 데이터에 대한 영상 처리를 자동으로 수행하도록 구성된 컴퓨터 프로세서; (c) 상기 컴퓨터 프로세서에 결합되고, 3D 의료 영상들을 디스플레이하도록 구성된 디스플레이 디바이스; 및 (d) 상기 컴퓨터 프로세서에서 실행가능한 프로그래밍을 저장하는 메모리를 포함하고; (e) 상기 프로그래밍은 실행될 때: (e)(i) 비-뇌 영상 요소들을 제거하는 뇌 추출 처리에서 뇌 구조체들을 결정하는 단계; (e)(ii) 뇌 조직 타입들을 분류하는 단계; (e)(iii) (e)(iii)(A) 평면에 대한 최대 대칭성이 발견되는 의료 영상 공간 내의 평면을 탐색하는 처리에 응답하여 정중 시상면(MSP)을 식별하는 것, (e)(iii)(B) 조직 분류 하의 출력으로서의 백색질(WM) 멤버 함수와 MSP의 교차점으로부터 뇌돌보 및 뇌교를 식별하는 것, 및 (e)(iii)(C) 하나의 세트의 구조체들의 식별이 그 다음에 다른 세트들의 구조체들의 식별에 이용되는 것에 응답하여, 영상 정보의 어느 부분들이 특정 생리학적 구조체들에 속하는지를 결정하는 대뇌 영상화를 분할하는 단계; (e)(iv) 영상으로부터 추출된 뇌실 정보에 응답하는 뇌실 충전, 경막의 제거, 및 피질하 영역의 보정을 포함하는 해부학적 미세화; 및 (e)(v) 표면 메시의 생성 및 메시 토폴로지의 보정에 응답하는, 백색질과 회색질 양쪽 모두를 포함하는 뇌의 표면들의 재구성; (e)(vi) 상기 단계들 각각이 사용자 상호작용 또는 개입 없이 상기 프로그래밍에 응답하여 수행되는 것; 및 (e)(vii) 뇌 조직들의 분류, 상이한 뇌 부분들의 분할, 표면 재구성들을, 뇌실 충전과 함께 나타내는 3D 뇌 영상을 상기 디스플레이에

디스플레이하는 단계를 포함하는 단계들을 수행한다.

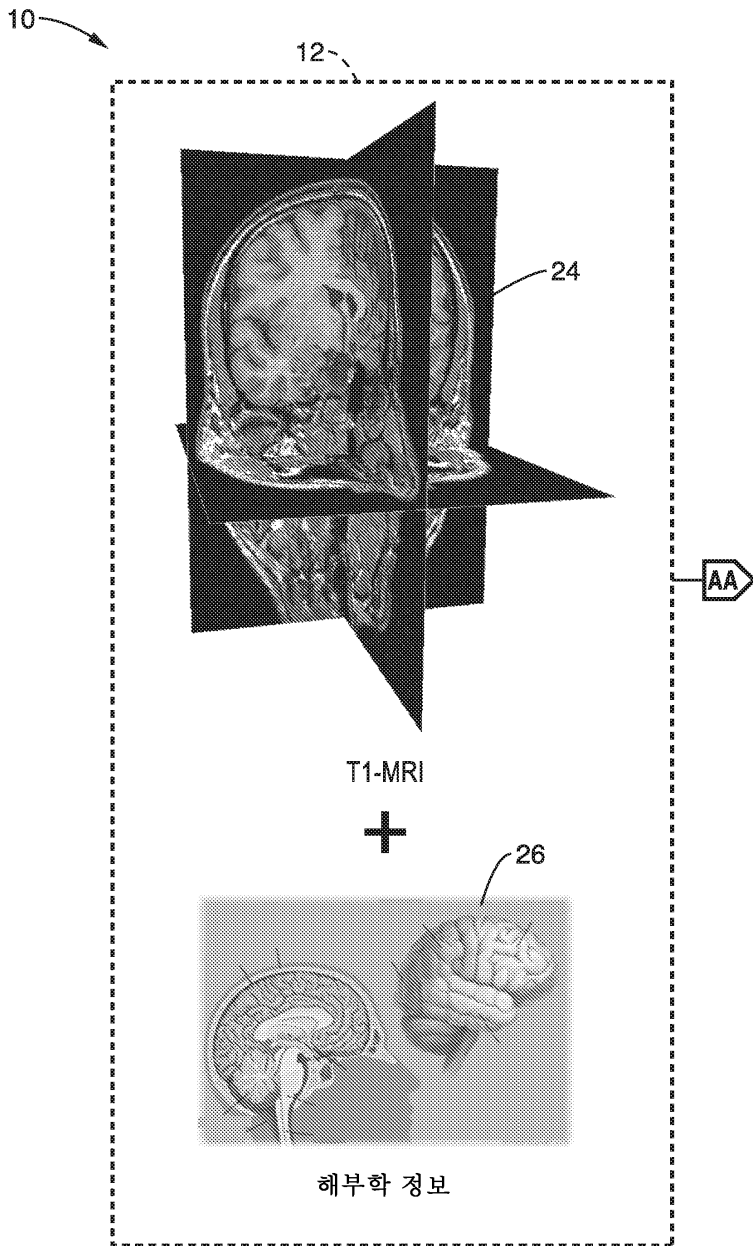
[0065] 20. 뇌 영역들의 의료 영상들을 자동으로 처리하는 방법으로서, (a) 3차원 의료 뇌 영상 데이터를 생성하기 위해 환자의 뇌의 의료 스캔을 수행하는 단계; (b) 3차원 의료 영상 처리를 수행하도록 구성된 컴퓨터 프로세서에서 수행되는 뇌 추출 처리에서 뇌 구조체들을 결정하는 단계; (c) 뇌 구조체들을 결정함에 있어서 비-뇌 영상 요소들을 제거하는 단계; (d) 뇌 조직 타입들을 분류하는 단계; (e) 영상 정보의 어느 부분들이 특정 생리학적 구조체들에 속하는지를 결정하는 대뇌 영상화를 분할하는 단계; (f) 영상으로부터 추출된 뇌실 정보에 응답하는 뇌실 충전, 경막의 제거, 및 피질하 영역의 보정을 포함하는, 해부학적 요소들을 미세화하는 단계; (g) 표면 메시의 생성 및 메시 토폴로지의 보정에 응답하는, 백색질과 회색질 양쪽 모두를 포함하는 뇌의 표면들의 재구성; 및 (h) 뇌 조직들의 분류, 상이한 뇌 부분들의 분할, 표면 재구성들을, 뇌실 충전과 함께 나타내는 3D 뇌 영상을 디스플레이 디바이스에 디스플레이하는 단계를 포함한다.

