



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년12월07일

(11) 등록번호 10-2187712

(24) 등록일자 2020년12월01일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

A61B 6/00 (2006.01) A61B 6/03 (2006.01)

G06T 5/50 (2006.01)

(52) CPC특허분류

A61B 6/5235 (2020.08)

A61B 6/032 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2018-0074080

(22) 출원일자 2018년06월27일

심사청구일자 2018년06월27일

(65) 공개번호 10-2019-0139721

(43) 공개일자 2019년12월18일

(30) 우선권주장

1020180066219 2018년06월08일 대한민국(KR)

(56) 선행기술조사문헌

KR1020170064669 A*

(뒷면에 계속)

전체 청구항 수 : 총 5 항

(73) 특허권자

연세대학교 산학협력단

서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)

(72) 발명자

장혁재

서울특별시 강남구 선릉로 221, 306동 902호 (도곡동, 도곡렉슬아파트)

전병환

경상북도 경산시 경산로 21, 101동 308호 (옥곡동, 서부부영1차 조은마을아파트)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

황의만

심사관 : 유현석

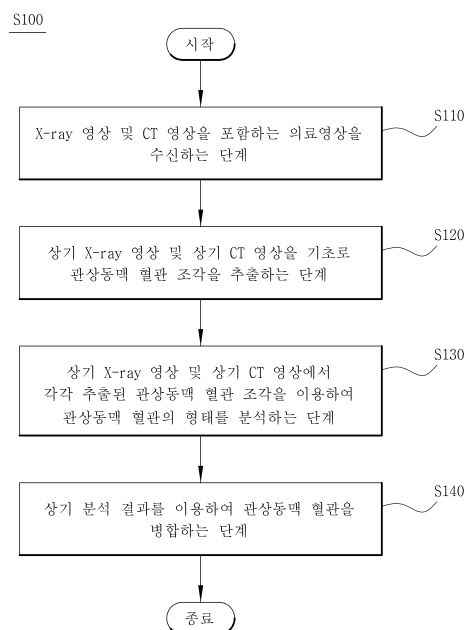
(54) 발명의 명칭 X-ray/CT 영상에서 혈관 조각 병합 방법 및 장치

(57) 요약

본 발명은 영상 처리 장치에 의해 수행되는 의료영상에서 관상동맥 혈관 조각을 병합하기 위한 방법으로써, X-ray 영상 및 CT 영상을 포함하는 의료영상을 수신하는 단계; 상기 X-ray 영상 및 상기 CT 영상을 기초로 관상동맥 혈관 조각을 추출하는 단계; 상기 X-ray 영상 및 상기 CT 영상에서 각각 추출된 관상동맥 혈관 조각을 이용하

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



여 관상동맥 혈관의 형태를 분석하는 단계; 및 상기 분석 결과를 이용하여 관상동맥 혈관을 병합하는 단계; 를 포함하는 것을 특징으로 한다.

본 발명의 일 실시예에 따른 X-ray/CT 영상에서 혈관 조각 병합 방법 및 장치에 의하면 기존의 방법보다 관상동맥 혈관 조각을 보다 용이하고 정확하게 병합할 수 있다.

또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 X-ray/CT 영상에서 혈관 조각 병합 방법 및 장치에 의하면 관상동맥 혈관 조각 병합에 있어 실제 임상환경에서 활용될 수 있도록 정확한 결과를 도출하는 것이 가능하다.

(52) CPC특허분류

A61B 6/504 (2013.01)

G06T 5/50 (2013.01)

G06T 2207/10081 (2013.01)

G06T 2207/30101 (2013.01)

(72) 발명자

김세근

경기도 고양시 일산동구 숲속마을로 68, 608동 403호 (풍동, 숲속마을6단지아파트)

하성민

경기도 수원시 장안구 정자천로188번길 71-21, 101동 210호 (정자동, 현대아파트)

정성희

광주광역시 광산구 수완로33번길 76, 102동 1203호 (수완동, 은빛마을모아엘가아파트)

홍영택

경기도 군포시 고산로677번길 34, 1325동1402호 (산본동, 개나리아파트)

장영걸

서울특별시 마포구 마포대로 173-15 (공덕동463번지731호)

한경훈

서울특별시 서대문구 연대동문1길 40 202호

(56) 선행기술조사문헌

KR101848321 B1*

KR1020170086929 A*

JP2017073110 A

JP2015047224 A

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

명세서

청구범위

청구항 1

컴퓨터에서 실행되는 영상 처리 장치에 의해 수행되는 의료영상에서 관상동맥 혈관 조각을 병합하기 위한 방법으로써,

수신부에서 X-ray 영상 및 CT 영상을 포함하는 의료영상을 수신하는 단계;

추출부에서 상기 X-ray 영상에 합성곱 신경망(CNN)을 기반으로 한 U-net을 이용하여 픽셀 와이즈로 혈관 유무 구분을 통하여 혈관확률맵을 획득하고, 상기 CT 영상에서 프렌지 필터(Frangi filter)를 사용하여 헤세 행렬 기반 분해를 통해 혈관확률맵을 획득한 후, 각각 획득된 혈관확률맵을 기초로 관상동맥 혈관 조각을 추출하는 단계;

분석부에서 상기 X-ray 영상 및 상기 CT 영상에서 각각 추출된 관상동맥 혈관 조각을 이용하여 관상동맥 혈관의 형태를 분석하는 단계; 및

병합부에서 상기 분석 결과를 이용하여 어느 한 혈관 조각과 특정 거리에 존재하는 다른 혈관 조각의 서로 가장 가까운 두 점의 지역적 영역을 구하고, 상기 지역적 영역을 대상으로 곡률과 비틀림 근사를 토대로 3차 B-spline 곡선을 재구성하여 관상동맥 혈관을 병합하는 단계;

를 포함하는 혈관 조각 병합 방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 혈관의 형태를 분석하는 단계는,

상기 혈관 조각을 추출하는 단계에서 획득한 혈관확률맵을 기반으로 혈관의 기하학적 관계 분석을 수행하는 단계

를 포함하는 혈관 조각 병합 방법.

