



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년06월18일

(11) 등록번호 10-1530015

(24) 등록일자 2015년06월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

A61B 6/03 (2006.01) **G06T 7/00** (2006.01)

(21) 출원번호 10-2014-0114541

(22) 출원일자 2014년08월29일

심사청구일자 2014년08월29일

(56) 선행기술조사문헌

KR1020090078665 A*

KR1020100071595 A*

JP2004174253 A

WO9918854 A1

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

고려대학교 산학협력단

서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)

(72) 발명자

김동주

서울특별시 강남구 압구정로 201, 82동 1106호 (압구정동, 현대아파트)

(74) 대리인

특허법인엠에이피에스

전체 청구항 수 : 총 16 항

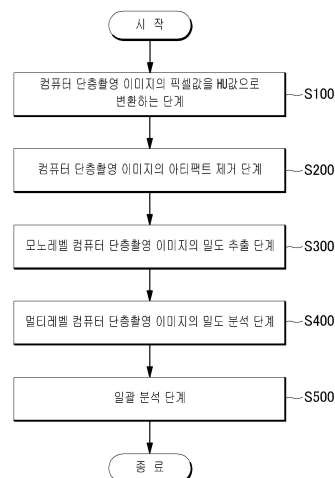
심사관 : 조형희

(54) 발명의 명칭 컴퓨터 단층촬영 이미지의 밀도 분석 방법

(57) 요약

본 발명은 컴퓨터 단층촬영 이미지의 밀도 분석 방법에 관한 것으로서, 뇌의 단면을 촬영한 컴퓨터 단층촬영 이미지의 픽셀 값을 HU(Hounsfield Unit) 값으로 변환하는 단계; HU값으로 변환된 컴퓨터 단층촬영 이미지에서 아티팩트를 제거하는 단계; 및 아티팩트가 제거된 컴퓨터 단층촬영 이미지에서 HU값의 밀도 분포를 추출 단계를 포함한다.

대표도 - 도1



명세서

청구범위

청구항 1

컴퓨터 단층촬영 이미지의 밀도 분석 방법에 있어서,

뇌의 단면을 촬영한 컴퓨터 단층촬영 이미지의 픽셀 값을 HU(Hounsfield Unit) 값으로 변환하는 단계;

상기 HU값으로 변환된 컴퓨터 단층촬영 이미지에서 기계 아티팩트를 제거하는 단계;

상기 기계 아티팩트가 제거된 컴퓨터 단층촬영 이미지에서 두개골내의 위치를 탐색하고, 균열의 발생 영역을 뼈 픽셀로 오버레이하는 단계;

상기 뼈 픽셀이 오버레이된 컴퓨터 단층촬영 이미지로부터 뇌조직을 추출하는 단계; 및

상기 아티팩트가 제거되고, 뇌조직이 추출된 컴퓨터 단층촬영 이미지에서 HU값의 밀도 분포를 추출 단계를 포함하는 컴퓨터 단층촬영 이미지의 밀도 분석 방법.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 뇌조직을 추출하는 단계는

상기 컴퓨터 단층촬영 이미지의 각각의 픽셀을 유효 픽셀과 무효 픽셀로 구분하고, 기준점을 설정하여, 기준점으로부터 상측 방향, 하측 방향, 좌측 방향, 및 우측 방향으로 유효 픽셀을 탐색하는 것인 컴퓨터 단층촬영 이미지의 밀도 분석 방법.

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 컴퓨터 단층촬영 이미지에서 HU값의 밀도 분포를 추출하는 단계는

0 이상 79 이하의 HU값을 가지는 픽셀의 수를 각각 카운트하여 저장하는 것인 컴퓨터 단층촬영 이미지의 밀도 분석 방법.

청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 컴퓨터 단층촬영 이미지의 밀도 분석 방법은

뇌의 전면에 대한 컴퓨터 단층촬영 이미지를 하나 이상 획득하여, 상기 컴퓨터 단층촬영 이미지의 픽셀 값을 HU값으로 변환하는 단계;

상기 아티팩트를 제거하는 단계; 및

상기 HU값의 밀도 분포 추출 단계를 획득한 이미지의 개수만큼 반복 수행하고,

상기 뇌의 전면에 대한 컴퓨터 단층촬영 이미지의 HU값의 밀도 분포를 분석하는 단계를 더 포함하는 컴퓨터 단층촬영 이미지의 밀도 분석 방법.

청구항 5

제 2항에 있어서,

상기 유효 픽셀은 컴퓨터 단층촬영 이미지내의 조직에 해당되는 픽셀로, HU값의 범위가 69에서 89사이인 것인 컴퓨터 단층촬영 이미지의 밀도 분석 방법.

청구항 6

제 2항에 있어서,

상기 무효 픽셀은 컴퓨터 단층촬영 이미지내의 바탕에 해당되는 픽셀로, HU값이 -1000 이하인 것인 컴퓨터 단층촬영 이미지의 밀도 분석 방법.

청구항 7

제 2항에 있어서,

상기 뇌조직을 추출하는 단계는

뇌조직 픽셀과 뼈 픽셀의 비율에 기초하여, 비강 이하 부분과 정수리 부분을 제거하는 단계를 더 포함하는 것인 컴퓨터 단층촬영 이미지의 밀도 분석 방법.

청구항 8

제 4항에 있어서,

상기 뇌의 전면에 대한 컴퓨터 단층촬영 이미지의 HU값의 밀도 분포를 분석하는 단계는

상기 뇌의 전면에 대한 하나 이상의 컴퓨터 단층촬영 이미지에서, 0이상 79 이하의 HU값을 가지는 각각의 픽셀들의 비율을 도출하는 것인 컴퓨터 단층촬영 이미지의 밀도 분석 방법.

청구항 9

제 4항에 있어서,

상기 뇌의 전면에 대한 컴퓨터 단층촬영 이미지의 HU값의 밀도 분포를 기초로하여, 부종 세포(Edema cell, HU_{13}^{21}), 출혈(Haemorrhage, HU_{73}^{75}), 및 정상 세포(Normal cell, HU_{28}^{33})에 대한 분포를 도출하고,

컴퓨터 단층촬영 이미지의 밀도 하우스필드 유닛 지수(Densitometric Hounsfield Unit Score, DHS)값을 산출하여, 산출된 DHS값에 따라 뇌의 병변의 상태의 심각성 또는 뇌의 병변의 호전여부를 분류하는 단계를 더 포함하되, 상기 DHS는 아래의 수학식5에 의하여 산출되는 것인 컴퓨터 단층촬영 이미지의 밀도 분석 방법.

[수학식 5]

$$DHS = (HU_{13}^{21} + HU_{73}^{75} + lesionscore) / HU_{28}^{33}$$

병변 지수(lesion score)는 환자의 방사성 물질에 의한 보고(Radiological Report)상에서 두개골의 균열(Cranial fracture), 뇌경색(Infarction), 뇌부종(Brain swelling), 경막외출혈(Epidural haemorrhage, EDH), 지주막하출혈(Subarachnoid haemorrhage, SAH), 경막하출혈(Subdural haemorrhage, SDH), 뇌내출혈(Intracerebral haemorrhage, ICH) 또는 뇌실내출혈(Intraventricular haemorrhage, IVH)중 어느 하나 이상의 발견 유무에 따른 지수(score)의 총합을 나타냄.

청구항 10

제 9항에 있어서,

뇌의 병변의 상태의 심각성 또는 뇌의 병변의 호전여부를 분류하는 단계는

최초의 컴퓨터 단층촬영 이미지의 기준 DHS 값을 통해 환자 상태의 심각성을 분류하며, 마지막 컴퓨터 단층촬영 이미지의 기준 DHS 값을 통해 환자 상태의 호전여부를 분류하는 것인 컴퓨터 단층촬영 이미지의 밀도 분석 방법.

청구항 11

컴퓨터 단층촬영 이미지로부터 밀도 하우스필드 유닛 지수(Densitometric Hounsfield Unit Score, DHS)값을 산출하는 방법에 있어서,

- (a) 뇌의 전체면에 대한 컴퓨터 단층촬영 이미지를 하나 이상 획득하는 단계;
- (b) 컴퓨터 단층촬영 이미지의 픽셀 값을 HU값으로 변환하는 단계;
- (c) 상기 HU값으로 변환된 컴퓨터 단층촬영 이미지에서 기계 아티팩트를 제거하는 단계;
- (d) 상기 기계 아티팩트가 제거된 컴퓨터 단층촬영 이미지에서 두개골내의 위치를 탐색하고, 균열의 발생 영역을 뼈 픽셀로 오버레이하는 단계;
- (e) 상기 뼈 픽셀이 오버레이된 컴퓨터 단층촬영 이미지로부터 뇌조직을 추출하는 단계; 및
- (f) 상기 아티팩트가 제거되고, 뇌조직이 추출된 컴퓨터 단층촬영 이미지에서 HU값의 밀도 분포를 추출하는 단계;
- (g) 뇌의 전체면에 대한 컴퓨터 단층촬영 이미지의 HU값의 밀도 분포를 분석하는 단계; 및
- (h) 상기 HU값의 밀도 분포 분석 결과에 따라 도출된 부종 세포(Edema cell), 출혈(Haemorrhage), 및 정상 세포(Normal cell)에 대한 분포를 기초로하여 DHS값을 산출하는 단계를 포함하는 컴퓨터 단층촬영 이미지에서 DHS값의 산출 방법.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 (a) 내지 (h) 단계는 상기 뇌의 전체면에 대하여 획득된 컴퓨터 단층촬영 이미지의 개수만큼 반복 수행되는 것인 컴퓨터 단층촬영 이미지에서 DHS값의 산출 방법.

청구항 13

제 11항에 있어서,

상기 DHS는 아래의 수학적식 6에 의하여 산출되는 것인 컴퓨터 단층촬영 이미지의 DHS값의 산출 방법.

[수학적식 6]

$$DHS = (HU_{13}^{21} + HU_{73}^{75} + lesionscore) / HU_{28}^{33}$$

HU_{13}^{21} 는 부종 세포(Edema cell)를 나타내는 HU값의 밀도 분포, HU_{73}^{75} 은 출혈(Haemorrhage)을 나타내는 HU값의 밀도 분포, 및 HU_{28}^{33} 는 정상 세포(Normal cell)를 나타내는 HU값의 밀도 분포를 나타내고,

병변지수(lesion score)는 환자의 방사성 물질에 의한 보고(Radiological Report)상에서 두개골의 균열(Cranial fracture), 뇌경색(Infarction), 부종(Brain swelling), 경막외출혈(Epidural haemorrhage, EDH), 주막하출혈(Subarachnoid haemorrhage, SAH), 경막하출혈(Subdural haemorrhage, SDH), 뇌내출혈(Intracerebral haemorrhage, ICH) 또는 뇌실내출혈(Intraventricular haemorrhage, IVH)중 어느 하나 이상의 발견 유무에 따른 지수(score)의 총합을 나타냄.

청구항 14

제 11항에 있어서,

상기 산출된 DHS값에 따라 뇌의 병변의 상태의 심각성 또는 뇌의 병변의 호전여부를 분류하는 단계를 더 포함하는 컴퓨터 단층촬영 이미지의 DHS값의 산출 방법.