[0066] 본 명세서에서의 설명이 많은 상세들을 포함하지만, 이들은 본 개시내용의 범위를 제한하는 것으로 해석되어서는 안되고, 현재 바람직한 실시예들 중 일부 실시예들의 예시들을 단지 제공할 뿐인 것으로 해석되어야 한다. 따라서, 본 개시내용의 범위는 본 기술분야의 통상의 기술자에게 명백해질 수 있는 다른 실시예들을 완전히 포괄한다는 것을 이해할 것이다.

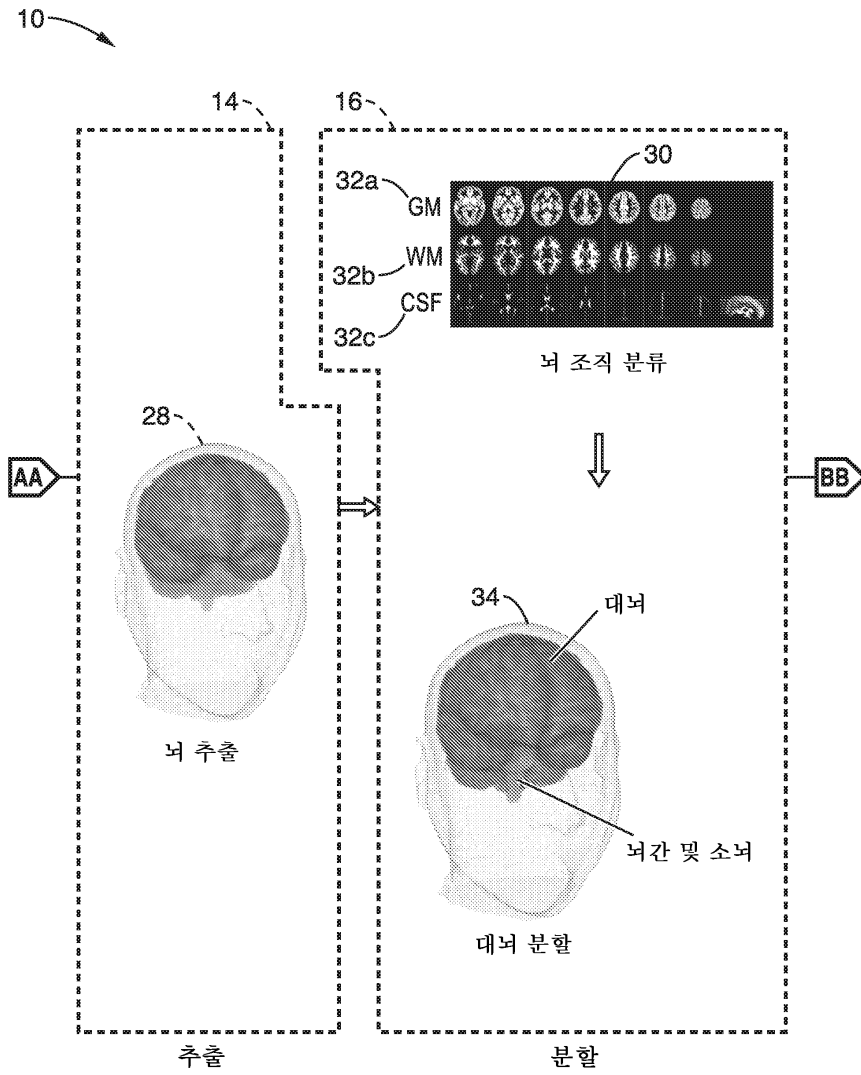
[0067] 청구범위에서, 단수로의 요소의 언급은 명시적으로 기술되지 않는 한 "단 하나(one and only one)"를 의미하도록 의도된 것이 아니라, 오히려 "하나 이상"을 의미하도록 의도된다. 본 기술분야의 통상의 기술자에게 공지된 개시된 실시예들의 요소들에 대한 모든 구조적 및 기능적 균등물들은 본 명세서에 참조로 명백히 포함되고 본 청구범위에 의해 포괄되도록 의도된다. 게다가, 본 개시내용 내의 어떠한 요소, 컴포넌트, 또는 방법 단계도, 그 요소, 컴포넌트, 또는 방법 단계가 청구범위에서 명시적으로 인용되는지 여부에 관계없이 공개 이용되도록 의도된 것이 아니다. 본 명세서에서 어떠한 청구항 요소도, 그 요소가 어구 "~하는 수단"을 사용하여 명백히 인용되지 않는 한 "수단 플러스 기능(means plus function)"으로서 해석되어서는 안된다. 본 명세서에서 어떠한 청구항 요소도, 그 요소가 어구 "~하는 단계"를 사용하여 명백히 인용되지 않는 한 "단계 플러스 기능(step plus function)"으로서 해석되어서는 안된다.