청구항 7

제 1 항 및 제 6 항 중에서 어느 하나의 항의 방법을 실행시키기 위한 프로그램이 기록된 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체.

청구항 8

영상 처리 장치에 의해 수행되는 의료영상에서 관상동맥 혈관 조각을 병합하기 위한 장치로써,

X-ray 영상 및 CT 영상을 포함하는 의료영상을 수신하는 수신부;

상기 X-ray 영상에 합성곱 신경망(CNN)을 기반으로 한 U-net을 이용하여 픽셀 와이즈로 혈관 유무 구분을 통하여 혈관확률맵을 획득하고, 상기 CT 영상에서 프렌지 필터(Frangi filter)를 사용하여 헤세 행렬 기반 분해를 통해 혈관확률맵을 획득한 후, 각각 획득된 혈관확률맵을 기초로 관상동맥 혈관 조각을 추출하는 추출부;

상기 X-ray 영상 및 상기 CT 영상에서 각각 추출된 관상동맥 혈관 조각을 이용하여 관상동맥 혈관의 형태를 분석하는 분석부;

상기 분석 결과를 이용하여 어느 한 혈관 조각과 특정 거리에 존재하는 다른 혈관 조각의 서로 가장 가까운 두 점의 지역적 영역을 구하고, 상기 지역적 영역을 대상으로 곡률과 비틀림 근사를 토대로 3차 B-spline 곡선을 재구성하여 관상동맥 혈관 조각을 병합하는 병합부; 및

상기 병합부에서 병합된 관상동맥 혈관을 디스플레이하는 디스플레이부를 포함하는 혈관 조각 병합 장치.

청구항 9

삭제

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

제 8 항에 있어서,

혈관의 형태를 분석하는 분석부는,

혈관 조각을 추출하는 단계에서 획득한 혈관확률맵을 기반으로 혈관의 기하학적 관계 분석을 수행하는 유닛을 포함하는 혈관 조각 병합 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 X-ray/CT 영상을 기반으로 한 혈관 조각을 검출하는 방법 및 장치이다. 2차원 X-ray 영상 및 3차원 CT 영상을 기반으로 한 혈관확률맵을 사용하여 관상동맥의 혈관 조각을 검출하는 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 심혈관계 질환은 대표적인 사망원인 중 하나이다. 심혈관계 질환을 치료하기 위한 연구가 지속적으로 이루어지고 있다. 그 연구에는 직접적인 치료방법 및 병변의 정량화가 있다. 특히, 병변의 정량화는 필수적으로 선행하여야 한다. 방법은 2D나 3D영상에서 관상동맥을 추출하는 것이다.

[0003] 이를 위한 전처리 기법으로, 혈관부위에서 값을 높게 만드는 여러 기법들이 존재하며 이를 기반으로 하여 추적 또는 최적화와 같은 접근방법을 사용하는 사례가 있다. 트래킹기법의 경우 혈관의 중간 부위가 끊어져 있으면 멈추는 문제가 발생할 수 있으며, 최적화기법의 경우 많은 계산량을 필요로 한다. 혈관의 가늘고 긴 특징이 있는데 이들을 연속도메인의 곡선 형태로 표현하고, 기하학적인 특징을 활용할 수 있는 장점이 있다.

[0004] 제안하는 기법에서는 이러한 장점들을 최대한 활용하여 기존에 존재하는 다양한 종류의 혈관확률맵을 기반으로 관상동맥의 본래의 조각들의 관계를 찾고 하나로 병합함으로써 동시에 긍정오류의 혈관모양물체들을 제거하여 정확도 향상을 할 수 있는 기법을 제안하고자 한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명은 2차원 X-ray 영상 및 3차원 CT 영상의 혈관확률맵을 기반으로 하여 관상동맥으로 잘못 관찰할 수 있는 혈관모양물체들을 제거함으로써 관상동맥을 구성하는 혈관 조각을 정확하게 검출할 수 있는 방법 및 그 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0006] 본 발명은 영상 처리 장치에 의해 수행되는 의료영상에서 관상동맥 혈관 조각을 병합하기 위한 방법으로써, X-ray 영상 및 CT 영상을 포함하는 의료영상을 수신하는 단계; 상기 X-ray 영상 및 상기 CT 영상을 기초로 관상동맥 혈관 조각을 추출하는 단계; 상기 X-ray 영상 및 상기 CT 영상에서 각각 추출된 관상동맥 혈관 조각을 이용하여 관상동맥 혈관의 형태를 분석하는 단계; 및 상기 분석 결과를 이용하여 관상동맥 혈관을 병합하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0007] 상기 혈관 조각을 추출하는 단계에서 상기 X-ray 영상은 상기 X-ray 영상에서 혈관확률맵을 획득하는 단계; 및 상기 혈관확률맵을 기반으로 혈관 조각을 추출하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0008] 상기 혈관확률맵은 합성곱 신경망(Convolutional neural network, CNN)을 사용하여 획득할 수 있다.

[0009] 상기 혈관 조각을 추출하는 단계에서 상기 CT 영상은 상기 CT 영상에서 혈관확률맵을 획득하는 단계; 및 상기 혈관확률맵을 기반으로 혈관 조각을 추출하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0010] 상기 혈관확률맵은 프렌지 필터(Frangi filter)를 사용하여 획득하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0011] 상기 혈관의 형태를 분석하는 단계는 혈관 조각을 추출하는 단계에서 획득한 혈관확률맵을 기반으로 혈관의 기하학적 관계 분석을 수행하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0012] 또한, 본 발명은 상기 방법을 수행하도록 구성되는 영상 처리 장치에 의해 수행되는 의료영상에서 관상동맥 혈관 조각을 병합하기 위한 장치으로써, X-ray 영상 및 CT 영상을 포함하는 의료영상을 수신하는 수신부; 상기 X-ray 영상 및 상기 CT 영상을 기초로 관상동맥 혈관 조각을 추출하는 추출부; 상기 X-ray 영상 및 상기 CT 영상에서 각각 추출된 관상동맥 혈관 조각을 이용하여 관상동맥 혈관의 형태를 분석하는 분석부; 상기 분석 결과를 이용하여 관상동맥 혈관 조각을 병합하는 병합부; 및 상기 병합부에서 병합된 관상동맥 혈관을 디스플레이하는 디스플레이부를 포함할 수 있다.