청구항 15

컴퓨터 단층촬영 이미지의 밀도 분석 장치에 있어서,

밀도 분석 애플리케이션이 저장된 저장장치, 및

상기 밀도 분석애플리케이션과 인터페이싱하도록 정렬된 프로세싱 유닛을 포함하고,

상기 프로세싱 유닛은 상기 밀도 분석 애플리케이션의 실행에 따라,

뇌의 단면을 촬영한 컴퓨터 단층촬영 이미지의 픽셀 값을 HU값으로 변환하고,

상기 HU값으로 변환된 컴퓨터 단층촬영 이미지에서 기계 아티팩트를 제거하고, 상기 기계 아티팩트가 제거된 컴퓨터 단층촬영 이미지에서 두개골내의 위치를 탐색하여, 균열의 발생 영역을 빼 픽셀로 오버레이시켜 컴퓨터 단층촬영 이미지로부터 뇌조직을 추출 한 후,

상기 아티팩트가 제거되고, 뇌조직이 추출된 컴퓨터 단층촬영 이미지에서 HU값의 밀도 분포를 추출하는 컴퓨터 단층촬영 이미지의 밀도 분석 장치.

청구항 16

제1항 내지 10항에 따른 컴퓨터 단층촬영 이미지의 밀도 분석 방법을 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 매체.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 컴퓨터 단층촬영 이미지의 밀도 분석 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 뇌손상(Brain Injury)으로 인하여 현재 전세계적으로 매년 약 천만명의 새로운 환자가 발생하고 있으며, 2020년 경에는 인류의 사망원인 3위에 오를 전망이기도 하다. 일반적으로 뇌손상의 직접적인 결과로 인한 1차적 손상은 되돌릴 수 없다고 알려져 있으나, 일부 연구는 뇌손상으로 인한 세포사(Cell Death)의 상당수는 사고시점으로부터 수 시간 후에 일어난다고 보고하고 있다. 뇌손상의 전형적인 2차 손상은 허혈손상(Ischemic Injury)이며, 이와 함께 두개내압 (Intracranial Pressure, ICP)의 상승과 뇌관류압(Cerebral Perfusion Pressure, CPP)의 감소가 함께 진행된다.

[0003] 현재, 뇌손상 정도를 진단하는 주된 영상 기법으로는, 컴퓨터 단층촬영(Computed Tomography, CT)과 자기공명영상(Magnetic Resonance Imaging, MRI)이 있다. 자기공명영상은 뇌부종을 검출하는데 있어서 컴퓨터 단층촬영보다 높은 해상도와 감도를 가지고 있다. 그러나 컴퓨터 단층촬영에 비해 데이터를 획득하는데 더 많은 시간이 소요된다. 또한, 자기공명영상은 촬영 시에 환자가 고정된 자세를 유지하고 있어야 한다는 단점이 있다. 따라서, 빠른 처치가 중요한 외상에 의한 뇌손상 환자의 경우, 자기공명영상의 높은 감도가 컴퓨터 단층촬영에 비해 특별히 임상적 우월성을 지니지는 않는다고 보고되고 있다.

[0004] 특히, 고정된 자세를 유지하고 있어야 하는 자기공명영상의 특성은 유소아 환자에게 더욱 불리하게 작용할 수 있다. 뇌손상을 가진 유소아 환자들은 자기공명영상의 촬영 전 고정된 자세를 유지하고 있어야 하는 이유 때문에 진정제 투여나 전신 마취 등의 처치를 받곤 한다. 그러나 이러한 처치는 심장과 호흡기관에 합병증을 야기할 수 있으며, 이것은 다시 일차적 손상과 결합하여 2차적 손상을 야기시킬 수 있다.

[0005] 이에 반하여, 컴퓨터 단층촬영은 뇌손상 환자나 뇌졸중 환자와 같이 긴급한 처치를 요하는 환자들에게 대단히 유효할 수 있다. 그러나, 컴퓨터 단층촬영의 경우, 판독자에 따라 구조적 이상의 정도가 다르게 측정되는 사용자 의존성이 높을 수 있다. 따라서, 컴퓨터 단층촬영을 통한 뇌손상 진단을 표준화하여 사용자 의존성을 줄이기 위한 노력의 일환으로, 여러 분류 시스템(classification system)이 제안된 바 있다. 이 중에서 가장 널리 사용되는 분류 시스템으로는, 1991년에 마샬(Marshall)이 제안한 마샬 분류(Marshall classification)가 있다. 마샬 분류는 뇌병변의 부피와 중앙선 이동(midline shift)의 정도, 뇌저지주막하조(basal cistern)의 찌그러짐과 외과적 시술의 여부와 같은 구조적인 이상을 판독 기준으로 사용하여, 뇌손상의 정도를 6단계로 나누어 진단한다. 이러한 마샬 분류는 뇌손상의 예후 정보를 제공하는 것으로 알려져 있다. 그러나 마샬 분류만으로는 사용자 의존성을 여전히 극복하지 못한다.

[0006] 따라서, 기존의 한계를 극복하는 새로운 패러다임의 컴퓨터 단층촬영 진단 시스템의 개발이 요구되고 있다.

[0007] 이와 관련하여, 일본공개특허공보 제 2004-047640호(발명의 명칭: 뇌 질환 진단 지원 방법 및 장치)는 피검사자의 뇌 화상을 입력해, 뇌 화상을 표준화 한 후, 이를 활용하여 정상인의 뇌와 그래프를 통한 통계적 비교 분석을 통하여 객관적인 진단 결과를 제공하는 방법을 개시하고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0008] 본 발명은 전술한 종래 기술의 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 컴퓨터 단층촬영 기법에 의해 획득된 이미지에서 자동적인 아티팩트 제거와 병변의 진행 양상에 대한 정량적 분석 방법을 제공하고자 한다.
- [0009] 다만, 본 실시예가 이루고자 하는 기술적 과제는 상기된 바와 같은 기술적 과제들로 한정되지 않으며, 또 다른 기술적 과제들이 존재할 수 있다.

과제의 해결 수단

- [0010] 상술한 기술적 과제를 달성하기 위한 기술적 수단으로서, 본 발명의 일 측면에 따른 컴퓨터 단층촬영 이미지의 밀도 분석 방법은, 뇌의 단면을 촬영한 컴퓨터 단층촬영 이미지의 픽셀 값을 HU(Hounsfield Unit) 값으로 변환하는 단계; HU값으로 변환된 컴퓨터 단층촬영 이미지에서 아티팩트를 제거하는 단계; 및 아티팩트가 제거된 컴퓨터 단층촬영 이미지에서 HU값의 밀도 분포를 추출 단계를 포함한다.
- [0011] 또한, 컴퓨터 단층촬영 이미지로부터 밀도 하운스필드 유닛 지수(Densitometric Hounsfield Unit Score, DHS) 값을 산출하는 방법에 있어서, (a) 뇌의 전체면에 대한 컴퓨터 단층촬영 이미지를 하나 이상 획득하는 단계; (b) 컴퓨터 단층촬영 이미지의 픽셀 값을 HU값으로 변환하는 단계; (c) HU값으로 변환된 컴퓨터 단층촬영 이미지에서 아티팩트를 제거하는 단계; (d) 아티팩트가 제거된 컴퓨터 단층촬영 이미지에서 HU값의 밀도 분포를 추출하는 단계; (e) 뇌의 전체면에 대한 컴퓨터 단층촬영 이미지의 HU값의 밀도 분포를 분석하는 단계; 및 (f) 상기 HU값의 밀도 분포 분석 결과에 따라 도출된 부종 세포(Edema cell), 출혈(Haemorrhage), 및 정상 세포(Normal cell)에 대한 분포를 기초로하여 DHS값이 산출된다.
- [0012] 또한, 본 발명의 또 다른 측면에 따른 컴퓨터 단층촬영 이미지의 밀도 분석 장치는 밀도 분석 애플리케이션이 저장된 저장장치, 및 밀도 분석 애플리케이션과 인터페이싱하도록 정렬된 프로세싱 유닛을 포함한다. 이때, 프로세싱 유닛은 밀도 분석 애플리케이션의 실행에 따라, 뇌의 단면을 촬영한 컴퓨터 단층촬영 이미지의 픽셀 값을 HU값으로 변환하고, HU값으로 변환된 컴퓨터 단층촬영 이미지에서 아티팩트를 제거한 후, 아티팩트가 제거된 컴퓨터 단층촬영 이미지에서 HU값의 밀도 분포를 추출한다.

발명의 효과

- [0013] 전술한 본 발명의 과제 해결 수단 중 어느 하나에 의하면, 전 과정이 자동화된 알고리즘을 사용하여 컴퓨터 단층촬영 이미지의 아티팩트를 자동적으로 제거함에 따라, 기존의 상용화된 뇌 영상 분석 장치가 가지는 사용자의 의존성의 한계를 극복할 수 있는 효과를 가진다.
- [0014] 또한, 한 장 혹은 두 장의 컴퓨터 단층촬영 사진을 사용해 구분하는 종래의 분류 시스템들과는 달리, 대뇌 전체의 컴퓨터 단층촬영 사진을 사용하여 분석을 하기 때문에, 국소적인 진단의 한계를 벗어나 미만성 뇌손상(Diffuse Axonal Injury) 뿐만 아니라 지주막하 출혈, 허혈에 따른 뇌조직의 변화까지도 반영하여 객관성과 명확성의 향상을 동시에 갖는 효과를 가진다.

도면의 간단한 설명

- [0015] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 컴퓨터 단층촬영 이미지의 밀도 단위 분석 방법을 나타내는 순서도이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 밀도 분석 방법이 적용되기 위한 초기의 컴퓨터 단층촬영 이미지이다.
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따라 뇌의 중심 수평축과 수직축이 설정된 컴퓨터 단층촬영 이미지이다.
- 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 컴퓨터 단층촬영 이미지의 아티팩트 제거 단계를 상세히 설명하기 위한 순서도이다.
- 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 컴퓨터 단층촬영 이미지의 아티팩트 제거 방법의 기계 아티팩트 제거 방법의 모식도이다.
- 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 기계 아티팩트를 제거하는 단계를 상세히 설명하기 위한 순서도이다.
- 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따라 기계 아티팩트가 제거된 컴퓨터 단층촬영 이미지이다.

도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 컴퓨터 단층촬영 이미지의 밀도 단위 분석 방법에서, 두개골내의 큰 균열을 제거하는 방법을 상세히 설명하기 위한 순서도이다.

도 9는 본 발명의 일 실시예에 따라 뇌의 바운더리 포인트를 설정하고, 뇌를 네 개의 평면으로 분할한 것을 도시하고 있는 도면이다.

도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 컴퓨터 단층촬영 이미지의 밀도 분석 방법에서 균열의 시작점을 탐색하는 방법을 도시한 도면이다.

도 11은 본 발명의 일 실시예에 따라 컴퓨터 단층촬영 이미지의 두개골에 존재하는 균열을 모조뼈 픽셀로 오버레이시킨 결과이다.

도 12는 본 발명의 일 실시예에 따른 컴퓨터 단층촬영 이미지의 밀도 분석 방법에서 자동 마스킹 과정을 도시한 도면이다.

도 13은 본 발명의 일 실시예에 따른 컴퓨터 단층촬영 이미지의 밀도 분석 방법의 네 방향 유효 픽셀 검색 알고리즘을 설명하기 위한 모식도이다.

도 14는 본 발명의 일 실시예에 따른 컴퓨터 단층촬영 이미지의 밀도 분석 방법에서 자동 마스킹에 의하여 조직 픽셀이 추출된 결과이다.