도면

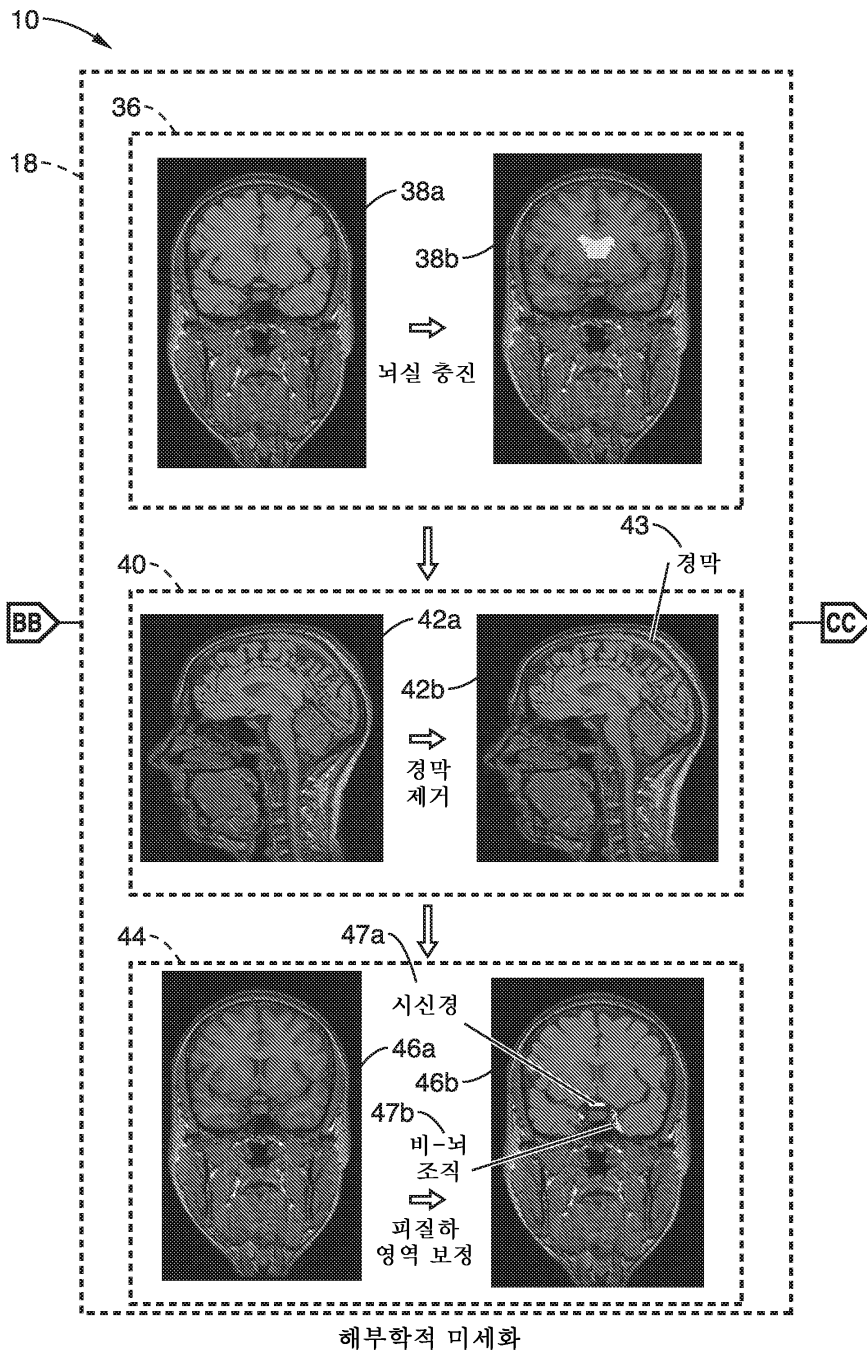
도면1a



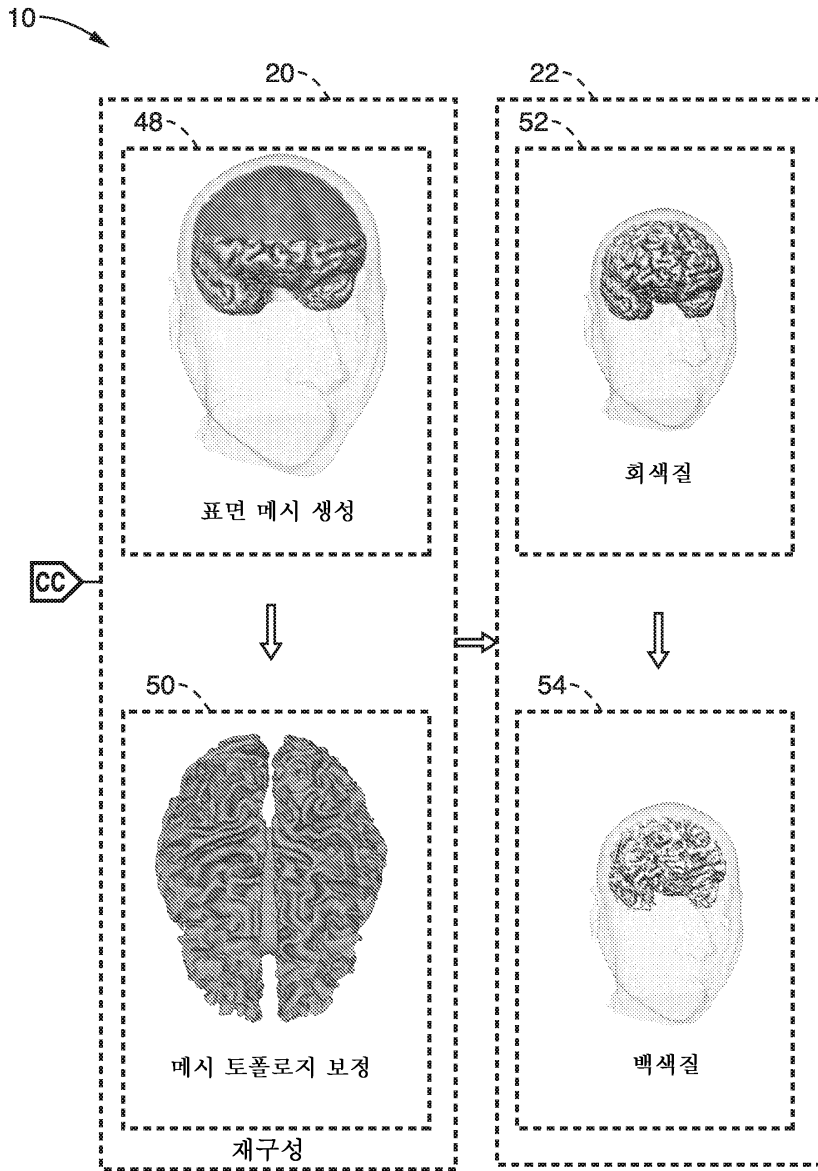
도면1b



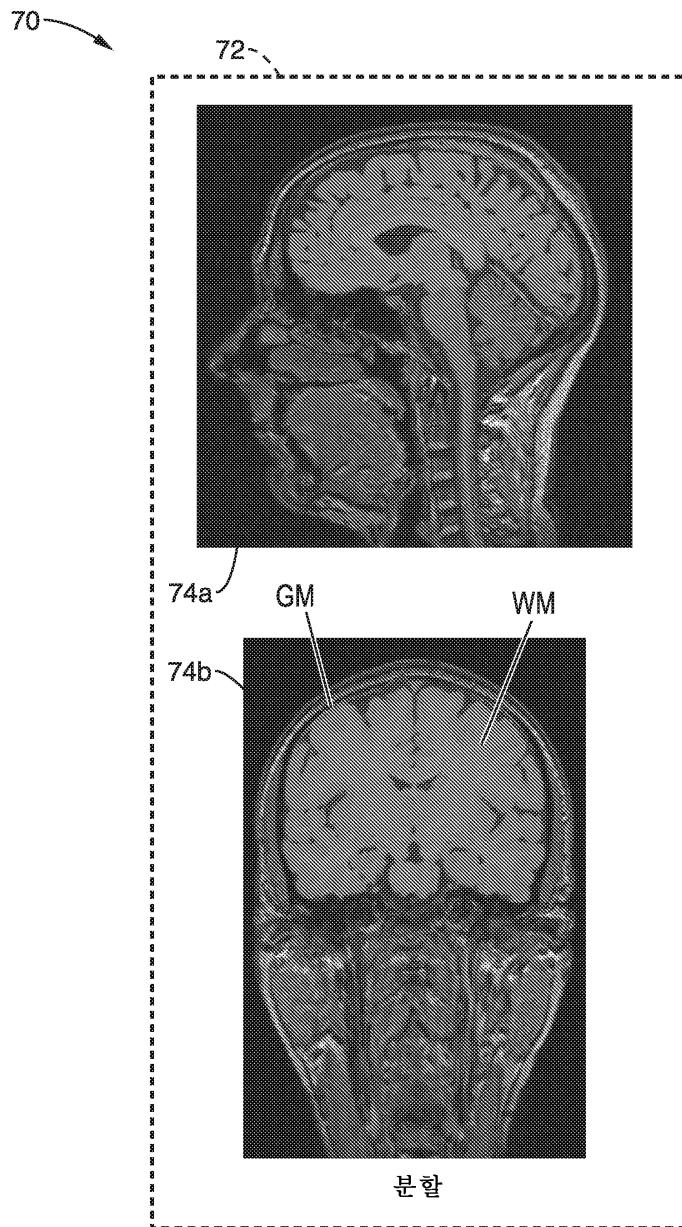
도면1c



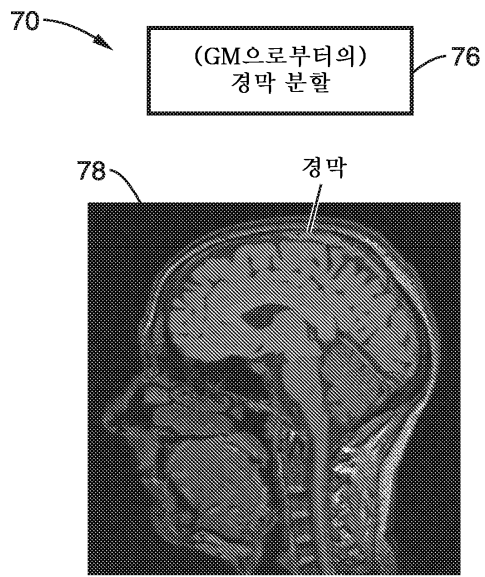
도면1d



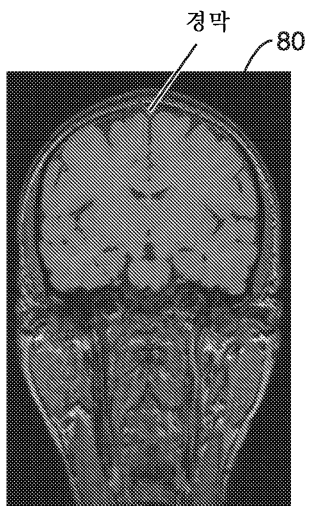