[0013] 상기 혈관 조각을 추출하는 추출부에서 상기 X-ray 영상은 상기 X-ray 영상에서 혈관확률맵을 획득하는 획득부; 및 상기 혈관확률맵을 기반으로 혈관 조각을 추출하는 추출부를 더 포함할 수 있다.

[0014] 상기 혈관확률맵은 합성곱 신경망(Convolutional neural network, CNN)을 사용하는 유닛을 더 포함할 수 있다.

[0015] 상기 혈관 조각을 추출하는 추출부에서 상기 CT 영상은 상기 CT 영상에서 혈관확률맵을 획득하는 획득부; 및 상기 혈관확률맵을 기반으로 혈관 조각을 추출하는 추출부를 더 포함할 수 있다.

[0016] 상기 혈관확률맵은 프렌지 필터(Frangi filter)를 사용하는 유닛을 더 포함할 수 있다.

[0017] 상기 혈관의 형태를 분석하는 분석부는 혈관 조각을 추출하는 단계에서 획득한 혈관확률맵을 기반으로 혈관의 기하학적 관계 분석을 수행하는 유닛을 더 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0018] 본 발명의 일 실시예에 따른 X-ray/CT 영상에서 혈관 조각 병합 방법 및 장치에 의하면 기존의 방법보다 관상동맥 혈관 조각을 보다 용이하고 정확하게 병합할 수 있다.

[0019] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 X-ray/CT 영상에서 혈관 조각 병합 방법 및 장치에 의하면 관상동맥 혈관 조각 병합에 있어 실제 임상환경에서 활용될 수 있도록 정확한 결과를 도출하는 것이 가능하다.

도면의 간단한 설명

- [0020] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 X-ray/CT 영상에서 혈관 조각 병합 방법 (S100)의 순서도이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 X-ray/CT 영상에서 혈관 조각 병합 장치(200)의 개략적인 블록도이다.
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 각 단계별 X-ray 및 CT 영상을 나타낸 도면이다.
- 도 4는 관상 동맥 혈관을 병합하는 방법을 도시한 도면이다.
- 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 실험 결과를 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0021] 이하 본 발명의 바람직한 실시예들의 상세한 설명이 첨부된 도면들을 참조하여 설명될 것이다. 도면들 중 동일한 구성들은 가능한 한 어느 곳에서든지 동일한 부호들을 나타내고 있음을 유의하여야 한다. 이하의 설명에서 구체적인 특정 사항들이 나타나고 있는데, 이는 본 발명의 보다 전반적인 이해를 돕기 위해 제공된 것이다. 그리고 본 발명을 설명함에 있어, 관련된 공지 기능 혹은 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명은 생략한다.
- [0022] 본 명세서에서 사용되는 용어는 본 발명에서의 기능을 고려하면서 가능한 현재 널리 사용되는 일반적인 용어들을 선택하였으나, 이는 본 발명이 속하는 기술 분야에 종사하는 기술자의 의도 또는 관례, 새로운 기술의 출현 등에 따라 달라질 수 있다. 또한, 특정한 경우는 출원인이 임의로 선정한 용어도 있으며, 이 경우 해당되는 본 발명의 설명 부분에서 상세히 그 의미를 기재할 것이다. 따라서 본 명세서에서 사용되는 용어는 단순한 용어의 명칭이 아닌, 그 용어가 가지는 의미와 본 명세서의 전반에 걸친 내용을 토대로 정의되어야 한다.
- [0023] 본 명세서 전체에서 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있음을 의미한다. 또한, 명세서에 기재된 "...부", "모듈" 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어 또는 소프트웨어로 구현되거나 하드웨어와 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.
- [0025] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 X-ray/CT 영상에서 혈관 조각 병합 방법 (S100)의 순서도이다.
- [0026] 도 1을 참조하면, 일 실시예에 따른 영상 처리 장치에 의해 수행되는 의료영상에서 관상동맥 혈관 조각을 병합하기 위한 방법은, X-ray 영상 및 CT 영상을 포함하는 의료영상을 수신하는 단계(S110), 상기 X-ray 영상 및 상기 CT 영상을 기초로 관상동맥 혈관 조각을 추출하는 단계(S120), 상기 X-ray 영상 및 상기 CT 영상에서 각각 추출된 관상동맥 혈관 조각을 이용하여 관상동맥 혈관의 형태를 분석하는 단계(S130) 및 상기 분석 결과를 이용하여 관상동맥 혈관을 병합하는 단계(S140)를 포함하여 구성할 수 있다.
- [0027] 상기 혈관 조각을 추출하는 단계(S120)에서 상기 X-ray 영상은 상기 X-ray 영상에서 혈관확률맵을 획득하는 단계; 및 상기 혈관확률맵을 기반으로 혈관 조각을 추출하는 단계를 더 포함하여 구성할 수 있다.
- [0028] 상기 혈관확률맵은 합성곱 신경망(Convolutional neural network, CNN)을 사용하여 획득할 수 있다.
- [0029] 상기 혈관 조각을 추출하는 단계(S120)에서 상기 CT 영상은 상기 CT 영상에서 혈관확률맵을 획득하는 단계 및 상기 혈관확률맵을 기반으로 혈관 조각을 추출하는 단계를 더 포함하여 구성할 수 있다.
- [0030] 상기 혈관확률맵은 프랭지 필터(Frangi filter)를 사용하여 획득하는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0031] 상기 혈관의 형태를 분석하는 단계(S130)는 혈관 조각을 추출하는 단계에서 획득한 혈관확률맵을 기반으로 혈관의 기하학적 관계 분석을 수행하는 단계를 더 포함하여 구성할 수 있다.
- [0032] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 각 단계별 X-ray 및 CT 영상을 나타낸 도면이다. 이하 도 3을 참조하여 설명한다.
- [0033] 의료영상을 수신하는 단계(S110)에서는 병합하고 싶은 위치의 혈관에 관한 X-ray 영상 및 CT 영상을 수신한다. 본 발명에서는 심장의 관상 동맥 혈관을 가지고 설명하였다. 본 발명은 관상 동맥 혈관에 한정하지 않고, 다른 혈관 부위에도 적용할 수 있다.
- [0034] 본 발명을 적용하여 분석할 영상은 상기 X-ray 영상과 CT 영상이다. 상기 X-ray 는 2차원 영상이고, 상기 CT 는 3차원 영상에 해당한다. 상기 X-ray 영상 및 상기 CT 영상을 기초로 관상동맥 혈관 조각을 추출하기 위해서는