도 15는 본 발명의 일 실시예에 따른 컴퓨터 단층촬영 이미지의 밀도 분석 방법에서 자동 마스킹에 의하여 뇌조직을 추출하는 과정을 도시한 도면이다.

도 16은 본 발명의 일 실시예에 따른 컴퓨터 단층촬영 이미지의 밀도 분석 방법에서 자동 마스킹에 의하여 순수한 뇌조직이 추출된 컴퓨터 단층촬영 이미지이다.

도 17은 본 발명의 일 실시예에 따른 컴퓨터 단층촬영 이미지의 밀도 분석 방법의 모노레벨 컴퓨터 단층촬영 이미지의 밀도 분포 그래프이다.

도 18은 본 발명의 일 실시예에 따른 컴퓨터 단층촬영 이미지의 밀도 분석 방법에 의하여 도출된 모노레벨 컴퓨터 단층촬영 이미지의 컬러 영상이다.

도 19는 본 발명의 일 실시예에 따른 컴퓨터 단층촬영 이미지의 밀도 분석 알고리즘을 통하여, 경과가 호전된 뇌외상 환자의 멀티레벨 영상 밀도 분포 그래프와 3차원 컬러 영상을 도출한 결과이다.

도 20은 본 발명의 일 실시예에 따른 컴퓨터 단층촬영 이미지의 밀도 분석 알고리즘을 통하여, 경과가 호전되지 못한 뇌외상 환자의 멀티레벨 영상 밀도 분포 그래프와 3차원 컬러 영상을 도출한 결과이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0016] 아래에서는 첨부한 도면을 참조하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본 발명의 실시예를 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.

[0017] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 "연결"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우뿐 아니라, 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 "전기적으로 연결"되어 있는 경우도 포함한다. 또한 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.

[0018] 본 명세서에 있어서 '부(部)'란, 하드웨어에 의해 실현되는 유닛(unit), 소프트웨어에 의해 실현되는 유닛, 양방을 이용하여 실현되는 유닛을 포함한다. 또한, 1 개의 유닛이 2 개 이상의 하드웨어를 이용하여 실현되어도 되고, 2 개 이상의 유닛이 1 개의 하드웨어에 의해 실현되어도 된다.

[0019] 이하 도면을 참조하여 본 발명의 일 실시예에 따른 컴퓨터 단층촬영 이미지의 밀도 단위 분석 방법에 대하여 상세히 설명하도록 한다.

[0020] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 컴퓨터 단층촬영 이미지의 밀도 분석 방법을 나타내는 순서도이다.

[0021] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 밀도 분석 방법이 적용되기 위한 초기의 컴퓨터 단층촬영 이미지이다.

- [0022] 도 1을 참조하면 컴퓨터 단층촬영 이미지의 밀도 분석 방법은 컴퓨터 단층촬영 이미지의 픽셀 값을 HU값으로 변환하는 단계(S100); 컴퓨터 단층촬영 이미지의 아티팩트 제거 단계(S200); 모노레벨 컴퓨터 단층촬영 이미지의 밀도 추출 단계(S300); 멀티레벨 컴퓨터 단층촬영 이미지의 밀도 분석 단계(S400) 및 일괄 분석 단계(S500)를 포함할 수 있다.
- [0023] 먼저, 컴퓨터 단층촬영 이미지의 픽셀 값을 HU값으로 변환하는 단계 (S100)는 본 발명의 일 실시예에 따른 컴퓨터 단층촬영 이미지 밀도 단위 분석 방법의 전처리 과정으로서, 컴퓨터 단층촬영 이미지의 아티팩트 제거 단계(S200)와 영상 밀도 추출 단계(S300, S400)를 수행하기 위한 준비 과정이다. 본 발명의 일 실시예에 따르면, 컴퓨터 단층촬영 이미지의 픽셀 값을 HU값으로 변환하는 단계(S100)에서, 컴퓨터 단층촬영 이미지를 읽어 들여 컴퓨터 단층촬영 이미지의 픽셀(pixel) 정보를 행렬(matrix)로 변환하고, 행렬로 변환된 픽셀정보를 이용하여 뇌의 중심 수평축과 수직축을 설정하는 것이 가능하다. 또한, 단층촬영 이미지의 픽셀 값을 HU값으로 변환하는 단계(S100)에서, 컴퓨터 단층촬영 이미지의 픽셀값을 HU값으로 변환할 수 있다.
- [0024] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따라 뇌의 중심 수평축과 수직축이 설정된 컴퓨터 단층촬영 이미지이다.
- [0025] 컴퓨터 단층촬영 이미지의 픽셀값의 범위에 따른 HU값의 도출 방식은 컴퓨터 단층촬영 이미지의 파일의 설정 상태에 따라서 달라질 수 있으나, 본 발명의 일 실시예에 따른 컴퓨터 단층촬영 이미지의 밀도 분석 방법은 헤더 파일(header file)을 통해 픽셀값의 범위를 자동으로 탐지하고 처리할 수 있다.
- [0026] 이어서, 다시 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 컴퓨터 단층촬영 이미지의 밀도 분석 방법은, 컴퓨터 단층촬영 이미지의 아티팩트 제거 단계(S200)에서, 컴퓨터 단층촬영 이미지에 존재하는 아티팩트를 자동적으로 제거하는 것이 가능하다.
- [0027] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 컴퓨터 단층촬영 이미지의 아티팩트 제거 단계를 상세히 설명하기 위한 순서도이다.
- [0028] 도 4를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 아티팩트 제거 단계(S200)는, 기계 아티팩트를 제거하는 단계(S210); 두개골에 존재하는 균열을 제거하는 단계(S220); 및 아티팩트를 제거하고 뇌조직을 추출하는 단계(S230)를 포함할 수 있다.
- [0029] 본 발명의 일 실시예에 따른 컴퓨터 단층촬영 이미지의 아티팩트 제거 단계(S200)는, 먼저 컴퓨터 단층촬영 이미지에 존재하는 기계 아티팩트를 제거한다(S210).
- [0030] 일반적으로, 컴퓨터 단층촬영(CT)은 엑스선(X-ray) 발생장치가 있는 원형의 기계에 들어가서 촬영하며, 피검자의 인체를 가로로 자른 횡단면상을 획득하는 기술이다. 따라서, 엑스선 발생기가 피검자의 한쪽에 있고, 반대쪽에 엑스선 검출기가 구성되어, 조준된 엑스선 빔(X-ray beam)이 촬영을 원하는 부위를 균일한 강도로 여러 방향에서 통과하게 하고, 반대쪽에서 감쇄된 엑스선량을 검출기로 획득하여 계측한 후, 영상을 구성해 낸다. 따라서, 컴퓨터 단층촬영의 영상을 구성하는 각 화소는 엑스선의 흡수 정도가 매우 중요한 의미를 가진다. 이때, 엑스선의 흡수 정도를 컴퓨터 단층촬영 수치, 또는 컴퓨터 단층촬영의 발명자 이름을 따서 하운스필드 유닛(Hounsfield Unit, HU)이라고 한다. 이때, HU값은 물이 0, 공기가 -1000, 밀도가 큰 뼈가 +1000 이며, 그 밖의 다른 물질들은 각각 엑스선의 감쇄 정도에 따라서 -1000에서 +1000 사이의 값을 가지게 된다. 그러나, 기계의 HU 값은 뼈의 HU 값과 매우 유사한 특징이 있고, 본 발명의 일 실시예에 따른 컴퓨터 단층촬영 이미지의 아티팩트 제거 방법은 마지막 단계에서 HU값을 이용하여 아티팩트를 제거하기 때문에, 기계 아티팩트의 제거는 먼저 선행되어야 한다.
- [0031] 본 발명의 일 실시예에 따른 기계 아티팩트를 제거하는 단계는, 컴퓨터 단층촬영 이미지에서 기계와 뇌 사이의 공간이 비어 있다는 특징과, 기계는 컴퓨터 단층촬영 이미지의 좌측과 우측, 그리고 하측에만 위치한다는 특징을 이용하여 기계 아티팩트를 제거한다.
- [0032] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 컴퓨터 단층촬영 이미지의 아티팩트 제거 방법의 기계 아티팩트 제거 방법의 모식도이다.
- [0033] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 기계 아티팩트를 제거하는 단계를 상세히 설명하기 위한 순서도이다.
- [0034] 도 5 및 도 6을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 기계 아티팩트 제거 단계는, 양수의 HU값을 가지는 픽셀 집합을 탐색하는 단계(S212); 양수의 HU값을 가지는 픽셀 집합이 기계 아티팩트인지 판단하는 단계(S214); 및 기계 아티팩트의 픽셀 집합을 제거하는 단계(S216)를 포함할 수 있다.