도면2a



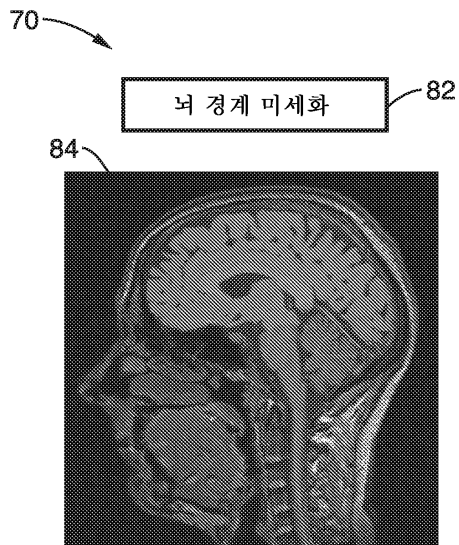
도면2b



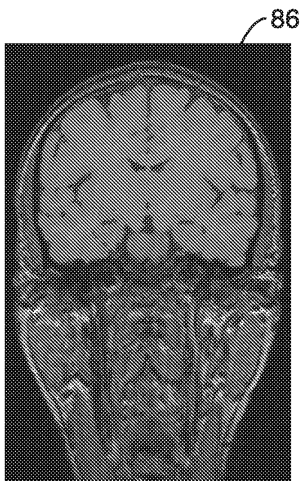
도면2c



도면2d



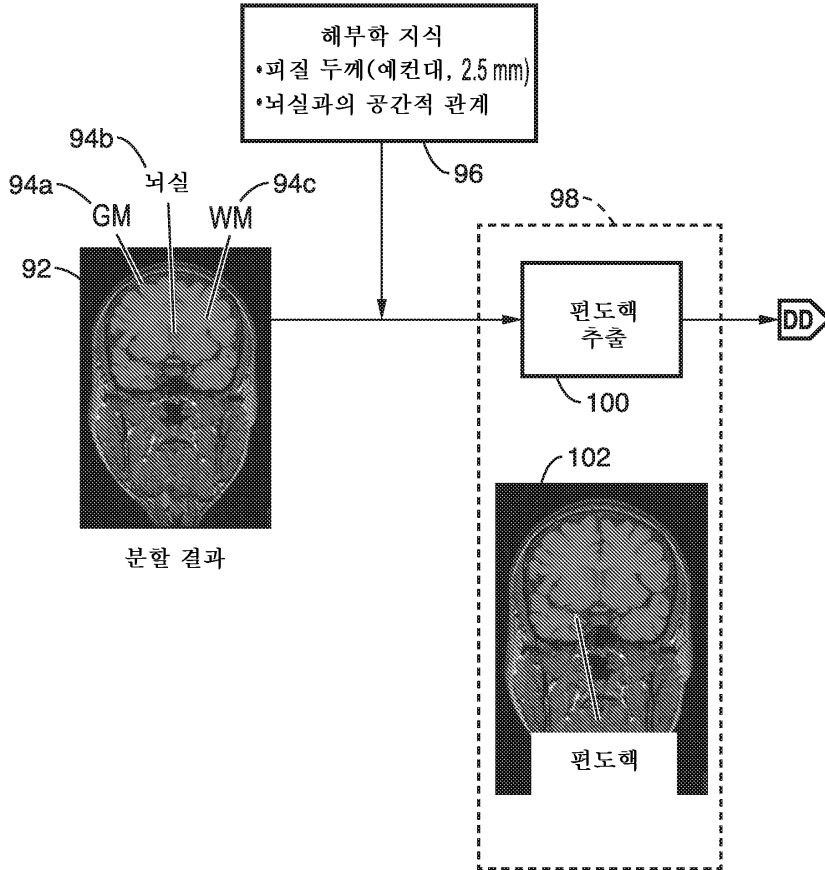
도면2e



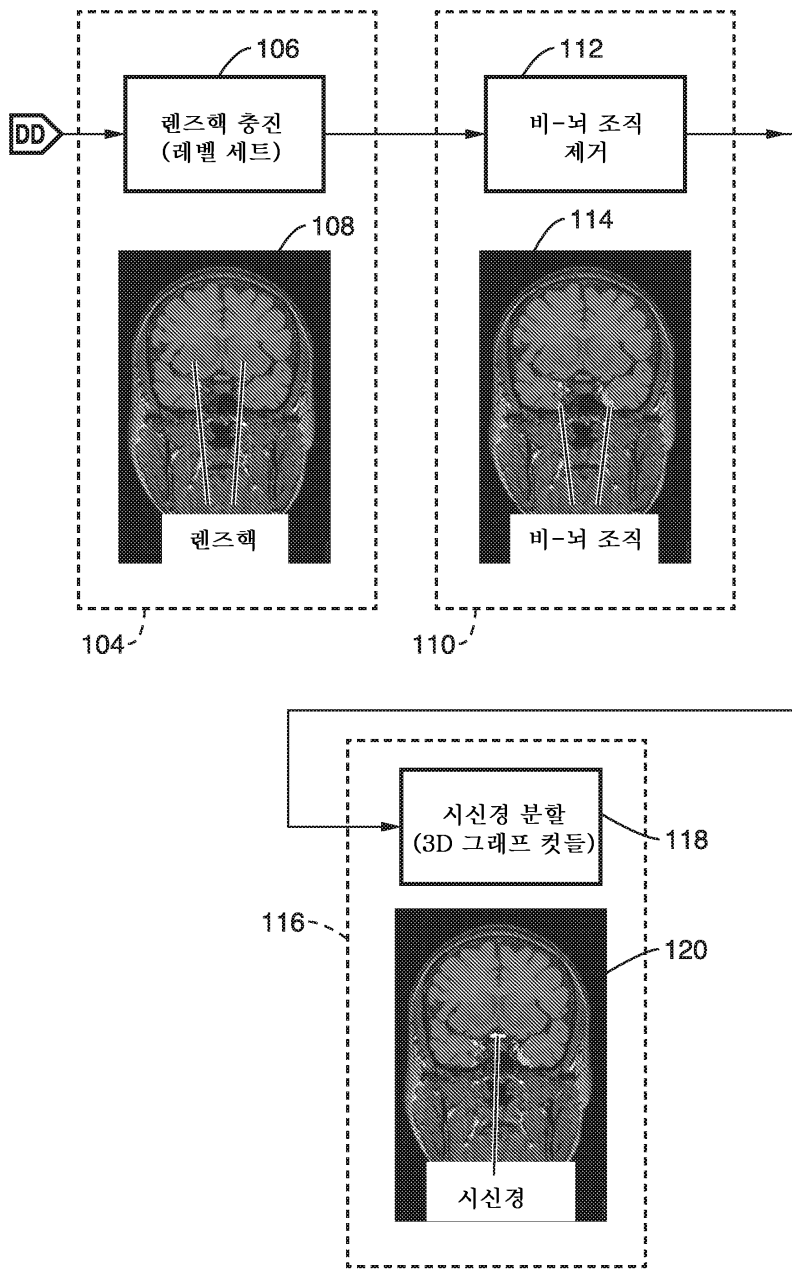
도면3a