각각 다른 방법을 사용한다.

[0035] 혈관확률맵은 2차원인 X-ray 영상에서는 합성곱 신경망(Convolutional neural network, CNN)을 기반으로 한 U-net 으로 구하고, 3차원인 CT 영상은 Frangi Filter를 사용하여 구하였다.

[0036] 2차원인 X-ray 영상을 기반으로 한 혈관후보 조각 추출하는 방법에 대해 설명한다. 2차원 X-ray 영상은 특정 방향으로 정사영 된 평면으로 얻어진 영상이다. 관상동맥은 실제로는 3차원의 형태로 존재하기 때문에 혈관이 서로 겹쳐있거나 조영제양이 불규칙한 것과 같은 요인에 의하여 혈관의 위상구조를 뚜렷이 구분하는 어려운 실정이다.

[0037] 이러한 문제를 해결하기 위해서 현재 높은 정확도의 성능을 보여주는 U-net (Ronneberger, et. al, "U-net: Convolutional networks for biomedical image segmentation." International Conference on Medical image computing and computer-assisted intervention. Springer, Cham, 2015.)을 사용하였다.

[0038] U-net 에서 Pixel-wise로 혈관 유무를 구분하는 방법을 적용하여 도 3의 2D X-ray 영상 (b)와 같이 혈관확률맵을 구하였다. U-net의 결과로써 단일 x-ray 영상과 그에 해당하는 혈관 부분만 만들어진 정답 데이터를 기반하였다.

[0039] 학습 조건은 Epoch 200번, 학습률(learning rate) 은 0.001로 하였으며 최적화 함수는 Adam을 사용하였다. 상기 조건에 기반한 분석을 바탕으로 최종 후보 집합 $S = \{s_i | 1 \leq i \leq N_S\}$ 을 구할 수 있다. 도 3의 2D X-ray 영상 (C)에서 그 결과인 혈관확률맵을 확인할 수 있다.

[0040] 혈관확률맵은 3차원 CT 영상에서는 Frangi의 Vesselness Filter(A. F. Frangi et al, Multiscale vessel enhancement filtering, in: MICCAI98, Springer, 1998, pp. 130-137.)를 사용하였다.

[0041] 상기 Frangi filter는 헤세 행렬(Hessian matrix)를 기반으로 분해하여 강도의 변화가 작은 부분에서 고유치 $(\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \lambda_3)$ 의 주 성분인 λ_1 의 크기가 가장 크게 나타난다.

[0042] 수식 1은 이들의 조합을 기반으로 한 것으로 Vesselness 값이 측정된다. 구조적 정보에 해당하는 고유치들의 조합, $R_B = |\lambda_1| / \sqrt{\lambda_1 \lambda_2}$, $R_A = |\lambda_2| / |\lambda_3|$, $S = \|H\|_F$ 을 활용하여 구조적 정보를 얻을 수 있다. 이들을 최종적으로 혈관 모양을 얻기 위해 $\lambda_1, \lambda_2 > 0$ 인 경우에 대하여 아래의 수식 1과 같이 표현할 수 있다.

$$V(\sigma, x) = (1 - \exp(-\frac{R_A^2}{2\alpha^2})) \exp(-\frac{R_B^2}{2\beta^2}) (1 - \exp(-\frac{S^2}{2c^2})) \quad \text{수식 1}$$

[0044] 본 발명은 혈관의 가변적인 두께를 고려하여 멀티스케일이 적용된 최종 수식 2를 활용하였다. 그 결과는 도 3에서 3D CT (b)에 도시한다. 연결요소분석을 통하여 확률이 높은 부위를 Clustering 및 Labeling하여 마찬가지로 $S = \{s_i | 1 \leq i \leq N_S\}$ 의 후보 집합을 얻을 수 있다. 도 3에서 3D CT 영상 (C)에서 그 결과인 혈관확률맵을 확인할 수 있다.

[0045] S 는 관상동맥을 반드시 포함하며 동시에 혈관과 유사한 FP (false positive)들도 포함한다. 관상동맥 조각들은 병합시키고, FP는 제외시키는 방법이 소개된다.

[0046] 도 4는 관상 동맥 혈관을 병합하는 방법을 도시한 도면이다.

[0047] 기하학적 관계 분석은 두 개의 쌍을 고려하기 위해 준비된 혈관조각 집합 S 로부터 가장 면적 또는 부피가 큰 초기 물체를 선정하고 이를 S^* 로 정한다. 이는 분할된 관상동맥 조각은 병변부위 등의 요인으로 관상동맥의 일부 분으로 존재하거나 전체의 영역에 가까울 수도 있다.