- [0035] 먼저, 양수의 HU값을 가지는 픽셀 집합을 탐색하는 단계(S212)에서, 컴퓨터 단층촬영 이미지를 화살표 방향(104), 즉, 기계 외부에서 내부로 접근하는 방향(104)으로 탐색하면서, 양수의 HU값을 가지는 픽셀 집합을 찾는다.
- [0036] 이어서, 양수의 HU값을 가지는 픽셀 집합이 기계 아티팩트인지 판단하는 단계(S214)에서, 탐색된 양수의 HU값을 가지는 픽셀 집합이 기계 아티팩트(100)인지 아닌지를 판단한다. 이때, 기계 아티팩트(100)를 판단하는 기준 요소로 허공 픽셀 집합(102)의 길이가 중요시 될 수 있다. 일례로, 허공 픽셀의 개수는 25개에서 30개 내외일 수 있다.
- [0037] 이때, 허공 픽셀 집합(102)을 이용한 기계 아티팩트(100)를 판단 방법은, 예를 들어, 양수의 HU값을 가지는 픽셀 집합이 발견된 후, 음수의 HU 값을 가지는 일련의 허공 픽셀 집합(102)이 발견되면, 이때 발견된 양수의 HU값을 가지는 픽셀 집합을 기계 아티팩트(100)로 판단할 수 있다.
- [0038] 또는, 뇌(10)와 기계 아티팩트(100)의 위치가 매우 가까운 케이스를 가지는 컴퓨터 단층촬영 이미지의 경우, 컴퓨터 단층촬영 이미지를 기계 외부에서 내부로 접근하는 방향(104)으로 탐색 하였을 때, 양수의 HU값을 가지는 픽셀 집합이 발견된 후, 또 다른 양수의 HU 값을 가지는 픽셀 집합이 발견되면, 두번째 발견한 양수의 HU값을 가지는 픽셀 집합은 뇌(10)의 픽셀로 판단하고 첫번째 발견한 픽셀 집합은 기계 아티팩트(100)로 판단한다.
- [0039] 다음으로, 기계 아티팩트의 픽셀 집합을 제거하는 단계(S216)에서, 기계 아티팩트(100)로 판단된 양수의 HU값을 가지는 픽셀 집합을 제거할 수 있다.
- [0040] 한편, 두번째 양수의 HU값을 가지는 픽셀 집합이 발견되지 않을 경우는, 앞서 설명한 두 가지 방법을 조합하여 기계 아티팩트(100) 부분을 제거할 수 있다.
- [0041] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따라 기계 아티팩트가 제거된 컴퓨터 단층촬영 이미지이다.
- [0042] 다시 도4를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 컴퓨터 단층촬영 이미지의 밀도 분석 방법은, 컴퓨터 단층촬영 이미지에서 기계 아티팩트(100)를 제거한 후, 두개골내의 균열을 제거할 수 있다(S220).
- [0043] 본 발명의 일 실시예에 따른 컴퓨터 단층촬영 이미지의 밀도 분석 방법은 두개골에 존재하는 균열을 작은 균열(tiny fracture)과 큰 균열(big fracture)로 구분하여 제거할 수 있다. 이때, 두개골의 균열을 작은 균열과 큰 균열로 구분하는 방법은, 일례로, 컴퓨터 단층촬영 이미지에서 X축, Y축과 평행한 방향으로 균열이 존재하며, 길이가 20픽셀 이하의 균열, 또는 균열의 기울기가 1이나 -1인 방향으로 존재함과 동시에 균열의 길이가 15픽셀 이하인 경우는 작은 균열로 간주할 수 있다. 한편, 균열의 크기가 상술한 작은 균열의 조건보다 클 경우, 해당 균열은 큰 균열로 간주할 수 있다. 다만 이와 같은 기준은 사용자의 선택에 따라 변경 가능하다.
- [0044] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 컴퓨터 단층촬영 이미지 내의 두개골에 존재하는 균열을 제거하는 단계(S220)는 균열이 너무 작아 제대로 잡히지 않는 작은 균열을 제거하는 단계 및 큰 균열을 제거하는 단계를 더 포함할 수 있다. 먼저, 두개골 내의 작은 균열을 제거하는 단계는, 작은 균열로 간주되는 균열들 내에, 균열로 벌어진 부분의 픽셀을 모조뼈 픽셀(Pseudo Skull Pixel)로 대체해줄 수 있다. 여기서, 모조뼈 픽셀이란, 뼈와 동일한 HU값의 범위를 가지는, 즉, HU값이 80 이상의 임의의 값을 가지는 인위적인 픽셀을 의미한다. 이때, 작은 균열의 경우, 균열의 개수는 상관없이 처리된다.
- [0045] 이어서, 큰 균열을 제거하는 단계에서, 뇌의 균열의 시작점과 끝점을 찾고, 이에 따른 대칭축을 설정하여 뇌의 큰 균열을 제거할 수 있다. 한편, 본 발명의 일 실시예에 따른 컴퓨터 단층촬영 이미지의 밀도 분석 방법은 컴퓨터 단층촬영 이미지에 존재하는 큰 균열의 개수는 하나라고 가정한다.
- [0046] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 컴퓨터 단층촬영 이미지의 밀도 분석 방법에서, 두개골내의 큰 균열을 제거하는 방법을 상세히 설명하기 위한 순서도이다.
- [0047] 도 8을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 두개골내의 큰 균열을 제거하는 방법은, 균열의 시작점과 큰 균열의 끝지점을 탐색하는 단계(S222); 큰 균열을 네가지 유형으로 분류하는 단계(S224); 및 두개골의 큰 균열을 뼈 픽셀로 오버레이 하는 단계 (S226)를 포함할 수 있다.
- [0048] 먼저, 본 발명의 일 실시예에 따른 두개골내의 큰 균열을 제거하는 방법은 두개골내에 존재하는 큰 균열의 시작점과 균열의 끝지점을 탐색한다(S222).
- [0049] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 컴퓨터 단층촬영 이미지는 행렬 변환에 의하여, 각 픽셀은 i 좌표와 j 좌표를 가진다. 이때, i 좌표는 세로축 픽셀들을 나타내며, 픽셀이 아래쪽으로 갈수록 좌표 값이 증가할 수 있다. j 좌표

는 가로축 픽셀들을 나타내며, 픽셀이 오른쪽으로 갈수록 픽셀의 좌표 값이 증가할 수 있으나 기준에 따라서 달라질 수 있으며 이에 제한된 것은 아니다.

[0050] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 컴퓨터 단층촬영 이미지의 밀도 분석 방법은 컴퓨터 단층촬영 두개골의 수평축과 수직축을 이용하여, 뇌의 상, 하, 좌, 우의 바운더리 포인트를 설정하고, 컴퓨터 단층촬영 이미지의 뇌 부분을 네개의 분할 평면으로 나눌 수 있다.

[0051] 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따라 뇌의 바운더리 포인트를 설정하고, 뇌를 네개의 평면으로 분할한 것을 도시하고 있는 도면이다.

[0052] 도 9를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 뇌의 바운더리 포인트를 설정하는 방법은 뇌의 수평축위에 존재하며 뇌 조직의 오른쪽 가장자리에 위치하는 점을 우측 바운더리 포인트(220), 뇌의 수평축위에 존재하며 뇌 조직의 왼쪽 가장자리에 위치하는 점을 좌측 바운더리 포인트(230)로 설정하는 것 일 수 있다. 또한, 뇌의 수직축위에 존재하며, 뇌 조직의 위쪽 가장자리에 위치하는 점을 상측 바운더리 포인트(250), 뇌의 수직축위에 존재하며, 뇌 조직의 아래쪽 경계에 위치하는 점을 하측 바운더리 포인트(260)로 설정하는 것 일 수 있다.

[0053] 또한, 우측 위쪽 평면을 제 1 사분면(32), 좌측 위쪽 평면을 제 2 사분면(34), 좌측 아래쪽 평면을 제 3 사분면(36), 우측 아래쪽 평면을 제 4 사분면(38)으로 설정할 수 있다.

[0054] 이어서, 균열의 시작점 탐색은 뇌의 중심축(center axis)으로부터 시작되고, i값을 증가시키는 방향으로 뺄 픽셀을 탐색해 나갈 수 있으며, 상측 바운더리 포인트부터 하측 바운더리 포인트까지 탐색을 진행할 수 있다. 이때, 두개골의 균열을 찾기 위하여 뺄 픽셀을 이용할 수 있다.

[0055] 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 컴퓨터 단층촬영 이미지의 밀도 분석 방법에서 균열의 시작점을 탐색하는 방법을 도시한 도면이다.

[0056] 도 10을 참조하면, 균열의 시작점을 탐색하는 방법은, 뇌의 중심축(240) 픽셀로부터 탐색이 시작될 수 있다. 예를들어, 제 1 사분면(32)에 존재하는 균열의 시작점을 탐색할 경우, 중심축(240) 픽셀로부터 j 값을 증가시키는 방향(301)으로 뺄 픽셀(52)을 탐색하되, 처음의 행에서 뺄 픽셀(52)을 발견하면, i값을 증가시켜 다음 아래의 행으로 내려가고 다시 j값을 증가시켜 뺄 픽셀(52) 탐색을 진행한다. 이때, 균열이 시작되는 지점의 행에서는 뺄 픽셀(52)이 탐색되지 않는다. 따라서, 만약, j값을 증가시켜 컴퓨터 단층촬영 이미지의 우측 바운더리 포인트(220)에 도달하였으나, 뺄 픽셀(52)을 발견하지 못하면, 두개골의 균열을 발견한 것이라고 판단한다. 따라서, 전 행에서 저장한 두개골 픽셀(50)의 좌표를 균열의 시작점으로 저장할 수 있다. 그러나, i 좌표가 하측 바운더리 포인트(260)를 넘어서면 균열의 시작점 탐색이 종료되며, 이 경우 균열의 시작점은 없는 것으로 판단한다. 따라서, 뇌 조직 픽셀을 모두 읽을 필요 없이 두개골 면을 따라서 픽셀들을 읽어가므로 균열의 시작점이 잘못 잡히는 오류를 피할 수 있고, 균열의 시작점을 정확히 탐색하는 것이 가능하다.

[0057] 이어서, 균열의 끝점의 탐색 방법은 아래쪽에서 위쪽으로 올라가면서 탐색을 하는 것을 제외하고, 균열의 시작점 탐색 방법과 동일하다.

[0058] 또한, 큰 균열의 탐색은 뇌의 분할된 4 개의 평면에서 모두 이루어지며, 제 2 사분면(34), 제 3 사분면(36), 및 제 4 사분면(38)에서 균열의 시작점과 균열의 끝점을 탐색하는 과정도, 제 1 사분면에서 균열을 탐색하는 과정과 탐색 방향만 다를 뿐 그 방법은 동일하다.

[0059] 다음으로, 균열을 네 가지 유형으로 분류하는 단계(S224)에서 큰 균열의 종류를 위쪽 균열, 아래쪽 균열, 왼쪽 균열, 오른쪽 균열로 분류할 수 있다. 이때, 균열을 분류하기 위해서는 먼저 시작점과 끝점의 위치가 뇌의 분할된 평면의 어느 사분면에 존재하는지를 판단해야 한다. 일례로, 1 사분면(32)에 균열의 시작점이 있고, 4 사분면(38)에 균열의 끝점이 있으면, 오른쪽 균열로 분류할 수 있다. 또는, 2 사분면(34)에 균열의 시작점이 있고, 3 사분면(36)에 균열의 끝점이 있으면 왼쪽 균열로 분류할 수 있다. 또는, 2 사분면(34)에 균열의 시작점이 있고, 1 사분면(32)에 균열의 끝점이 있으면 위쪽 균열로 분류할 수 있다. 또는, 3 사분면(36)에 균열의 시작점이 있고, 4 사분면(38)에 균열의 끝점이 있으면 아래쪽 균열로 분류할 수 있다.

[0060] 다음으로, 두개골의 큰 균열을 뺄 픽셀로 오버레이 하는 단계(S226)에서, 발견된 큰 균열의 픽셀의 HU 값을 반대편의 닫힌 두개골의 면과 대칭시켜, 두개골 픽셀의 HU값, 또는 모조 픽셀의 HU값으로 오버레이시킴으로써 큰 균열을 제거할 수 있다. 일례로, 오른쪽 균열과 왼쪽 균열 중, 어느 한쪽에서 균열이 발견되면, 반대쪽의 정상인 부분의 두개골 라인과 대칭시켜, 균열이 있는 부분의 HU값을 대칭된 정상인 부분의 두개골 라인 픽셀의 HU값으로 바꿔줌으로써 두개골의 균열을 제거하여 줄 수 있다. 이때, 오른쪽 균열과 왼쪽 균열이 동시에 발견되면,

위쪽 균열 또는 아래쪽 균열이 존재하는 것으로 보고, 균열의 픽셀을 모조뻐 픽셀로 오버레이하는 과정은 생략하는 것이 가능하다.