90

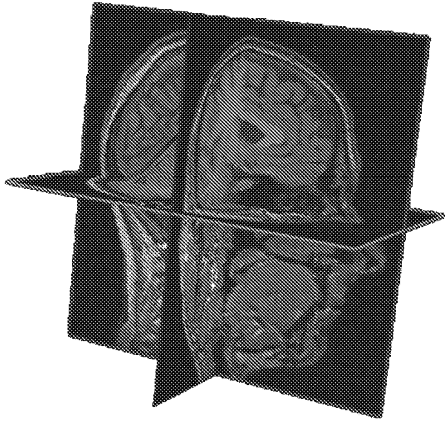
피질하 영역 보정



도면3b

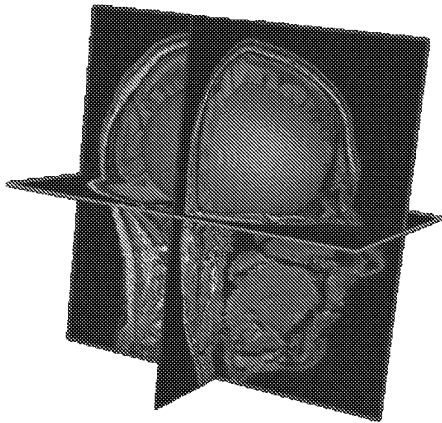


도면4a



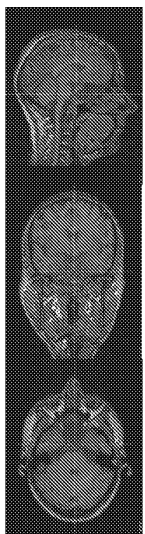
MRI 데이터

도면4b



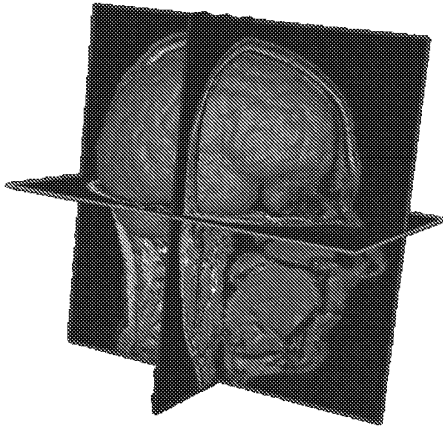
초기화