[0048] S^* 와 특정 거리 d_0 내에 존재하는 임의의 다른 조각 s_i 를 대상으로 서로 가장 가까운 두 점 p_{s^*} 와 p_{s_i} 을 구한다. 그리고 p_{s^*} 와 p_{s_i} 의 특정 범위에 속하는 두 개의 지역적 영역인 $l_* \subseteq s^*$ 와 $l_i \subseteq s_i$ 를 각각 얻는다.

[0049] 지역적 점들의 집합(영역)인 l_* 과 l_i 를 대상으로 곡선을 재구성하는 알고리즘(Ronneberger, et. al, "U-net: Convolutional networks for biomedical image segmentation." International Conference on Medical image computing and computer-assisted intervention. Springer, Cham, 2015.)을 사용하여 두 개의 작은 parametric curves $\gamma_*(t)$ 와 $\gamma_i(t)$, ($0 \leq t \leq 1$)를 구한다.(I.-K. Lee, Curve reconstruction from unorganized points, Computer aided geometric design 17 (2) (2000) 161-177.)

[0050] 3개의 점을 지나는 평면에 놓인 곡선은 항상 0의 비틀림을 갖는다. 따라서 곡률과 비틀림 두 가지를 모두 근사하기 위해서 최소한 4개의 점이 필요하다. 두 개의 조각을 연결하는 3차 B-spline 곡선은 수식 2로 구한다.

[0051]
$$\gamma_{*,i}(u) = \begin{bmatrix} \gamma_*(0)_x & \gamma_*(0)_y & \gamma_*(0)_z \\ \gamma_*(1)_x & \gamma_*(1)_y & \gamma_*(1)_z \\ \gamma_i(0)_x & \gamma_i(0)_y & \gamma_i(0)_z \\ \gamma_i(1)_x & \gamma_i(1)_y & \gamma_i(1)_z \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} -1 & 3 & -3 & 1 \\ 3 & -6 & 3 & 0 \\ -1 & 3 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u^3 \\ u^2 \\ u^1 \\ 1 \end{bmatrix}$$
 수식 2

[0052] 여기서, ($0 \leq u \leq 1$) 이다. 곡률 $\kappa(u)$ 과 비틀림 $\tau(u)$ (A. N. Pressley, Elementary differential geometry, Springer Science & Business Media, 2010.)은 아래와 같이 정의한다. 도 4에서 (b), (c)는 해당 곡선의 예시를 보여주고 있다.

[0053]
$$\kappa(u) = \frac{\|\gamma'(u) \times \gamma''(u)\|}{\|\gamma'(u)\|^3} \quad \tau(u) = \frac{\det[\gamma'(u) \gamma''(u) \gamma'''(u)]}{\|\gamma'(u) \times \gamma''(u)\|^2}$$
 수식 3

[0054] 이산공간에서 수식 3의 $\kappa(u)$ 와 $\tau(u)$ 의 특성들은 분석적으로 계산된다. 먼저, 아크길이 $ds = \|\gamma'_{*,i}(u)\|du$ 를 구한다. $\kappa(u)$ 와 $\tau(u)$ 의 적분은 두 개의 조각들을 연결하는 곡선이 얼마나 부드럽고 자연스럽게 연결되어 있는지를 나타내는 하나의 지표로 사용한다.

[0055] 만약 본래 동일한 혈관에서 분리되어 다른 조각으로 취급되었거나, 주 혈관과 가지혈관의 관계와 같은 가까운 관계를 가질수록 더 부드러울 것이라는 가정을 하였다.

[0056]
$$F_\kappa = \int_0^1 \kappa(u)^2 ds(u) \quad F_\tau = \int_0^1 \tau(u)^2 ds(u)$$
 수식 4

[0057] 본 발명은 수식 4를 수치적 적분으로 근사하였다. 그리고 $d_0=12\text{mm}$ 로써, 단순병변의 크기를 커버하고, 관상동맥의 최대지름보다 충분히 큰 길이를 사용하였다. 최종적으로 두 개의 조각 간 부드러운 연결성을 두 개의 주요특성을 선형적으로 결합하여 수식 5와 같이 정의하였다.

[0058]
$$G_T \geq \sigma F_\kappa + \nu F_\tau$$
 수식 5

[0059] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 X-ray/CT 영상에서 혈관 조각 병합 장치(200)의 개략적인 블록도이다.

[0060] 도 2에 도시된 바와 같이, 영상 처리 장치에 의해 수행되는 의료영상에서 관상동맥 혈관 조각을 병합하기 위한 장치(200)는 X-ray 영상 및 CT 영상을 포함하는 의료영상을 수신하는 수신부(210), 상기 X-ray 영상 및 상기 CT 영상을 기초로 관상동맥 혈관 조각을 추출하는 추출부(220), 상기 X-ray 영상 및 상기 CT 영상에서 각각 추출된 관상동맥 혈관 조각을 이용하여 관상동맥 혈관의 형태를 분석하는 분석부(230), 상기 분석 결과를 이용하여 관상동맥 혈관 조각을 병합하는 병합부(240), 및 상기 병합부에서 병합된 관상동맥 혈관을 디스플레이하는 디스플레이부(250)를 포함할 수 있다.

[0061] 상기 혈관 조각을 추출하는 추출부에서 상기 X-ray 영상은 상기 X-ray 영상에서 혈관확률맵을 획득하는 획득부; 및 상기 혈관확률맵을 기반으로 혈관 조각을 추출하는 추출부를 더 포함할 수 있다.

[0062] 상기 혈관확률맵은 합성곱 신경망(Convolutional neural network, CNN)을 사용하는 유닛을 더 포함할 수 있다.

[0063] 상기 혈관 조각을 추출하는 추출부에서 상기 CT 영상은 상기 CT 영상에서 혈관확률맵을 획득하는 획득부; 및 상

기 혈관확률맵을 기반으로 혈관 조각을 추출하는 추출부를 더 포함할 수 있다.