- [0061] 이어서, 위쪽 균열과 아래쪽 균열의 존재 여부를 확인한다. 만약, 위쪽 균열과 아래쪽 균열 중 어느 한군데에서 균열이 발견되면 반대쪽의 정상인 부분의 두개골 라인을 이용하여 상술한 오른쪽 균열 또는 왼쪽 균열을 제거하는 방법과 같은 방법으로 위쪽 균열 또는 아래쪽 균열을 제거할 수 있다. 균열을 발견하였을 때, 균열을 두개골 픽셀로 오버레이하는 작업은 네 가지 유형의 균열이 분할 평면의 각 사분면과 방향만 다를 뿐 모두 동일하다.
- [0062] 도 11은 본 발명의 일 실시예에 따라 컴퓨터 단층촬영 이미지의 두개골에 존재하는 균열을 모조뻐 픽셀로 오버레이시킨 결과이다.
- [0063] 다시 도 4를 참조하면, 아티팩트를 제거하고 뇌조직을 추출하는 단계(S230)에서 뻐 픽셀을 제외한 모든 픽셀 값을 제거함으로써, 두개골 바깥의 모든 요소들을 아티팩트로 간주하고 이를 제거한다.
- [0064] 본 발명의 일 실시예에 따른 컴퓨터 단층촬영 이미지의 밀도 분석 방법은 자동 마스킹 과정을 통해 순수한 뇌조직만을 추출할 수 있다.
- [0065] 도 12는 본 발명의 일 실시예에 따른 컴퓨터 단층촬영 이미지의 밀도 분석 방법에서 자동 마스킹 과정을 도시한 도면이다.
- [0066] 도 12를 참조하면, 컴퓨터 단층촬영 이미지에서 뇌조직을 효과적으로 마스킹하기 위해서, 컴퓨터 단층촬영 이미지의 각각의 픽셀을 조직에 해당되는 유효 픽셀(Valid pixels)과 검은색 바탕에 해당되는 무효 픽셀(Invalid pixels)로 구분할 수 있다. 이때, 무효 픽셀값의 기준은 -1,000으로 설정할 수 있으며, 눈, 코, 혀를 포함하는 조직 픽셀을 나타내는 유효 픽셀값의 범위는 79 ± 10 으로 설정할 수 있다. 또한, 조직픽셀을 자동 마스킹하는 과정에서, 기준점으로부터 네 방향으로 유효 픽셀을 탐색하는 네 방향 유효 픽셀 검색 알고리즘을 사용할 수 있다.
- [0067] 도 13은 본 발명의 일 실시예에 따른 컴퓨터 단층촬영 이미지의 밀도 분석 방법의 네 방향 유효 픽셀 검색 알고리즘을 설명하기 위한 모식도이다.
- [0068] 도 13을 참조하면, 네 방향 유효 픽셀 검색 알고리즘은, 기준 지점 픽셀로부터 상, 하, 좌, 우, 네 방향으로 픽셀 값을 탐색할 수 있다. 이때, 탐색된 픽셀 값이 유효 픽셀 범위 내에 해당될 경우는 조직 픽셀로 선택하고, 유효 픽셀 범위에 해당되지 않을 경우에는 제외시킴으로써, 조직의 픽셀을 자동적으로 마스킹할 수 있다.
- [0069] 이때, 유효 픽셀의 탐색은 이미지의 왼쪽 위 끝점부터 오른쪽 아래 끝점까지, 오른쪽 위 끝점부터 왼쪽 아래 끝점까지, 왼쪽 아래 끝점부터, 오른쪽 위 끝점까지, 오른쪽 아래 끝점부터 왼쪽 위 끝점까지 총 네 방향으로 순차적으로 자동 탐색할 수 있다. 또한, 선택된 조직들(눈, 코, 뇌조직 등) 중 지역 값(Area Value)이 3000 이상인 조직을 마스킹 하게되면, 검색을 중단하고, 이를 뇌조직으로 선정하여 추출할 수 있다.
- [0070] 도 14는 본 발명의 일 실시예에 따른 컴퓨터 단층촬영 이미지의 밀도 분석 방법에서 자동 마스킹에 의하여 조직 픽셀이 추출된 결과이다.
- [0071] 한편, 컴퓨터 단층촬영 이미지에서 아티팩트를 제거하기 위해서는 두개골의 안과 바깥은 명확히 구분되어야 한다. 그러나, 상술한 바와 같은 아티팩트 제거 과정에도 불구하고 도 14에 도시된 바와 같이, 뇌조직 바깥으로 존재하는 티끌 형태의 아티팩트가 남아있을 수 있으며, 이러한 경우는 자동 마스킹 이후에 티끌 형태의 아티팩트를 제거하는 과정이 더 필요할 수 있다.
- [0072] 이어서, 본 발명의 일 실시예에 따른 컴퓨터 단층촬영 이미지의 밀도 분석 방법은, 컴퓨터 단층촬영 이미지에서 비강 이하 부분과 정수리 부분을 제거하고 순수한 뇌조직 만을 추출할 수 있다.
- [0073] 도 15는 본 발명의 일 실시예에 따른 컴퓨터 단층촬영 이미지의 밀도 분석 방법에서 자동 마스킹에 의하여 뇌조직을 추출하는 과정을 도시한 도면이다.
- [0074] 도 16은 본 발명의 일 실시예에 따른 컴퓨터 단층촬영 이미지의 밀도 분석 방법에서 자동 마스킹에 의하여 순수한 뇌조직이 추출된 컴퓨터 단층촬영 이미지이다.
- [0075] 도 15 및 16을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 컴퓨터 단층촬영 이미지에서, 눈 또는 코와 같은 조직을 제외하고 순수한 뇌조직을 추출하는 방법은 뇌조직 픽셀과 뻐 픽셀의 비를 이용할 수 있다. 비강 이하 부분과

정수리 부분의 공통적인 특징은 다른 부분보다 뼈 픽셀의 비율이 훨씬 높으므로, 정수리 부분과 비강 이하 부분을 판별하는데 뇌조직 픽셀과 뼈 픽셀의 비를 이용할 수 있다.

[0076] 일례로, 뇌의 폭과 길이가 150 픽셀 미만인 경우, 뼈 픽셀 대 뇌 조직 픽셀의 비율이 10:1인 경우를 기준으로 할 수 있고, 뇌의 폭과 길이가 150 픽셀 이상 250 픽셀 이하의 경우 그 기준을 5:1로 할 수 있다. 그리고 뇌의 폭과 길이가 100 미만인 경우, 이는 비율과 상관없이 정수리로 판단하고 제거하여 분석을 생략하는 것이 가능하다.

[0077] 다시 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 컴퓨터 단층촬영 이미지의 밀도 분석 방법은 모노레벨 컴퓨터 단층촬영 이미지의 밀도 추출 단계(S300)에서, 아티팩트가 제거된 컴퓨터 단층촬영 이미지에서 밀도분포(densitometric distribution)를 추출할 수 있다.

[0078] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 아티팩트가 제거된 컴퓨터 단층촬영 이미지에서, 주요한 두개골 내의 요소들 즉, 뇌조직, 뇌척수액, 혈액 등의 각각의 픽셀들은 0이상 79이하의 특정 HU값을 가진다. 이에 따라 단일 컴퓨터 단층촬영 이미지의 밀도 단위 분포 데이터는 0부터 79범위 내에서 각각의 HU값을 가지는 픽셀의 수를 카운트하여 저장할 수 있다.

[0079] 도 17은 본 발명의 일 실시예에 따른 컴퓨터 단층촬영 이미지의 밀도 분석 방법의 모노레벨 컴퓨터 단층촬영 이미지의 밀도 분포 그래프이다.

[0080] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 컴퓨터 단층촬영 아티팩트 제거 방법에 의하면, 개두술 환자의 컴퓨터 단층촬영 이미지에 대하여 자동으로 아티팩트를 제거한 후, 컬러 맵핑(color mapping) 단계를 더 포함할 수 있으며, 이를 통하여 사용자로 하여금 컴퓨터 단층촬영 이미지 분석을 더욱 용이하게 해주는 것이 가능하다. 이때, 맵핑되는 색상은 HU값에 따라서 달라질 수 있다.

[0081] 도 18은 본 발명의 일 실시예에 따른 컴퓨터 단층촬영 이미지의 밀도 분석 방법에 의하여 도출된 모노레벨 컴퓨터 단층촬영 이미지의 컬러 영상이다.

[0082] 이어서, 다시 도 1을 참조하면, 멀티레벨 컴퓨터 단층촬영 이미지의 밀도 분석 단계(S400)에서, 개별 환자의 모든 컴퓨터 단층촬영 이미지의 밀도 분포 정보를 취합하고, 이에 따른 멀티레벨 밀도 단위 분포와 아티팩트가 제거된 모든 컴퓨터 단층촬영 이미지를 컬러 맵핑(color mapping)과정을 통하여 3차원 영상을 도출한다.

[0083] 본 발명의 일 실시예에 따른 멀티레벨 컴퓨터 단층촬영 이미지의 밀도 분석 단계(S400)는, 모노레벨 컴퓨터 단층촬영 이미지의 밀도 추출 단계(S300)로부터 도출된, 각각의 단일 컴퓨터 단층촬영 이미지의 밀도 단위 분포에서, 각각의 HU값을 가지는 픽셀의 수를 더하는 것으로써 하나의 통합된 밀도 단위 분포를 추출하는 것이 가능하다. 또한, 컴퓨터 단층촬영 이미지에서 특정 HU값을 가지는 픽셀들의 비율을 도출함으로써, 대뇌 전체를 반영하는 멀티레벨 밀도 단위 분포 그래프를 출력할 수 있다.

[0084] 이때, 컴퓨터 단층촬영 이미지에서 특정 HU값을 가지는 픽셀들의 비율은 아래와 같은 수학식1를 사용함으로써 얻어질 수 있다.

수학식 1

$$0 \leq \lambda \leq 79, \text{ and } \sum_{\lambda=0}^{79} p_{\lambda} = 100$$

[0086] 이때, p_{λ} 은, 컴퓨터 단층촬영 이미지 내에서 0에서 79 사이의 HU값을 가지는 HU값을 각각의 픽셀들의 비율을 의미하며, 컴퓨터 단층촬영 이미지에서 해당 비율은 0부터 100사이의 백분율 값을 가진다. 또한, p_{λ} 의 정의에 따라, 모든 p_{λ} 의 합은 100이 된다.

[0087] 일례로, 외상성 뇌손상 환자(Traumatic Brain Injury)의 경우, 컴퓨터 단층촬영 검사에서 여러장의 컴퓨터 단층촬영 이미지가 획득된다. 만약, n장의 컴퓨터 단층촬영 이미지를 획득하였다면, 이중 k번째 컴퓨터 단층촬영 이미지에서 λ HU를 갖는 픽셀의 개수는 λ_c^k 이다. 이에 따라 전체 컴퓨터 단층촬영 이미지에서 0부터 79사이의 HU값을 가지는 픽셀 수 E는 아래의 수학식 2와 같이 표현될 수 있다.

수학식 2

$$E = \sum_{k=1}^n \sum_{\lambda=0}^{79} \lambda_c^k$$

[0088]

[0089]

따라서, 컴퓨터 단층촬영 이미지 내에서 0에서 79 사이의 HU값을 가지는 픽셀의 비율은 수학식 3과 같이 표현된다.

수학식 3

$$p_{\lambda} = \frac{1}{E} \sum_{k=1}^n \lambda_c^k$$

[0090]

[0091]

여기서, n은 획득된 컴퓨터 단층촬영 이미지의 개수를 의미한다.

[0092]

뇌손상환자의 뇌조직의 HU값의 분포는 모든 λ 에 대하여, p_{λ} 을 계산해 줌으로써, 획득할 수 있다. 만약, 뇌손상 환자의 뇌조직의 특정 픽셀의 HU값의 분포의 차이가 있다면, 이는 뇌부종 정도의 차이를 나타내는 유의미한 결과를 의미할 수 있다.

[0093]

다시 도 1을 참조하면, 일괄 분석 단계(S500)에서, 한 환자의 CT 촬영에 대한 멀티레벨 밀도분포 분석과 컬러 맵핑 과정을 통한 3차원 컬러 영상의 출력이 완료되면, 추가적으로 분석하고자 하는 환자의 컴퓨터 단층촬영 이미지에 대한 상술한 컴퓨터 단층촬영 밀도 단위 분석의 각 단계를 반복적으로 수행할 수 있다.