도면4c



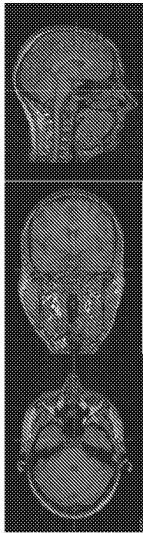
초기화

도면4d



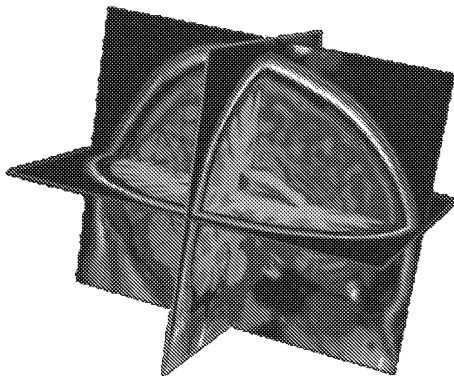
추출 결과

도면4e



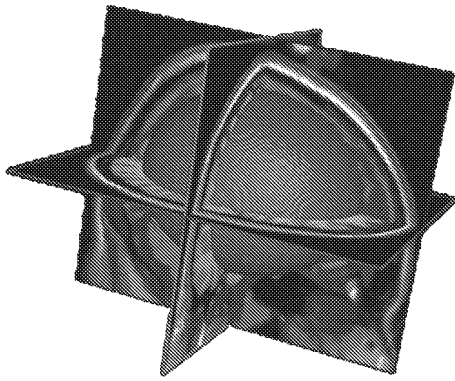
추출 결과

도면5a



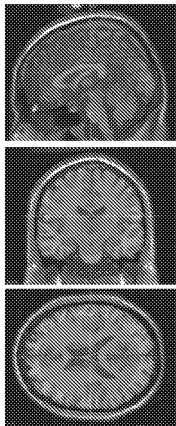
MRI 데이터