[0064] 상기 혈관확률맵은 프랭지 필터(Frangi filter)를 사용하는 유닛을 더 포함할 수 있다.

[0065] 상기 혈관의 형태를 분석하는 분석부는 혈관 조각을 추출하는 단계에서 획득한 혈관확률맵을 기반으로 혈관의 기하학적 관계 분석을 수행하는 유닛을 더 포함할 수 있다.

[0066] 관상동맥 검출 장치의 개별 구성들의 구체적인 기능 및 동작은 이미 상술하였으므로 본 단락에서는 이를 생략한다.

[0067] 상기 장치에는 제어부(미도시)를 추가할 수 있다. 상기 제어부는 수신부(210), 추출부(220) 분석부(230), 병합부(240) 및 디스플레이부(250)를 총괄적으로 제어할 수 있다. 예컨대, 상기 제어부는 단일의 제어기(controller)로 구현하거나, 복수의 마이크로제어기(micro-controller)로서 구현할 수 있다.

[0068] 강력한 연결성을 갖는 두 개의 조각 쌍들은 도 4의 (b)와 같이 하나로 합쳐질 수 있다.

[0069] <실험 결과 및 분석>

[0070] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 실험 결과를 나타낸 도면이다. σ , ν 그리고, G_T 는 3000, 1, 그리고 $2.00e-13$ 의 값으로 각각 설정하였다.

[0071] 곡률만으로 구분이 어려운 조각들이 비틀림의 특징을 함께 선형적으로 결합하였을 때 실제 혈관과 상관없는 물체간의 관계가 구분이 될 수 있다.

[0072] 도 5에서 본 발명을 적용한 결과, 끊어진 상태에서의 관상동맥 영역 체적일치도($DSC(s_1, s_2) = 2 \frac{|S_1 \cap S_2|}{|S_1| + |S_2|}$)를 기준으로 하여 61%에서 본 발명을 적용하여 복원된 상태에서의 평균 체적일치도는 79%로 평균 18%의 일치도 향상을 볼 수 있다.

[0074] 상술한 본 발명의 일 실시 예들은 컴퓨터에서 실행될 수 있는 프로그램으로 작성가능하고, 컴퓨터로 판독 가능한 기록 매체를 이용하여 상기 프로그램을 동작시키는 범용 디지털 컴퓨터에서 구현될 수 있다.

[0075] 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.

[0076] 진술한 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.

[0077] 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 할 것이다.