[0094]

도 19는 본 발명의 일 실시예에 따른 컴퓨터 단층촬영 이미지의 밀도 분석 알고리즘을 통하여, 경과가 호전된 뇌외상 환자의 멀티레벨 영상 밀도 분포 그래프와 3차원 컬러 영상을 도출한 결과이다.

[0095]

도 20은 본 발명의 일 실시예에 따른 컴퓨터 단층촬영 이미지의 밀도 분석 알고리즘을 통하여, 경과가 호전되지 못한 뇌외상 환자의 멀티레벨 영상 밀도 분포 그래프와 3차원 컬러 영상을 도출한 결과이다.

[0096]

도 19과 도 20을 참조하면, 뇌외상의 경과가 호전된 환자 와 호전되지 않은 환자의 첫 컴퓨터 단층촬영과 마지막 컴퓨터 단층촬영의 밀도 분포 그래프에서, 분포 아래의 그래프 스케일로 표시된 부분은 밀도 분포의 사분편차 (interquartile range, IQR)를 나타낸다. 또한, 각각의 밀도 분포 그래프는 x축 아래의 상자 도표로서 표현될 수 있다. 이때, 상자 도표는 분포의 최대값을 나타내며, 상자 도표 안의 동그라미로 표시된 부분은 밀도 분포에서 가장 높은 비율을 차지하는 HU값을 나타낸다.

[0097]

도 19와 도 20에 도시된 밀도 분포 그래프에 도시된 바와 같이, 경과가 호전된 환자와 호전되지 못한 환자의 밀도분포의 변화는 매우 상이함을 알 수 있다. 도 19를 참조하면, 경과가 호전된 뇌외상 환자의 경우, 첫 컴퓨터 단층촬영에 비해 마지막 컴퓨터 단층촬영의 밀도분포 그래프는 오른쪽으로 이동한 것을 확인할 수 있다. 반면에, 도 20을 참조하면, 경과가 호전되지 않은 뇌외상 환자의 경우, 밀도 분포 그래프는 왼쪽으로 이동한 것을 확인할 수 있다.

[0098]

상술한 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 컴퓨터 단층촬영 이미지의 밀도 분석 방법은, 컴퓨터 단층촬영을 통한 환자의 진단에 있어, 경과에 따른 밀도 분포의 이동 뿐만 아니라, 밀도 분포의 비대칭 정도를 반영하는 비대칭도(Skewness)와 뾰족한 정도를 반영하는 첨도(Kurtosis)의 도출 및 분포의 특정 HU범위의 비율 변화 비교 등 밀도 분포 그래프 양상의 변화를 동시에 확인할 수 있으며, 이를 이용하여 뇌손상 환자의 진단에 있어서, 다양한 각도의 접근을 가능하게 하는 효과가 있다.

[0099]

특히, 마샬 분류의 경우, 뇌저지주막하조의 찌그러짐의 여부와 같은 사용자의 임의적인 평가에 근거하여 미만성 뇌손상을 평가에 반영하고 있기 때문에 사용자 변동성이 크다. 또한, 마샬 분류는 미만성 뇌손상에 따라 야기되는 결과를 근거로 삼아 판단하나, 광역적인 부위의 손상이 이루어지는 미만성 뇌손상은 눈으로 식별하기가 어렵다. 따라서 본 발명의 일 실시예에 따른 컴퓨터 단층촬영 이미지의 밀도 분석 방법은 대뇌 전체의 컴퓨터 단층촬영 이미지를 반영하는 멀티레벨의 HU값의 밀도 분포를 분석함으로써 대뇌 전체의 광역적으로 영향을 미치는 뇌손상을 훨씬 더 명확히 반영하는 효과를 가진다. 따라서, 본 발명의 일 실시예에 따른 컴퓨터 단층촬영 이미

지의 밀도 분석 방법을 통해, 조기 발견이 예후에 지대한 영향을 미치는 뇌손상 환자의 진단 시, 더욱 정확한 진단을 가능하게 할 수 있다.

또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 컴퓨터 단층촬영 이미지의 밀도 분석 방법은 기존 마샬 분류 시스템이 가지는 한계점을 극복하고, 외상성 뇌손상 환자의 상태에 따라 효과적인 분류가 가능한 Densitometric Hounsfield Unit Score(DHS) 시스템을 제안한다. DHS시스템은 컴퓨터 단층촬영 이미지의 자동화된 정량적 분석을 가능하게 하며, 다양한 병인(Etiology)을 DHS의 공식에 반영하고 있다.

본 발명의 일 실시예에 따른 컴퓨터 단층촬영 이미지의 밀도 분석 방법의 DHS 공식은 다음 수학적 식 4와 같다.

수학적 식 4

$$DHS = (HU_{13}^{21} + HU_{73}^{75} + \text{lesionscore}) / HU_{28}^{33}$$

여기서, 부종 세포(Edema cell, HU_{13}^{21}), 출혈(Haemorrhage, HU_{73}^{75}), 및 정상 세포(Normal cell, HU_{28}^{33})는 밀도 분포를 추출하여 얻어진 분포를 기초로 도출할 수 있다.

또한, 병변 지수(lesion score)는 환자의 방사성 물질에 의한 보고(Radiological Report)상에서 두개골의 균열(Cranial fracture), 뇌경색(Infarction), 뇌부종(Brain swelling), 경막외출혈(Epidural haemorrhage, EDH), 지주막하출혈(Subarachnoid haemorrhage, SAH), 경막하출혈(Subdural haemorrhage, SDH), 뇌내출혈(Intracerebral haemorrhage, ICH) and 뇌실내출혈(Intraventricular haemorrhage, IVH) 등의 발견 유무에 따른 지수(score)의 총합을 나타낸다.

구분	Count(Y/N)
cranial fracture	1 or 0
infarction	1 or 0
brain swelling	1 or 0
epidural haemorrhage (EDH)	1 or 0
subarachnoid haemorrhage (SAH)	1 or 0
subdural haemorrhage (SDH)	1 or 0
intracerebral haemorrhage (ICH)	1 or 0
intraventricular haemorrhage (IVH)	1 or 0
총합(lesion score)	0~8

또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 컴퓨터 단층촬영 이미지의 밀도 분석 방법은 최초의 컴퓨터 단층촬영 이미지의 기준 DHS 값을 통해 환자 상태의 심각성을 분류하며, 마지막 컴퓨터 단층촬영 이미지의 기준 DHS 값을 통해 환자 상태의 호전여부를 분류할 수 있다.

구분		최소값	최대값	평균	표준편차
최초 컴퓨터 단층촬영 이미지	위급하지 않은 환자	0.05	2.26	0.3848	0.51595
	위급한 환자	0.12	1.34	0.5857	0.38367
	사망	0.31	7.05	1.8201	2.00352
마지막 컴퓨터 단층촬영 이미지	호전된 환자	0.05	2.22	0.3239	0.45459
	호전되지 않은 환자	0.12	18.22	2.6270	5.86468
	사망	0.20	36.83	5.2812	9.72367

[0107]

[0108]

예를 들어, 최초 컴퓨터 단층촬영 이미지를 기준으로 DHS 값이 0.3848이상일 경우, 급성 외상 환자(Acute trauma patient)로 분류할 수 있으며, 0.3848이하일 경우, 비 급성 외상 환자(Non-acute trauma patient)로 분류할 수 있다. 또한, DHS값이 1.8201이상일 경우 사망의 위험이 높아진다.

[0109]

또는, 마지막 컴퓨터 단층촬영 이미지를 기준으로 DHS 값이 0.3239이상일 경우 비 호전적인 결과(unfavourable outcome)로, 0.3239이하일 경우 호전적인 결과(favourable outcome)로 분류할 수 있으며, DHS값이 5.2812이상인 경우는 사망한 것으로 분류할 수 있다. 이때 마지막 컴퓨터 단층촬영 이미지는 최초의 컴퓨터 단층촬영 이미지 이후의 컴퓨터 단층촬영 이미지를 의미하며, 기간에 상관없이 마지막으로 촬영한 사진을 토대로, 환자 상태의 호전 여부를 분류하는 것이 가능하다.

[0110]

한편, 본 발명의 일 실시예에서 제안하고자 하는 DHS시스템은 컴퓨터 단층촬영의 정량적인 분석에 의해 도출된 값을 활용함에 따라, 관찰자간의 변동성이 존재하지 않는다. 또한, 각각의 환자의 전체 대뇌로부터 HU 값을 도출하고, DHS가 계산되며, 이 과정에 있어서 관찰자의 개입은 최소화 된다.

[0111]

또한, 컴퓨터 단층촬영 이미지에서 육안으로 확인되지 않은 미만성 뇌손상(Diffuse Brain Injury)을 HU 분포를 통하여 정량적으로 평가할 수 있다. 이러한 접근은 각각의 환자의 전체 대뇌로부터 전 범위의 밀도 정보를 판단하며, 기존 제안된 “Large section “의 정량적 접근을 극복하였다.

[0112]

이를 비롯해, DHS는 SAH뿐만 아니라, 두개골의 균열(Cranial fracture), 뇌경색(Infarction), 뇌부종(Brain swelling), 경막외출혈(Epidural haemorrhage, EDH), 지주막하출혈(Subarachnoid haemorrhage, SAH), 경막하출혈(Subdural haemorrhage, SDH), 뇌내출혈(Intracerebral haemorrhage, ICH) and 뇌실내출혈(Intraventricular haemorrhage, IVH) 중심선 이동(midline shift), 국소빈혈(ischemia), 종괴효과(mass effect) 등의 다양한 병의 원인을 시스템에 반영하여 환자의 상태를 정확히 파악하고 분류하는 것이 가능하다.

[0113]

한편, 본 발명의 일 실시예에 따른 컴퓨터 단층촬영 이미지의 밀도 분석 방법을 이용하는 컴퓨터 단층촬영 이미지의 밀도 분석 장치는 밀도 분석 애플리케이션이 저장된 저장장치, 및 밀도 분석 애플리케이션과 인터페이싱하도록 정렬된 프로세싱 유닛을 포함할 수 있다. 이때, 프로세싱 유닛은 밀도 분석 애플리케이션의 실행에 따라 뇌의 단면을 촬영한 컴퓨터 단층촬영 이미지의 픽셀 값을 HU값으로 변환하고, HU값으로 변환된 컴퓨터 단층촬영 이미지에서 아티팩트를 제거한 후, 아티팩트가 제거된 컴퓨터 단층촬영 이미지에서 HU값의 밀도 분포를 추출한다.

[0114]

또한, 본 발명의 일 실시예는 컴퓨터에 의해 실행되는 프로그램 모듈과 같은 컴퓨터에 의해 실행가능한 명령어를 포함하는 기록 매체의 형태로도 구현될 수 있다. 컴퓨터 판독 가능 매체는 컴퓨터에 의해 액세스될 수 있는 임의의 가용 매체일 수 있고, 휘발성 및 비휘발성 매체, 분리형 및 비분리형 매체를 모두 포함한다. 또한, 컴퓨터 판독가능 매체는 컴퓨터 저장 매체 및 통신 매체를 모두 포함할 수 있다. 컴퓨터 저장 매체는 컴퓨터 판독가능 명령어, 데이터 구조, 프로그램 모듈 또는 기타 데이터와 같은 정보의 저장을 위한 임의의 방법 또는 기술로 구현된 휘발성 및 비휘발성, 분리형 및 비분리형 매체를 모두 포함한다. 통신 매체는 전형적으로 컴퓨터 판독가능 명령어, 데이터 구조, 프로그램 모듈, 또는 반송파와 같은 변조된 데이터 신호의 기타 데이터, 또는 기타 전송 메커니즘을 포함하며, 임의의 정보 전달 매체를 포함한다.