도면5b



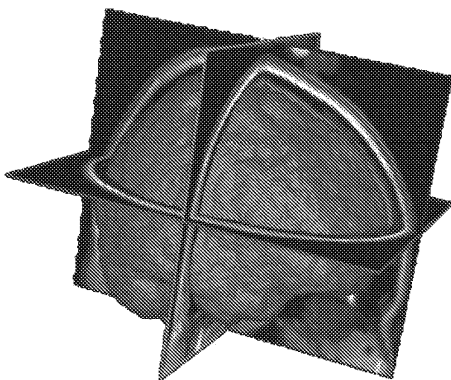
초기화

도면5c



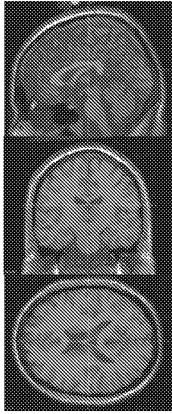
초기화

도면5d



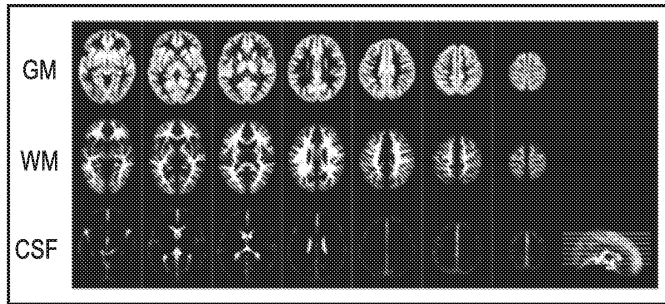
추출 결과

도면5e

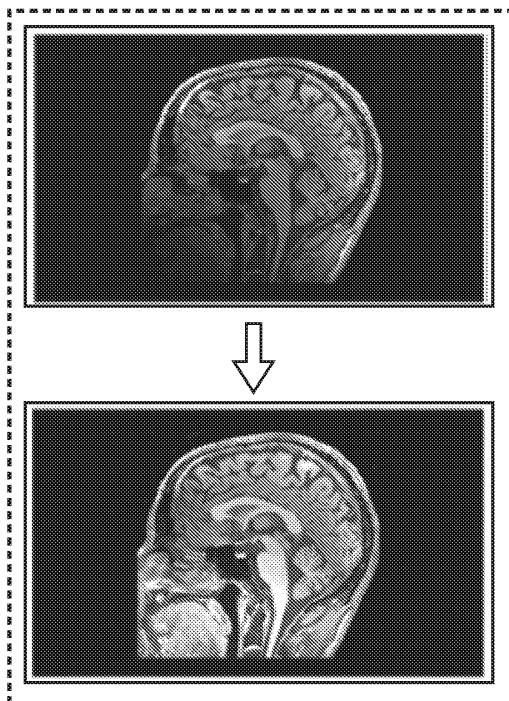


추출 결과