부호의 설명

[0078] 210: 수신부

220: 추출부

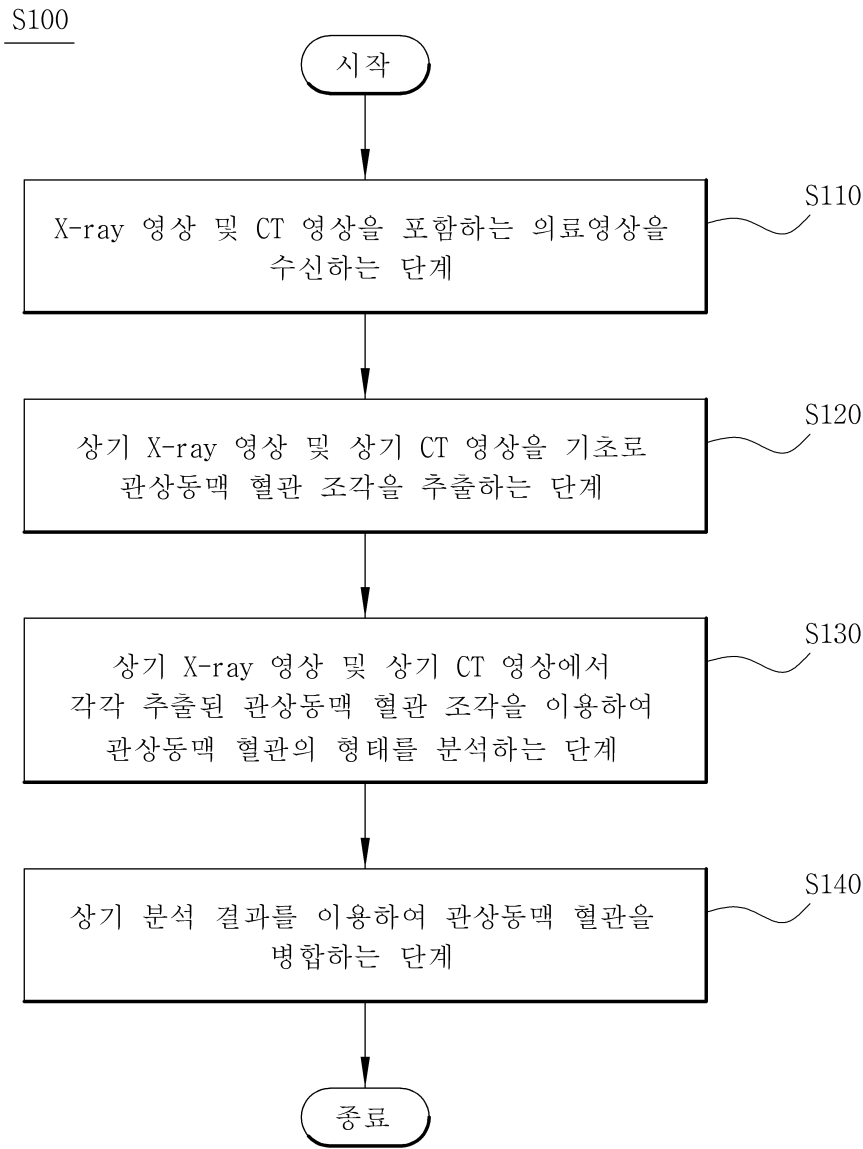
230: 분석부

240: 병합부

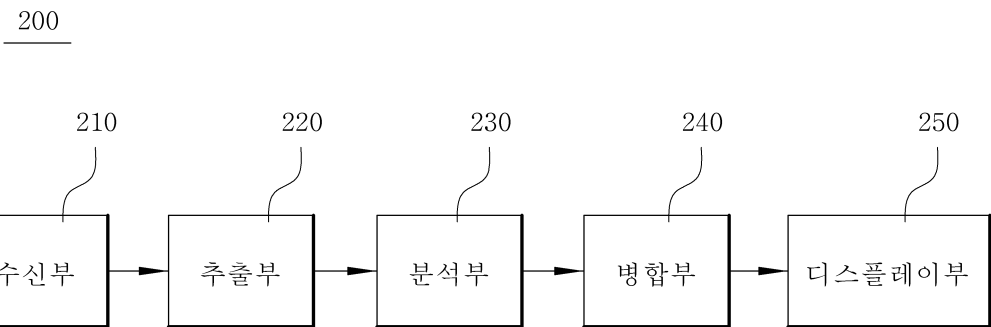
250: 디스플레이부

도면

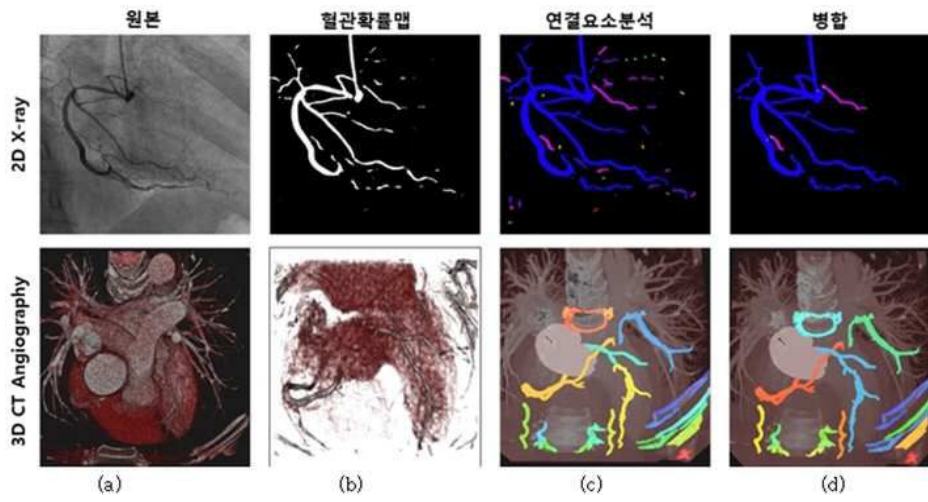
도면1



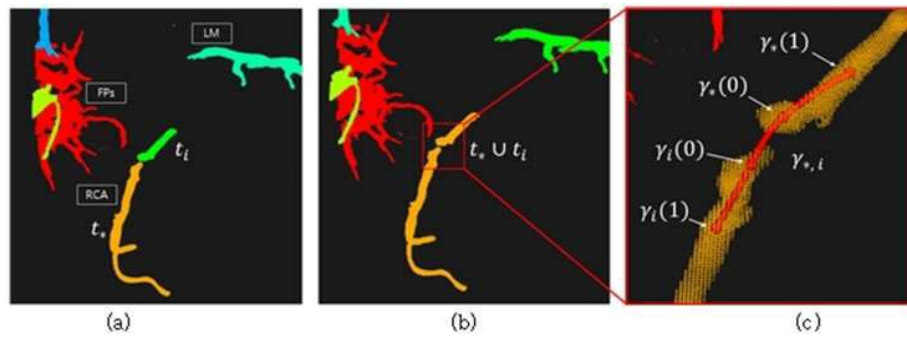
도면2



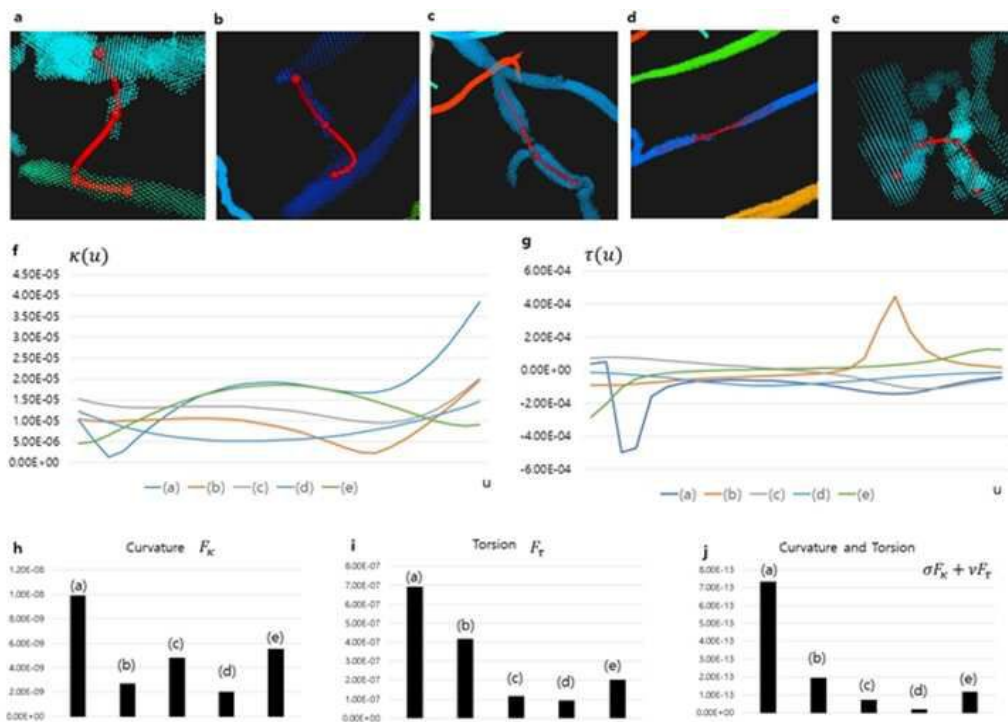
도면3



도면4



도면5



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 8

【변경전】

영상 처리 장치에 의해 수행되는 의료영상에서 관상동맥 혈관 조각을 병합하기 위한 장치로써,

X-ray 영상 및 CT 영상을 포함하는 의료영상을 수신하는 수신부;