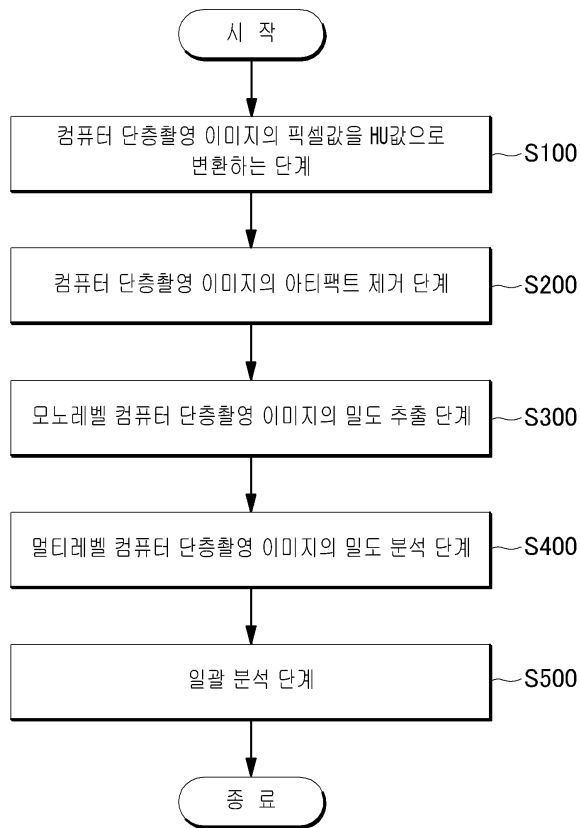
- [0115] 상술한 본 발명에 따른 컴퓨터 단층촬영 이미지의 밀도 분석 장치는 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록 매체에 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드로서 구현되는 것이 가능하다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체로는 컴퓨터 시스템에 의하여 해독될 수 있는 데이터가 저장된 모든 종류의 기록 매체를 포함한다. 예를 들어, ROM(Read Only Memory), RAM(Random Access Memory), 자기 테이프, 자기 디스크, 플래쉬 메모리, 광 데이터 저장장치 등이 있을 수 있다. 또한, 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체는 컴퓨터 통신망으로 연결된 컴퓨터 시스템에 분산되어, 분산방식으로 읽을 수 있는 코드로서 저장되고 실행될 수 있다.
- [0116] 전술한 본 발명의 설명은 예시를 위한 것이며, 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 쉽게 변형이 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 예를 들어, 단일형으로 설명되어 있는 각 구성 요소는 분산되어 실시될 수도 있으며, 마찬가지로 분산된 것으로 설명되어 있는 구성 요소들도 결합된 형태로 실시될 수 있다.
- [0117] 본 발명의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

부호의 설명

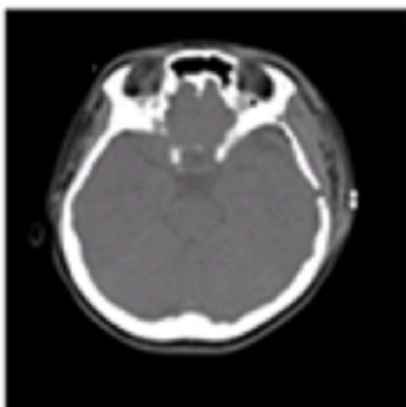
- [0118]
- | | |
|------------------|------------------|
| 10: 뇌 | 100: 기계 |
| 210: 수평축 | 220: 우측 바운더리 포인트 |
| 230: 좌측 바운더리 포인트 | 240: 수직축 |
| 250: 상측 바운더리 포인트 | 260: 하측 바운더리 포인트 |