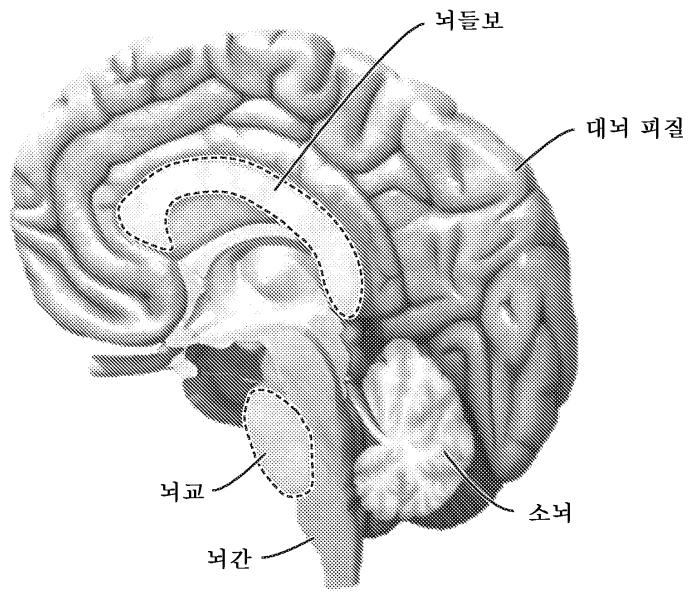
도면6a



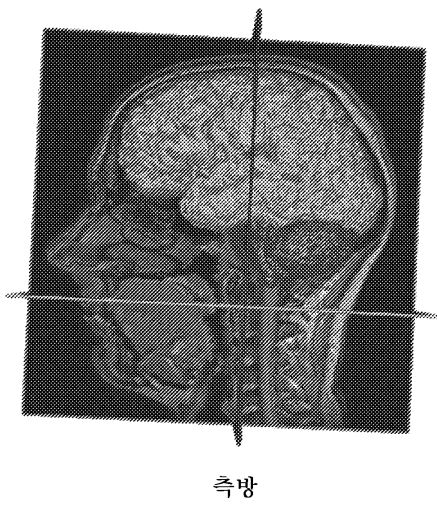
도면6b



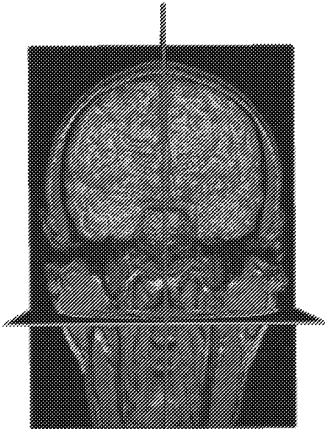
도면7



도면8a

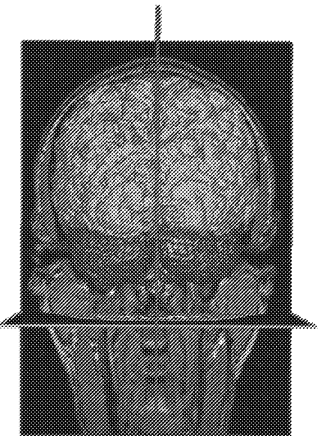


도면8b



전방

도면8c



후방

도면9



도면10