상기 X-ray 영상에 합성곱 신경망(CNN)을 기반으로 한 U-net을 이용하여 픽셀 와이즈로 혈관 유무 구분을 통하여 혈관확률맵을 획득하고, 상기 CT 영상에서 프렌지 필터(Frangi filter)를 사용하여 헤세 형렬 기반 분해를 통해 혈관확률맵을 획득한 후, 각각 획득된 혈관확률맵을 기초로 관상동맥 혈관 조각을 추출하는 추출부;

상기 X-ray 영상 및 상기 CT 영상에서 각각 추출된 관상동맥 혈관 조각을 이용하여 관상동맥 혈관의 형태를 분석하는 분석부;

상기 분석 결과를 이용하여 어느 한 혈관 조각과 특정 거리에 존재하는 다른 혈관 조각의 서로 가장 가까운 두 점의 지역적 영역을 구하고, 상기 지역적 영역을 대상으로 곡률과 비틀림 근사를 토대로 3차 B-spline 곡선을 재구성하여 관상동맥 혈관 조각을 병합하는 병합부; 및

상기 병합부에서 병합된 관상동맥 혈관을 디스플레이하는 디스플레이부를 포함하는 혈관 조각 병합 장치.

【변경후】

영상 처리 장치에 의해 수행되는 의료영상에서 관상동맥 혈관 조각을 병합하기 위한 장치로써,

X-ray 영상 및 CT 영상을 포함하는 의료영상을 수신하는 수신부;

상기 X-ray 영상에 합성곱 신경망(CNN)을 기반으로 한 U-net을 이용하여 픽셀 와이즈로 혈관 유무 구분을 통하여 혈관확률맵을 획득하고, 상기 CT 영상에서 프렌지 필터(Frangi filter)를 사용하여 헤세 형렬 기반 분해를 통해 혈관확률맵을 획득한 후, 각각 획득된 혈관확률맵을 기초로 관상동맥 혈관 조각을 추출하는 추출부;

상기 X-ray 영상 및 상기 CT 영상에서 각각 추출된 관상동맥 혈관 조각을 이용하여 관상동맥 혈관의 형태를 분석하는 분석부;

상기 분석 결과를 이용하여 어느 한 혈관 조각과 특정 거리에 존재하는 다른 혈관 조각의 서로 가장 가까운 두 점의 지역적 영역을 구하고, 상기 지역적 영역을 대상으로 곡률과 비틀림 근사를 토대로 3차 B-spline 곡선을 재구성하여 관상동맥 혈관 조각을 병합하는 병합부; 및

상기 병합부에서 병합된 관상동맥 혈관을 디스플레이하는 디스플레이부를 포함하는 혈관 조각 병합 장치.

【직권보정 2】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 1

【변경전】

컴퓨터에서 실행되는 영상 처리 장치에 의해 수행되는 의료영상에서 관상동맥 혈관 조각을 병합하기 위한 방법으로써,

수신부에서 X-ray 영상 및 CT 영상을 포함하는 의료영상을 수신하는 단계;

추출부에서 상기 X-ray 영상에 합성곱 신경망(CNN)을 기반으로 한 U-net을 이용하여 픽셀 와이즈로 혈관 유무 구분을 통하여 혈관확률맵을 획득하고, 상기 CT 영상에서 프렌지 필터(Frangi filter)를 사용하여 헤세 형렬 기반 분해를 통해 혈관확률맵을 획득한 후, 각각 획득된 혈관확률맵을 기초로 관상동맥 혈관 조각을 추출하는 단

계;

분석부에서 상기 X-ray 영상 및 상기 CT 영상에서 각각 추출된 관상동맥 혈관 조각을 이용하여 관상동맥 혈관의 형태를 분석하는 단계; 및

병합부에서 상기 분석 결과를 이용하여 어느 한 혈관 조각과 특정 거리에 존재하는 다른 혈관 조각의 서로 가장 가까운 두 점의 지역적 영역을 구하고, 상기 지역적 영역을 대상으로 곡률과 비틀림 근사를 토대로 3차 B-spline 곡선을 재구성하여 관상동맥 혈관을 병합하는 단계;

를 포함하는 혈관 조각 병합 방법.

【변경후】

컴퓨터에서 실행되는 영상 처리 장치에 의해 수행되는 의료영상에서 관상동맥 혈관 조각을 병합하기 위한 방법으로써,

수신부에서 X-ray 영상 및 CT 영상을 포함하는 의료영상을 수신하는 단계;

추출부에서 상기 X-ray 영상에 합성곱 신경망(CNN)을 기반으로 한 U-net을 이용하여 픽셀 와이즈로 혈관 유무 구분을 통하여 혈관확률맵을 획득하고, 상기 CT 영상에서 프렌지 필터(Frangi filter)를 사용하여 헤세 행렬 기반 분해를 통해 혈관확률맵을 획득한 후, 각각 획득된 혈관확률맵을 기초로 관상동맥 혈관 조각을 추출하는 단계;

분석부에서 상기 X-ray 영상 및 상기 CT 영상에서 각각 추출된 관상동맥 혈관 조각을 이용하여 관상동맥 혈관의 형태를 분석하는 단계; 및

병합부에서 상기 분석 결과를 이용하여 어느 한 혈관 조각과 특정 거리에 존재하는 다른 혈관 조각의 서로 가장 가까운 두 점의 지역적 영역을 구하고, 상기 지역적 영역을 대상으로 곡률과 비틀림 근사를 토대로 3차 B-spline 곡선을 재구성하여 관상동맥 혈관을 병합하는 단계;

를 포함하는 혈관 조각 병합 방법.