도면

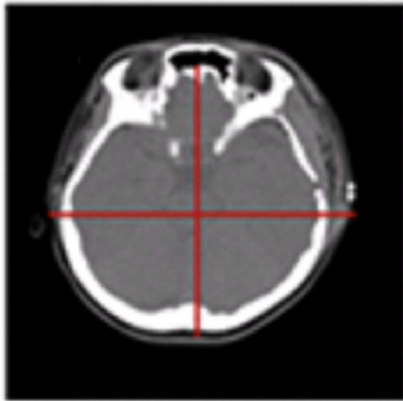
도면1



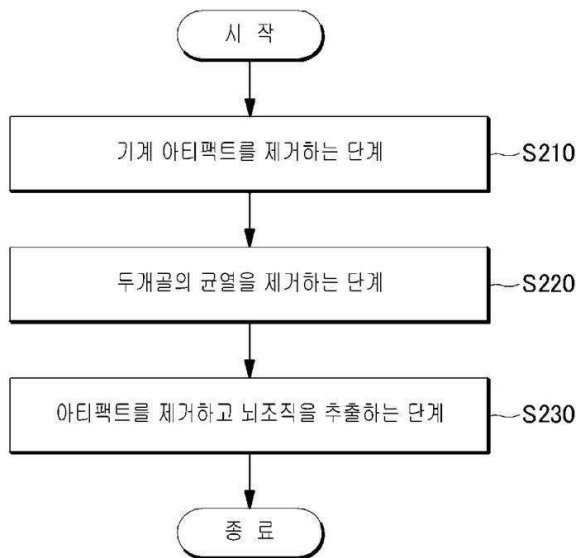
도면2



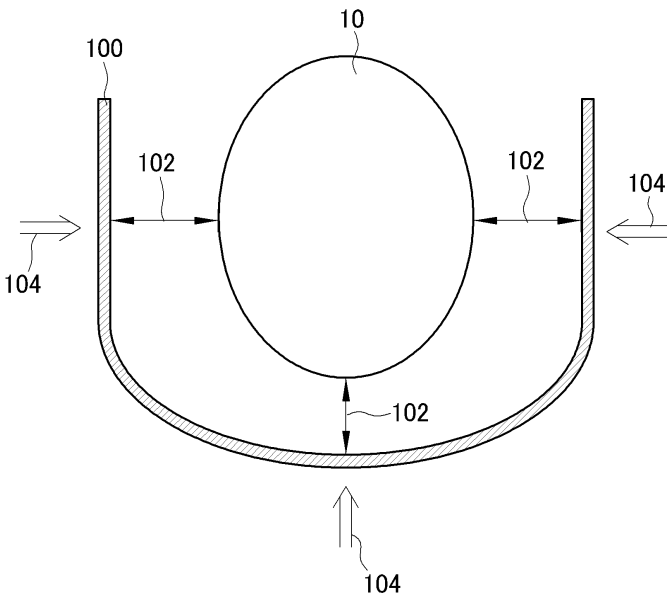
도면3



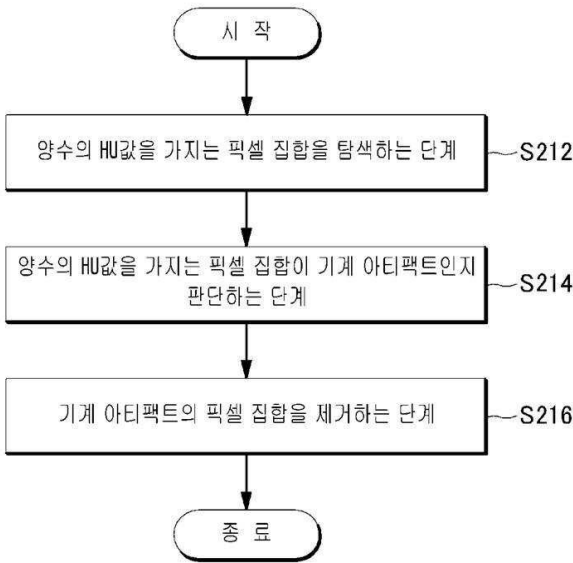
도면4



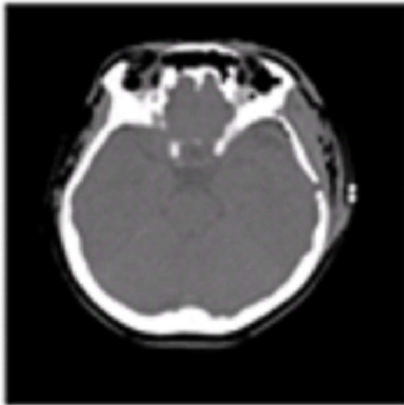
도면5



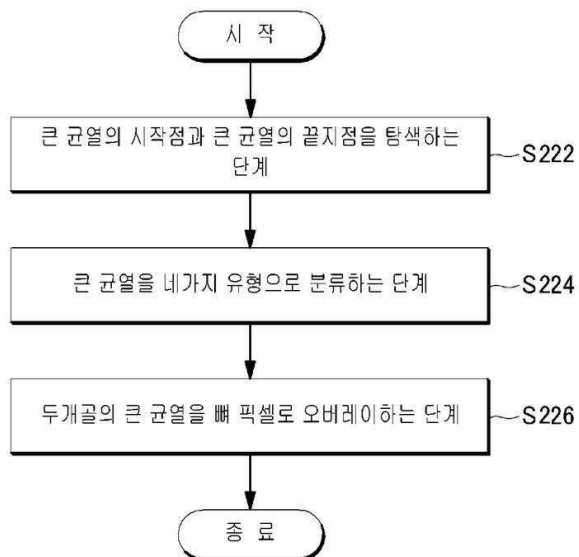
도면6



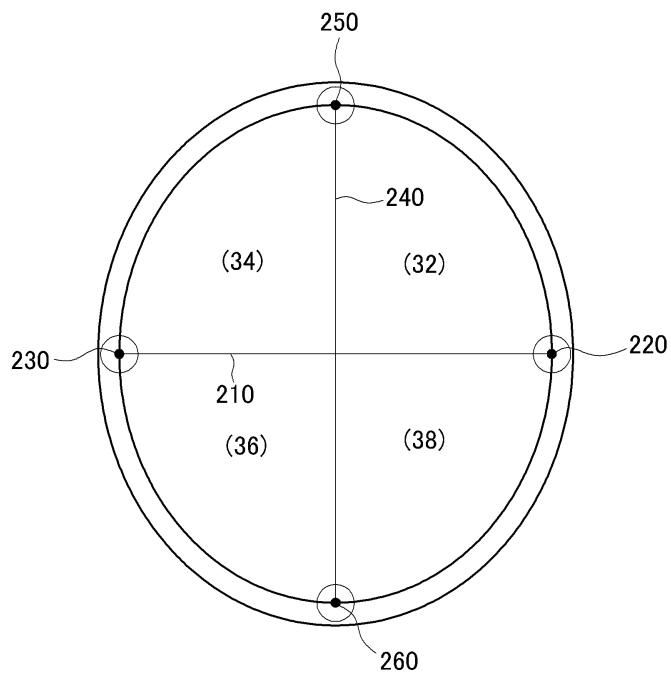
도면7



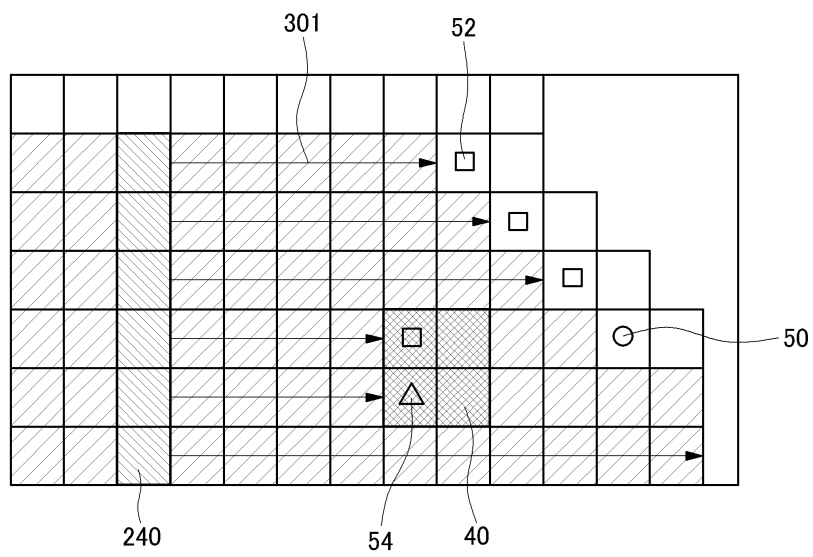
도면8



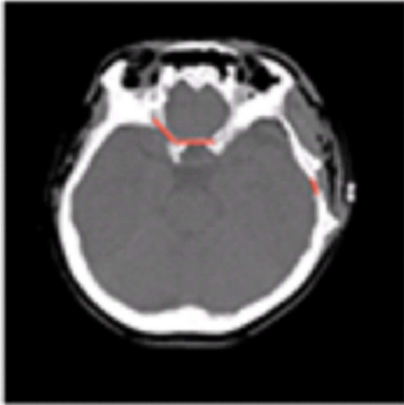
도면9



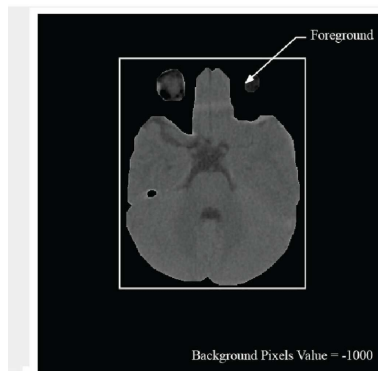
도면10



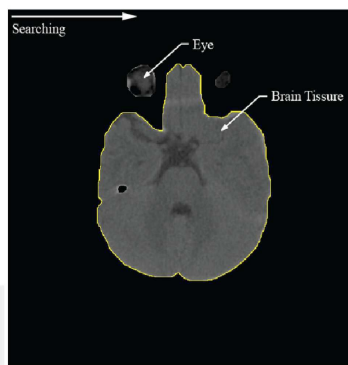
도면11



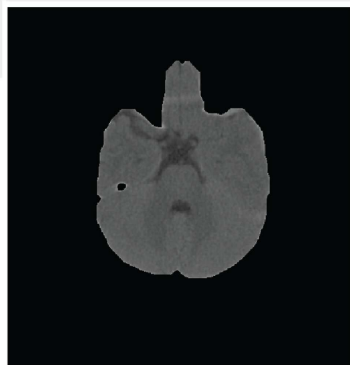
도면12



(a)

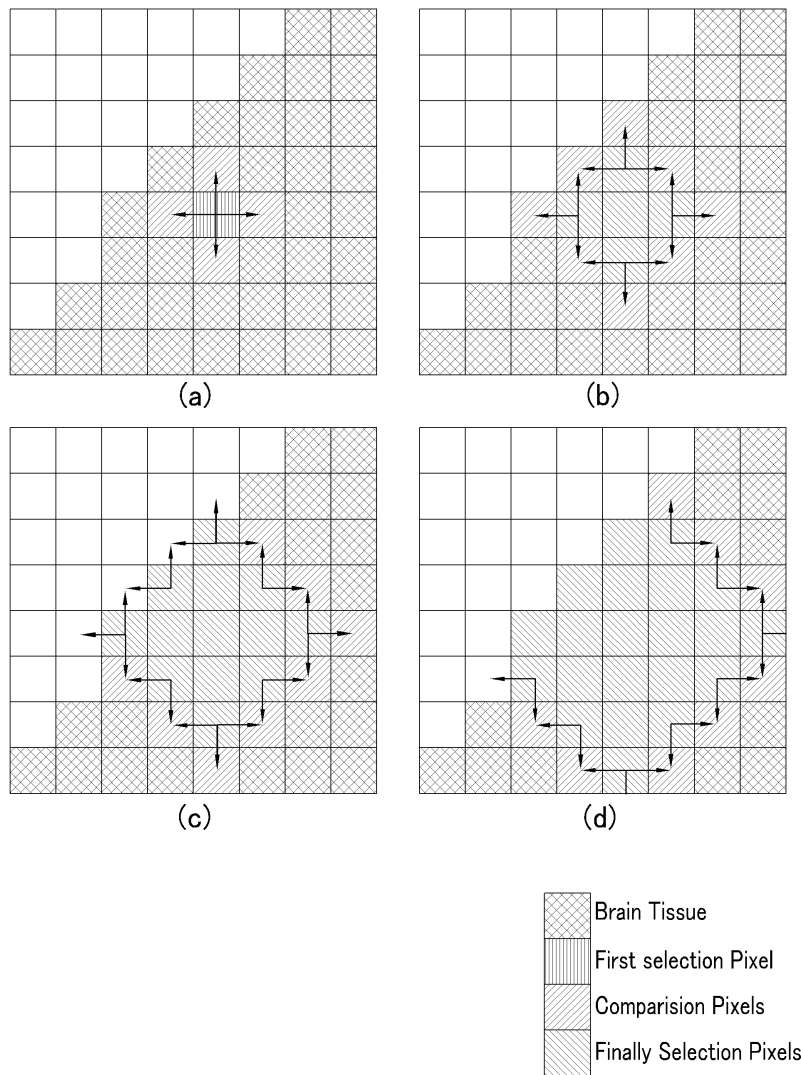


(b)

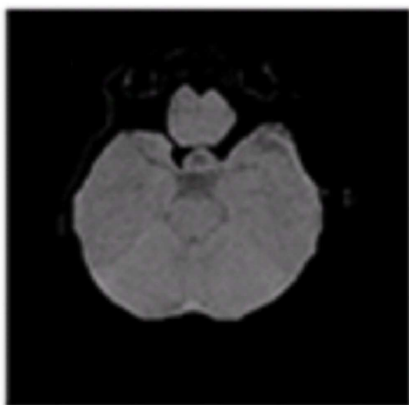


(c)

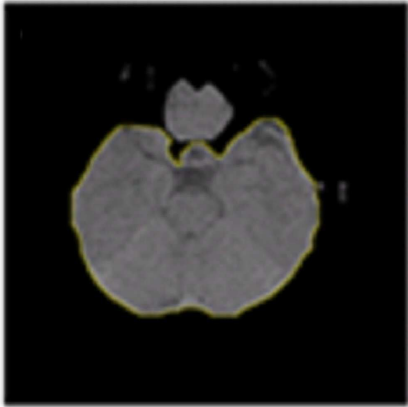
도면13



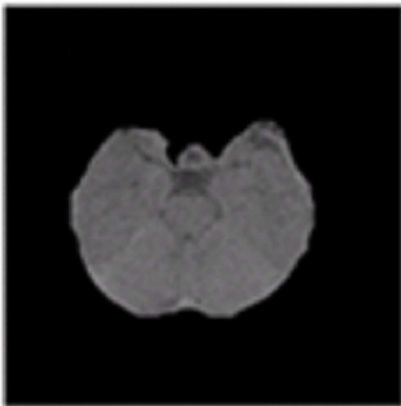
도면14



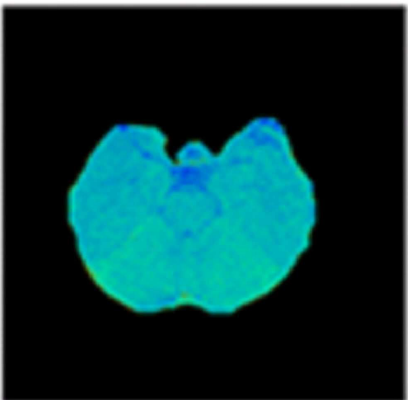
도면15



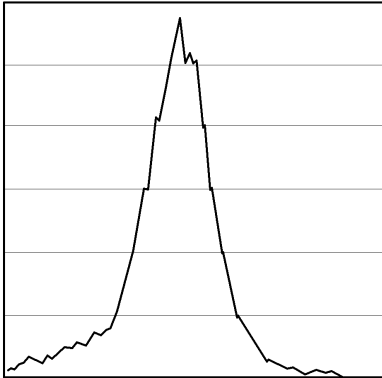
도면16



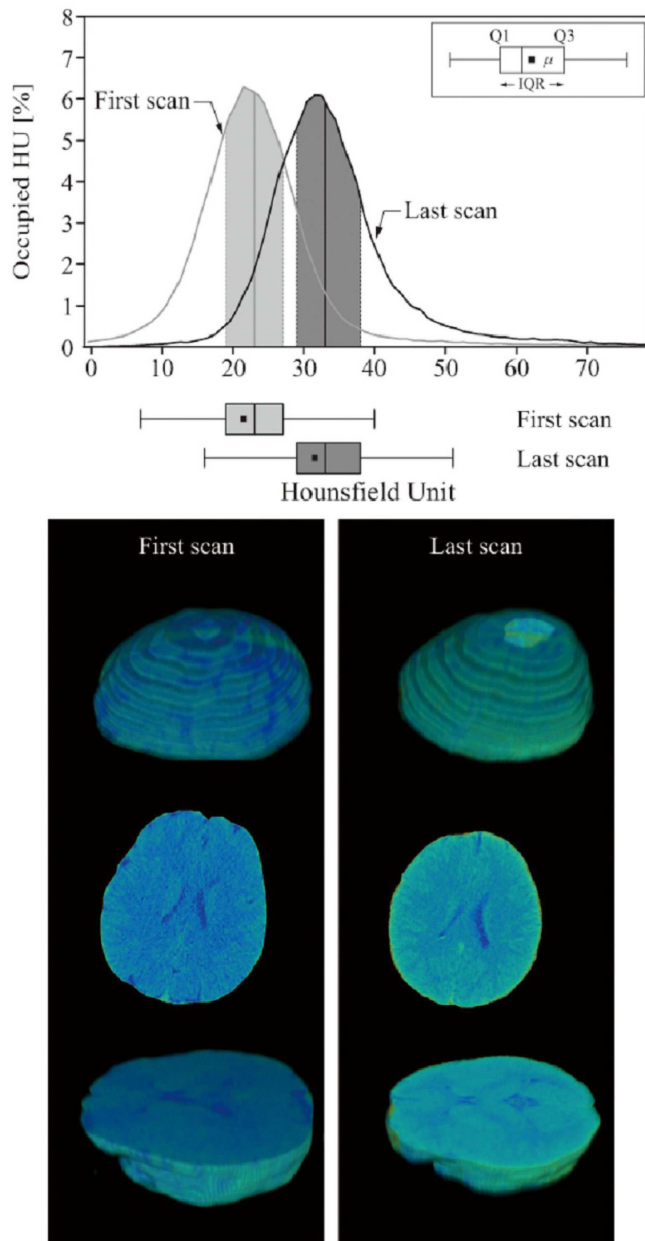
도면17



도면18



도면19



도면20

